

Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”
Facultad de Ingeniería
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales



**Tesis en opción al Título Académico de
Máster en Eficiencia Energética.**

***Título:* Implementación de la Tecnología de Gestión Total
y Eficiente de la Energía en la Central Eléctrica de
Fuel Oil de Sancti Spíritus.**

Autor: Ing. Jailen Rodríguez Esquivel

Tutor: MSc. Ernesto Luis Barrera Cardoso.

Año 2010

DEDICATORIA



Dedicatoria

*En especial **A mi Madre y mi familia** que siempre me han impulsado a la formación profesional y me han apoyado a pesar de las asperezas del camino.*

*A **Yaine**, esa personita que me complace y soporta en todos los momentos,
bajo todas las tormentas.*

*A **mis amigos del curso**, por el intercambio cotidiano de todos estos años.*

*A **todos y todas las personas** que me quieren y que también quiero.*

AGRADECIMIENTOS



Agradecimientos

*A **Ernesto Barrera**, único tutor capaz de soportar a este tesiante.*

*A **mis compañeros de aula**, por los consejos oportunos, la ayuda incondicional.*

*A **mi familia y amigos**, por el apoyo durante todos estos años.*

*A **Osmel**, por la agudeza de sus sugerencias y el consejo oportuno.*

A todos, muchas gracias.

PENSAMIENTO

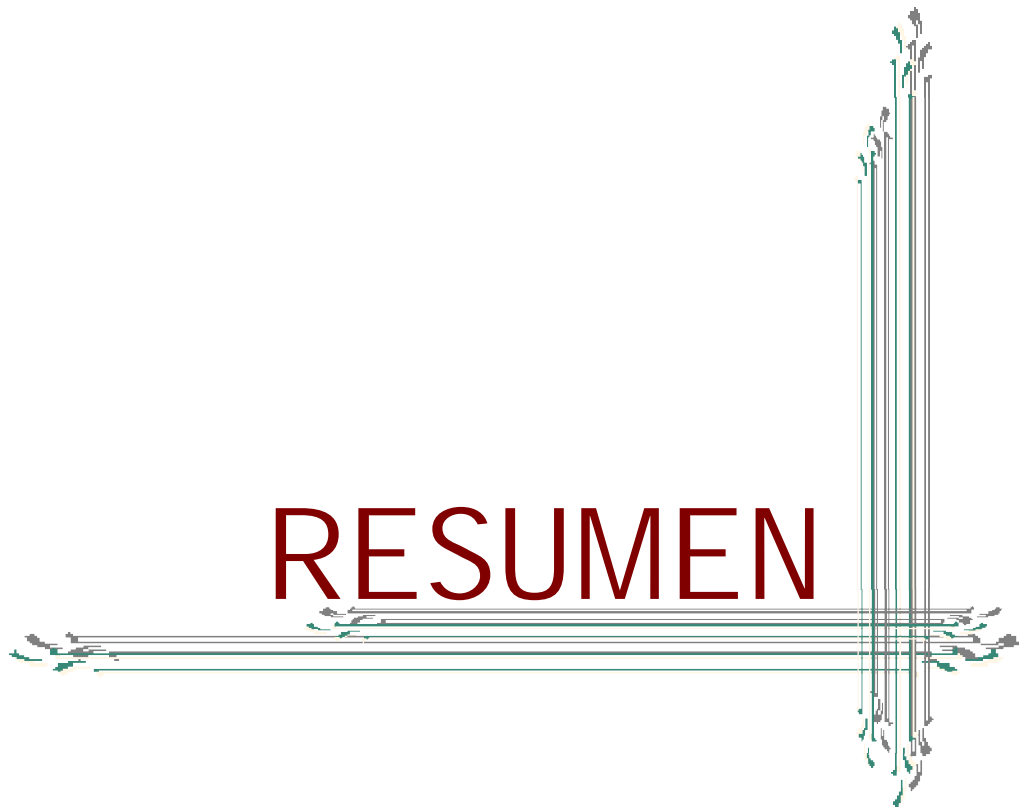




“Hemos encontrado, afortunadamente, algo más importante, el ahorro de energía, que es como encontrar un gran yacimiento”

Fidel Castro Ruz, Mayo 2006

RESUMEN



Resumen

En el contexto de la Revolución Energética iniciada en Cuba en el 2004, surgió la necesidad de descentralizar la generación eléctrica. De ahí que se crearan en diferentes provincias cubanas las Centrales Eléctricas de Diesel y Fuel Oil. Sin embargo, desde que se dio la puesta en marcha de la Central Eléctrica de Fuel Oil Sancti-Spíritus, en mayo de 2007, no se ha implementado un sistema que permita disminuir los gastos de energía.

La presente Tesis de Maestría propone la implementación de un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Central Eléctrica de Fuel Oil Sancti Spíritus, para lo cual se realizó el análisis del consumo de portadores energéticos y se propuso un plan de medidas, acciones y mejoras en busca de aumentar la eficiencia energética en dicha instalación.

En el estudio realizado se logró identificar dentro de la estructura de gastos de la empresa que los portadores energéticos representan cerca del 80% de los gastos totales de la Unidad Básica y el Fuel Oil sobresalió como el portador energético más significativo, dada la misión de la empresa de generar energía eléctrica a partir del uso de combustible Fuel.

En aras de realizar acciones concretas dirigidas al mejoramiento en materia de eficiencia energética se propusieron un grupo de medidas, entre las que se incluyen garantizar los mantenimientos con alta calidad y eficiencia y establecer medidas técnico-administrativas que permitan crear conciencia en torno al ahorro energético. Otro aspecto en el que se trabajó fue en evaluar la posibilidad y factibilidad económica, del aprovechamiento del calor proveniente de los gases de escape de dos motores, mediante la instalación de dos calderas recuperativas para la producción de vapor con el objetivo de emplearlo en las industrias cercanas como por ejemplo, en la Empresa de Bebidas y Refrescos y Empresa de Conservas y Vegetales.

ABSTRAC



Abstract

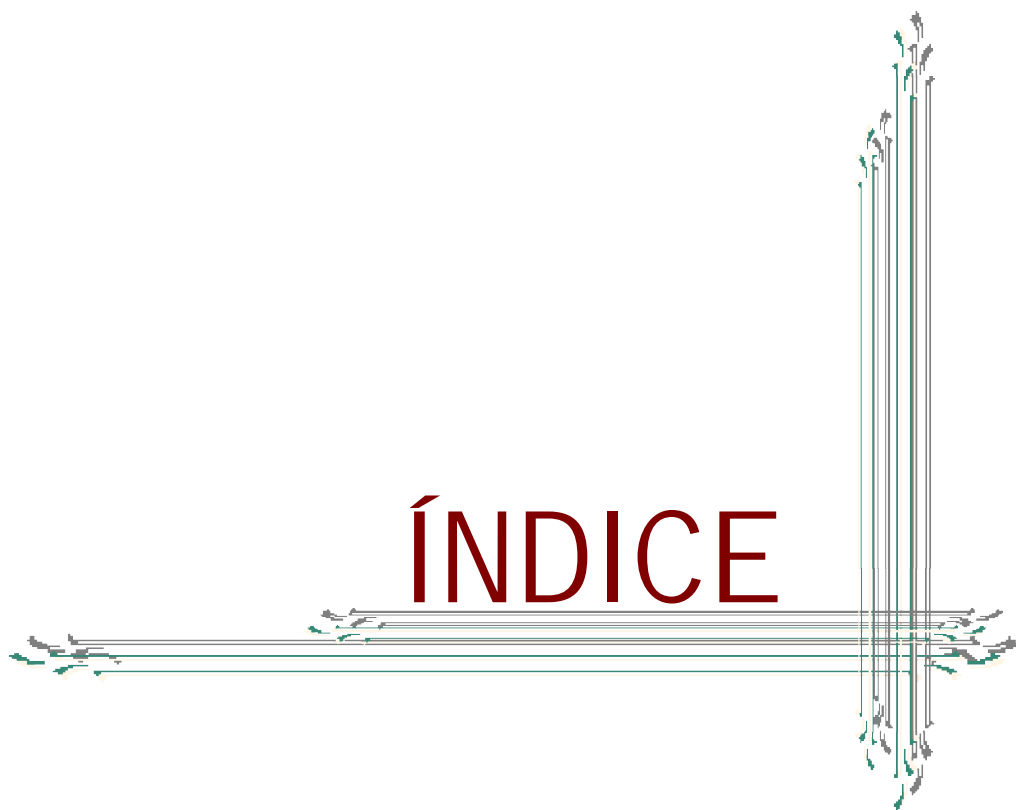
In the context of the Energy Revolution begun in Cuba in the 2004, the necessity arose of decentralizing the electric generation. With the result that they were created in different Cuban countries the electric power stations for the electricity generation to leave motors of internal combustion using Diesel fuel and Fuel Oil. However, since the setting was given in march of the Electric Power station of Fuel Oil Sancti-Spíritus, in May of 2007, a system has not been implemented that allows to diminish the energy expenses.

The present Thesis of Master proposes the implementation of a System of Efficient Total Administration of the Energy in the Electric Power station of Fuel Oil Sancti Spíritus, for that which was carried out the analysis of the consumption of energy payees and it intended a plan of measures, stocks and improvements in search of increasing the energy efficiency in this installation.

In the realized study it was possible to identify inside the structure of expenses of the company that the energy payees represent near 80% of the total expenses of the Basic Unit and the Fuel Oil the mission of the company it stood out as the most significant, given payee of generating electric power starting from the use of this fuel.

For the sake of carrying out concrete stocks directed to the improvement as regards energy efficiency they intended a group of measures, among those that are included to guarantee the maintenances with high quality and efficiency and technician-administrative measures that allow to create conscience around the energy saving to settle down. Another aspect in which one worked was in evaluating the possibility and economic feasibility, of the use of the heat coming from the gases of escape of two motors, by means of the installation of two recuperative boilers for the production of steam with the objective of using it in the near industries as for example, in the "Empresa de Bebidas y Refrescos" and "Empresa Conservas y Vegetales".

ÍNDICE



Índice

Contenido

Introducción	1
Capítulo I. Estado Del arte. Análisis bibliográfico.	7
1.1 <i>Situación energética mundial</i>	7
1.2 <i>Situación energética en Cuba</i>	12
1.3 <i>La generación distribuida en Cuba</i>	19
1.4 <i>Situación energética en la provincia de Santi-Spíritus. Tendencia de la generación distribuida</i>	22
1.5 <i>Características generales de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus.</i>	23
Capítulo II. Materiales y métodos	28
2.1 <i>Caracterización energética de la Central Eléctrica de Fuel Oil, Sancti-Spíritus</i>	29
2.2 <i>Comportamiento histórico de la generación eléctrica en el período 2008-2009</i>	30
2.3 <i>Impacto de los portadores energéticos en los costos totales de UEB</i>	30
2.4 <i>Estructura de consumo de los portadores energéticos en toneladas de combustible equivalente</i>	31
2.5 <i>Índices fundamentales de consumo, eficiencia y economía energética</i>	31
<hr/>	
2.6 <i>Situación de la central eléctrica en materia de gestión energética</i> ----	32
2.7 <i>comportamiento y principales tendencias en los últimos años de los portadores de mayor consumo</i>	32
2.8 <i>Factores globales que influyen en la eficiencia energética de la UEB</i>	35
2.9 <i>Evaluación del diagnóstico al sistema de dirección y especialistas en materia de eficiencia energética de la instalación</i>	35
2.10 <i>Diagnóstico e inspección de recorrido. Diagrama Causa y Efecto</i> --	36
2.11 <i>Acciones para la proyección de la entidad en el control del consumo de Fuel Oil</i>	37

2.12 Evaluación de la factibilidad de la recuperación del calor proveniente de los gases de escape -----	38
2.13 Análisis de sensibilidad -----	46
Capítulo III. Diagnóstico energético de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus. Análisis y resultados	48
3.1 Caracterización y descripción energética de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus.-----	48
3.2 Comportamiento de la generación de energía eléctrica en el período 2008-2009 -----	53
3.3 Impacto de los portadores energéticos en los costos totales de la UEB-----	55

3.4 Estructura de consumo de los portadores energéticos -----	58
3.5 Índices fundamentales de consumo, eficiencia y economía energética -----	58

3.6 Situación de la Central Eléctrica en materia de gestión energética ---	59
3.7 Comportamiento y principales tendencias en los últimos años de los portadores de mayor consumo -----	60
3.8 Factores globales que influyen en la eficiencia energética de nuestra instalación -----	67
3.9 Evaluación del diagnóstico al sistema de dirección y especialistas en materia de eficiencia energética de la instalación. -----	68
3.10 Resultados del diagnóstico de recorrido y diagrama causa y efecto	69
3.11 Principales acciones propuestas para la proyección de la UEB en el mejoramiento del consumo de Fuel Oil. -----	70
3.12 Evaluación de la factibilidad del uso del calor proveniente de los gases de escape de dos motores para la producción de vapor saturado. -----	72
3.13 Resultados de análisis de sensibilidad -----	81
Conclusiones _____	87
Recomendaciones _____	88
Bibliografía _____	89
Anexos _____	-

INTRODUCCIÓN



Introducción.

La energía es la base del desarrollo, del crecimiento de los seres vivos y de la sociedad, según refiere la Agencia Internacional de Energía, en su artículo “Energía. Crítica Situación Mundial” (Agencia Internacional de Energía, 2007). La propia fuente subraya que la energía constituye además una magnitud física conservativa que muestra la capacidad de los sistemas para cambiar las propiedades de los otros sistemas o las suyas propias.

La vida no es posible sin energía, pues en todos los cambios que ocurren, cualquiera que sea su naturaleza o el nivel donde se produzcan, debe ponerse en juego cierta cantidad de ésta. Desde el comienzo de la humanidad, el hombre consumió energía, al principio para cultivar la tierra, y solo gastaba la equivalente a su alimento.

En la actualidad la distribución del consumo de energía está estrechamente vinculada con la calidad o estilos de vida y el modelo económico imperante a nivel mundial. Su disponibilidad está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. En realidad la sociedad actual podría denominarse "energívora", donde los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma, según el U.S Department of Energy, citado por el Portal de la Red del Sistema Nacional de Información de la Energía en Cuba.

Sin embargo este escenario está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, cuando sean precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones, como en sus economías. De ahí que es urgente que el hombre tome conciencia de la crisis energética que vive la humanidad para que agudice su inteligencia y genere cambios positivos y beneficiosos para el futuro.

La crisis energética del mundo -principalmente en uno de los aspectos en que se sustenta- es en el agotamiento de los combustibles *fósiles*, que son el patrón de consumo global de energía de los países desarrollados y en vías de desarrollo. Estos últimos aumentan a un ritmo vertiginoso sus necesidades energéticas lo que pudiera provocar, por ejemplo, que en el 2030 la demanda del petróleo se eleve a 17.7 miles de millones de toneladas, el 84% del total que se requiere en el orbe. Además ante una mayor demanda global de energía, todas las regiones se enfrentarían a medio y largo plazo a unos precios energéticos mucho más altos.

Las tendencias indican que el consumo de energía por sector puede estar sometido al ritmo de desarrollo económico por región, siendo los sectores industrial y del transporte los que experimentarán un crecimiento más rápido, de un 2,1% por año para ambos. En tanto, crecimientos más lentos se producirán en el ámbito residencial y comercial, con un promedio anual de 1,5 y 1,9%, respectivamente, entre el año 2002 y el año 2025, referido en el Informe Ejecutivo de la Agencia Internacional de Energía año 2009 (AIE) (European Energy Network, 2007)

Dado el aumento desmedido del uso de los combustibles fósiles en el desarrollo vertiginoso de los países industrializados desarrollados y en vías de desarrollo, un punto a tener en cuenta es la progresiva emisión de productos contaminantes hacia el medio ambiente, los cuales contribuyen al efecto invernadero, al deterioro de la capa de ozono, al calentamiento global y al cambio climático, entre otras consecuencias no menos funestas para la vida en el planeta.

Por tanto, es imprescindible que la comunidad científica trabaje en la búsqueda de fuentes alternativas y el aprovechamiento de energías naturales o no contaminantes, entre las que se destacan, por ejemplo, la hidráulica, la solar, la eólica, la geotérmica y el hidrógeno.

Como resultado de estas nuevas preocupaciones se ha alcanzado un mayor índice de aprovechamiento de los recursos terrestres y marítimos de determinadas

regiones del planeta y se comienzan a vislumbrar los primeros prototipos comerciales y los frutos de esta generación de energías más limpias.

Con respecto al comportamiento actual y futuro de la situación energética global, Cuba no queda fuera de este ámbito, pues como país subdesarrollado se enmarca en la búsqueda de alternativas para satisfacer las demandas energéticas que abarcan su desarrollo económico y social. Tal es así que ha empezado a reducir la dependencia de su economía del petróleo y los combustibles fósiles, así como a transformar su concepción energética, ya que la amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales (alertados recientemente por el Comandante en Jefe Fidel Castro en sus Reflexiones e intervenciones públicas) son muy serios y porque, a medio plazo, Cuba no puede seguir con una economía basada en una fuente de energía no renovable que se agota poco a poco.

Para el logro de este objetivo es necesario aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente, a través de las fuentes renovables; usar eficientemente la energía; hacer las tareas con el mínimo consumo posible y desarrollar tecnologías, sistemas de vida y de trabajo que ahorren energía para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda denominar sostenible.

A raíz de toda esta problemática, desde el 2005 Cuba trazó una estrategia nacional conocida como Revolución Energética, la cual se centra en el ahorro y el aprovechamiento de energías renovables como la solar, la hídrica y la eólica, además de trabajar en la búsqueda de fuentes energéticas menos contaminantes y con mayor capacidad de renovación, según refiere el líder histórico de la Revolución Fidel Castro en un discurso pronunciado el 17 de enero de 2006, en Pinar del Río (Castro, 2006).

Esta estrategia pone en práctica para su desarrollo diferentes programas de forma paralela, como por ejemplo, Ahorro y uso racional de la energía, Incremento de la disponibilidad del servicio eléctrico, Uso de energías renovables, Incremento de la exploración y producción de Petróleo y Gas y Colaboración en el exterior; dentro

de los cuales se realizan acciones en función del ahorro energético desde diferentes aristas.

Una de las medidas más importantes puestas en práctica en el país, y por supuesto en Sancti Spíritus, es la instalación de Grupos Electrógenos, que son motores de combustión interna acoplados a generadores eléctricos destinados a la producción de energía, dirigidos fundamentalmente a la descentralización de la generación eléctrica.

El montaje de estos equipos comenzó, en primer lugar, con la instalación de grupos emergentes en aquellas instalaciones de producción y servicio con mayores índices de consumo de portadores energéticos, principalmente de la energía eléctrica. Como segundo paso se instalaron las baterías de motores Diesel destinadas a mejorar la distribución de la energía a partir de la descentralización de la generación, con las cuales disminuyeron las pérdidas por transmisión y distribución en las redes eléctricas y la entrega de energía en horarios de máxima demanda.

De igual forma se empezaron a emplear, y hoy se observa con mayor capacidad de generación instalada, motores de combustión interna que utilizan fundamentalmente combustible Fuel Oil, el cual es menos costoso en el mercado internacional. Existen instaladas en el país de los motores que trabajan con Fuel Oil dos tecnologías: HYUNDAI (Coreana) y MAN B&W (Alemana), las que tienen el mismo objetivo de las instalaciones Diesel, pero con las peculiaridades de que están destinadas a trabajar de forma ininterrumpida, con un bajo índice de emisiones tóxicas y contaminantes a la atmósfera, con posibilidades de generar en condiciones aisladas (en isla) o sincronizadas al Sistema Electroenergético Nacional (SEN), tienen una disponibilidad por encima del 90% en comparación con las termoeléctricas que existen en nuestro país actualmente y en caso de presentar averías no representarían grandes déficits de generación en el SEN.

En Sancti Spíritus existen dos plantas de Fuel Oil: una en el municipio de Trinidad y otra en Sancti Spíritus, con cuatro y cinco motores, respectivamente. Ambas cuentan con una tecnología MAN B&W DIESEL 18"V"28/32S, de una capacidad de 3.85 MW, de generación eléctrica.

La planta del municipio cabecera, inaugurada hace tres años y devenida una de las primeras de su tipo en el país, entrega a plena capacidad 19.25 MW., lo que representa un 75 % de la demanda máxima de la ciudad, en horario pico.

Motivado por el poco tiempo de explotación y la falta de estudios relacionados al ahorro de portadores energéticos, la siguiente tesis tiene como:

Problema científico:

La no implementación de un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía (SGTEE) en la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus, limita evaluar oportunidades de ahorro de portadores energéticos en dicha entidad.

Objetivo general:

Evaluar oportunidades de ahorro de portadores energéticos en la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus.

Objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación energética de la Central Eléctrica de Fuel Oil mediante la implementación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.
- Proponer acciones encaminadas al ahorro de energía y portadores energéticos.
- Evaluar las principales oportunidades de ahorro de los portadores energéticos.

La hipótesis:

Si se implementa un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti-Spíritus, entonces se podrían evaluar oportunidades de ahorro de cada portador energético en dicha entidad.

Este estudio conducirá a determinar el comportamiento y estado actual de los portadores energéticos e índices de consumo, lo cual contribuirá a organizar acciones con el objetivo de realizar un mejoramiento considerable y analizar posibilidades de ahorro.

De igual forma, se encuentra disponible toda la información requerida para llevar a cabo la investigación y procesamiento de los datos necesarios, existe el interés y el apoyo requerido para viabilizar la obtención de la información y la ayuda del personal especializado y con experiencia que puedan brindar sus conocimientos acerca del tema a investigar.

El desarrollo de la investigación cuenta con los recursos indispensables para su ejecución y no tendrá ninguna implicación negativa en el equilibrio ecológico del planeta. Por último, para el logro de la investigación se requiere de conocimientos y habilidades en la organización de la actividad energética por parte de las personas que participan en el estudio así como se realizarán, observaciones, empleo de algunas técnicas, toma de decisiones y trabajos en colectivo.

CAPÍTULO I



Capítulo I. Estado del arte. Análisis Bibliográfico

1.1 Situación energética mundial

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. La sociedad actual demanda gran cantidad de energía y los países más pobres muestran los consumos más bajos, mientras que los países más ricos utilizan las mayores cantidades de energía. Sin embargo, hay cambios que se acentuarán en los próximos años, cuando los países en vías de desarrollo experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías.

La crisis energética mundial -producida por todos los factores relacionados con los combustibles fósiles, como la subida espectacular de los precios del crudo, la inestabilidad de los mercados, los problemas geopolíticos y los enormes consumos por parte de los mercados emergentes- incide de forma especial en aquellos países que no cuenta con los recursos energéticos propios para subsistir, y que dependen necesariamente de terceros países para satisfacer su demanda energética.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) en el Resumen Ejecutivo de World Energy Outlook-2009 (WEO) ofrece una visión de cómo se encuentra la situación en cuanto a recursos energéticos en el ámbito mundial, europeo y español, y se plantean las directrices en cuanto al uso, utilización y tendencias de las fuentes de energía. Subraya que el consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre el 2004 y el 2030, a pesar de que los precios tanto del petróleo como del gas natural, continúen también en aumento. Gran parte de este incremento será producido por los países con economías emergentes en vías de desarrollo. Prevé además que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento medio de un 2,5% por año hasta el 2030 en los países no pertenecientes a la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico

(OCDE), mientras que en los países miembros será del 0,6%. Así durante este período, los países de esta organización incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de los países lo harán al 95%. Las economías emergentes serán entonces, las responsables del crecimiento proyectado en el consumo de energía dentro del mercado en las dos próximas décadas. La actividad económica medida por el producto interno bruto como medida del poder adquisitivo, será para este entonces la que se incremente en un 5,3% por año en los mercados de los países ajenos a la OCDE, frente al 2,5% de los países miembros.

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).

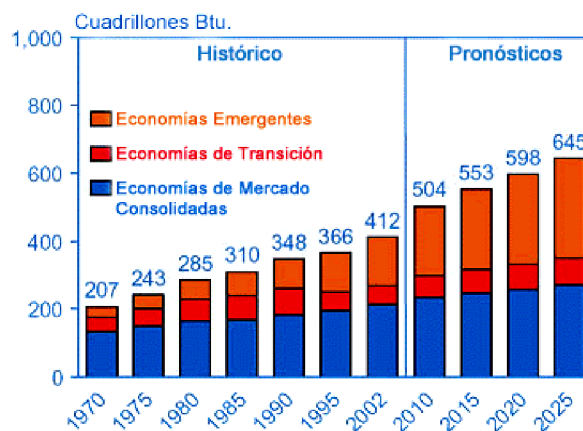


Fig. 1 Mercado Mundial del consumo de energía por región desde 1970-2025.

En la gráfica de barras que se observa, en la figura # 1, se puede apreciar el comportamiento del consumo de energía en función de las economías vigentes, con los valores históricos desde el año 1970 hasta el 2002, y como pronósticos desde el 2004 hasta el 2025. Tal y como se explicita el incremento del consumo de energía de los países consolidados y de los mercados en transición es bastante menor en todos los sectores: el transporte, la industria, el sector residencial y comercial. Sin embargo, en los países con economías emergentes las tendencias indican que su consumo va a estar sometido al ritmo de desarrollo económico de los sectores de mayor demanda, como el transporte y el sector industrial, que será de 2.1% por año, siendo los de menor crecimiento los sectores residencial y comercial que será cómo promedio anual de 1,5 y 1,9%, respectivamente. Uno de los ejemplos de países que forman el liderazgo de las economías emergentes son China y la India, los cuales superan los 5.4 millones de barriles al día actualmente, previéndose que a este ritmo en el 2030 será de 19.1 millones de barriles, lo que representa un mayor volumen con respecto a la combinación de Japón y Estados Unidos en la actualidad. Es un hecho innegable

el incremento de la demanda energética por parte de las economías emergentes en los próximos 15 años; sin embargo la crisis económica global que sumerge a los países en déficits presupuestarios millonarios y frustra cualquier posibilidad de rescate, impedirá que tal demanda energética se produzca de forma vertiginosa, como prevén muchos expertos.

Garantizar un suministro fiable y asequible constituirá un verdadero desafío en función de la demanda provocada por estos países, lo que conllevará a un ensanchamiento de desfase entre los niveles de producción y la demanda de todas las regiones. En el artículo Energía y Sociedad, consultado en el sitio web www.energíasrenovables.cinemat.es, se plantea que el consumo de las fuentes renovables de energía y nuclear aún no sobrepasan el consumo y demanda de los combustibles fósiles. No obstante, a pesar de que son este tipo de fuentes de energías las más utilizadas básicamente en la industria y el transporte, en los próximos años se verá limitado el uso de los mismos, dadas las políticas y leyes que limitan la emisión de gases como el dióxido de carbono (CO₂), y otros de efecto invernadero, responsables de la elevación de las temperaturas globales y de

agravar el cambio climático. De ahí que hacia el 2030 se espera que se eleve el empleo de fuentes alternativas de energía mucho menos contaminantes y que lleve al mundo hacia un ambiente más limpio y un desarrollo sostenible.

En la figura # 2 se puede observar el comportamiento del nivel de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el cual asciende vertiginosamente a partir del 2004 de un 26.9 billones de toneladas a 33.9 en el año 2015 y a 42.9 en el año 2030.

Sources: History: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site www.eia.doe.gov/iea. Projections: EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2007).

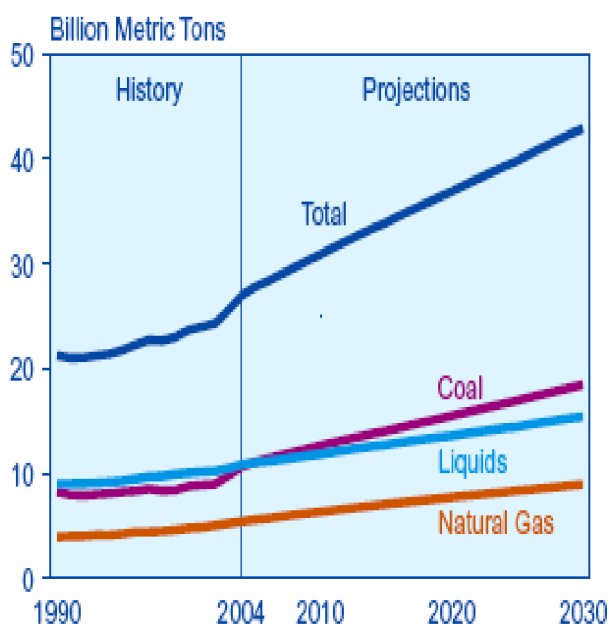


Fig. 2 Incremento de emisiones de CO₂ desde 1990 hacia el año 2030.

Con respecto al comportamiento del uso de algunas fuentes de energía se puede observar la figura # 3, en la que se indica la tendencia al aumento de aquellas fuentes tradicionales: petróleo, gas natural y carbón; y la disminución –en el 2030- de las fuentes renovables y la energía nuclear.

Para el caso del petróleo la demanda no sería aún mayor si no se contara con las necesidades de los países emergentes, por lo que con este incremento los miembros de la OPEC serán los más importantes suministradores del preciado líquido, quienes representan un 60% del incremento para el año 2015.

Para el caso del gas natural se perfila como el recurso energético favorito y será el que experimente mayor aumento en el consumo. Se prevé un incremento promedio de 2,3% por año de 2002 a 2025. Durante el período que va del 2004 hasta el 2030 se proyecta un aumento en el consumo de hasta el 63%, pasando de 100 a 163 trillones de pies cúbicos. La perspectiva es que el gas natural continúe

Sources: History: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site www.eia.doe.gov/iea. Projections: EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2007).

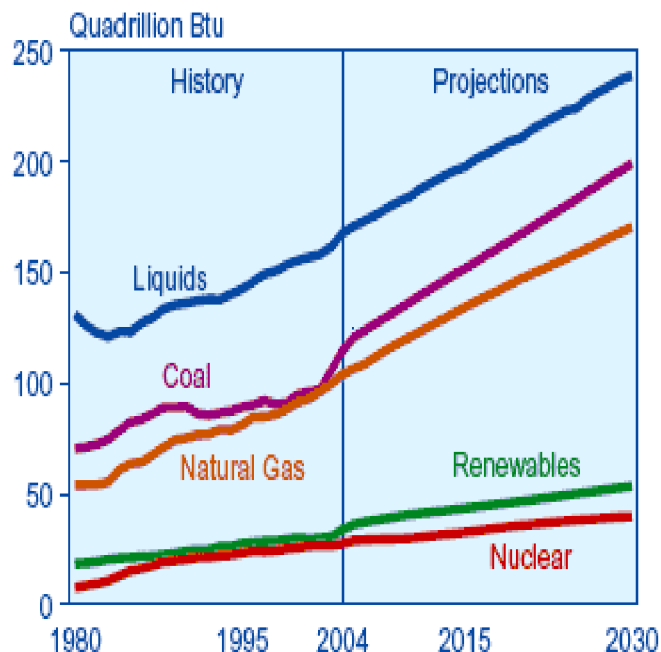


Fig. 3 Tendencias del consumo de las fuentes de energía hacia el 2030.

Consumo mundial de Gas Natural por sector consumidor final, 2002-2025

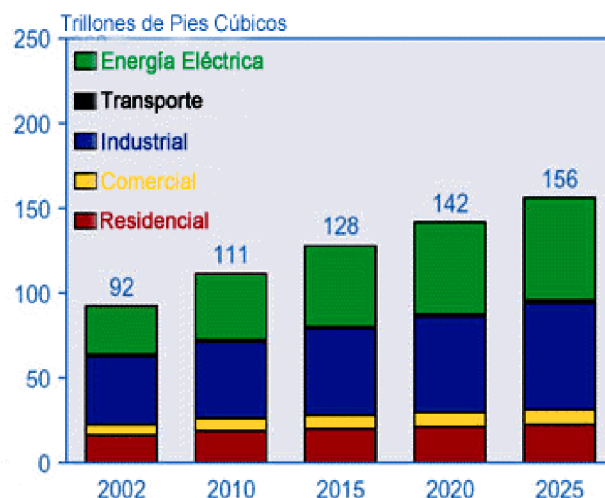


Fig. 4 Tendencias del consumo del gas natural hacia el año 2025.

siendo una importante fuente de suministro para la generación de energía eléctrica, debido especialmente a su uso en la industria, donde asume casi la mitad del gasto del gas (44%) en el mundo.

Esta elección se debe a que presenta una reducción en emisiones gaseosas en comparación con el fuel; por lo que cerca del 50% del incremento de gas natural demandado entre el 2002 y 2025 irá a parar a la producción de electricidad, como se puede observar en la figura # 4.

Los aspectos y referencias mencionados anteriormente, en relación a la tendencia del incremento del consumo de combustibles fósiles, está ligado fuertemente, como se denota en la figura # 5, al emergente crecimiento de las economías de los países en vías de desarrollo como es el caso de China e India, pero está también asociado especialmente a la fuerte demanda de energía eléctrica que sostiene el sector industrial de estos países, por lo que debido a esto, este factor se incrementará hacia el año 2030, en 2,4% anual, y será sostenida principalmente a partir del carbón y gas natural -siendo el carbón el de mayor incidencia-, y en un menor porcentaje a partir del petróleo debido a los altos precios del mismo a escala mundial.

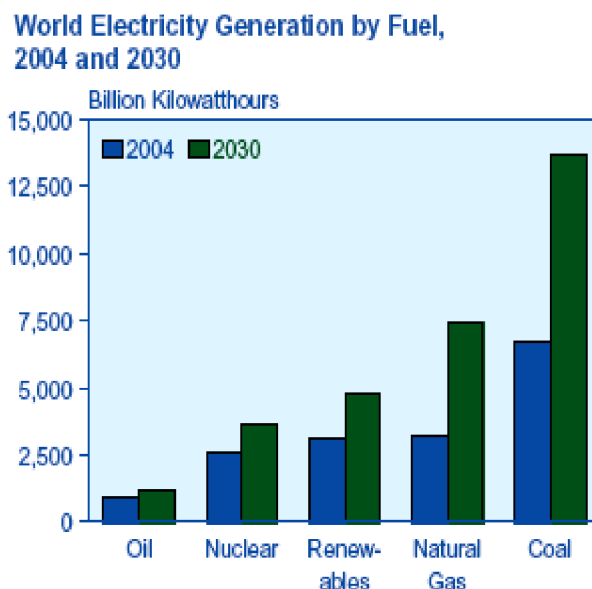


Fig. 5 Comportamiento de la generación eléctrica según tipo de combustible hacia 2030

El presente estudio concuerda en que el consumo energético mundial está basado fundamentalmente en la explotación de los combustibles fósiles, donde los principales responsables son aquellos países que extienden sus producciones a la invasión de todos los mercados internacionales, solo haciendo uso de aquellas fuentes de energía no renovables y renunciando, por ende, al desarrollo e

incremento de aquellas potencialidades que ofrecen la explotación de fuentes renovables para la obtención de energía.

1.2 Situación energética en Cuba

Debido a la dura realidad que enfrenta el mundo en cuanto a demanda y consumo de energía obtenida a partir de fuentes no renovables o fuentes naturales, como el petróleo, el gas natural y el carbón, Cuba se encuentra inmersa en una crisis energética estrechamente vinculada con los altos precios a los que se cotiza el petróleo y otros combustibles en el mercado mundial. Y como otros países necesita priorizar la obtención de estos para el desarrollo económico y social del país.

Una amplia gama de sectores son dependientes en gran medida del uso de combustibles o fuentes de energía: el sector industrial y de servicios, el del transporte, el comercial, el residencial, etcétera. Un punto vulnerable que pone en crisis la economía y el desarrollo en general es la generación de energía eléctrica. Es por ello que Cuba se ha trazado políticas y estrategias para reducir la dependencia de su economía del petróleo y los combustibles fósiles, así como ha procurado transformar su concepción energética ya que la amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales son muy serias y porque, a mediano plazo, no se puede seguir basando la forma de vida en una fuente de energía no renovable que se agota.

Para el logro de este objetivo es necesario tener en cuenta: aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente, a través de las fuentes renovables; usar eficientemente la energía; conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo posible; y desarrollar tecnologías, sistemas de vida y de trabajo que ahorren energía para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda denominar sostenible.

El país ha trazado con más énfasis las políticas de ahorro energético fundamentalmente en los principales portadores energéticos, dada su importancia en la economía y el alto costo para sus importaciones y/o en la producción nacional de los mismos. Dentro de estos portadores energéticos a los que se les presta especial atención está la energía eléctrica.

La generación de electricidad en Cuba está basada en centrales termoeléctricas, hidroeléctrica, pequeñas centrales aisladas en diferentes cayos del país y la Isla de la Juventud, así como otras centrales de generación que queman combustible Diesel, y gas acompañante, asociado del petróleo. El sistema de generación está regido por una institución que pertenece al Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), el cual es el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), que no es más que el encargado de regir la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica formando un todo único de operación conjunta que abarca todas las instalaciones conectadas a la red nacional (Manual de Gestión Energética, Unión Eléctrica, 2008).

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.

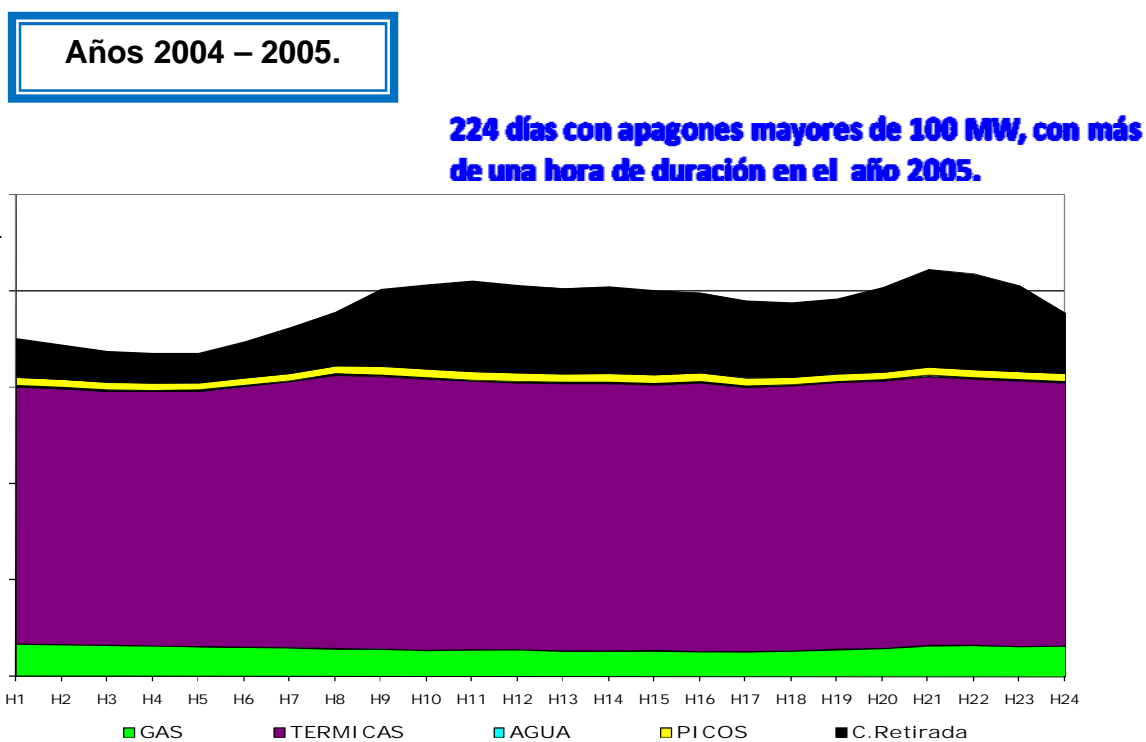


Fig. 6 Comportamiento de la generación eléctrica antes de la Revolución Energética.

A partir del año 2005 se pusieron en práctica nuevas concepciones para el desarrollo de un sistema electroenergético nacional más eficiente y seguro debido a que el estado de las instalaciones de la generación base contaba con grandes e ineficientes plantas termoeléctricas -con 25 años de explotación como promedio- y un 60% de disponibilidad, eran frecuentes las averías y los apagones -principalmente en el horario de máxima demanda (obsérvese la figura # 6)-, existía un alto porcentaje de pérdidas eléctricas en las redes de transmisión y distribución, se había incrementado la intensidad y la frecuencia de los huracanes con grandes afectaciones a las redes de transmisión y distribución, el estado de estas redes era deficiente y se había incrementado la cantidad de electrodomésticos ineficientes en los hogares cubanos, la tarifa eléctrica residencial no estimulaba al ahorro y era aún insuficiente la cultura de ahorro tanto en el sector residencial como en el estatal. De ahí que se decidió implementar como estrategia del país una Revolución Energética, la cual se trazó como premisas:

1. La eliminación de los apagones en el menor tiempo posible, aumentando la capacidad de generación de electricidad con tecnologías eficientes.
2. La reducción del consumo de combustible mediante el ahorro y el uso racional de la energía.
3. Posibilidad de elevar el nivel de vida del pueblo sin incrementos del consumo de electricidad.
4. La necesidad de proteger eléctricamente a los centros vitales de servicios y de la economía ante desastres naturales y para la seguridad nacional.
5. Fomentar el desarrollo de las energías renovables.
6. La adquisición e instalación de equipos de generación más eficientes y seguros con Grupos Electrónicos y motores convenientemente ubicados en distintos puntos del país.
7. Intensificación acelerada del programa para incrementar el uso del gas acompañante del petróleo nacional en la generación de electricidad mediante el empleo del ciclo combinado.
8. Rehabilitación total de las redes de distribución, anticuadas e ineficientes, que afectaban el costo y la calidad del fluido eléctrico.

9. Priorizar los recursos mínimos necesarios para una mejor disponibilidad de las plantas del Sistema Electroenergético y su paso a conservación.
10. Un programa intensivo de investigación y desarrollo del uso de la energía eólica y solar en Cuba.

Para lograr y llevar a cabo todos estos objetivos se organizaron diferentes programas de forma paralela en función del ahorro energético y aprovechamiento de fuentes de energías renovables, como se muestra en la figura # 7, donde se pueden observar los cinco programas para el desarrollo de la Revolución Energética en Cuba, según refiere el Portal de la Red del Sistema Nacional de Información de la Energía en Cuba, (Junio 2007).

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.

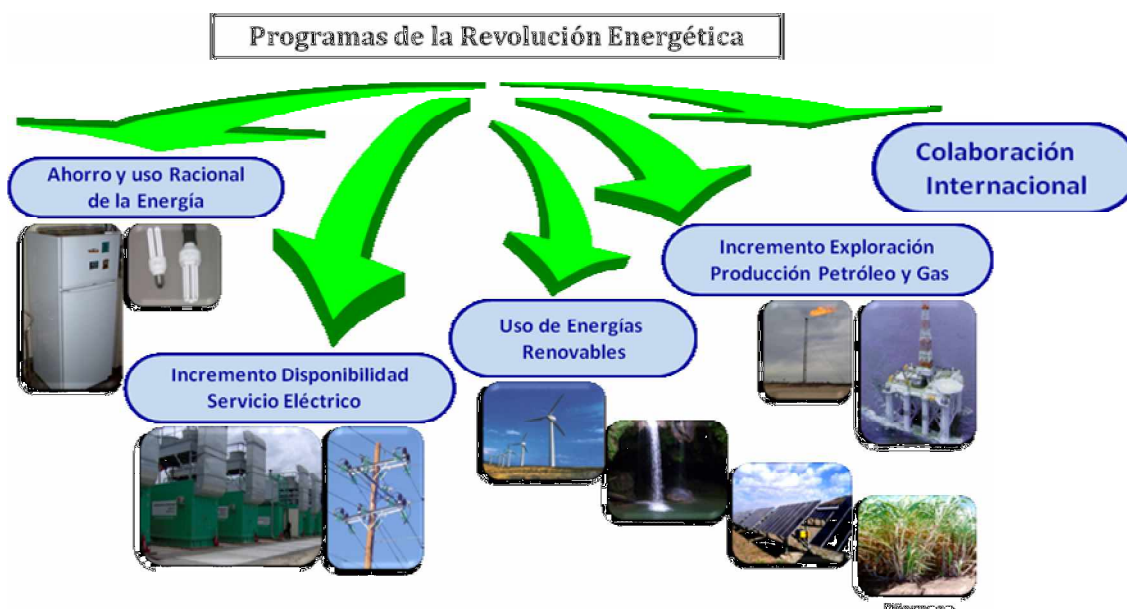


Fig. 7 Programas desarrollados en la Revolución Energética.

Los programas establecidos para el desarrollo de la Revolución Energética, explicita el gráfico, son:

1. Incremento de disponibilidad del servicio eléctrico.

2. Uso de energía renovables.
3. Ahorro y uso racional de energía.
4. Incremento exploración para la producción de petróleo y gas.
5. Colaboración internacional.

En el desarrollo de cada programa se ejecutaron acciones para el cumplimiento de sus objetivos, a continuación se desglosan cuales fueron algunas de ellas para cada actividad.

Programa de Rehabilitación de redes eléctricas de distribución.

En la ejecución de las mejoras en las redes eléctricas:

- Se ejecutaron 475 274 acciones de mejoras, para un 72% del programa.
- Resueltas 16 mil 294 zonas de bajo voltaje para el 92% de solución.
- Declarados 109 municipios libres de bajo voltaje, beneficiando a 845 mil 185 clientes.
- Han sido creadas nuevas fábricas de transformadores de distribución, con una producción de más de mil por año.
- Se han sustituidos los metros contadores analógicos por electrónicos en el Sector Residencial y Estatal, de mayor sensibilidad y precisión de la medición,
- Se han reducido las pérdidas por transmisión y distribución, en un 0.89% de lo que se encontraba con anterioridad.

En la figura # 8 que se muestra a continuación se observa cómo se comportaron las pérdidas por distribución una vez desarrollado el programa hasta la fecha.

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.

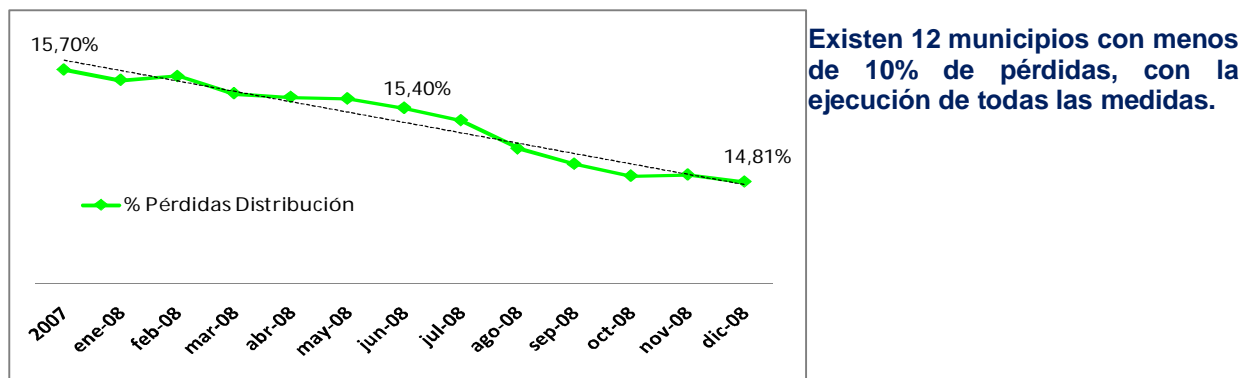


Fig. 8 Programas desarrollados en la Revolución Energética.

Programa de Aprovechamiento de energías renovables.

- Se han instalados aerogeneradores en varios lugares del país donde existe potencial para el desarrollo de la energía eólica, en la Isla de la Juventud de 1.65 MWh, en Holguín de 5.10 MWh y en Ciego de Ávila de 0.5 MWh, para un total de 7.25 MWh instalados.
- Se ha potenciado la instalación de celdas Fotovoltaicas siendo 8.111 sistemas autónomos. Distribuidos en escuelas, consultorios médicos, salas de televisión y viviendas sin servicio eléctrico.
- Se han instalado más de 8.000 calentadores solares, de ellos 3.536 en 111 instalaciones hoteleras.
- Se han realizado experimentos con calentadores de tubos de vacío en círculos infantiles, hospitales, hogares de ancianos, cocinas centralizadas y en el sector residencial, se han producido reducciones en el consumo de electricidad entre un 15 y un 20%.

Programa de uso racional de la energía.

Se estableció una estructura de consumo de energía eléctrica la cual está dividida en dos sectores fundamentalmente, el sector residencial y el sector estatal como se muestra en el siguiente esquema, figura # 9, de los cuales el residencial es el 46.7% y el estatal el 53.3%.

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.



Fig. 9 Estructura de consumo de la energía eléctrica por sector.

Para establecer una mejor diferencia entre las acciones se observa de forma separada.

Para el caso del sector residencial:

- Se han cambiado las tarifas para el cobro del servicio eléctrico estimulando a una cultura de ahorro eléctrico y económico en el hogar.
- Más del 80% de los núcleos familiares puede hoy cocinar con electricidad, debido a la entrega de modernos módulos de cocción en sustitución de combustibles tradicionales de alto costo y nocivos para la salud, en las gráficas de la figura # 10, muestra el comportamiento del Queroseno y el Gas Licuado (GLP), teniendo un ahorro de 651 mil toneladas equivalentes de petróleo entre el 2005 y 2008.

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.

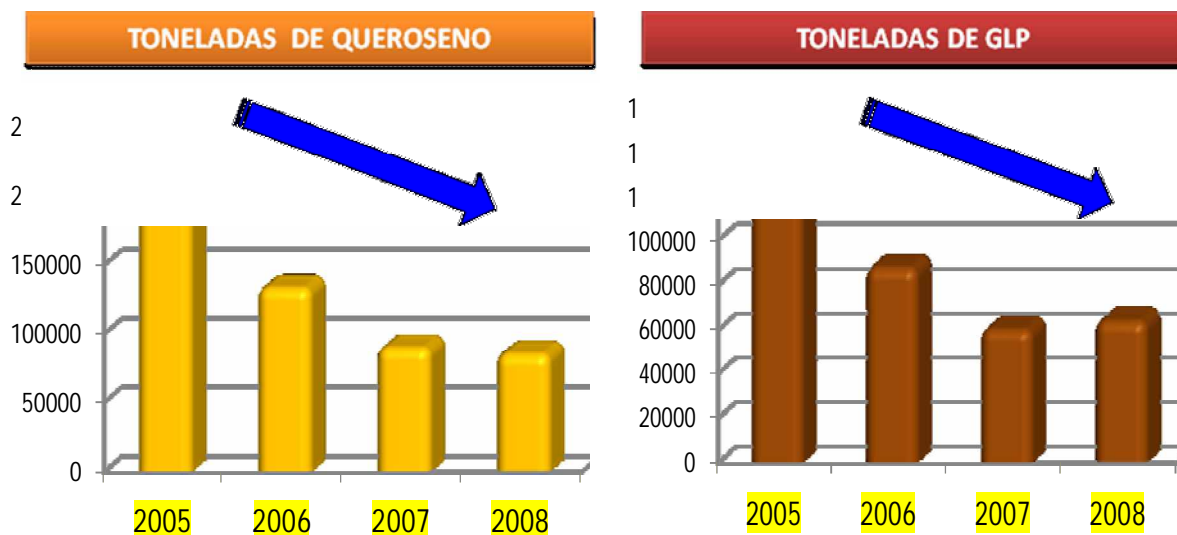


Fig. 10 Comportamiento del consumo de queroseno y gas licuado por concepto de sustitución de equipos eléctricos.

Para el caso del sector estatal:

- Han sido sustituidas más de 1.300 bombas de agua ineficientes por eficientes en acueductos y alcantarillados.
- Instalados más 674.803 tubos fluorescentes de 32 W y balastos electrónicos en sustitución de los de 40 W y balastos electromagnéticos.
- Instalados más de 300 bancos de condensadores en clientes penalizados por bajo factor de potencia.
- Medidas especiales para la regulación de la demanda y acomodo de carga en 1713 centros grandes consumidores (Servicios Seleccionados).
- Elaboración y control de los planes de consumo de electricidad en los Servicios Seleccionados.
- Capacitación de los responsables del control de la energía en estos centros e inspecciones posteriores para evaluar resultados.

En las gráficas que se muestran a continuación se observa los resultados de las acciones aplicadas en el sector estatal comparando los períodos del 2006-2007-2008,

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.

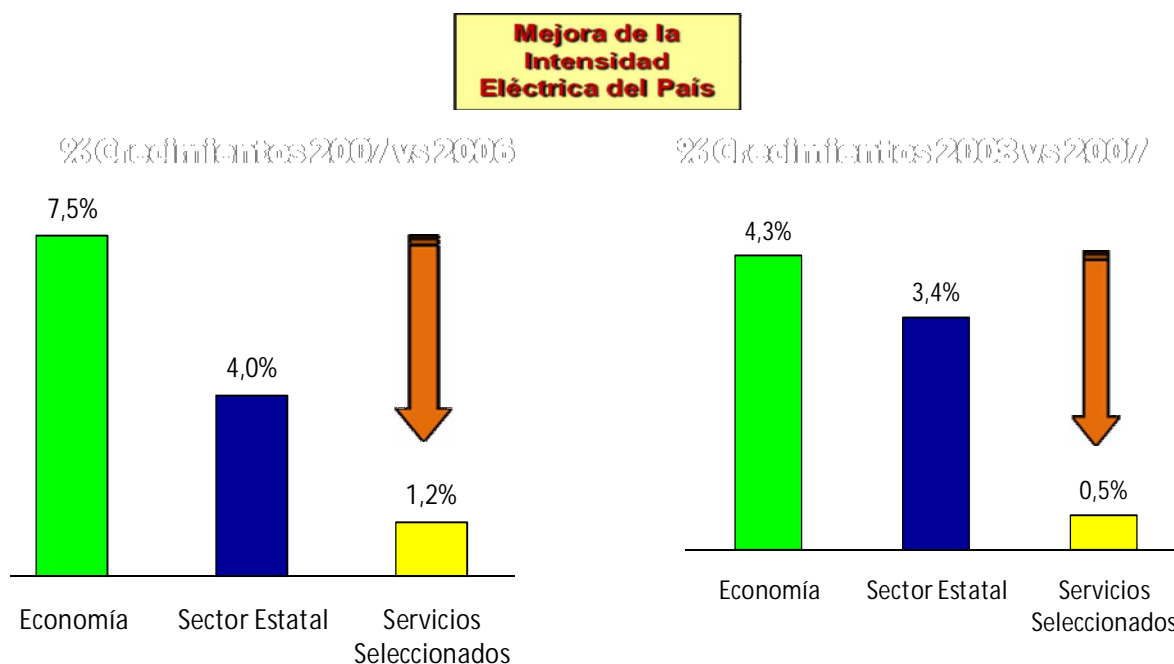


Fig. 11 Comportamiento del consumo de queroseno y gas licuado por concepto de sustitución de equipos eléctricos.

1.3 La Generación Distribuida en Cuba.

Como punto de partida en el país para el desarrollo de este programa se comenzó por la instalación de grupos electrógenos de emergencia los cuales han sido ubicados principalmente en aquellos consumidores claves, por ejemplo: centros de salud, de elaboración de alimentos, de bombes y potabilizadoras de agua, hoteles y centros vinculados al turismo, entre otros; contando hasta el momento con una capacidad instalada de 701 MW.

Luego de emplazados los grupos de emergencias prosiguió el montaje de microsistemas a partir de la utilización de motores de combustión interna, usando para su funcionamiento combustible Diesel. Seguidamente se comenzó a

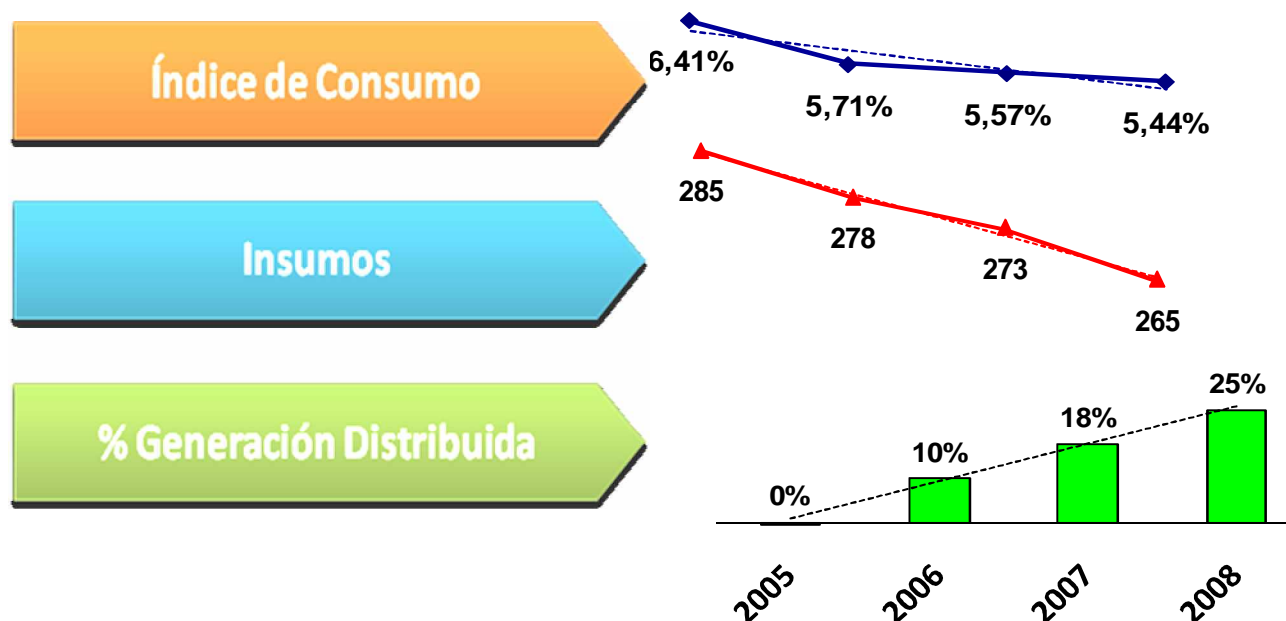
diversificar la instalación de plantas de generación eléctrica a partir de motores de combustión interna, pero usando como combustible Fuel Oil, siendo este mucho menos costoso en el mercado mundial, por lo que ya hoy se encuentran más de 35 emplazamientos sincronizados en todo el país con una capacidad de generación de un total de 883 MWh.

En la actualidad la descentralización de la energía eléctrica mediante la generación distribuida ha dado al traste con los problemas y déficit eléctrico por el que pasaba el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), lo que ha redundado en beneficios significativos, como por ejemplo:

- Permitió la eliminación de los apagones en menos de un año.
- Se elevó la eficiencia por sus bajos valores de insumos e índices de consumo de combustible.
- Se redujeron las pérdidas de transmisión y subtransmisión.
- Permitió realizar la generación en microsistemas aislados ante catástrofes o necesidades de la defensa.

En la figura # 12 se puede observar el comportamiento del índice de consumo de combustible de los motores de combustión interna a partir de la generación de electricidad con Fuel en comparación con las centrales térmicas. Se nota además, como se produce con el uso de este método una disminución de los insumos respecto a las centrales térmicas. En el último esquema de la figura se observa el avance de la generación distribuida hacia el año 2008, ascendiendo hasta un 25% respecto al año 2005, cifra que en la actualidad se incrementa por la instalación y puesta en marcha de nuevas plantas desde ese año hacia acá (Informe de Balance de la Revolución Energética, en el cuarto año de su ejecución, Unión Eléctrica, 2009).

Fuente: Balance anual de la UNE Programa de la Revolución Energética, Septiembre 2009.



Indicador	Centrales Térmicas	Generación Distribuida (Motores Fuel)
Insumos	7,0-10,0 %	2,5-3,0 %
Consumo específico	280-320 g/kWh	200-208 g/kWh

Fig. 12 Comportamiento del Índice de consumo de combustible de las centrales térmicas en comparación con la generación distribuida a partir de motores de combustión interna con Fuel Oil.

1.4 Situación energética en la provincia Sancti Spíritus. Tendencia de la Generación Distribuida

La situación de la provincia Sancti Spíritus no dista mucho de la situación general del país y como en las demás se han trazado las estrategias y premisas de la campaña para el ahorro energético.

Igualmente ha sido protagonista de las medidas y acciones realizadas durante el desarrollo de los programas de la Revolución Energética, por ejemplo se lleva a cabo la rehabilitación de redes eléctricas, se han construido y reparado

subestaciones de transformadores, se han instalados en centros altos consumidores grupos de emergencia, creando microsistemas asilados disponibles para asumir la demanda de energía eléctrica del lugar, también cuenta con tres baterías de motores Diesel, en los municipios de Fomento, Trinidad y Yaguajay, cuenta con dos centrales eléctricas de Fuel Oil con tecnología MAN B&W Diesel, de nacionalidad Alemana, una planta en el municipio cabecera y otra en el municipio Trinidad, con 5 y 4 motores, respectivamente.

Las plantas de Fuel cuentan con un tiempo de explotación de tres años desde que comenzaron en Mayo del año 2007, con una capacidad por motor de 3.85 MWh.

La dirección de Generación Distribuida de la provincia cuenta con una estructura por Unidades Empresariales de Base, constituida para las plantas de generación Diesel y para las de generación a partir de Fuel Oil. Dentro de las estrategias y tendencias fundamentales que se siguen por parte de esta entidad se encuentra continuar realizando las inversiones aprobadas para la ejecución de obras como la subestación de transformadores que se encuentra en estos momentos en construcción cerca de la zona industrial, así como la instalación y montaje de un nuevo emplazamiento Fuel, del que se ejecutan las obras civiles en la actualidad, en el municipio de Cabaiguán, que dispondrá de 7 motores de tecnología igual al resto de los que ya están funcionando.

1.5 Características generales de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus.

1.5.1 Caracterización general de la Central Eléctrica de Fuel Oil

La Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus, es una Unidad Empresarial de Base perteneciente a la dirección de Generación Distribuida en la provincia y tiene como objeto social la generación de energía eléctrica a partir del uso de combustible Fuel Oil y mantener una disponibilidad de operación superior al 92%; lo que posibilita la reducción de las pérdidas por transmisión y distribución, disminuye el nivel de averías ocurridas en líneas eléctricas producto de

sobrecargas, así como garantiza un servicio fiable y seguro al sector residencial y estatal.

Esta central cuenta con 5 motores de tecnología MAN B&W Diesel, de nacionalidad Alemana, de 3.85 MWh por cada uno, para una capacidad de generación instalada de 19.25 MWh y representa el 70% de la demanda de la ciudad, en horario pico.

La planta tiene dentro de las características fundamentales que está sincronizada al sistema de la red nacional, y está diseñada para laborar las 24 horas en dependencia de la demanda eléctrica, lo que proporciona y garantiza gran parte de la energía demandada en el municipio, principalmente en los horarios de máxima demanda. Otra peculiaridad que es de gran importancia y distingue a este emplazamiento es que está diseñada con la posibilidad de generar energía eléctrica de forma aislada, en isla, lo que posibilita que se pueda generar electricidad para instalaciones de producción y servicio en situaciones excepcionales, huracanes, desastres naturales y acciones de la defensa. Cuenta además con una estructura administrativa que se muestra en la figura # 13, la cual se encarga de cumplir con los aspectos de suministro y operación de generación eléctrica y de garantizar la disponibilidad requerida de acuerdo a su objeto social.



Fig. 13 Estructura de UEB de Generación de Fuel Oil, S.S

1.5.2 Necesidad de un sistema de gestión eficiente de la energía que facilite el aprovechamiento de las potencialidades de ahorro y de los portadores energéticos más significativos

Como en todo el mundo, en Cuba también existe una dependencia de los combustibles fósiles debido en lo fundamental a la falta de estrategias y recursos que potencien el uso de las fuentes renovables de energía para satisfacer las demandas actuales de consumo. Aun cuando existen algunos proyectos como los Parques Eólicos de Gibara y Nueva Gerona, en Holguín y el Municipio Especial Isla de la Juventud, respectivamente, y el uso de las hidroeléctricas a partir del agua embalsada en las presas cobra cierta magnitud, son insuficientes aún para cubrir todos los requerimientos energéticos.

De ahí que el ahorro de energía y el empleo de otras fuentes sea un camino a seguir con vistas a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, que beneficie a las actuales y futuras generaciones en relación al desarrollo económico, la elevación del nivel de vida de todos y la preservación de la habitabilidad del entorno.

Por tanto, el empleo eficiente de la energía se traduce en el aumento de la eficiencia energética, es decir, en reducir al máximo el uso de energía por unidad de producto o servicio, sin afectar la calidad del mismo, sustentado en dos factores fundamentales: la intensidad energética y el índice de consumo o el consumo específico de energía. Ante tal situación, urge entonces, la aplicación de un sistema de gestión total eficiente de la energía que organice esta directiva de vital importancia para el logro de estos factores.

En algunas empresas del país de una forma muy limitada se ha explotado el recurso de la eficiencia energética o se ha implementado un sistema de gestión energética, que mediante la realización de diagnósticos energéticos pueda detectar las fuentes y niveles de pérdidas de energía, con el objetivo de que posteriormente se puedan definir medidas y proyecciones para el ahorro y su conservación.

Esto ocurre principalmente por no realizarse con suficiente integralidad los análisis del consumo de los portadores energéticos, por no constar con los procedimientos, ni el equipamiento necesario, así como por no contar con la cultura y capacidad técnico administrativa, necesarias para realizar el seguimiento y control que permita un elevado nivel de gestión energética.

Lo más importante para lograr en una empresa la eficiencia energética, no es solo que exista un plan de energía, sino contar con un sistema de gestión que garantice que ese plan sea renovado cada vez que se necesite y que eleve la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo; que se desarrollen nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia que garantice un mejoramiento continuo.

La UEB de Generación Fuel Oil cuenta con solo tres años de fundada desde que fue puesto en marcha su equipamiento tecnológico. Es una planta de nueva creación y su estructura organizativa en el sentido energético aún carece de líneas que definan el ahorro y eficiente uso de los portadores energéticos; así como las aristas que regulen y conlleven el consumo de dichos portadores a metas más estrechamente unidas a la producción de energía eléctrica con una mayor calidad y eficiencia.

Para el éxito de un programa de ahorro de energía resulta imprescindible el compromiso de la administración, el control del costo de producción de electricidad asociado a los gastos para lograrlo, la instalación de equipos de medición que brinden una información fiable para el monitoreo periódico y la organización de un programa o sistema orientado al logro de resultados y metas concretas, que promuevan una cultura de eficiencia energética, así como analizar las potencialidades de ahorro y aprovechamiento de energía, dentro del emplazamiento.

Por tanto, la implementación de un sistema total de gestión eficiente de la energía que permita establecer el ahorro y los índices de consumo de los portadores energéticos con una mayor eficiencia, representaría un sustancial resultado para

el funcionamiento desde el punto de vista energético, así como permitiría evaluar posibilidades para el aprovechamiento de los gases desechados a la atmósfera productos de la combustión.

CAPÍTULO II



Capítulo II: Materiales y Métodos

Solo mediante la realización de diagnósticos energéticos es que se ha tratado en las empresas el recurso eficiencia energética, diagnósticos que han permitido detectar las fuentes y niveles de pérdidas para así definir medidas o proyectos de ahorro y/o conservación de la energía. Debido a la falta de integralidad, de procedimientos y tecnología necesarios, este método carece de efectividad en muchos de los casos. Pero esa baja efectividad se debe también, en gran medida, a la falta de una cultura adecuada y a las necesidades técnico administrativas que permitan realizar el seguimiento y control que demanda posteriormente.

Más allá de un plan de ahorro de energía, en las empresas debe existir un sistema de gestión energética que involucre a todos los trabajadores, que desarrolle hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia y que integre las acciones al proceso productivo o de servicios que lleve a cabo el centro.

La Prueba de Necesidad, primer paso para implementar un sistema de gestión total por la eficiencia energética en la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus, permite caracterizar e identificar los principales problemas energéticos de la entidad en el ámbito general. De ahí que teniendo en cuenta los resultados de la prueba los especialistas y la máxima dirección de la empresa decidan continuar con la implantación y dedicar recursos humanos y materiales a esta función.

Prescripción del método utilizado para el análisis energético de la Central Eléctrica de Fuel Oil Sancti-Spíritus. Prueba de necesidad

Para dar cumplimiento a los objetivos trazados para la implementación del Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la instalación, se usó como herramienta para el diagnóstico la prueba de necesidad, como primer paso. Sus resultados permitieron la planificación objetiva de los índices de consumo, la modelación de los comportamientos históricos y actuales, y la cuantificación de la

influencia de diferentes factores globales en los consumos, costos energéticos y gastos totales de la entidad, aspectos todos que se usan en las etapas subsiguientes de la implantación del sistema.

Para desarrollar esta herramienta se tuvieron en cuenta los aspectos que a continuación se mencionan:

- 2.1 Caracterización energética de la Central Eléctrica.
- 2.2 Comportamiento histórico de la generación de energía eléctrica en el período 2008-2009.
- 2.3 Impacto de los portadores energéticos en los costos totales de la UEB.
- 2.4 Estructura de consumo de los portadores energéticos por toneladas de combustible equivalente.
- 2.5 Índices fundamentales de consumo, eficiencia y economía energética.
- 2.6 Situación de la central eléctrica en materia de gestión energética.
- 2.7 Comportamiento y principales tendencias en los últimos años de los portadores de mayor consumo.
- 2.8 Factores globales que influyen en la eficiencia energética de nuestra instalación.
- 2.9 Aplicación del diagnóstico al sistema de dirección y especialistas en materia energética de la UEB.
- 2.10 Diagnóstico e inspección de recorrido. Diagrama Causa y Efecto.
- 2.11 Acciones para la proyección de la entidad en el control del consumo de Fuel Oil.
- 2.12 Evaluación de la propuesta para el empleo del calor de los gases de escape.
- 2.13 Análisis de sensibilidad.

2.1 Caracterización energética de la Central Eléctrica

Primeramente se describió la misión de la Unidad Empresarial de Base y se mostró la estructura organizacional de la central, que comprendió la descripción de

las diferentes áreas de la instalación, desglosada en un esquema que identificó cada una de ellas.

A través de un esquema general se mostró el área donde se encuentra la mayor parte del equipamiento, en este caso la sala de máquinas. Se definió la capacidad de generación instalada para los cinco motores que se encuentran emplazados en la central y se pudo conocer además, cómo se desarrolla el flujo tecnológico de la entidad, todos los portadores que intervienen, así como las funciones de las sustancias y flujos asociados al funcionamiento de los motores encargados de la generación de la energía eléctrica. Se explicaron también los procesos por los cuales transitan el Diesel, el Fuel Oil, el aceite lubricante y el agua, desde su punto de partida hasta el final del ciclo de trabajo.

2.2 Comportamiento histórico de la generación de energía eléctrica en el período 2008-2009

La selección de los datos para el análisis histórico se realizó tomando los valores de generación y consumo de portadores energéticos correspondientes a los años 2008 y 2009, denominados como período base. Para este período se diseñó un gráfico en el que se pudo conocer el comportamiento de la generación eléctrica, cuáles fueron los valores récords y los valores críticos, asociados a los aspectos de los que depende la generación de electricidad para este tipo de instalación. Además se pudieron apreciar cuáles fueron las principales tendencias en la generación durante este tiempo, observe los valores en el anexo # 1.

2.3 Impacto de los portadores energéticos en los costos totales de la UEB

En este epígrafe se graficaron los gastos de cada centro de costo respecto al total, representados en un diagrama de pareto para los años señalados como base; y se separaron para su mejor comprensión la energía eléctrica de los combustibles y

aceites, en la estructura de gastos según el sistema contable utilizado en la entidad.

En el diagrama se representaron los porcentos que constituye cada uno de los centros de costos, encontrados en la tabla del anexo # 2, dentro del cual se distinguió cuáles fueron los mayores gastos de la entidad, en miles de pesos.

Los diferentes centros de costos de la UEB se relacionan a continuación:

- Combustibles y aceites lubricantes.
- Salarios
- Mantenimientos a equipos.
- Gastos en fuerza de trabajo estable.
- Otros gastos
- Amortización.
- Energía eléctrica.

2.4 Estructura de consumo de los portadores energéticos en toneladas de combustible equivalente

Los gráficos de la estructura de consumo se realizaron para cada año del período base, con los datos del consumo de cada portador energético que aparecen en el anexo # 1, llevados a toneladas de combustible equivalente, por la tabla de factor de conversión del anexo # 4; son diagramas de pareto en los cuales se observó cuál de los portadores representa mayor porcentaje del consumo en toneladas de combustible convencional (TCC). En el anexo # 5 se observa una tabla que lista los consumos de cada portador en TCC para el año 2008 y 2009.

2.5 Índices fundamentales de consumo, eficiencia y economía energética

Se representaron los principales índices de consumo de eficiencia energética, que fundamentalmente es el índice de consumo de Fuel Oil y de Diesel, el cual es un

indicador de eficiencia de la entidad, pues por cada tonelada de este combustible que se consume significa una cantidad de energía eléctrica generada, relación que distingue la eficiencia energética de la instalación y constituye un factor de análisis económico en el sistema de pago a los trabajadores del centro.

2.6 Situación de la Central Eléctrica en materia de gestión energética

En materia de gestión energética en la UEB, se determinó mediante entrevistas y preguntas realizadas a personas vinculadas de forma directa o indirecta al proceso productivo, los principales elementos que están relacionados de forma inmediata o no con la gestión energética. Las preguntas de control o cuestionario para la determinación de estos factores se pueden encontrar en el anexo # 8.

2.7 Comportamiento y principales tendencias en los últimos años de los portadores de mayor consumo

En la estructura de gastos de la entidad los combustibles y aceites forman un centro de costo en su conjunto, el cual representó en el diagrama de pareto para los años del período base, alrededor del 80% de los gastos totales de la UEB. Pero para distinguir dentro de este grupo cuál fue el portador más sensible, fue necesario realizar para cada año, un diagrama de pareto que se mostró en el epígrafe de la estructura de consumo, en el que se observó cuál de los portadores de este grupo tuvo mayor significación dentro del 80%, siendo este el seleccionado para realizar el análisis de su comportamiento durante los años base. Los gráficos correspondientes a este análisis se realizaron en el epígrafe 3.4 y los valores los encontramos en las tablas del anexo # 2.

El portador que mayor consumo tuvo en la estructura de gastos fue el combustible Fuel Oil, en el cual se centraron todos los gráficos de análisis realizados, los datos necesarios para los gráficos realizados en el Capítulo 3 epígrafe 3.7, se encuentran en el anexo # 9.

2.7.1 Gráfico de control del Fuel Oil

Se tomaron los valores a graficar de una hoja de cálculo de Excel, donde se procesaron todos los valores necesarios, los cuales se encuentran en el anexo # 9. En el gráfico se puede apreciar el comportamiento del consumo de Fuel Oil durante el período base donde se observaron sus mayores valores de consumo, los más críticos, así como la tendencia de los últimos meses del año 2009.

2.7.2 Gráfico del comportamiento Fuel Oil vs Energía Eléctrica, en los años 2008 – 2009

El diagrama se realiza con los datos de energía eléctrica y consumo de Fuel Oil durante los dos años base. Se expuso claramente en este gráfico cómo es la relación entre la energía eléctrica generada con respecto al consumo de Fuel Oil en el tiempo, donde se puede constatar una buena correlación entre ambas variables, comportándose el consumo de combustible en correspondencia a la generación de energía.

2.7.3 Gráfico de dispersión de Fuel Oil vs E.Eléctrica, año 2008 – 2009

Se realizó un diagrama de dispersión con el objetivo de señalar el consumo de Fuel Oil por mes con respecto a la energía eléctrica generada, donde la función lineal de tendencia ubica a cada una de las variables cerca de la línea, lo que significa el valor de correlación aceptable que tiene ambas variables, representado por el valor del coeficiente R^2 , además de brindar los litros de Fuel Oil no asociados al proceso productivo, por concepto de centrifugado y equipos de filtrado del líquido.

2.7.4 Gráfico del índice de consumo del Fuel Oil, año 2008 – 2009

El diagrama se realizó determinando el índice de consumo a través de la relación entre el consumo de combustible y la producción de energía eléctrica, en t/MWh utilizando la ecuación que caracteriza el mismo, dichos valores fueron calculados para diferentes niveles de generación para el período base y se pueden encontrar en la hoja de cálculo que se encuentra en el anexo # 10. También se graficó el índice de consumo correspondiente al período del año 2010, observándose el comportamiento de este en los meses de Enero a Mayo, con los valores reales de producción. Con este gráfico fue posible establecer un valor crítico de producción de la energía a partir del cual el índice de consumo se eleva considerablemente.

2.7.5 Gráfico Tendencia del consumo de Fuel Oil del año 2010 respecto al 2008 y el 2009

Mediante el método de las sumas acumulativas se realizó el gráfico que permitió observar el comportamiento del consumo de Fuel Oil en el año 2010 e identificar su tendencia con una línea que une los diferentes puntos de los valores correspondientes a los meses en el gráfico; además permitió controlar y monitoriar la variación del consumo del año 2010 con respecto al período base.

Este gráfico se realizó calculando un consumo mediante la ecuación lineal del diagrama de dispersión del consumo de Fuel Oil vs Energía Producida. Los valores de la producción de electricidad real en los meses del año 2010 se sustituyeron en la expresión y se obtuvo un valor del consumo, entonces la diferencia entre el valor real de los meses del 2010 y el calculado se graficó a través de las sumas acumulativas, en el anexo # 11 se encuentran los datos utilizados.

La expresión que caracterizó la gráfica es:

$$\text{Cons. FO} = m * \text{E.E.Gen.} + E_0.$$

2.7.6 Gráfico del estado de la generación eléctrica desde el año 2008 hasta la actualidad

Este gráfico se realizó con el objetivo de resaltar el comportamiento de la generación de energía desde el año 2008 hasta el período comprendido entre Enero – Mayo de 2010, datos que se encuentran en el anexo # 1.

Asociado al decreciente consumo de Fuel Oil que se observó en el gráfico de tendencia que se encuentra en el epígrafe anterior, están relacionados los bajos índices de generación que se ilustran en este gráfico hacia los meses del año actual, comportándose como los valores más bajos desde el período de análisis hasta la actualidad.

2.8 Factores globales que influyen en la eficiencia energética de la UEB

Mediante el análisis de los gráficos del comportamiento de Fuel Oil que fueron desarrollados se obtuvieron los factores globales fundamentales que influyen en la eficiencia energética de la central eléctrica, los cuales favorecen, ya sea de forma positiva o negativa, el comportamiento consumo del combustible que ha representado un peso de mayor por ciento en la estructura de gastos de la entidad.

2.9 Evaluación del diagnóstico al sistema de dirección y especialistas en materia de eficiencia energética de la instalación

En este epígrafe se situó la evaluación de las áreas y del personal de mayor incidencia en materia de eficiencia energética dentro de la instalación: especialistas, directivos y áreas, donde existen gran cantidad de equipamiento. Estas áreas fueron investigadas y controladas de forma sistemáticas determinando los factores de mayor incidencia en el tema, se elaboró además un diagrama de pareto donde se graficaron los consumos de Fuel Oil por área y así se determinó cuál o cuáles áreas son las de mejores oportunidades de ahorro o

claves, así como el personal que actúa en ellas. Obsérvese los datos para el diagrama en el anexo # 13.

2.10 Diagnóstico e inspección de recorrido. Diagrama Causa y Efecto.

Con el fin de obtener un panorama global generalizado del estado energético y una idea preliminar de los potenciales de ahorro energético, se realizó un diagnóstico de recorrido y la aplicación de la lista de chequeo (ver anexo # 14) confeccionada para la inspección de forma sistemática de las principales dificultades que inciden de manera directa e indirecta en los consumos de Fuel Oil y demás portadores energéticos. Además se utilizó un diagrama de causa y efecto que permitió identificar las posibles causas que conllevaron al problema señalado del consumo de portadores energéticos, específicamente el Fuel Oil y donde se deberían ejecutar aquellas acciones de forma más directa y con mejores resultados.

La estructura gráfica del diagrama permitió organizar gran cantidad de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Su realización se llevó a cabo mediante los siguientes pasos:

- Identificar el problema: El problema (el efecto generalmente está en la forma de una característica de calidad) es algo que se quiere mejorar o controlar.
- Registrar la frase que resume el problema: Escribir el problema identificado en la parte extrema derecha del papel y dejar espacio para el resto del Diagrama hacia la izquierda. Dibujar una caja alrededor de la frase que identifica el problema (algo que se denomina algunas veces como la cabeza del pescado).
- Dibujar y marcar las espinas principales. Representan el input principal/ categorías de recursos o factores causales. No existen reglas sobre qué

categorías o causas se deben utilizar. Se utilizaron los materiales, técnicas organizativas y métodos.

- Dibujar una caja alrededor de cada título: El título de un grupo para su Diagrama de Causa y Efecto puede ser diferente a los títulos tradicionales; esta flexibilidad es apropiada.
- Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema. Este es el paso más importante en la construcción de un Diagrama de Causa y Efecto. Las ideas generadas en este paso guiarán la selección de las causas raíz. La misma se llevó a cabo durante el diagnóstico de recorrido y la aplicación de la lista de chequeo de manera que estas técnicas sirvieron de base para la determinación de las causas. Fue importante que solamente causas y no soluciones del problema fueran identificadas. El propósito de la herramienta fue siempre estimular las ideas.

2.11 Acciones para la proyección de la entidad en el control del consumo de Fuel Oil.

La propuesta de las acciones se elaboraron sobre la base de las causas que originaron el consumo elevado de combustible Fuel Oil, que se determinaron en el diagrama de causa y efecto, actuando sobre aquellas oportunidades más atractivas, enfocadas de la siguiente manera:

Acciones propuestas.

- De orden organizativo y estructural de la entidad.
- Dirigidas directamente hacia el mejoramiento del consumo del combustible Fuel Oil.
- Dirigidas hacia el empleo de la energía en forma de calor desprendida por los gases de escape en dos de los motores instalados.

2.12 Evaluación de la factibilidad de la recuperación del calor proveniente de los gases de escape.

Se evaluó la factibilidad técnica y económica del aprovechamiento de las principales potenciales de ahorro en aquellas áreas de mayores posibilidades, aplicando alternativas para mejorar la gestión energética de la entidad. Alternativas derivadas de las acciones propuestas como resultado de los análisis realizados en los epígrafes anteriores, que estaban enfocados principalmente en función de la inversión para el aprovechamiento del calor de los gases de escape de dos motores instalados, que potencien un mejor efecto en materia de eficiencia energética y medio ambiente.

En los sistemas empleados para la generación eléctrica a partir de motores de combustión interna se obtienen por unidad de combustible consumido, los MWh de energía eléctrica entregada al sistema, en el que la eficiencia del proceso se comporta entre un 34 - 41%, el resto se pierde por concepto de pérdidas mecánicas, los gases residuales productos de la combustión, entre otros. Sin embargo cuando se logra adaptar a este sistema a través de recuperación de la energía térmica de los gases de escape en los motores de combustión interna puede obtenerse una relación de Q/E entre 0,8 – 2.

En el análisis realizado en la instalación se valoró la posibilidad del aprovechamiento de energía térmica proveniente de los gases de escape de dos de los motores instalados en la central eléctrica, mediante el cual se incrementaría la eficiencia del proceso en hasta un 72% en caso de la instalación de un sistema de recuperación de calor para la producción de vapor a baja presión, y para el caso de obtener agua caliente de hasta una eficiencia del 85%, de forma general la eficiencia del proceso se incrementaría entre un 60% y un 70% con la instalación de un sistema de cogeneración.

Las variantes propuestas adecuadas al sistema analizado parten de un punto común, la instalación de dos caldera recuperativa para la producción de vapor a

baja presión, acopladas a dos de los motores instalados en la planta, lo que se adapta muy bien al caso, pues tiene como ventajas fundamentales un bajo costo de inversión y requiere de muy poco espacio para su instalación.

Una primera variante consiste en la generación de vapor, el cual sería empleado para suplantar la demanda en una de las fábricas cercanas a la planta, que utiliza el vapor en su proceso productivo la demanda del fluido a la Fábrica de Bebidas y Refrescos que se encuentra cerca de la central eléctrica, a una distancia de 350 metros, la cual emplea vapor para el proceso de fabricación de las mezclas de refrescos; donde existe una caldera de vapor cuyos datos técnicos aparecen en el anexo # 15.

Segunda variante, partiendo del uso de una caldera recuperativa, como se planteó anteriormente, se emplearía el vapor generado para la producción de agua caliente para el proceso productivo en la Fábrica de Conservas y Vegetales.

Las calderas recuperativas recomendadas que se montarían serán de las mismas características técnicas de las que se encuentran montadas en la planta para el resto de los motores, observe las características técnicas en el anexo # 16.

La valoración de las dos variantes se sustentó en dos partes fundamentales: el análisis técnico y el análisis económico.

Para el caso de la primera variante:

- El suministro de vapor para el proceso a la Fábrica de Bebidas y Refrescos.

Análisis técnico.

El análisis técnico consistió en determinar la demanda de vapor, la presión de trabajo, consumo de combustible por tonelada de vapor, de la fábrica a la que se le brindó el servicio, que se obtienen mediante una visita a la entidad para la recolección de estos datos; luego se calculó mediante un balance de energía el

flujo de vapor necesario que se produjera en la calderas a montar para satisfacer las demandas de la entidad, el cual se realizó utilizando las expresiones que se muestran a continuación.

Balance de energía:

$$Q_c = Q_A$$

$$f_{gases} * (hf_{gases} - hi_{gases}) = f_{vapor} C_p (Tf_{agua} - Ti_{magua}) + m_{vapor} \lambda_{L-V} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

donde:

$$\Phi_{gases} : \text{Flujo de gases en la caldera.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 34,524 \text{ Kg/h}$$

$$hf_{gases} : \text{Entalpía final de los gases.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 40.756$$

KJ/Kg.

$$hi_{gases} : \text{Entalpía inicial de los gases.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 38.468$$

KJ/Kg.

$$Tf_{agua} : \text{Temperatura final del agua.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 160 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Ti_{agua} : \text{Temperatura inicial del agua.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{L-V} : \text{Coeficiente del cambio de fase del agua} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 489.5 \text{ kcal/Kg}$$

$$Tf_{gases} : \text{Temperatura final de los gases.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 313 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Ti_{gases} : \text{Temperatura a inicial de los gases.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 216 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_p: \text{Calor específico del agua.} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 1.008 \text{ kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$f_{vapor} : \text{Flujo vapor de la caldera.}$$

Despejando de la Ec. (2.1) obtenemos la expresión:

$$m_{\text{vapor}} = \Phi_{\text{gases}} * (hf_{\text{gases}} - hi_{\text{gases}}) / [C_P (Tf_{\text{agua}} - Ti_{\text{magua}}) + \lambda_{L-V}] \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Datos técnicos del proceso de la Fábrica de Bebidas y Refrescos.

Demanda de vapor: __ 0.5-1.0 t/h.

Presión de trabajo: ___ 8 bar.

Consumo de combustible por tonelada de vapor.

Diesel. ___ (80 – 100) Lts.

Fuel Oil ___ 150 – 200 Lts.

Análisis económico:

Para la estimación de los costos del proyecto para la primera variante, se consideró:

Costo total de la inversión CTI:

Se determinó el costo total de la inversión (CTI) que implica:

$$CTI = C_{TE} + \sum C_{\text{Asociados}} \quad \text{Ec (2.3)}$$

Donde:

CTI: costo total de la inversión

C_{TE}: costo total del equipamiento, incluye los costos directos.

C_{Asociados}: costos asociados, incluye costos indirectos, varios y operación.

Costo total del equipamiento (C_{TE}) o costos directos incluye: equipo principal, sistema y equipos auxiliares:

El cual está unido en \$/Kw de calor recuperado en el caso de las calderas recuperativas, el resto de los equipos auxiliares representa el 30% del precio de la caldera. En el anexo # 18 se encuentra el cálculo del calor recuperado por la caldera recomendada.

Costos asociados ($C_{\text{Asociados}}$):

- Costos indirectos: incluye los costos de montaje, de ingeniería, supervisión; y representan el 15% de los costos directos y el 10% de los costos totales.
- Costos varios: incluye los costos de impuestos de importación, impuestos de transportación y costos de seguros, permisos y licencias, y representan el 10% del costo los costos directos o totales del equipamiento.
- Gastos de operación: incluye los costos de mantenimiento, piezas de recambio, salario y otros; y representan el 10% de los costos totales de la inversión

Ingresos por concepto de ahorro de combustible (I_{AC}).

Se analizaron los ingresos por concepto de ahorro de combustible, Fuel Oil (I_{AC}), conociendo el consumo de combustible diario por toneladas de vapor producidas, para una jornada de trabajo de 6 horas laborables y el precio de la tonelada en el mercado, se calcularon los ingresos por concepto de ahorro de Fuel Oil en \$/año, con una frecuencia de producción en el mes de 20 días.

Ingresos por concepto de prestación de servicios de alimentación de vapor (I_{PS})

Los ingresos por concepto de prestación de servicio representan el 5% por encima del costo del vapor en \$/t. Este valor estará en función del consumo de combustible necesario para producir cada kg de vapor, conocido como consumo específico de combustible. Para determinar este valor se empleó la expresión correspondiente a la ecuación 2.4; y en el anexo # 19 se encuentra el cálculo del valor de una tonelada de vapor.

$$C_v = \frac{CEC * (F_A)}{1000} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

C_v: Costo unitario del vapor, considerando exclusivamente el combustible en \$/t.

CEC Consumo Específico del Combustible en kg o m³.

F_A costo unitario del combustible en \$/kg (\$/m³).

Determinados los costos totales, los gastos e ingresos, se realizó el análisis económico mediante una hoja de cálculo de Excel, obsérvese el anexo # 20, de la cual se obtuvo una curva que mostró el valor de la variación en el tiempo del flujo de caja descontado acumulado, el porcentaje de la tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo que demoró recuperarla durante el período de vida útil del equipamiento.

Para el caso de la segunda variante:

- *El suministro de vapor para la producción de agua caliente utilizada en el proceso productivo de la Fábrica de Conservas y Vegetales.*

Análisis técnico

Esta variante consistió en la instalación de un calentador de agua para el uso de la misma en el proceso de producción en la entidad, mediante el uso del vapor que se suministraría desde la central eléctrica.

Para esta variante se hizo necesario tener en cuenta, la demanda de agua caliente que se necesitaría en la fábrica, por lo que se analizó cuánto sería la cantidad de esta, realizando un balance de energía, entre los dos flujos que entran al calentador, vapor y agua, comparándolo con la necesidad real en la entidad, que es de 0,8 m³/h, para el uso en los esquemas de limpieza y proceso productivo. En el anexo # 21 se encuentra el cálculo.

El balance de energía realizado se determinó como sigue a continuación:

$$Q_c = Q_A$$

$$m_{agua} C_{P.agua} (Tf_{agua} - Ti_{agua}) = m_{vapor} C_p (Tf_{agua} - Ti_{magua}) + m_{vapor} \lambda_{L-V} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

Donde:

$C_{p\ agua}$: Calor específico del agua. _____ 1.008 kcal/Kg°C

Ti_{agua} : Temperatura inicial del agua. _____ 30 °C

Tf_{agua} : Temperatura final del agua. _____ 80 -100 °C

Ti_{vapor} : Temperatura de entrada del vapor al calentador _____ 160°C

Tf_{vapor} : Temperatura final del vapor a la salida del calentador. _____ 60 °C

λ_{L-V} : Coeficiente del cambio de fase del agua _____ 489.5 kcal/Kg

C_p : Calor específico del agua. _____ 1.008 Kcal./Kg.°C

m_{vapor} : Flujo vapor de la caldera. _____ 1600 Kg./ h

Despejando de la Ec. (2.5) obtenemos la expresión:

$$m_{agua} = \frac{m_{vapor} C_p (Tf_{agua} - Ti_{magua}) + m_{vapor} \lambda_{L-V}}{C_{P.agua} (Tf_{agua} - Ti_{agua})} \quad \text{Ec. (2.6)}$$

Análisis económico:

Para la estimación de los costos del proyecto para la segunda variante, se consideró de forma similar a la variante anterior.

Costo total de la inversión CTI:

Se determinó el costo total de la inversión (CTI) que implica:

$$CTI = C_{TE} + \sum C_{Asociados} \quad Ec (2.3)$$

Donde:

CTI: costo total de la inversión

C_{TE} : costo total del equipamiento, incluye los costos directos.

$C_{Asociados}$: costos asociados, incluye costos indirectos, varios y operación.

Costo total del equipamiento (C_{TE}) o costos directos incluye: equipo principal, sistema y equipos auxiliares:

El cual está unido en \$/Kw de calor recuperado en el caso de las calderas recuperativas, el resto de los equipos auxiliares representa el 30% del precio de la caldera. En el anexo # 18 se encuentra el cálculo del calor recuperado por la caldera recomendada.

Costos asociados ($C_{Asociados}$):

- Costos indirectos: Incluye los costos de montaje, de ingeniería y supervisión y representan el 25 % de los costos directos y el 15 % de los costos totales.
- Costos varios: incluye los costos de impuestos de importación, impuestos de transportación y costos de seguros, permisos y licencias, representan el 10% del costo los costos directos o totales del equipamiento.
- Costos de operación: incluye los costos de mantenimiento, piezas de recambio, salario y otros; representan el 10%.

Ingresos por concepto de prestación de servicios de alimentación de vapor (I_{PS})

Los ingresos por concepto de prestación de servicio representan el 5% por encima del costo del vapor en \$/t; el cálculo de este valor se realizó de igual forma que para el caso de la variante I, en el anexo # 19 se encuentra dicho cálculo. Lo que resulta un considerable ingreso pues con turnos productivos de 8 horas diarias, la demanda de agua sería de 7,2 m³/diarios.

Determinados los costos totales, los gastos e ingresos, se realizó el análisis económico mediante una hoja de cálculo de Excel, situada en el anexo # 22, en la cual se obtuvo una curva que mostró el valor de la variación en el tiempo del flujo de caja, el porcentaje de la tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo que demoró recuperarla durante el período de vida útil del equipamiento.

Considerados los análisis técnicos y económicos de las dos variantes, se realizó la comparación en cuanto a rentabilidad entre ambos proyectos desde el punto de vista financiero, basado fundamentalmente en el cumplimiento de la demanda térmica necesaria y con períodos de recuperación de la inversión más cortos; y desde el punto de vista técnico, la comparación se produjo basado fundamentalmente en el aprovechamiento de la eficiencia del combustible según las condiciones de operación de los equipos, así como la posibilidad de incorporar ganancias a la central eléctrica por concepto de ventas o prestación de servicios mediante el aprovechamiento de los excedentes, así como los beneficios medioambientales y las ganancias a la unidad productiva por concepto de ahorro de combustible.

2.13 Análisis de sensibilidad.

Al analizar los factores técnicos y económicos, se determinaron los posibles cambios con la variación de los parámetros de operación y económicos que

permitieron evaluar las propuestas más atractivas con el cambio en algunas de las variables de un proyecto.

Se consideraron las siguientes variaciones de las variables dentro del esquema:

- Cuando existe una disminución de los ingresos producto a condiciones de operación de la generación de vapor asociada a las cargas de generación de energía
- Cuando se eleva el costo de equipos auxiliares y principales.
- Cuando se eleva el costo mantenimiento.
- Cuando se elevan o disminuyen los ingresos por la venta de los excedente térmicos.

CAPÍTULO III



Capítulo III. Diagnóstico energético de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus. Análisis y resultados

3.1 Caracterización y descripción energética de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti Spíritus.

La Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti-Spíritus se encuentra ubicada en la zona industrial del municipio homónimo y pertenece a la dirección de generación distribuida de la provincia. La misión de la UEB de Generación Eléctrica Fuel Oil es generar, distribuir y comercializar energía eléctrica, al menor costo posible, y garantizar que la calidad del servicio satisfaga las expectativas de los clientes. Está organizada por varios bloques constructivos, como se muestra en la figura # 13, los cuales son el bloque administrativo, el área de recepción y almacenamiento de combustible, el bloque de control y pizarras eléctricas de distribución, casa de bomba, bloque de sala de máquina, taller y cisterna.

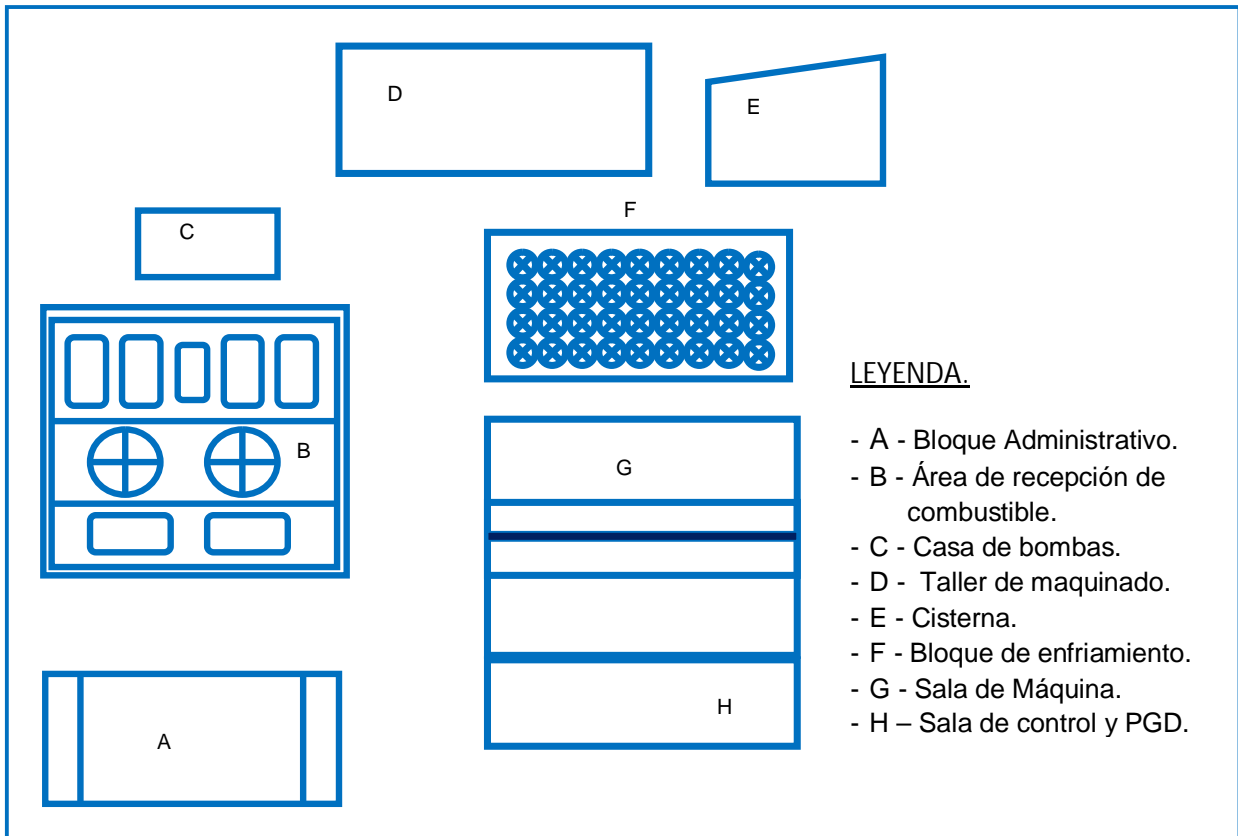
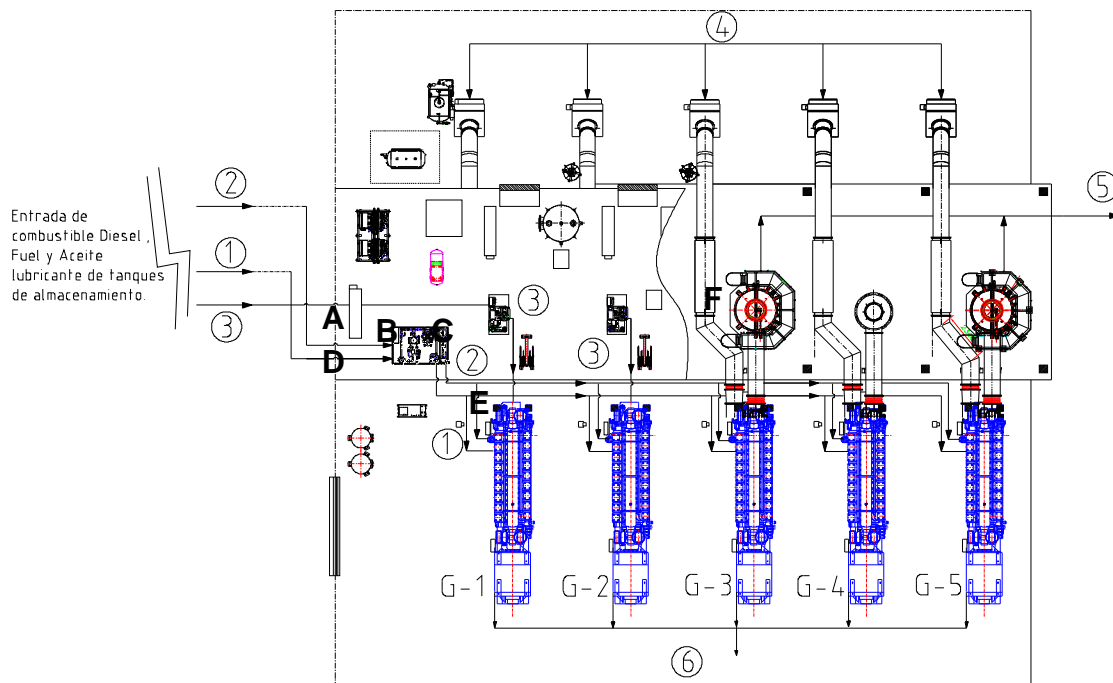


Figura 13 Estructura constructiva de la Central Eléctrica de Fuel Oil Sancti-Spíritus.

La instalación cuenta, con tecnología de procedencia alemana, con cinco motores de una capacidad de 3.85 MW, para una potencia instalada de 19.25 MW. Su flujo productivo para la generación de energía eléctrica cuenta además de los motores que se encuentran en la sala de máquina, de equipos auxiliares que forman parte del equipamiento para distintas funciones en la planta, como por ejemplo separadoras centrífugas, tanques de almacenamiento, bombas, filtros de combustible, caldera recuperadora de vapor, compresores de aire para el arranque, compresor de aire para la instrumentación, enfriadores de aceite, entre otros. A continuación se muestra un diagrama en el que se puede observar una vista general de toda la instalación donde están parte de los equipos mencionados anteriormente, además de las cinco máquinas principales.



LEYENDA.

- A - Comp. Arranque.
- B - Comp. Instrumentación.
- C - Separadora Aceite Lubricante.
- D - Booster.
- E - Enfriador Aceite.
- F - Calderas.
- G1-5 – Motores.
- ① - L. Entrada de Diesel. (DO)
- ② - L. Entrada de Fuel Oil (HFO).
- ③ - L. Aceite Lubricación (LO).
- ④ - L. Aire admisión
- ⑤ - L. Vapor.
- ⑥ - L. Energía Eléctrica.

Figura 14 Esquema general de la sala de máquinas, anexo mecánico y área de calderas de la Central Eléctrica de Fuel Oil Sancti-Spíritus.

Los motores son ciclo Diesel, acoplado a un generador eléctrico que es el encargado de convertir la energía mecánica producida por el cigüeñal en energía eléctrica. Estos motores están diseñados para generar a partir de combustible Fuel Oil fundamentalmente, aunque para lograrlo es necesario hacer el arranque usando combustible Diesel; lo que se hace con el fin de obtener vapor saturado para, a través de este, calentar el Fuel Oil que se encuentra en los tanques de almacenamiento, haciéndose este menos viscoso y hacerlo llegar al motor por medio de las bombas de servicio. Para ser posible este proceso hay instaladas a la salida del conducto de los gases de escape del motor, calderas recuperadoras que producen vapor saturado hasta una presión trabajo de 8 bar., de los cinco motores solo se encuentran instaladas calderas en el motor 1, 2 y 3, dejando libre al medio ambiente la emisión de los gases de la combustión de dos motores los que salen a una temperatura cerca de 400 °C. Además de combustible son necesarias otras sustancias.

Para la generación de la electricidad hay varios flujos que intervienen además del combustible, en la figura # 15 se ilustra el diagrama de flujo del funcionamiento de un motor.

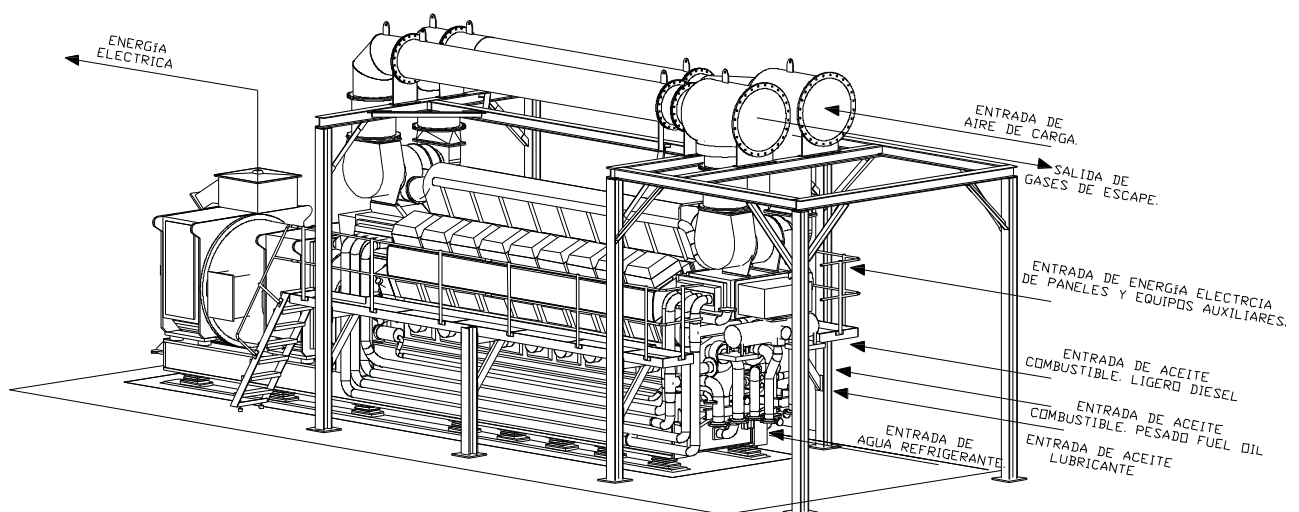


Figura 15 Diagrama del flujo de funcionamiento de un motor.

Cada una de las líneas de sustancias y energía eléctrica que se muestra en la figura #15 -la línea de entrada del combustible Diesel (DO) y Fuel (HFO), aceite lubricante (LO), agua de enfriamiento, aire de carga, gases de escape, la energía eléctrica que se genera y aquella que se consume en el motor eléctrico de las bombas auxiliares acopladas al motor y los paneles eléctricos- son aquellas que intervienen en el trabajo de todas las máquinas. Como puede apreciarse el consumo de algunas de ellas forma parte del gasto de portadores energéticos de la Central Eléctrica.

La central se puso en marcha en el año 2007 y en su estructura energética tiene asociado como portadores energéticos: los combustibles Diesel y Fuel Oil; la energía eléctrica que se consume en el bloque administrativo, alumbrado exterior, sala de control y pizarras de distribución (PGD), casa de bombas, taller, descargadero de combustible, sala de máquina y anexo mecánico; aceite lubricante que es utilizado en los motores; el agua que se utiliza en las áreas de oficinas, sala de control y donde está su mayor consumo en la sala de máquinas que es el agua de enfriamiento de los motores (agua tratada).

Combustible Diesel.

El combustible ligero es recibido fundamentalmente de la refinería del municipio Cabaiguán (observar en anexo 10 certificados de calidad), y es transportado hasta la central mediante carros cisternas o pipas destinadas para este fin. En la planta el combustible es descargado hacia los tanques de almacenamiento mediante bombas para el Diesel que se encuentran en el área de descargadero; de los tanques es trasegado hacia los motores mediante las bombas auxiliares que se encuentran en la casa de bomba, después de pasar por un filtro el Diesel, mediante el Booster que no es más que el equipo donde se realiza el cambio de Diesel por Fuel. Una vez que existan las condiciones físicas, este último sea llevado del motor hasta las bombas de inyección de combustible para ser quemado.

Combustible Fuel Oil.

De forma similar al Diesel llega el Fuel hasta la central. Es llevado mediante las bombas del descargadero hasta los tanques de almacenamiento; y una vez allí, pasa por varios procesos antes de llegar al motor. Primero se calienta por medio de vapor que se le inyecta a unos calentadores que hay en el interior de los tanques, al aumentar su temperatura su viscosidad disminuye, entonces se puede bombear con mayor facilidad; segundo, se filtra y se centrifuga para eliminar todas aquellas impurezas que pueda tener y se almacena en los tanques de Fuel limpio o de servicio; y como tercero y último, es bombeado hasta la sala de máquina y mediante el Booster se hace llegar hasta las bombas de inyección del motor.

Aceite Lubricante.

El aceite es un derivado del petróleo, por tanto viene de la misma fuente que el Fuel y el Diesel. Una vez en la central se almacena en el tanque de depósito y para ser llevado hacia la sala de máquina se bombea hasta un tanque intermedio. Cuando los motores son alimentados por primera vez con aceite, se le deposita en el cárter primeramente un nivel, luego como cada motor cuenta con un módulo centrífugo y enfriador de aceite, se completa por la centrífuga hasta el nivel de trabajo. Para el caso del funcionamiento diario, ¿cómo llega el aceite y por qué proceso pasa? Como el aceite en un motor de combustión interna tiene dentro de sus principales funciones además de lubricar, es ser detergente y refrigerante, entonces está conectado en un circuito cerrado entre el motor, la centrífuga y el enfriador, el cual es succionado del cárter, centrifugado ,enfriado e introducido en todas las partes correspondientes de la máquina mediante la bomba de lubricación que tiene acoplada el motor; la reposición del lubricante se realiza bombeando desde el tanque intermedio de la sala de máquina hasta cada unidad mediante la centrífuga.

Energía eléctrica de uso de planta.

Todas las centrales eléctricas para la generación, tienen dentro de su diseño un consumo de energía eléctrica para el uso de sus equipos, para el caso en

cuestión, esta planta recibe alimentación de las líneas de la red nacional energizando a las pizarras eléctricas, equipos auxiliares, sala de control y demás instalaciones, esta energía forma parte de uno de los gastos energéticos de la instalación para su funcionamiento.

Agua.

El agua de uso para las máquinas es tratada y es uno de los portadores que tiene más utilidad en este tipo de tecnología, pues las máquinas la utilizan para el enfriamiento de sus partes, siendo esto el mayor peso del gasto total, además del gasto que se produce en el resto de las instalaciones como: baños sanitarios, bloque administrativo, etcétera.

3.2 Comportamiento de la generación de energía eléctrica en el período 2008-2009

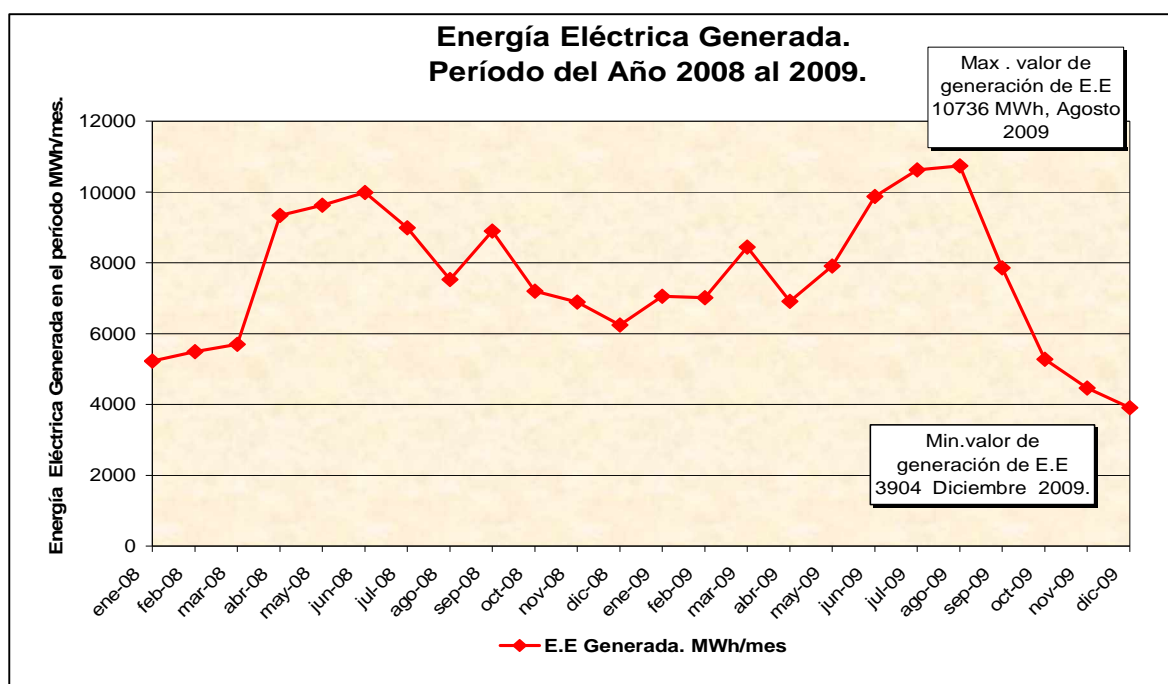
En los años tomados como base -2008 y 2009- la generación de energía eléctrica tuvo diferentes niveles de comportamiento. Los mayores niveles de generación se produjeron en el segundo trimestre de ambos años, ya que en este período comienza a aumentar la demanda eléctrica tanto en el sector estatal como residencial, debido a que comienza la etapa de verano donde las temperaturas se incrementan y proporcionalmente a esto la demanda. Se observa además una tendencia a la disminución durante los últimos dos meses del año 2009, provocado fundamentalmente porque se acercan mantenimientos capitales y es necesario desplazar el funcionamiento para que no coincida en más de un motor, lo que se realiza mediante el arranque solamente en horarios picos de aquellos que tengan mayor cantidad de horas de trabajo, véase la figura 16.

La diferencia que existe a lo largo del período en los distintos valores de generación está dado por varios factores, ya que los motores trabajan de forma permanente condicionados al estado de la generación eléctrica del país y de la demanda eléctrica en el día. Generalmente el despacho provincial le indica a la

planta la cantidad de máquinas que debe tener trabajando y a qué porcentaje de generación de su capacidad debe operarlas, por tanto en los horarios de máxima demanda se encontrará la generación a la máxima capacidad indicada por el mismo, pero en los horarios en los que la demanda disminuye, es frecuente que se apaguen las máquinas después del horario pico de por la noche hasta horas tempranas de la mañana. También puede decirse que la generación depende de las intervenciones de mantenimiento planificadas las cuales se producen generalmente cada dos meses, con la particularidad de que existe un distanciamiento entre las paradas por este concepto entre un motor y otro.

Otro factor a tener en cuenta y que es el menos predecible, son las paradas por averías graves, las que en ocasiones no resultan de rápida solución pues no siempre se dispone de financiamiento para comprar las piezas necesarias de forma urgente, ni de todas las condiciones para su solución inmediata. Hay que sumar también que estos motores han estado sometidos a paradas por modificación en alguno de sus elementos o sistemas, que son, en algunas ocasiones, períodos largos o cortos. Al tener en cuenta estas particularidades a lo largo de un mes y a su vez en un año o dos se observa cómo fluctúa la generación de electricidad en esta planta.

Gráfico 3.2 Generación de Energía Eléctrica en el período del año 2008 - 2009



3.3 Impacto de los portadores energéticos en los costos totales de la UEB

Los portadores energéticos tienen un peso fundamental dentro de los gastos totales de esta instalación, esto se pudo demostrar mediante la realización de un diagrama de Pareto para el año 2008 y 2009, donde se desglosó por centro de costo los gastos totales de la entidad y se observó cuánto representa cada uno de estos respecto al total de gastos, véanse los gráficos 3.3.1 y 3.3.2

Gráfico 3.3.1 Estructura de gastos por centro de costo del año 2008.

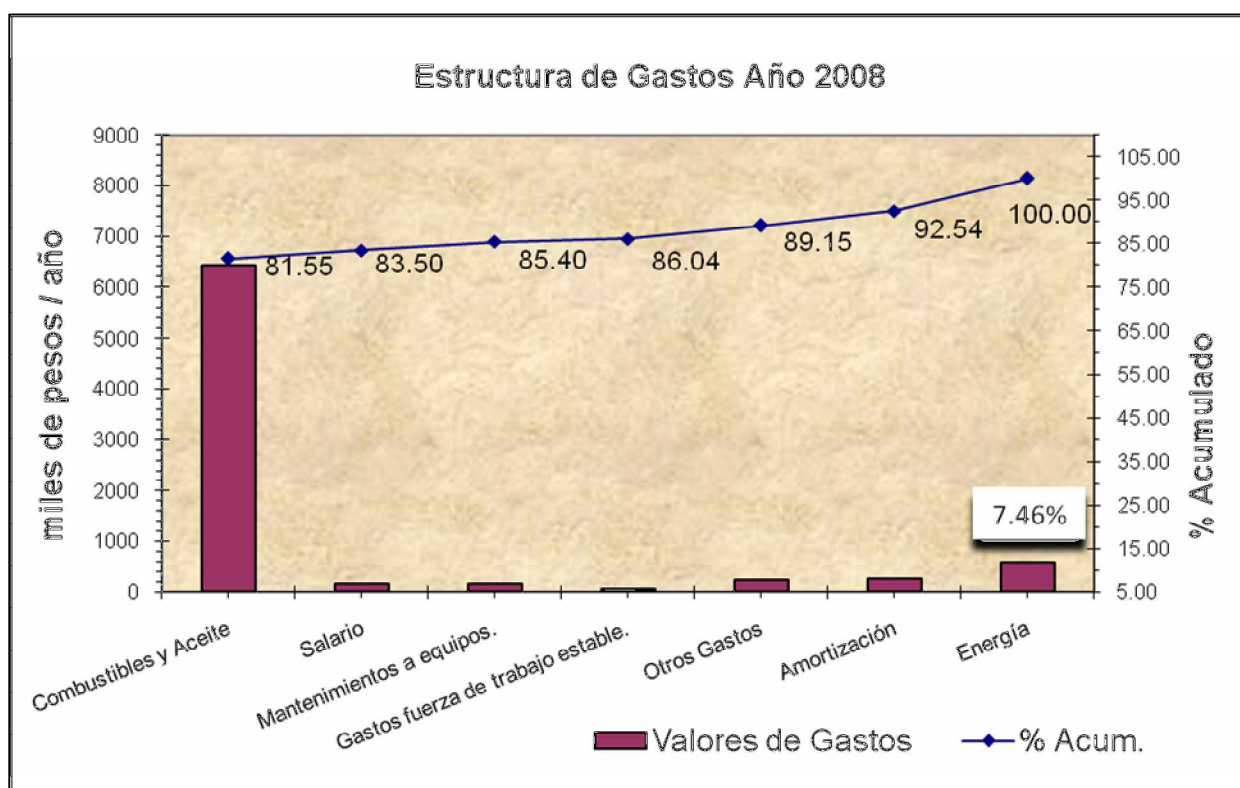
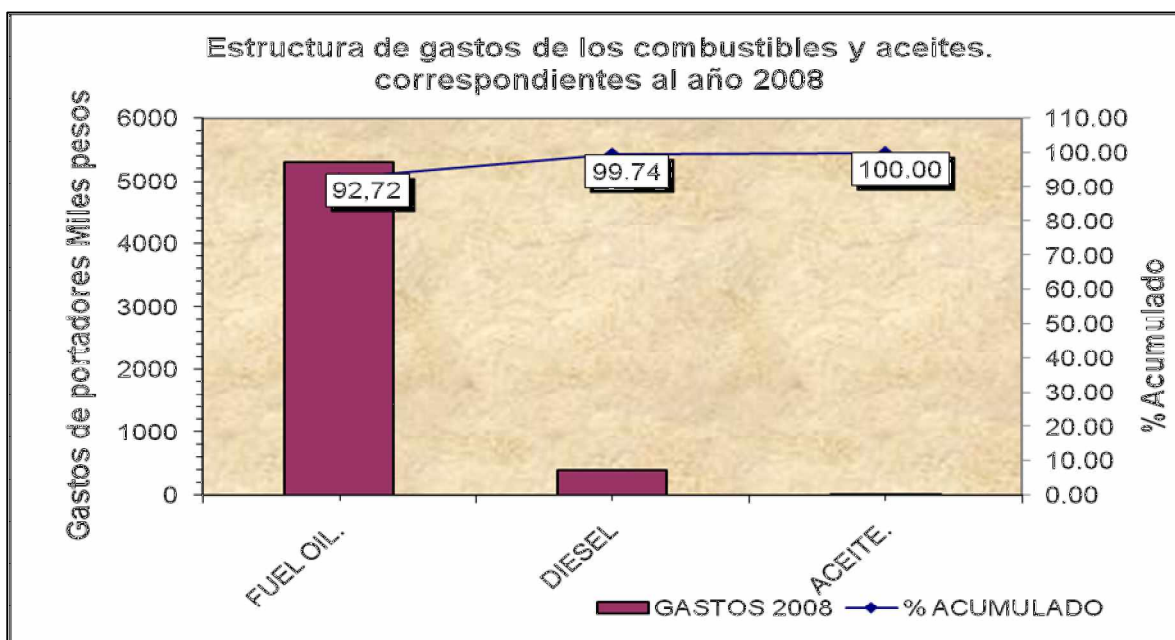


Gráfico 3.3.2 Estructura de gastos por centro de costo del año 2009



En los dos gráficos que se mostraron anteriormente se indicó que los mayores gastos son en los combustibles y aceites, donde se incluyen Diesel, Fuel Oil y Aceites lubricantes, los cuales representan el 81.55 % y 83.14 % para el 2008 y el 2009, respectivamente, del total de gastos, seguido de la energía eléctrica que representa 7.46% y el 9.03% en ambos años.

El alto gasto en los combustibles está dado porque estos son la materia prima fundamental para la generación de energía eléctrica, además de la electricidad que se consume en equipos auxiliares y demás instalaciones, que representa el otro gasto significativo dentro del total.

A pesar de lo planteado anteriormente, dentro de los gastos del centro de costo de combustibles y aceites, evidentemente tienen que existir diferencias en cuanto al consumo de cada uno; por ello es necesario distinguir quién es aquel que se muestra más alterado dentro de este 80%; por tanto en función del gasto de cada cual se realizó un diagrama de pareto para diferenciar dichos gastos, obsérvense

los gráficos 3.3.3 y 3.3.4 para los años 2008 y 2009, respectivamente, y la tabla que se encuentra en el anexo # 3.

Gráfico 3.3.3 Estructura de gastos del centro de costo combustibles y aceites en la planta al año 2008.

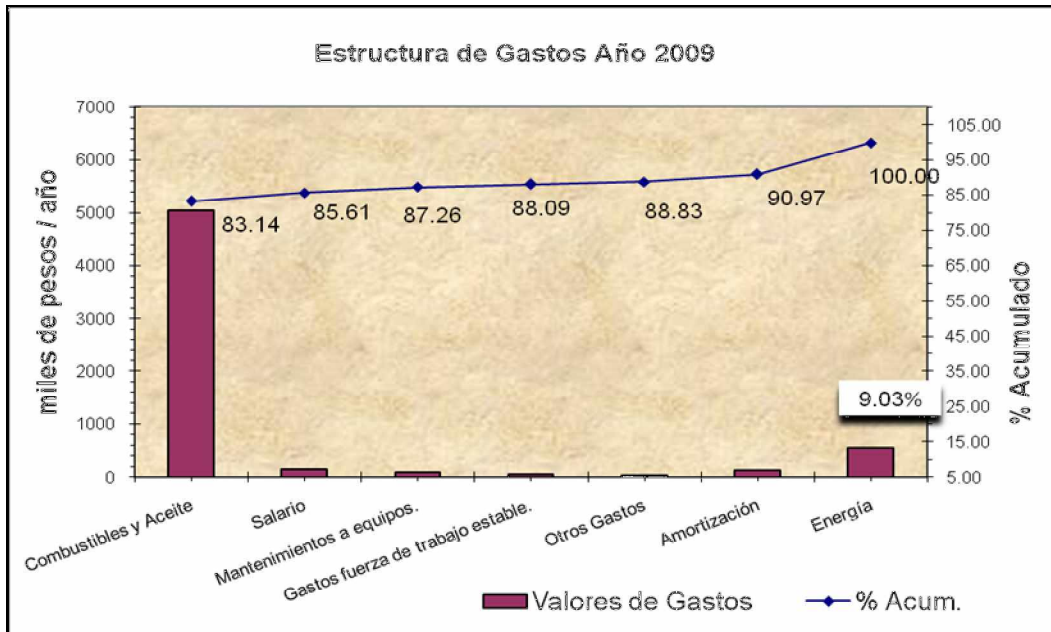
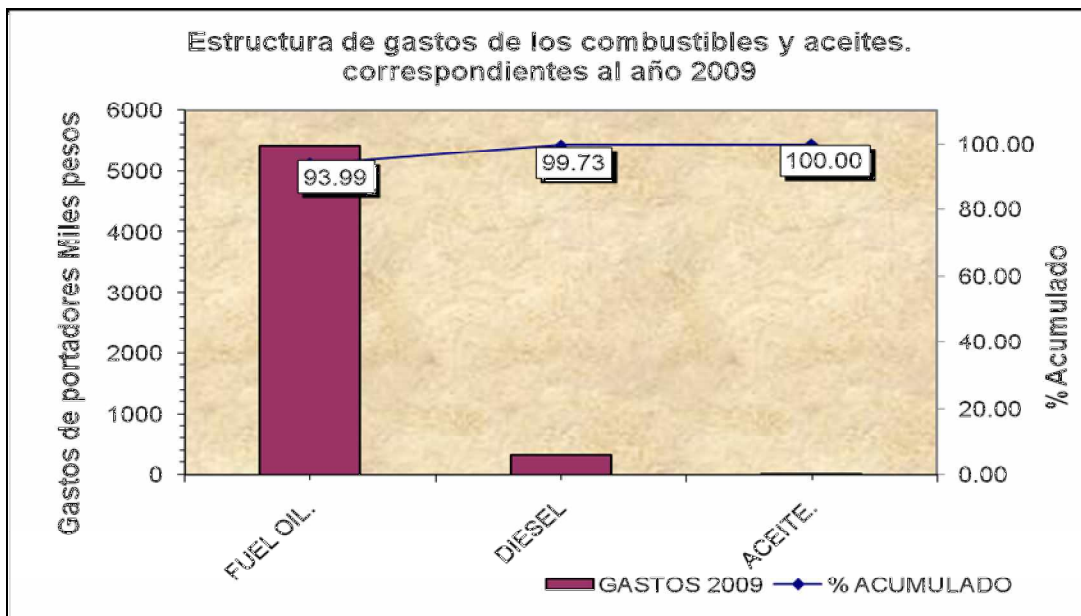


Gráfico 3.3.4 Estructura de gastos del centro de costo combustibles y aceites en la planta al año 2009.



En los diagramas anteriores pudo comprobarse cuál es aquel portador que más gastos tiene dentro de los combustibles y aceites, en ambos años, que es en este caso el Fuel Oil el que representó en el año 2008 el 92.72% y en el 2009 el 93.99% de los gastos totales.

3.4 Estructura de consumo de los portadores energéticos

Los consumos de los combustibles y aceites, sumado el de la energía eléctrica, en los años marcados para el período base, llevados a toneladas de combustible convencional representan un total gastos de 22515.13 y 22966.28, que desglosado por cada portador energético se comportó como se muestra en las graficas 3.4.1 y 3.4.2.

Gráfico 3.4.1 Estructura de consumo de cada portador llevado a TCC en el año 2008.

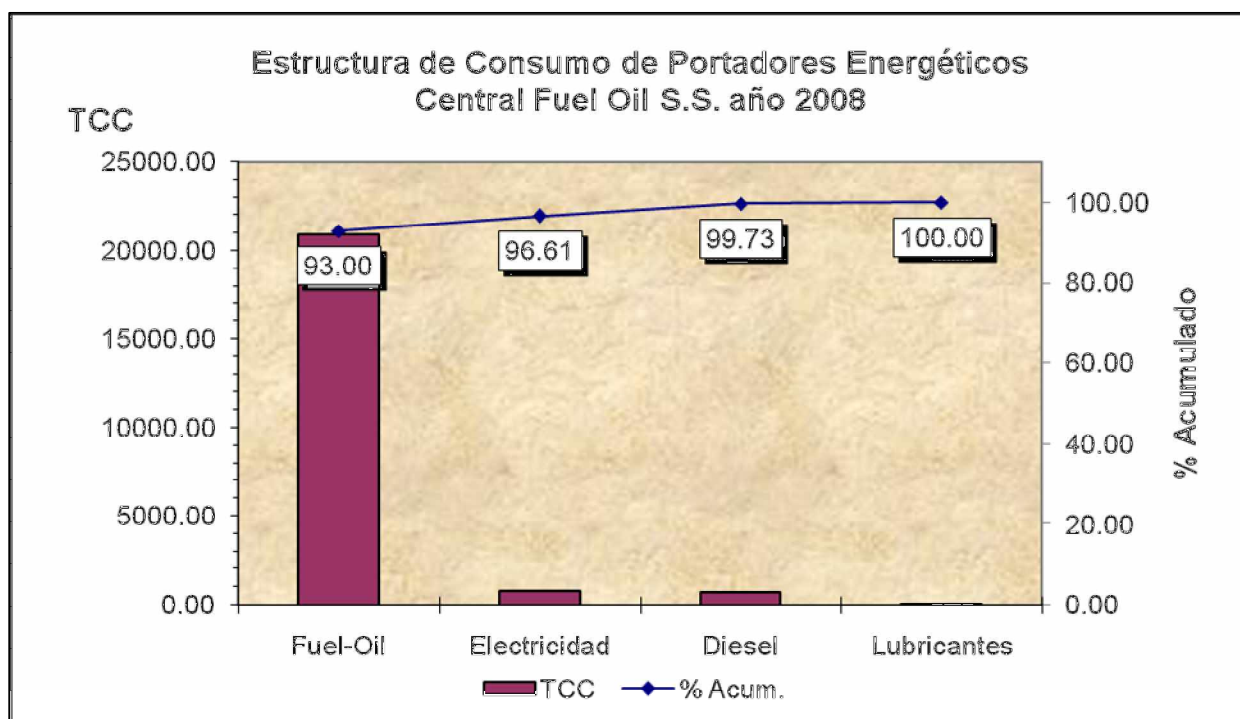
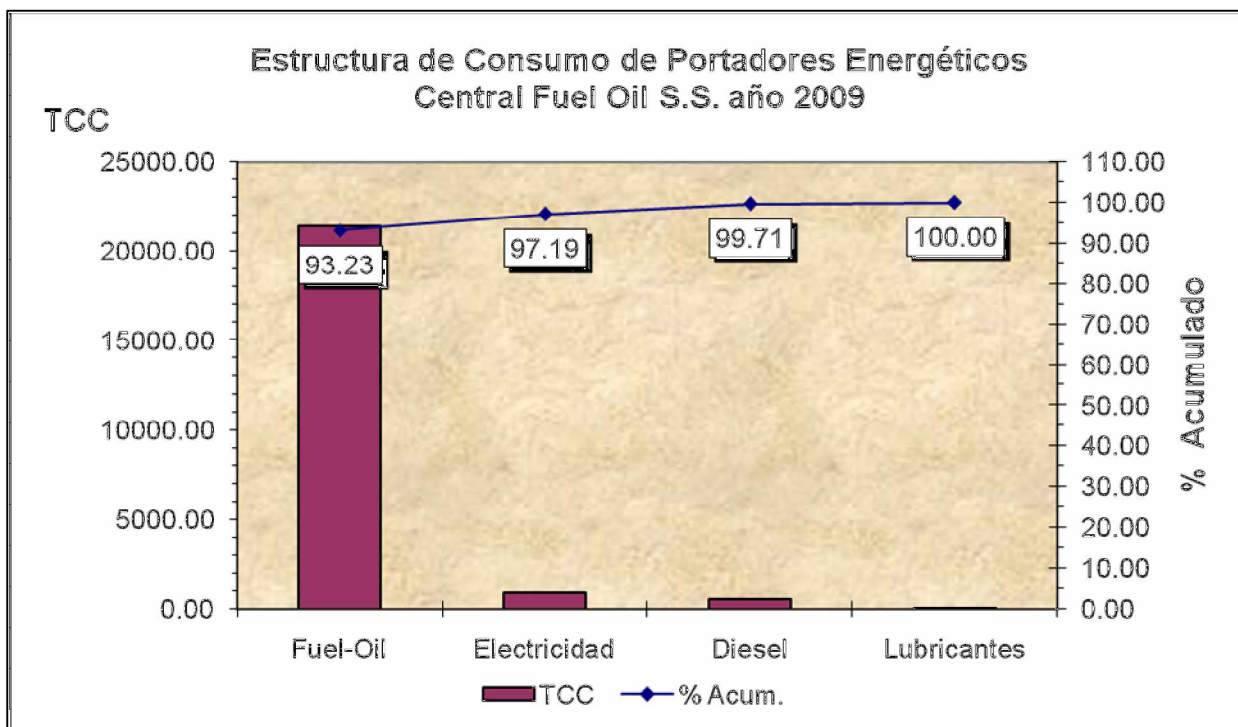


Gráfico 3.4.2 Estructura de consumo de cada portador llevado a TCC en el año 2009.



En las gráficas que se mostraron anteriormente se demostró que el Fuel Oil fue el portador energético de mayor consumo en ambos años dentro del centro de costo de combustibles y aceites, representando en el 2008 el 93% y en el 2009 el 93.23% del consumo total.

3.5 Índices fundamentales de consumo, eficiencia y economía energética

En la central eléctrica se registraron y analizaron los consumos totales del Diesel, el Fuel Oil, el aceite y la energía eléctrica como indicadores energéticos fundamentales, para cada año del período base, manejándose el índice de consumo del combustible Fuel Oil y el Diesel como indicadores de eficiencia energética principales en primer lugar, así como los índices de consumo de cada portador por cantidad de energía eléctrica generada los cuales establecen el comportamiento desde el punto de vista de eficiencia de la instalación. En el anexo # 6 se encuentran las tablas de los valores estadísticos del consumo de

Diesel, Fuel Oil, energía eléctrica y aceite para los años 2008, 2009 y 2010 y en el anexo # 7 una tabla que muestra los índices de consumo de los portadores fundamentales el Diesel y Fuel Oil.

3.6 Situación de la Central Eléctrica en materia de gestión energética

El cuestionario aplicado se realizó fundamentalmente a las personas relacionadas directamente con el proceso productivo, operadores y jefes de turno, así como también a especialistas y técnicos relacionados con la actividad de operaciones.

Los resultados de la aplicación de estas preguntas arrojaron los siguientes elementos:

- Las mediciones del consumo del combustible y aceite son llevadas diariamente por el personal de operaciones de las máquinas.
- La concientización y la motivación por el ahorro energético es insuficiente aún entre los trabajadores de la empresa, principalmente en aquellos vinculados directamente al proceso productivo.
- La estructura del control del consumo de todos los portadores es aún insuficiente.
- No hay una gestión energética estructurada de forma efectiva.
- La capacitación en materia de la administración de portadores no está bien organizada y estructurada en su totalidad.
- El sistema de control y planificación del uso de los portadores energéticos por la persona encargada, aún no se corresponde con el control que debiera tener, dada su incidencia en la UEB.

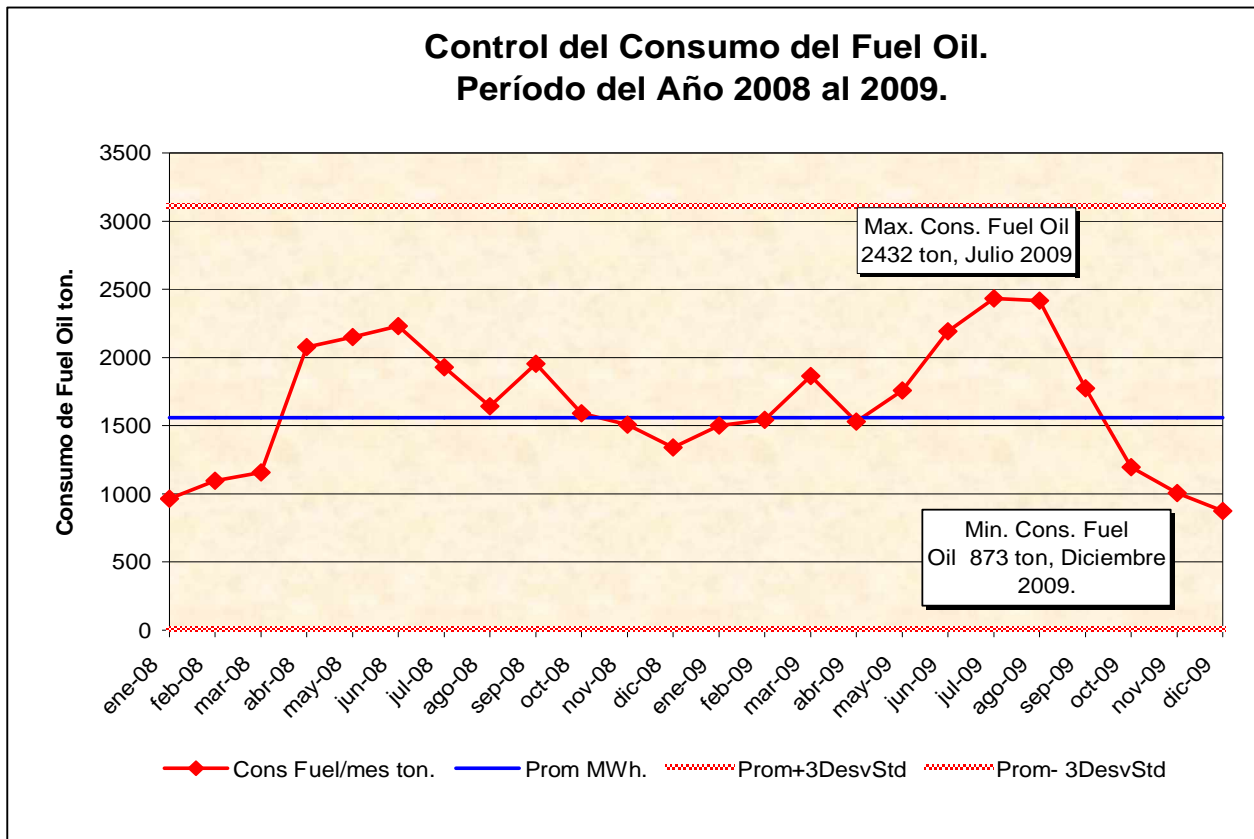
- Hasta la fecha no se han planificado ni ejecutado inversiones que beneficien el estado y el comportamiento de portadores energéticos en la entidad.
- De forma mensual se analiza el comportamiento de los principales portadores energéticos dado que estos devienen indicadores económicos que integran el Sistema de estimulación a los trabajadores.

De manera general de todas las personas encuestadas, alrededor del 80% de las mismas expresó: que aún carece de una infraestructura organizativa efectiva la gestión energética en la entidad, que el monitoreo y control sobre el consumo de los portadores fundamentalmente el Fuel Oil y el Diesel es insuficiente y que no se han planificado inversiones que favorezcan al control de los portadores energéticos incluyendo el agua; la gestión energética en la instalación carece de una directiva eficiente que señale los principales problemas y actúe sobre los mismos posibilitando el mejoramiento continuo mediante acciones correctivas y preventivas para la reducción de los costos energéticos y el aumento de la eficiencia energética.

3.7 Comportamiento y principales tendencias en los últimos años de los portadores de mayor consumo

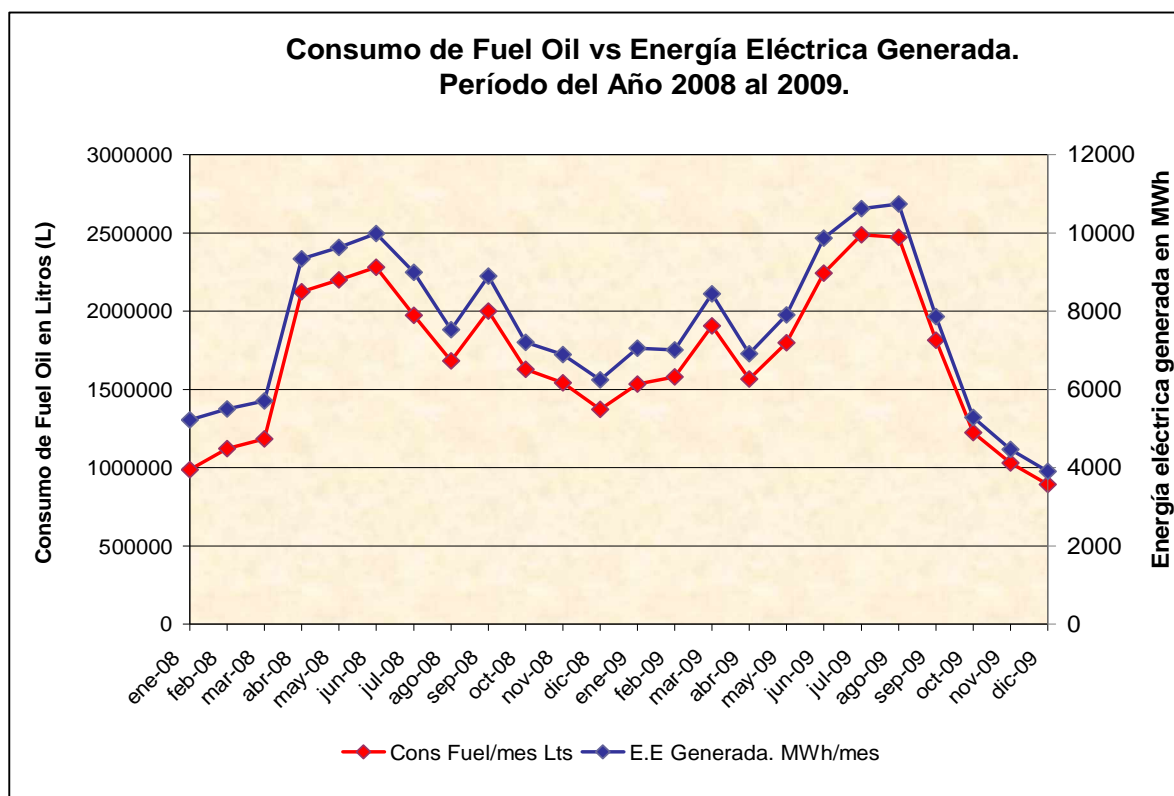
Como se mostró anteriormente el portador de mayor demanda, de acuerdo al comportamiento del consumo, es el Fuel Oil, el cual representó un peso en la estructura de consumo de los años base de alrededor del 93 %. Por tanto en lo adelante se muestra el gráfico de control donde se analiza el comportamiento del Fuel Oil durante el período del año 2008 y 2009 además de sus principales tendencias respecto a la generación de energía eléctrica.

Gráfico 3.7.1 Control del consumo de Fuel Oil, año 2008 – 2009.



En el gráfico de control se observó que durante el período, año 2008 y 2009, el valor máximo del consumo de Fuel Oil fue en el mes de Agosto 2432 t y el mes de menor consumo fue Diciembre, con 873 ton, teniendo un comportamiento promedio de 1655 t.

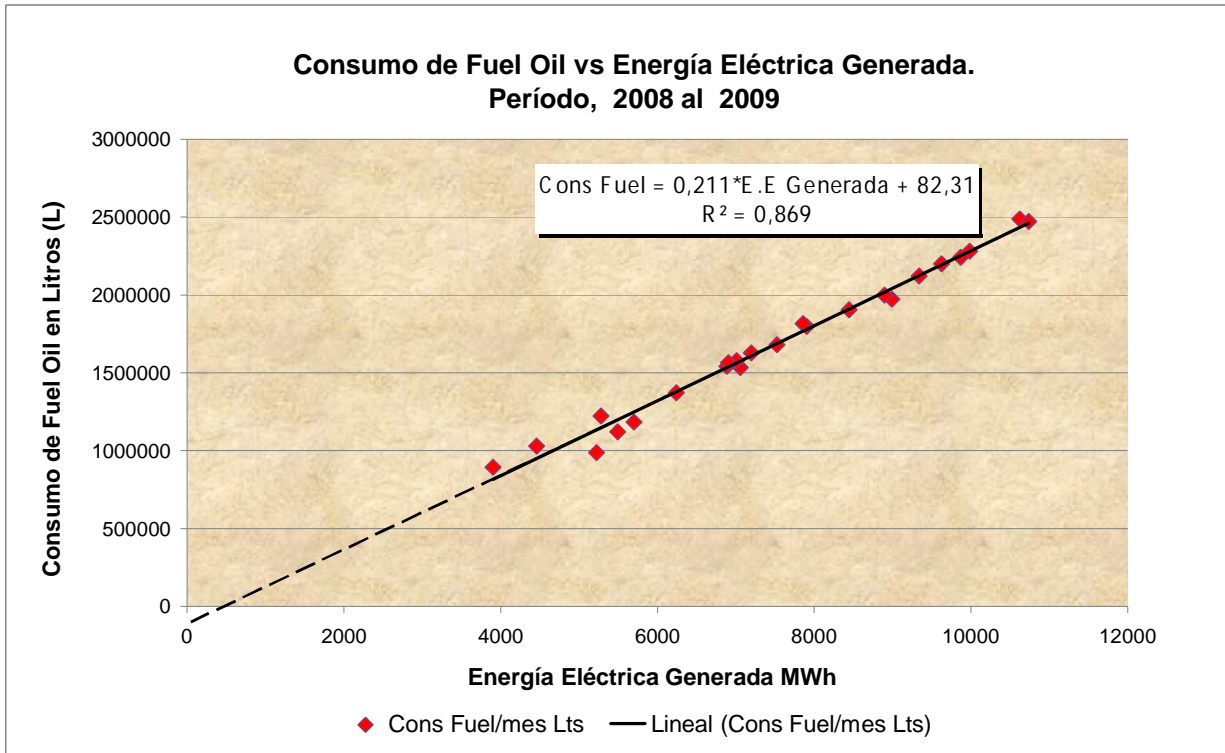
Gráfico 3.7.2 Comportamiento Fuel Oil vs Energía Eléctrica, año 2008 – 2009.



Como se observó en la gráfica anterior hubo una buena correspondencia entre la producción de energía eléctrica y el consumo de Fuel Oil, de forma general durante todo el período, existiendo los mayores de consumo de Fuel Oil en aquellos meses donde se observan los mayores índices de generación, siendo los meses correspondientes al segundo trimestre de ambos años.

La gráfica que se encuentra a continuación es un diagrama de dispersión en el cual se pudo apreciar mejor la correlación entre el consumo de Fuel Oil y la energía eléctrica generada dada por la relación lineal que aparece en la ecuación que caracteriza a este gráfico.

Gráfico 3.7.3 Gráfico de dispersión de Fuel Oil vs E.Eléctrica, año 2008 – 2009.



Además de la ecuación lineal del diagrama aparece el valor del coeficiente de correlación entre ambos factores, ($R^2 = 0.869$) siendo este número un valor que permite utilizar el índice de consumo global como un indicador de eficiencia energética. El consumo de Fuel Oil fijo o no asociado al proceso productivo tuvo un valor de 82.31 t, lo cual corresponde al gasto del combustible por concepto de los procesos de centrifugado y filtrado, en que se incurre durante el tratamiento del combustible antes de llegar al motor, esta cantidad representa alrededor del 4,9% del total.

La ecuación que caracteriza el consumo de Fuel Oil es:

- Cons. Fuel = 0,211 * E.E Generada + 82,31 (Ecuación. 3.7.1 Relación lineal).
R² = 0,869

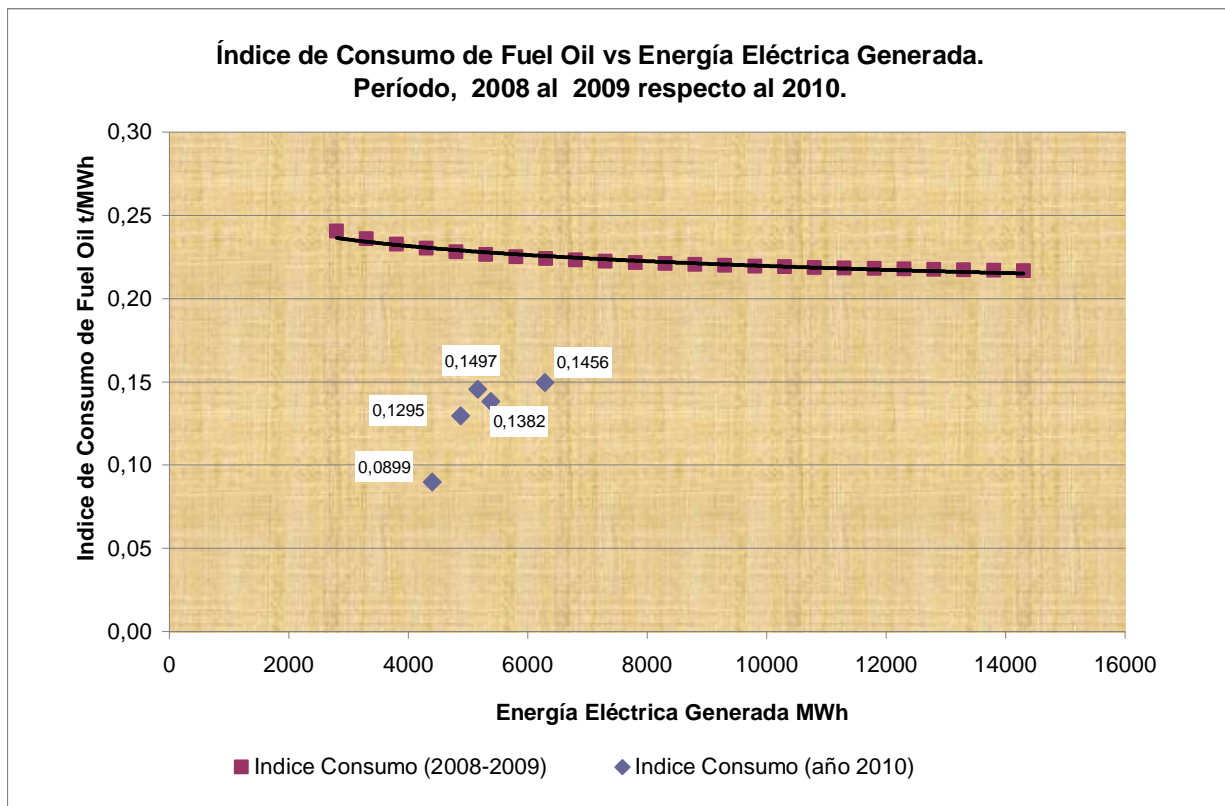
Para demostrar cómo se comportó el índice de consumo del Fuel Oil en el período tomado como base, se realizó el siguiente gráfico de dispersión en el cual se observa cómo existe una dependencia entre el índice de consumo y la generación de electricidad, utilizando para ello la ecuación que caracteriza este indicador.

La ecuación que caracteriza este indicador es:

$$IC_{\text{FUEL OIL}} = \text{Consumo de Fuel Oil} / \text{E.E Generada}$$

Por tanto: $IC_{\text{FUEL OIL}} = 0.211 + 82.31/\text{E.E Generada}$.

Gráfico 3.7.4 Gráfico de índice de consumo del Fuel Oil, año 2008 – 2009.



Con este gráfico además se obtuvo un valor crítico de energía eléctrica generada de 6000 MWh/mes por debajo del cual el índice de consumo comienza a incrementarse, por lo que no sería recomendable trabajar por debajo de este valor, caso que no ocurrió durante este período base pues la generación de electricidad

en el período 2008-2009 se mantuvo como promedio por encima de los 7000 MWh mensual según los datos históricos registrados.

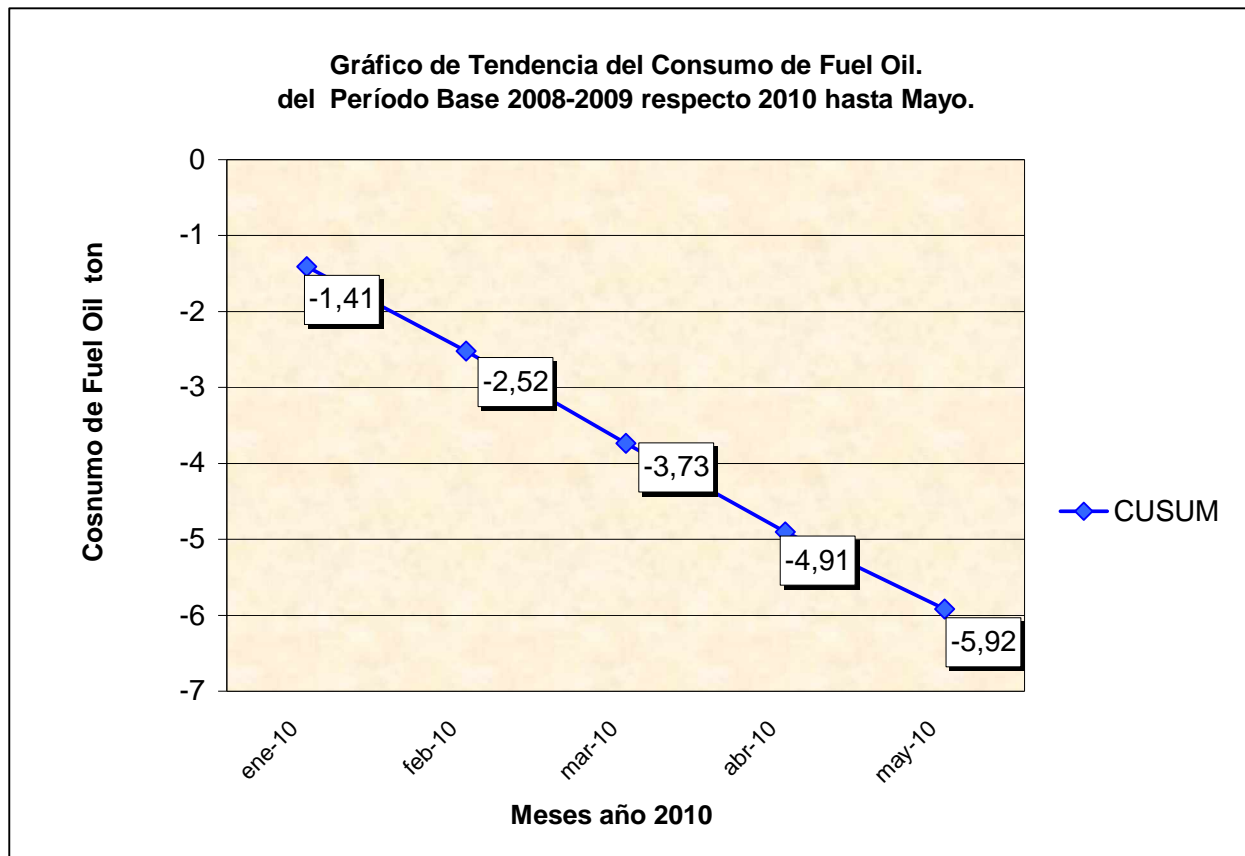
Además permitió establecer una comparación del comportamiento del índice de consumo del período actual con respecto al período anterior, en el cual se observó que a pesar de que los niveles de generación se comportaron por debajo del punto crítico, el índice de consumo se comportó más eficiente en comparación al período base, debido a que como parte de las acciones tomadas a raíz de la implementación del sistema de gestión eficiente de la energía, se ha controlado el consumo de Fuel Oil realizando los análisis de laboratorio necesarios para garantizar las propiedades y parámetros adecuados del combustible para el uso en motores de combustión interna; se ha mejorado la eficiencia del proceso de tratamiento del combustible garantizando que este llegue al motor en óptimas condiciones para la combustión, reduciendo de este modo el consumo del mismo y se han acometido las limpiezas de calderas de vapor, actividad que mejora la eficiencia en la generación del mismo para el calentamiento del Fuel Oil, así como se ha elevado el nivel de piezas recambio en los mantenimientos, lo que provoca que el motor trabaje de forma más eficiente y con un mejor comportamiento en el consumo de Fuel y sus parámetros estándares de trabajo.

Para corroborar los resultados obtenidos en el gráfico anterior aplicando el método de las sumas acumulativas se pudo evaluar las tendencias del índice de consumo del Fuel Oil del período de los primeros cinco meses del año 2010, en comparación al período base.

Para obtener este resultado se elaboró la tabla que se muestra en el anexo # 11, mediante la cual se realizó el diagrama de tendencia donde se mostró que el comportamiento actual del consumo de Fuel Oil muestra una disminución y un recorrido decreciente hacia el mes de Mayo, lo que está dado por los bajos índices de generación que se observan durante estos meses, con respecto a la

generación de energía eléctrica que hubo como promedio en los dos años analizados en el período base.

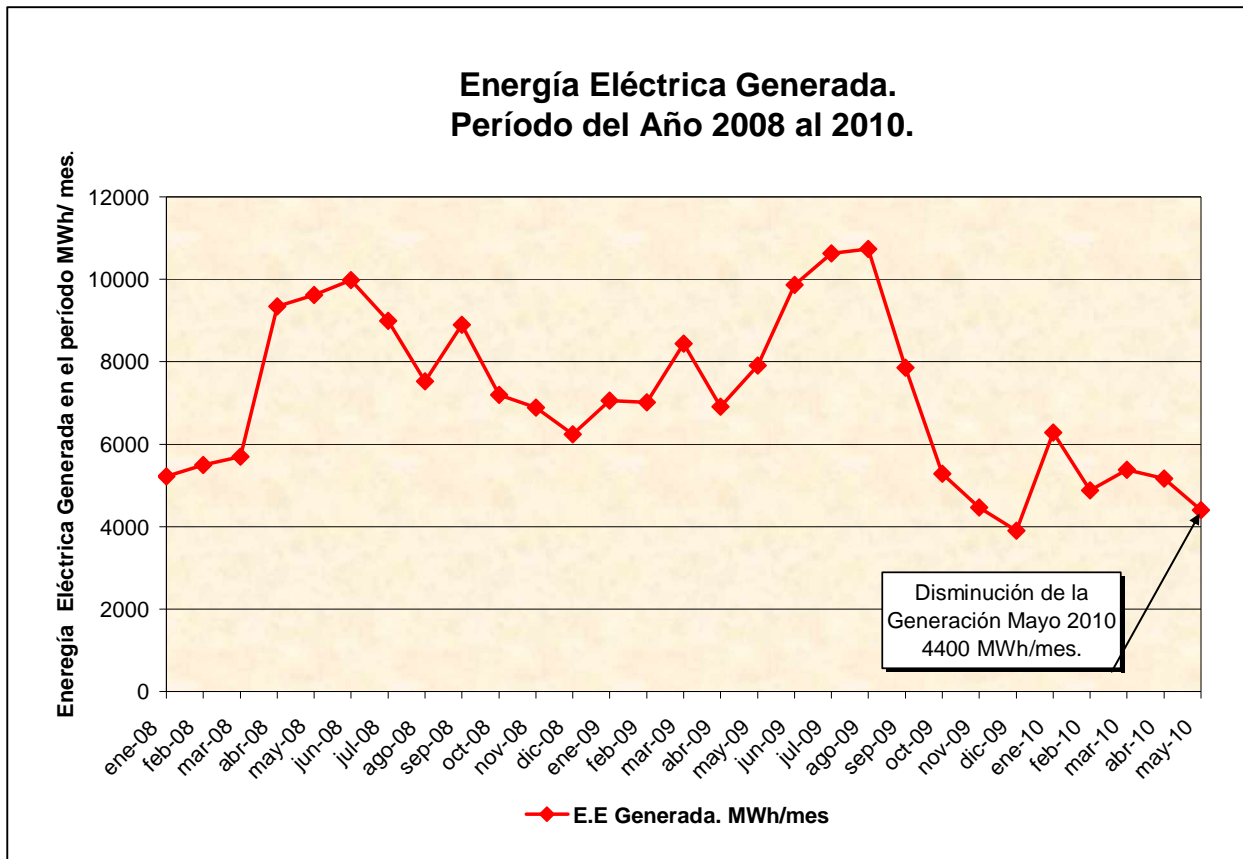
Gráfico 3.7.5 Tendencia del consumo de Fuel Oil del años 2010 respecto al 2008 y el 2009.



El diagrama muestra que el consumo de Fuel Oil disminuye considerablemente en una línea decreciente desde Enero hasta Mayo, asociado fundamentalmente por la parada de los motores que se encuentran detenidos por mantenimiento capital, trabajando en ocasiones excepcionales siempre y cuando se encuentre por debajo de 16000 horas de trabajo. El tiempo en que comiencen las reparaciones capitales aún no está definido pues en estos momentos no existen en el país las piezas de repuesto para hacer los recambios y mantenimientos completos a todos los sistema que intervienen en esta actividad.

En la gráfica que está a continuación se observó cómo se manifiesta la disminución del consumo de Fuel Oil, asociado a la disminución de la generación eléctrica en los primeros cinco meses del año, donde el valor más crítico es en el mes de Mayo, lo que corrobora el decrecimiento en el consumo del gráfico anterior.

Gráfico 3.7.6 Estado de la generación eléctrica desde el año 2008 hasta Mayo.



3.8 Factores globales que influyen en la eficiencia energética de la instalación

Durante el procesamiento de los datos tomados para el análisis realizado, se demostró que los factores que inciden en los índices de consumo de la instalación e impacto en los costos asociados a los portadores energéticos son:

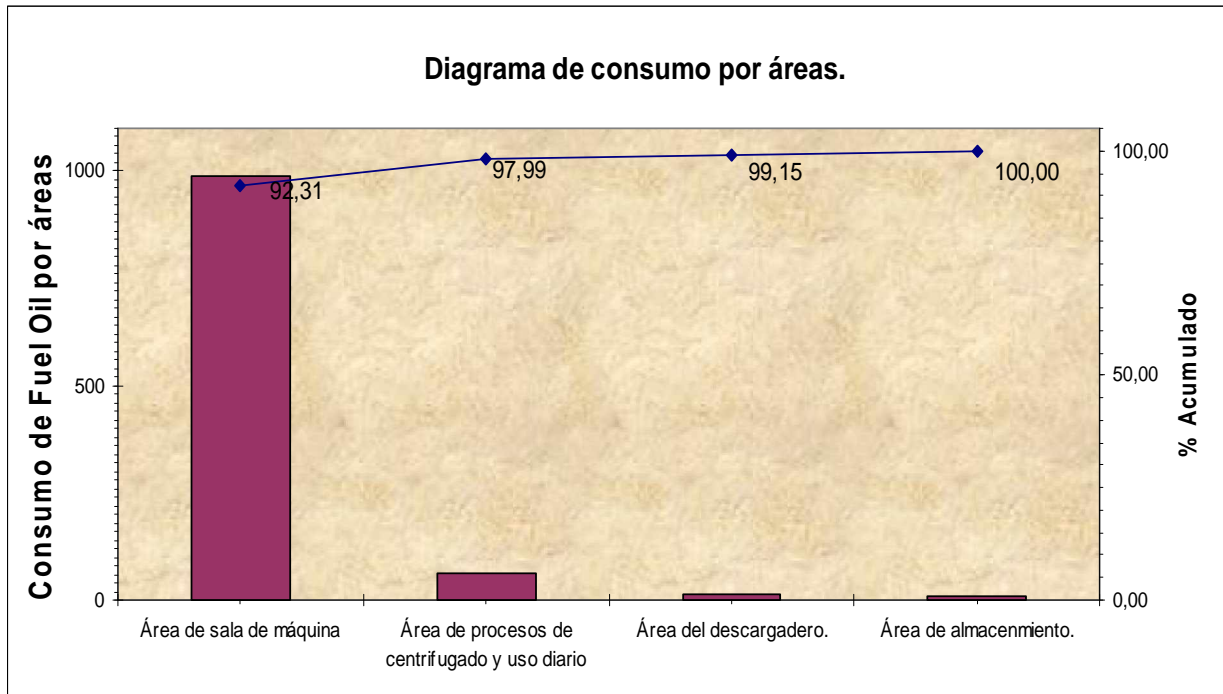
1. *Niveles de generación de energía eléctrica* que no es más que la energía que se genera está ligada proporcionalmente al consumo de combustible Fuel Oil, caracterizado por la relación lineal entre ambos factores obtenida en el diagrama de dispersión 3.7. 3.
2. *Factor de carga o régimen de explotación de las máquinas.* Está asociado al tiempo de explotación de los motores y a la carga a la que son utilizados, pues como se demostró en el gráfico 3.7.4, para diferentes niveles de generación el índice de consumo de combustible varía en función de la energía que entregue el motor y al porcentaje de carga que se explote, más claramente se puede observar en la ecuación que caracteriza este gráfico.
3. *Eficiencia y calidad de los mantenimientos* influye de forma directa pues a pesar de que las máquinas se exploten a un nivel de carga determinado el correcto funcionamiento de los sistemas de inyección y tratamiento de combustible debido al no cumplimiento de los parámetros de calidad del Fuel Oil, pueden contribuir al deterioro del consumo de combustible y por tanto ser otra causa del incremento de este portador, se puede constatar si aumentará el por ciento del consumo no asociado a la producción ecuación del gráfico 3.7.3, para observar los requisitos y parámetros necesarios del combustible observe en el anexo # 12 el certificado de calidad con las propiedades del combustible.

3.9 Evaluación del diagnóstico al sistema de dirección y especialistas en materia de eficiencia energética de la instalación.

A través del control y monitoreo de las áreas en las que intervienen el combustible y mediante el uso de un diagrama de Pareto del consumo de Fuel Oil por áreas se demostró el área de mejores oportunidades de ahorro, que no es más que aquella donde se representa el 92% del consumo total de Fuel Oil, que como se puede ver en el gráfico 3.9 es el área de sala de máquinas con un valor de 92.31%, donde se

encuentran los motores, equipos máximos consumidores de combustible, seguido del bloque o área de tratamiento del líquido.

Gráfico 3.9. Diagrama de Pareto de consumo de Fuel Oil por áreas.



Asociadas al área con más influencia sobre el consumo de combustible, sala de máquinas, se encuentran las personas que influyen sobre ella de forma directa, personal clave, las cuales se determinó que fueran el personal de operaciones, operadores encargados de la sala de máquinas y los jefes de turno encargados fundamentalmente de establecer los parámetros de funcionamiento y el régimen de trabajo establecido. En segundo lugar en correspondencia al área de tratamiento de combustible se determinó el personal como personal clave técnicos de laboratorio encargados de monitorear calidad de combustible recibido.

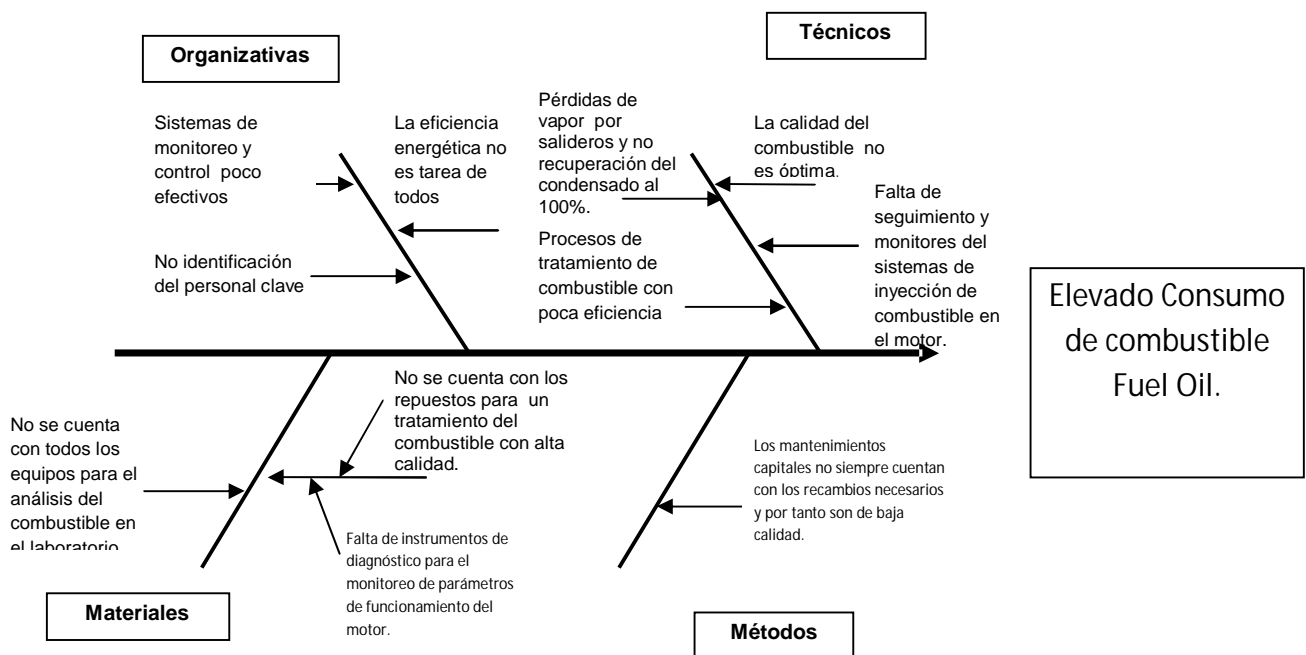
3.10 Resultados del diagnóstico de recorrido y diagrama causa y efecto.

El diagnóstico de recorrido y la aplicación de la lista de chequeo arrojó también que fue en la sala de máquina donde se encontraron aquellos equipos en el que

se consume mayor cantidad de Fuel Oil, donde se tuvo en cuenta el equipamiento y el personal asociado; y por ende, donde se notaron las oportunidades de ahorro más sustanciales y con mejores resultados.

De manera más específica con un diagrama de causa y efecto se lograron establecer las principales causas del consumo de Fuel Oil en el área identificada anteriormente como más sensible al consumo de combustible, y dirigir sobre ellas un grupo de acciones que se enfocaron a lograr la explotación de aquellas oportunidades de ahorro más sustanciales o mejor uso de este combustible, obsérvese la figura # 3.10.1

Diagrama 3.10.1 Causa y Efecto.



3.11 Principales acciones propuestas para la proyección de la UEB en el mejoramiento del consumo de Fuel Oil.

Las causas encontradas en el diagrama anterior, provocaron el elevado consumo de Fuel Oil en la instalación y por tanto contribuyen al deterioro de este indicador

dentro de la estructura de la consumo de la UEB. A continuación se detallan las medidas y acciones encaminadas a aquellas oportunidades de ahorro identificadas, de manera general y particular, para la mejora del consumo de Fuel Oil durante el funcionamiento de los motores en la generación de energía eléctrica:

Del orden general como medidas organizativas y estructurales se recomendó:

1. Perfeccionar el sistema de monitoreo y control energético. Índices de consumo por áreas y equipos con mayores posibilidades de ahorro en función del nivel de generación de energía eléctrica.
2. Establecer un programa que motive a todos los trabajadores a un proceso de incentivo y concientización de una cultura eficiente para el mejoramiento de la eficiencia energética de la entidad.
3. Establecer y ejecutar un programa de seminarios y cursos de capacitación para el personal directivo y especialistas en eficiencia energética.
4. Potenciar la acción de la empresa en función del ahorro de energía, combustibles y establecer mecanismos que incentiven la creatividad e iniciativa de los trabajadores en dicho campo.

Para el control del consumo de combustible Fuel Oil se recomendó:

1. Garantizar que el combustible cuente con las características y requerimientos de calidad apropiados para el funcionamiento en motores de combustión interna dispuesto en las normas y especificaciones para el empleo en la generación de energía eléctrica.
2. Asegurar que todos los procesos de tratamiento de combustible Fuel Oil se hagan con la calidad óptima, por ejemplo calentamiento, trasiego, centrifugado y filtrado; con el objetivo de garantizar que el combustible llegue con todas las propiedades necesarias para ser utilizado en el motor.

3. Controlar y monitorear que los sistemas de las máquinas en los que interviene el combustible cuenten con el funcionamiento eficiente evitando derivaciones o desvíos de combustible hacia líneas de retorno de lodo.
4. Lograr una operación correcta de todo el equipamiento que permita que las máquinas trabajen dentro de los parámetros estándares de funcionamiento mediante el empleo y aplicación del mantenimiento predictivo a través de equipos de diagnóstico.
5. Garantizar y efectuar los mantenimientos periódicos planificados con la óptima calidad y el máximo de eficiencia.
6. Garantizar que las piezas de repuesto y recambio correspondientes a los equipos principales y auxiliares estén garantizadas y disponibles para eventos imprevistos y planificados, averías y mantenimientos.
7. Establecer el control y monitoreo para el correcto funcionamiento de las calderas recuperativas de vapor, así como del aislamiento térmico de las líneas que conducen el vapor hacia los lugares para calentar el combustible Fuel Oil.
8. Completar todo el equipamiento de laboratorio que permita realizar pruebas al combustible de manera que se corrobore el certificado de calidad con que se recibe.

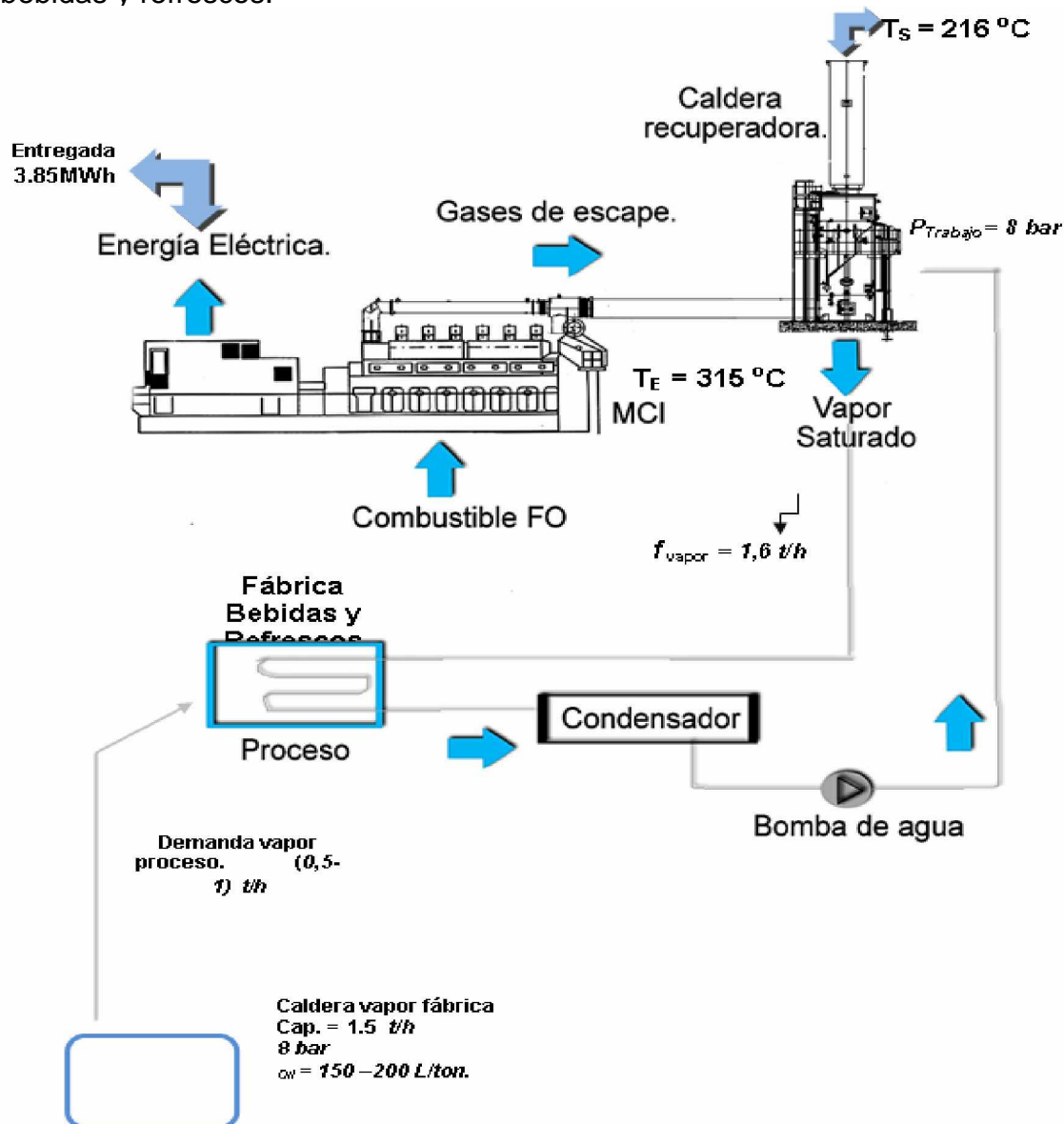
3.12 Evaluación de la factibilidad del uso del calor proveniente de los gases de escape de dos motores para la producción de vapor saturado.

Las medidas expuestas en el epígrafe anterior enmarcan un grupo de acciones que en su conjunto contribuyen al mejoramiento del consumo de los portadores energéticos, enfocados principalmente al Fuel Oil. Otro criterio a tener en cuenta para el aprovechamiento de las potencialidades de ahorro energético fue evaluar la posibilidad de utilizar los gases de escape para la generación de vapor saturado con el montaje de dos calderas recuperativas en dos de los motores, con el objetivo de emplear este vapor con otros fines, dentro de la planta, o como servicio a otras entidades cercanas que lo empleen.

Dentro de la valoración hecha para el empleo del vapor se determinó que sería posible evaluar las variantes de suministro de vapor a la Fábrica de Bebidas y Refrescos que se encuentra cercana a la central eléctrica. Otra variante propuesta para el uso del vapor es en la producción de agua caliente para el proceso en la fábrica de conservas y vegetales

Resultados del análisis técnico para la variante I. A continuación se muestra el esquema completo de la instalación propuesta (obsérvese figura 3.12.1), donde se halla el flujo de vapor calculado para cada una las calderas a instalar, el vapor que se demanda en el proceso y el combustible empleado para ello.

Esquema 3.12.1 Instalación propuesta para el uso del vapor en la fábrica de bebidas y refrescos.



Esta cantidad de vapor es empleada en el proceso de fabricación en la fábrica de refrescos la cual tiene una demanda de alrededor de 0,5-1 t/h, datos extraídos en el departamento de energía de la entidad que se encuentran en el anexo # 17.

Actualmente la demanda del vapor en la fábrica es sufragada por una caldera de vapor, representada en el esquema, cuyos datos se encuentran en el anexo # 15; la cual sería sustituida por la entrega proveniente de la central eléctrica; resaltando el ahorro en el combustible que deja de emplearse en la caldera de la fábrica con

un valor entre 150-200 L/t de productos, así como el ahorro por gastos de operación y mantenimiento de la misma.

No obstante con solo una de las calderas recuperativas recomendadas a instalar, se sufraga la demanda de vapor de la fábrica, como se demostró en el balance de energía, siendo la generación total de vapor de 3,2 t/h; por lo que despreciando las pérdidas por caídas de presión y condensación en las tuberías que transportan el vapor hasta la entidad, resulta una cantidad de vapor excedente que podría emplearse con el incremento de los niveles de producción, favoreciendo el proceso productivo y evitando la descarga de los gases a la atmósfera por ser menor la demanda de vapor de la entidad que la alimentación proveniente de la central.

Como equipamiento auxiliar de la instalación propuesta se encuentran los equipos para la recuperación del condensado, otro resultado para el empleo del vapor excedente es el uso del condensado, como agua caliente en el proceso antes de ser incorporado al retorno hacia la planta.

Resultados del cálculo del análisis económico de la variante I.

Se calcularon los valores de los costos e ingresos de todo el proyecto, en el cual se demostró que mediante el suministro de vapor a la Fábrica de Bebidas y Refrescos por concepto de ahorro de combustible para la entidad se dejaban de gastar entre 150 -200 litros de Fuel Oil por tonelada de vapor consumida en la producción, lo cual representa ahorros financieros a la empresa y al país, a continuación se muestra los resultados del calculo de los costos e ingresos en la tablas siguientes.

Costos totales de inversión.

	Costo de dos calderas (USD)	Costos Equipos Auxiliares (USD)	Costos Asociados	CTI (USD)
Inversión	218260	65450	70927	-
Total.				354637

Gasto totales en explotación.

	Gastos Mttos. (CUP)	Gastos piezas. (MN)	Gastos salarios y otros	Gastos totales (USD)
Gastos / año	32 000	3000	6120	-
Total.				41120

Ingresos totales en un año de explotación en ahorro de combustible.

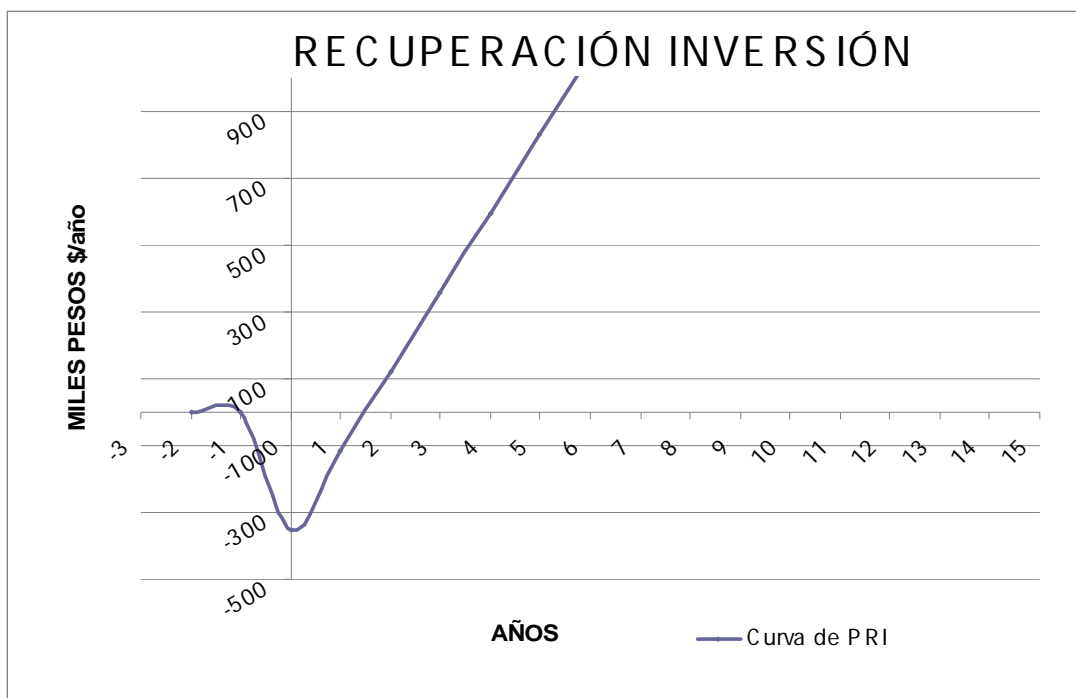
	Ahorro de Fuel Oil (t/año)	Precio Fuel Oil (\$/t)		Ingresos totales (USD)
Ingresos / año	216	450	-	-
Total.				97200

Ingresos totales en un año de explotación por prestación de servicio.

	Prestación de servicio de vapor (\$/t)	Demanda anual de vapor. (t)		Ingresos totales (USD)
Ingresos / año	206	1200	-	-
Total.				247200

Con los resultados del análisis de los costos, ingresos y gastos realizados, se determinaron en una hoja cálculo de excell, los indicadores financieros de la primera variante y se obtuvo como resultado el gráfico de la figura 3.12 en el cual se mostró cómo para un tiempo de vida útil de 15 años, el período de recuperación de la inversión es de 3,5.

Gráfico 3.12.1 Período de recuperación de la inversión para la variante I



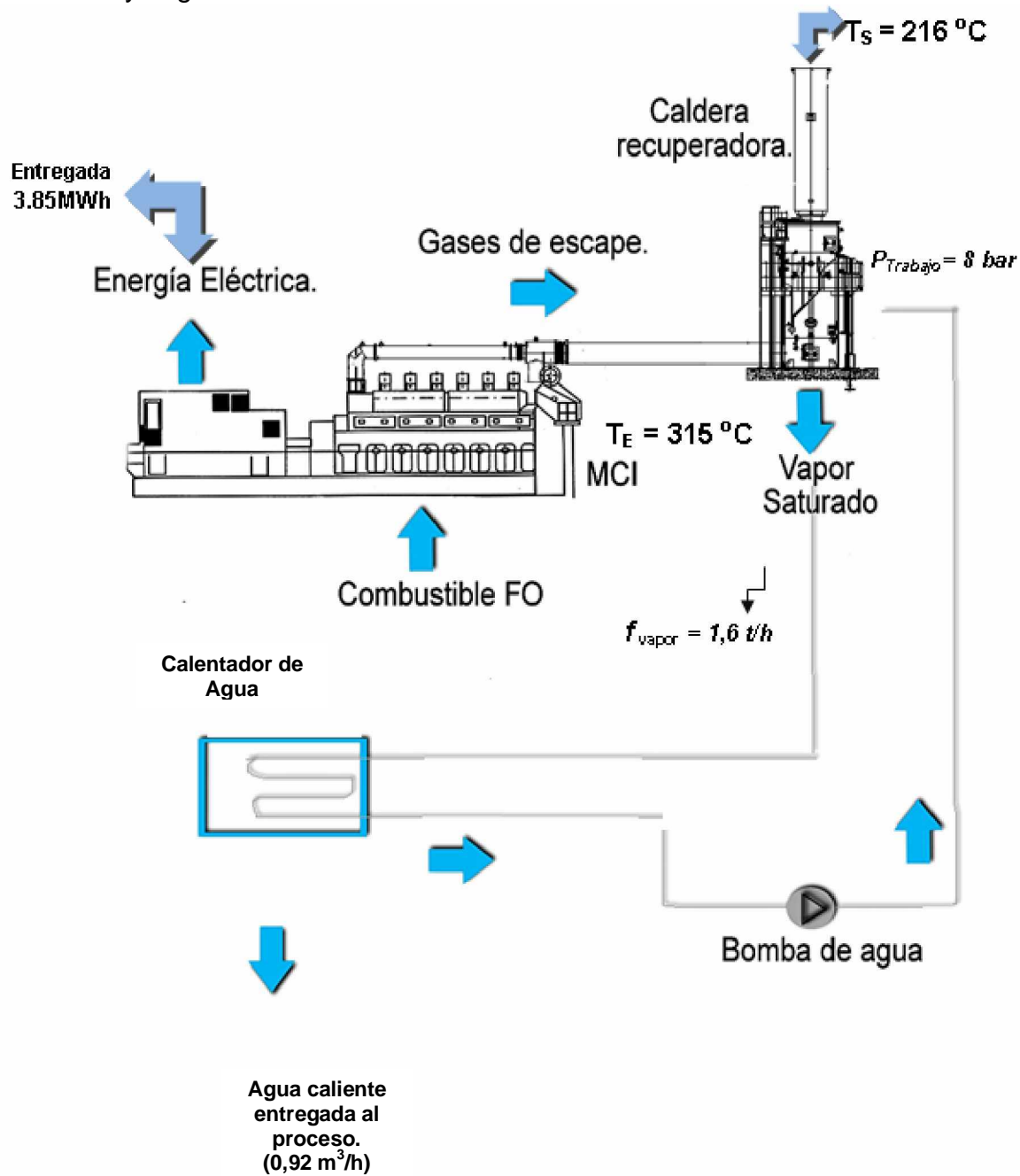
TIR: tasa interna de retorno: 74 %,

PRI: Período de recuperación de la inversión: 1,5 años.

VAN: Valor actual neto: 1.484.630,00€

Como resultado del análisis técnico de la variante II a continuación se muestra el esquema completo de la instalación propuesta (obsérvese figura 3.12.2), donde se halla la demanda de agua que se genera en el calentador para el proceso productivo

Esquema 3.12.2 Instalación propuesta para el uso del vapor en la fábrica de conservas y vegetales.



En el esquema anterior se muestra el flujo de vapor por horas generadas con la instalación de cada caldera recuperativa, 1,6 t/h hasta la fábrica de conservas donde se emplea para calentar agua hasta 100 °C , como resultado del análisis técnico de esta variante y como objetivo de dar respuesta a las demandas

térmicas de la entidad se realizó el balance de energía en el que resulto que la capacidad de agua caliente fue de $0,92 \text{ m}^3/\text{h}$, como aparece en el anexo # 21.

El agua caliente obtenida es empleada en el proceso productivo tanto en la limpieza del equipamiento como en la elaboración de mezclas y procesos tecnológicos de esta instalación lo que aporta un beneficio por concepto de prestación de la central eléctrica representado un valor de 206 \$/t, para el régimen de trabajo de la fabrica de 8 h diarias la entrega de vapor es de 12,8 t/día. No obstante como proyecciones futuras esta fábrica cuenta con un proyecto que se encuentra en proceso de aprobación para ampliar sus producciones, lo que significa que la demanda de agua caliente tienda a aumentar y por tanto la capacidad que puede brindar esta propuesta quedaría por debajo de la energía térmica lo que no significa que sea válida desde el punto de vista técnico esta variante.

Como equipamiento auxiliar de la instalación propuesta se encuentran los equipos para la recuperación del vapor condensado debido al intercambio y caída de presión que cuenta con un parque de bombas para el retorno del agua a las calderas.

Resultados del cálculo del análisis económico de la variante II.

Se calcularon los valores de los costos e ingresos de todo el proyecto, en el cual se demostró que mediante el suministro de vapor a la Fábrica de Conservas y Vegetales por concepto de suministro de vapor para producir agua caliente la central tendría un ingreso de 2636,8 \$/día, a continuación se muestra los resultados del calculo de los costos e ingresos en la tablas siguientes.

Costos totales de inversión.

	Costo de dos calderas (USD)	Costos Equipos Auxiliares (USD)	Costos Asociados	CTI (USD)
Inversión	218260	62250	70620	-
Total.				351130

Gasto totales en explotación.

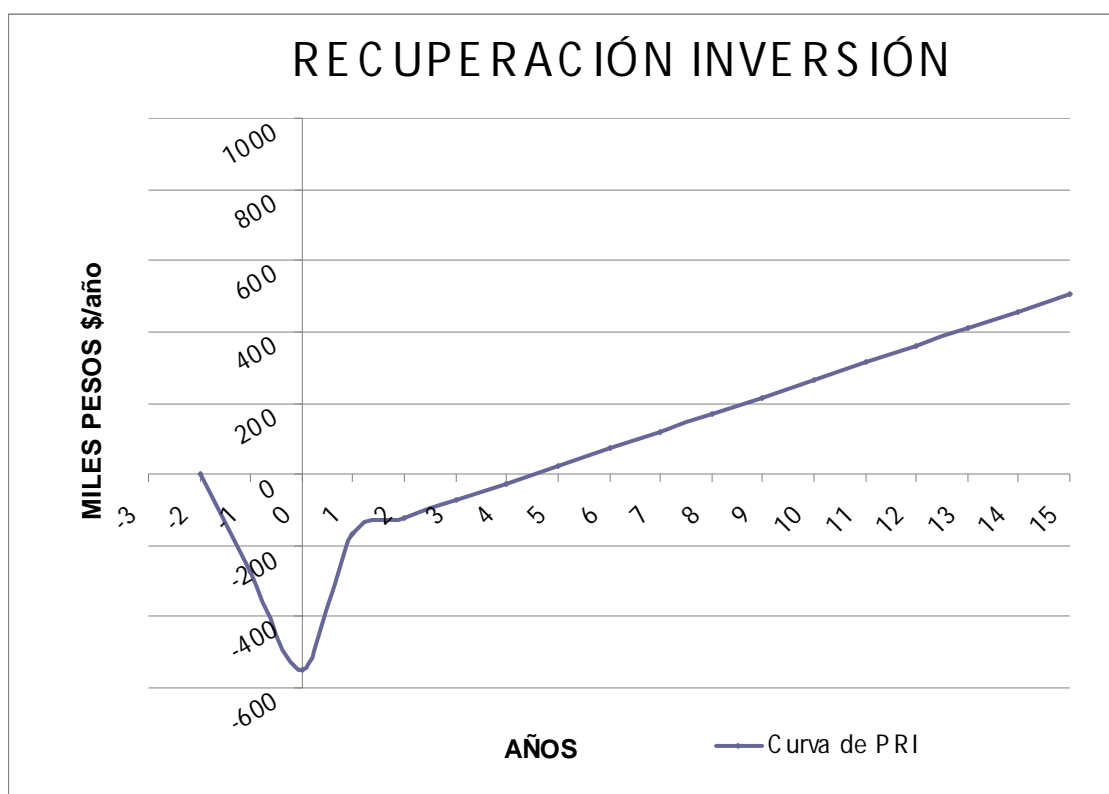
	Gastos Mttos. (CUP)	Gastos piezas. (MN)	Gastos salarios y otros	Gastos totales (USD)
Gastos / año	32 000	3000	6120	-
Total.				41120

Ingresos totales en un año de explotación por prestación de servicio.

	Prestación de servicio de vapor (\$/t)	Demanda anual de vapor. (t)		Ingresos totales (USD)
Ingresos / año	206	2560	-	-
Total.				527360

Con los resultados del análisis de los costos, ingresos y gastos realizados, se determinaron en una hoja cálculo de excell, los indicadores financieros de la primera variante y se obtuvo como resultado el gráfico de la figura 3.12 en el cual se mostró cómo para un tiempo de vida útil de 15 años, el período de recuperación de la inversión es de 4,5 años.

Gráfico 3.12.2 Período de recuperación de la inversión para la variante II



TIR: tasa interna de retorno: 20 %,

PRI: Período de recuperación de la inversión. 4,5 años.

VAN: Valor actual neto 168.865,77 €

Como resultado del análisis de las dos variantes propuestas, se manejaron dos criterios para la selección del proyecto de mejores resultados.

El análisis técnico.

El proyecto de la variante # I resultó ser el más provechoso desde el punto de vista técnico, ya que ofrece tres ventajas fundamentales: los ingresos por concepto de venta de excedentes de la producción de energía eléctrica, excedentes térmicos, por concepto de ahorro de combustible que se deja de quemar en la caldera de la fábrica de Bebidas y Refrescos y por el efecto

medioambiental al disminuir la emisión de gases a la atmósfera por la quema de combustible fósil. Desde el punto de vista tecnológico en la variante I, se cubre toda la demanda de vapor para las producciones actuales de la entidad y permite el margen para ampliar las mismas hasta niveles aún mayores, existen menos pérdidas por concepto de la caída de presión en la tuberías que trasladan el vapor pues esta entidad es mucho más cercana que la fábrica de conservas y vegetales por tanto las pérdidas asociadas son mucho menores.

El análisis de los indicadores financieros.

El cálculo de los indicadores financieros de ambas variantes mostró como resultados que se encuentran a continuación:

Indicadores	Variante I	Variante II
Vida útil	15 años	15 años
TIR:	74%	20%
PRI:	1,5 años	4,5 años
VAN	1.484.630,00 €	168.865,77 €

Mediante el resultado que se muestra en la tabla anterior se pudo concluir como el proyecto con mejores indicadores es la variante I, fundamentado en que el mismo con respecto a la variante II tiene un mayor valor actual neto y en función de los ingresos por concepto de ahorro de combustible y prestación de servicio, el tiempo de recuperación de la inversión es menor que el de la variante II.

3.13 Resultados de análisis de sensibilidad.

Como resultado del análisis técnico y económico resultó que la variante con mejores beneficios fue la variante I. Aplicando el análisis de sensibilidad en ocho escenarios o variantes en función de la variación de los ingresos por concepto de prestación de servicios de alimentación de vapor y ahorro de combustible; así como la variación de las inversiones se obtuvo de las muestras experimentales realizadas dos con resultados optimistas y dos con resultados negativos, en la

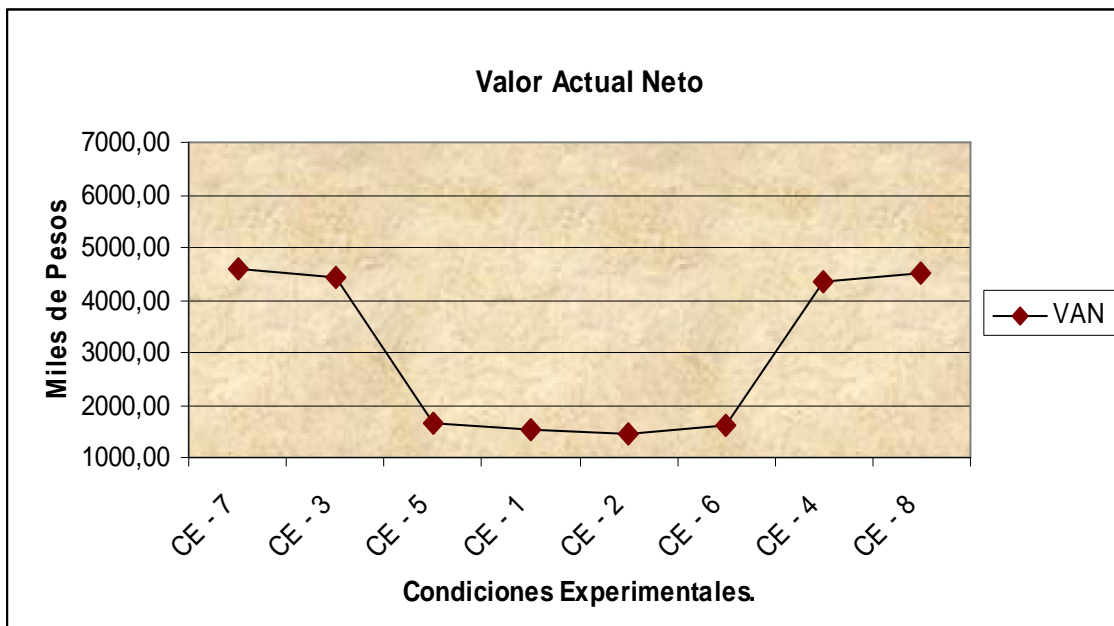
tabla que está a continuación se muestran las variantes tomadas y en el gráfico 13.3.1 la curva del valor actual neto obtenido.

Tabla # 3.13.1 Resultados de análisis de sensibilidad.

COND. EXP.	Ahorro de combustible (\$/t)	Prestación de servicio.\$/t vapor	INVERSIÓN
CE - 7	+	+	-
CE - 3	-	+	-
CE - 5	+	-	-
CE - 1	-	-	-
CE - 2	-	-	+
CE - 6	+	-	+
CE - 4	-	+	+
CE - 8	+	+	+

	Variante atractivas con un alto Valor actual Neto
	Variantes donde se obtiene un Valor Actual Bajo

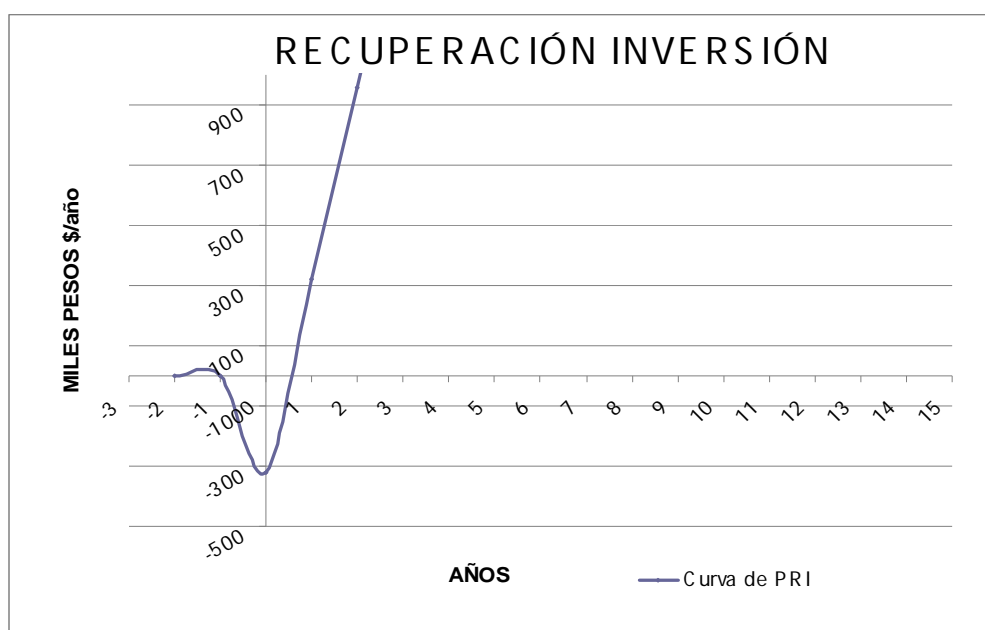
Gráfico 3.13.1 Curvas del VAN de las muestras experimentales.



Como resultado del análisis en la tabla se muestran dos escenarios, como propuestas atractivas ante las variaciones realizadas a las variables empleadas, a

continuación se puede observar el gráfico del período de recuperación de la inversión para ambos casos. También en la tabla como resultado del análisis se encuentran dos escenarios en los que el valor actual neto tiene un valor muy bajo y el período de recuperación de la inversión relativamente alto con respecto a los demás muestras experimentadas, en el anexo # 23 se encuentra el análisis completo con todos los valores del VAN para cada variante y en el anexo # 24 se encuentran los cálculos de los indicadores financieros para las dos variantes positivas y las dos negativas

Gráfico 3.13.2 Escenario experimental # 7.

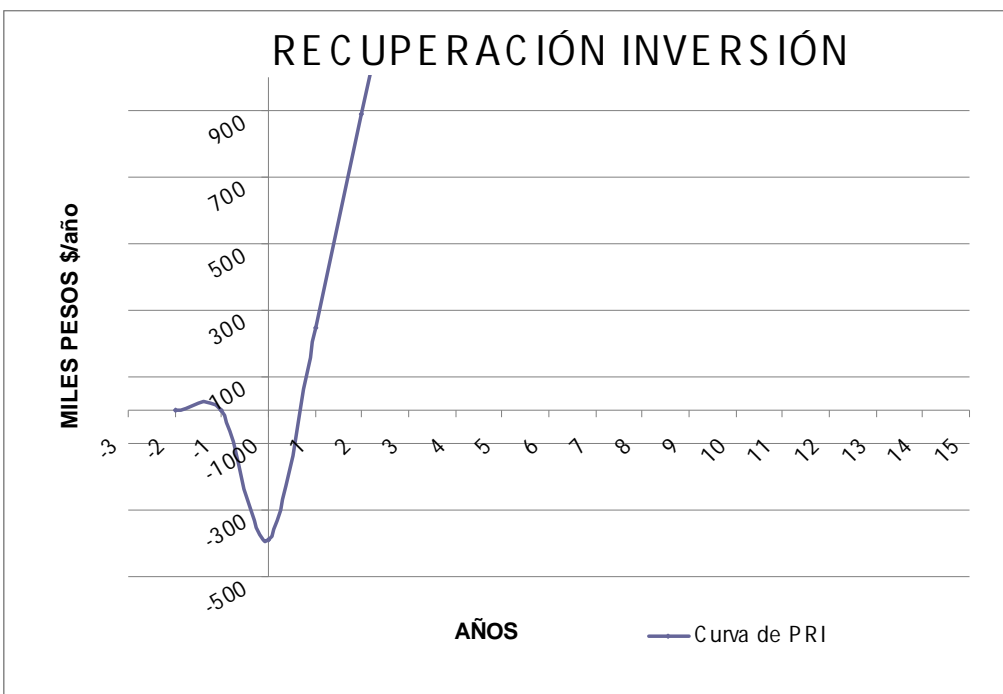


TIR: tasa interna de retorno: 220%,

PRI: Período de recuperación de la inversión. 0,6 años.

VAN: Valor actual neto: 4.572.040,97 €

Gráfico 3.13.3 Escenario experimental # 8



TIR: tasa interna de retorno: 180%

PRI: Período de recuperación de la inversión. 0,7 años.

VAN: Valor actual neto: 4.512.465,87 €

CONCLUSIONES



Conclusiones generales

- 1-La literatura consultada permitió demostrar la importancia de trabajar por el ahorro de portadores energéticos en la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti-Spíritus, a partir de la aplicación de sistemas de gestión total eficiente de la energía.
- 2- El diagnóstico de la entidad mediante la aplicación de la prueba de necesidad en la implementación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía arrojó que en esta entidad el portador energético de mayor peso dentro de la estructura de consumo fue el combustible Fuel Oil, representando cerca del 90% del gasto total de los combustibles y aceites el cual representó el 80% de los gastos totales de la UEB.
- 3- Se obtuvo una ecuación de correlación en la que se determinó que el índice de consumo se incrementa cuando la generación eléctrica se encuentra por debajo de 6000 MWh, por lo que es necesario trabajar por encima de este valor los niveles de generación de electricidad.
- 4-A partir de un diagrama de pareto se obtuvo el área donde existen las mejores oportunidades de ahorro de Fuel Oil, en este caso la sala de máquinas, la cual representa más del 80% del consumo total; además de las identificar las personas claves relacionadas con el proceso.
- 5-Con el uso del diagrama causa y efecto se logró demostrar los principales elementos que provocan el elevado consumo de Fuel Oil, lo que permitió establecer acciones encaminadas al mejoramiento de la calidad de tratamiento del combustible, así como ser más eficientes los parámetros de explotación y funcionamiento de los motores elevando la calidad de los mantenimientos.
- 6-El análisis de los indicadores financieros de la variante # I para el aprovechamiento de los gases de escape, permitió obtener un tiempo de recuperación de la inversión (PRI) de 1,5 años, por concepto de ingresos en el ahorro de combustible, de 216 ton/año y prestación de servicios de alimentación de vapor, lo que representa un total de 344400 US/anuales con una tasa interna de retorno (TIR) de 74% un valor actual neto (VAN) de 1.484.630,00€.

RECOMENDACIONES



Recomendaciones

1. Proponer a la dirección de la Central Eléctrica de Fuel Oil de Sancti-Spíritus la aplicación de las medidas propuestas.
2. Establecer los niveles de generación de electricidad por encima del valor crítico contribuyendo a la disminución del índice de consumo de Fuel Oil.
3. Realizar el estudio para el empleo del vapor en instalaciones de nueva inversión, por ejemplo una planta de refrigeración por absorción cercana a la UEB.

BIBLIOGRAFÍA



Bibliografía

1. Agencia CyTA-Instituto Leloir-María Cristina Chaler, Diciembre 2007, <http://www.oceba.gba.gov.ar/prensa/modules.php>
2. Amozarrain, M. (2005) *Conceptos Básicos*. Disponible en: <http://www.personales.jet.es/amosarrain/organizacion.htm>
3. Amozarrain, M. (2005). *Métodos para la Identificación de Procesos*. Disponible en: <http://personales.jet.es/amosarrain/procedimientos.htm>
4. Artículo Historia energy Information Ademsintation (EIA) International Energy Annual 2002, DOE/EIA-0219 (2002) Washington, DC March, 2004. Disponible en : <http://www.eia.doe.gov.eia/pronósticos.htm>
5. Borroto Nordelo, A. (1997). *Administración de Energía: Auditorías Energéticas y Cogeneración*. Colombia: Universidad de Valle, Cali. Especialidad en Ciencias Térmicas.
6. Borroto Nordelo, A. y Aníbal J. Borroto Bermúdez. (1998). *Evaluación Económica de Proyectos de Ahorro de Energía*. Cuba: Universidad de Cienfuegos.
7. _____ (1999). *El verdadero costo de la energía*. Revista Mundo Electrónico Colombiano.
8. Borroto Nordelo, A. y Percy Viego Felipe. (2001). *Gestión Energética Empresarial*. México: Universidad autónoma de Baja California. Diplomado en Gestión Eficiente de la Energía.
9. Borroto Nordelo A. E. (1999) *Sistemas de cogeneración*. Centro de Estudios de energía y Medio ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
10. _____ (2002) *Ahorro de energía en sistemas termomecánicos*. Centro de Estudios de energía y Medio ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
11. _____ (2005) *Ahorro de energía en sistemas de vapor*. Centro de Estudios de energía y Medio ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
12. _____ (2005) *Eficiencia energética y competitividad empresarial*. Centro de Estudios de energía y Medio ambiente, Universidad de Cienfuegos.

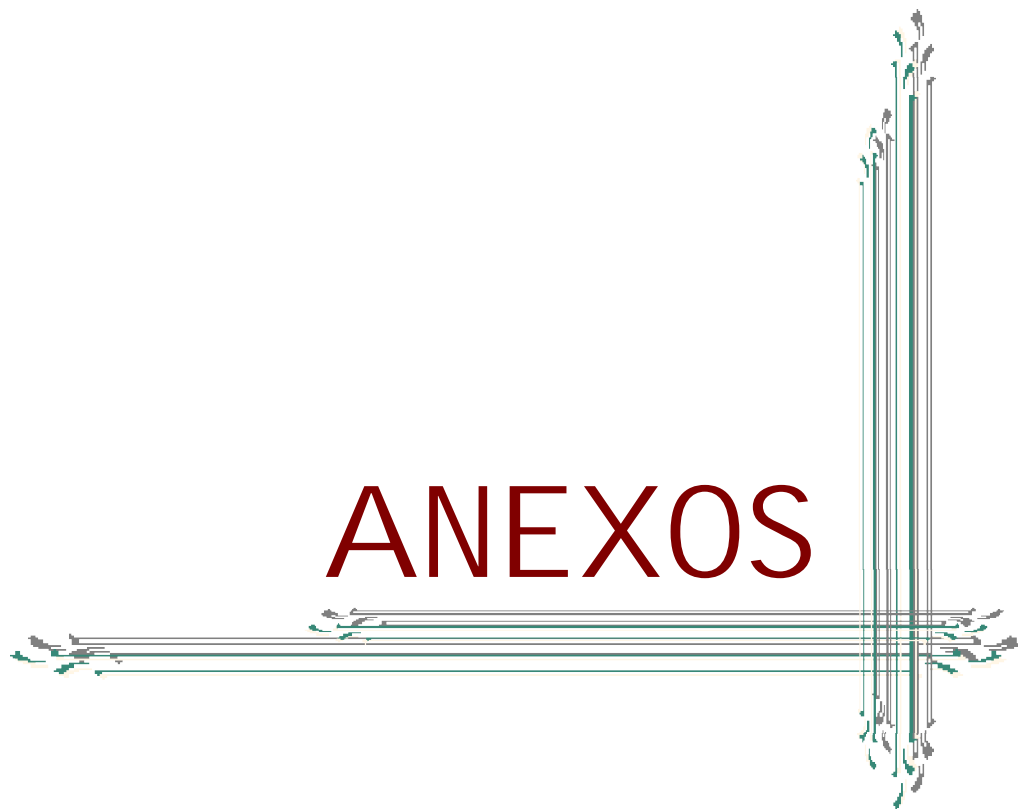
13. Campos Avella, J. C. (2000). *Herramientas para establecer un sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Atlántico. Diplomado en Gestión Energética.
14. Campos Avella, J. C., et al. (2002). *La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial*. Cuba: Editorial de Cienfuegos.
15. Caraballo Maqueira L. (2006). Universidad para Todos. Curso Derecho y Medio Ambiente. Atmósfera, su estudio y vinculación con el derecho. Parte 2. (p. 2-3). Tabloide.
16. _____ (2006) Universidad para Todos. Curso Derecho y Medio Ambiente. Respuesta de las ciencias jurídicas a los problemas ambientales. Parte 1. (p. 2). Tabloide.
17. Castro Ruz, F. (2006) "Discurso del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz", disponible en <http://vanguardia.co.cu/index.php>. Juventud Rebelde, 17 de enero de 2006.
18. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Cuba. (2002). *Gestión Energética Empresarial*. Cienfuegos: Editorial Universo Sur.
19. _____ (2002) Manual de procedimiento para efectuar la prueba de la necesidad en una empresa. Universidad de Cienfuegos.
20. _____ (2006) *Gestión energética en el sector productivo y los servicios*. Cienfuegos. Editorial Universo Sur.
21. _____ (2006). *Gestión y Economía Energética*. Cienfuegos: Editorial Universo Sur.
22. _____ (2006) *Puestos claves y gestión total eficiente de la energía en el sector productivo y de servicios*. Cienfuegos, Editorial Universo Sur.
23. _____ (2006) *Eficiencia Energética y Medio Ambiente*. En. *Gestión y Economía Energética*. (p.3) Cienfuegos: Editorial Universo Sur.
24. _____ (2006) *Gestión Total Eficiente de la Energía en la Industria*. En. *Gestión y Economía Energética*. (p.21-40) Cienfuegos: Editorial Universo Sur.

25. Consejo Mundial de la Energía. (2004). Informe del Consejo Mundial de la Energía en colaboración con ADEME. Disponible en www.worldenergy.org
26. Cruz, Víctor. (1998). "Algunas consideraciones sobre la generación de electricidad en la agroindustria azucarera". Cuba: Investigación Económica. 4,8-12.
27. Energy Information Administration. (2009). Anuario Internacional Energy Outlook. Disponible en:
<http://www.oceba.gba.gov.ar/AIE/Energía/Crítica/Situación/Mundial>,
28. Fernández, A. (2008). Cogeneración. La UE propugna aumentar su uso porque ofrece ahorro energético y beneficios para el medio ambiente. Disponible en http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia.
29. García, Adriano. et al. (1997). "La concepción estratégica de las transformaciones en la economía energética". La Habana: Instituto Nacional de Energía.
30. García, Adriano. et al. (2000). "Diagnóstico de la economía energética nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía". La Habana: Instituto Nacional de Energía.
31. Gutiérrez Torres R y Col. El motor de combustión interna y su impacto ambiental. Disponible en: www.monografias.com
32. Gutiérrez Pulido Humberto. Congreso Nacional de Ahorro de Energía. La calidad de total y el ahorro de energía, Guadalajara. México, 1983.
33. Hernández, P. G. (2003). *Metodología de la investigación*. Santa Clara, Cuba: Universidad Central de las Villas.
34. Instituto de Estudio e Investigación del Trabajo, Cuba (2006). *Proyección estratégica y utilización del trabajo*. En Compendio metodológico sobre política salarial (97-108). La Habana: Editora Política.
35. Jovaj, M.S. y Maslov, GS Motores de automóvil. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1978.
36. Lorenzo G., A, Esquerra y R. Espinosa P. (1999). *Gestión energética en el CAI H. Duquesne*. Santa Clara, Cuba: Universidad Central de las Villas. Trabajo de Diploma.

37. MAN B&W Diesel, Documentación y soporte técnico de motores de combustión interna, MAN B&W 18"V"28/32S.
38. Ministerio de Educación Superior, Cuba. (2002). *Gestión y Economía Energética*. Cienfuegos: Editorial Universo Sur.
39. Ministerio de la Industria Básica (1998). *Programa de desarrollo de la industria eléctrica*. La Habana.
40. _____ (2008) Manual de Generación Distribuida y SEN.
41. _____ (2010) Revolución Energética, febrero 2010.
42. Norma UNE 77234 1998. Calidad del aire. Determinación de la concentración máxima de dióxido de azufre. Método del tetracloromercurito (TCM) pararosanilina.
43. Norma Cubana, NC ISO 1000-2007 Mediciones Múltiplos y Submúltiplos
44. Pérez Sáez, D. (2008). *Destacan índice de desarrollo humano en Cuba*. Disponible en <http://www.invasor.cu>
45. Pérez Sáez, D. (2008). *La revolución energética en Cuba, conquistas alcanzadas*. Disponible en <http://www.google.com.cu>
46. Rey Veitía, L. (2010). "¿Cuánto es un kilowatt-hora en combustible?" *Trabajadores*.21, 3.
47. Rodríguez Echemendía, Pedro, (2000). *Diagnóstico sobre la eficiencia energética en la industria del cemento*. La Habana: Departamento de Inspección Estatal Energética.
48. Somoza Cabrera, José y Adriano García Hernández (1998). *Reformas en el sector de la energía en América Latina y el Caribe. I Parte*. Cuba: investigación económica. 3, 15-17.
49. _____ (1998). "*Reformas en el sector de la energía en América Latina y el Caribe. II Parte*". Cuba: investigación económica. 4,12-13.
50. Viego Felipe Percy y Col. Autores. Ahorro de Energía en Sistemas de Suministro Eléctrico. Centro de Estudios de energía y Medio ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba 2005.

51. World Health Organization. United Nations Environment programme GEMS/Air Methology Review: Quality Assurance in urban air quality monitoring WHO/UNEP. 1994. v. 1.
52. <http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp/sección /1917>.
53. IDEA, España, Instituto para la diversificación y el ahorro de energía.
54. México, comisión nacional para el ahorro de energía.
55. FIDE, México Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica.
56. E.U. Administración para la información energética.
57. E.U. Universidad de New Jersey. Oficina de productividad industrial y energía.
58. Perú, Ministerio de energía y minas.
59. E.U. California. Comisión de energía.
60. Energy Management. Wayne C. Turner, 1976.
61. Industrial energy audist. Hagler Bailly & Co. 1985.
62. IDEA, España 1982. Técnicas de conservación de energética en la industria.

ANEXOS



Anexo No. 1

Recopilación de datos históricos para el período base (2008 y 2009) y período de comparación (2010)

<i>Datos recopilados correspondientes al año 2008.</i>					
Meses	KWh	Cons. Diesel L.	Cons. Fuel Oil L.	Cons. Energía Eléctrica uso planta kWh	Cons. LO/mes L.
Jan-08	5221357	187810	987537	73545	941
Feb-08	5495503	132681	1122000	85963	14436
Mar-08	5700252	138302	1183763	128958	6959
Apr-08	9339844	22649	2123135	217057	3009
May-08	9623284	6501	2200516	234992	2992
Jun-08	9983866	13008	2281103	230310	4180
Jul-08	8989385	36402	1973731	219040	4743
Aug-08	7527350	64011	1680665	200958	5119
Sep-08	8896806	53470	1999852	216321	4771
Oct-08	7199262	19006	1628523	190481	5566
Nov-08	6884410	54999	1542798	191647	11355
Dec-08	6242583	108678	1372004	176058	5665
Total	94303902	837517	20095627	2165330	69736
Promedio	8098413	59064	1737099	190162	6254

Datos recopilados correspondientes al año 2009.

Meses	KWh	Cons DO/mes L.	Cons HFO/mes L.	Cons. Energía Eléctrica uso planta kWh	Cons. LO/mes L.
Jan-09	7055012	68720	1534410	189739	4859
Feb-09	7012703	70200	1578777	176240	8673
Mar-09	8443720	65477	1905401	208313	6693
Apr-09	6908850	54338	1565601	182108	5497
May-09	7904414	50220	1797821	191764	7974
Jun-09	9867062	66205	2243240	227353	5987
Jul-09	10624260	27647	2487775	242668	6351
Aug-09	10736362	42946	2472977	257615	11427
Sep-09	7856332	64634	1815319	199063	6883
Oct-09	5279850	66284	1224049	151361	1956
Nov-09	4460836	55204	1030481	135383	2883
Dec-09	3903948	58579	893168	260589	4958
Total.	90053349	690454	20549019	2422196	74141
Promedio.	7545303	56521	1728601	202951	6298

Datos recopilados correspondientes a los primeros cinco meses del año 2010.

Meses	KWh	Cons DO/mes L.	Cons HFO/mes L.	Cons. Energía Eléctrica uso planta kWh	Cons. LO/mes L.
Jan-10	4285088	50260	962345	115231	2179
Feb-10	2876028	45766	646137	87198	6676
Mar-10	3380536	41478	760745	101257	7326
Apr-10	3460536	42685	768559	108625	6045
May-10	2400000	229488	404556	58989	1085
Total	10541652	137504	2369227	303686	16181
Promedio	3513884	45835	789742	101229	5394

Anexo No. 2

Gastos por cada uno de los centros de costos y porcentaje, respecto al total de gastos de la UEB, para los años del período base 2008 y 2009.

Gastos por centro de costo año 2008.			
Actividad	Valores de Gastos	% del total de gastos	% Acumulado
Combustibles y Aceite	6418000	81.55	81.55
Salario	153000	1.94	83.50
Mantenimientos a equipos.	150000	1.91	85.40
Gastos fuerza de trabajo estable.	50000	0.64	86.04
Otros Gastos	245000	3.11	89.15
Amortización	266600	3.39	92.54
Energía	587000.0	7.46	100.00
Total	7869600	110.99	

Gastos por centro de costo año 2009			
Actividad	Valores de Gastos	% del total de gastos	% Acumulado
Combustibles y Aceite	5045400	83.14	83.14
Salario	150000	2.47	85.61
Mantenimientos a equipos.	100000	1.65	87.26
Gastos fuerza de trabajo estable.	50000	0.82	88.09
Otros Gastos	45000.0	0.74	88.83
Amortización	130000	2.14	90.97
Energía	548000	9.03	100.00
Total	6068400	100.00	

Anexo No. 3**Tabla # 1: Desglose de los gastos del centro de costos Combustibles y Aceites en \$/ton, para los años del período base, 2008 y 2009.**

GASTOS DE LOS COMBUSTIBLES Y ACEITES DESGLOSADO.					
Combustibles y Aceites	PRECIO \$/t.	GASTOS 2008	% ACUMULADO	GASTOS 2009	% ACUMULADO
FUEL OIL.	267,23	5312146	92,72	5431997	93,99
DIESEL	566,57	402624	99,74	331925	99,73
ACEITE.	235,53	14670	100,00	15597	100,00
Total		5729440		5779519	

Anexo No. 4

Factores de conversión promedio para llevar el consumo de portadores energéticos a toneladas de combustible equivalente, para los años del período base (2008 y 2009).

Portadores energéticos	UM	Factor conversión promedio.
Fuel-Oil	t.	1.0534
Electricidad	MWh	0.37461
Diesel	t.	0.9903
Lubricantes	t.	1.1631

Anexo No. 5**Tabla # 2: Toneladas de combustible equivalente de cada portador en los años 2008 y 2009.**

Año 2008						
Portadores	UM	Consumo	F. conv.	TCC	%	% Acum.
Fuel-Oil	T	19879	1.0534	20940.07	93.00	93.00
Electricidad	MWh	2165	0.37461	811.15	3.60	96.61
Diesel	T	711	0.9903	703.74	3.13	99.73
Lubricantes	t	60	1.0000	60.17	0.27	100.00
Total				22515.13	100.00	
Año 2009						
Fuel-Oil	T	20327	1.0534	21412.51	93.23	93.23
Electricidad	MWh	2422	0.37461	907.38	3.95	97.19
Diesel	T	586	0.9903	580.17	2.53	99.71
Lubricantes	t	66	1.0000	66.22	0.29	100.00
Total				22966.28	6.8	

Anexo No. 6

Tablas de los valores estadísticos del consumo de Diesel, Fuel Oil, energía eléctrica y aceite en los años 2008, 2009 y 2010

Año 2008

Meses	Cons. Diesel L	Cons. Fuel Oil L	Energía eléctrica kWh.	Cons Aceite L
Enero	187810	987537	73545	941
Febrero	132681	1122000	85963	14436
Marzo	138302	1183763	128958	6959
Abril	22649	2123135	217057	3009
Mayo	6501	2200516	234992	2992
Junio	13008	2281103	230310	4180
Julio	36402	1973731	219040	4743
Agosto	64011	1680665	200958	5119
Septiembre	53470	1999852	216321	4771
Octubre	19006	1628523	190481	5566
Noviembre	54999	1542798	191647	11355
Diciembre	108678	1372004	176058	5665
TOTAL	1487224	39203717	4257115	138531

Año 2009

Meses	Cons. Diesel L	Cons. Fuel Oil L	Energía eléctrica kWh.	Cons. Aceite L
Enero	67407	1534410	189739	4859
Febrero	70200	1578777	176240	8673
Marzo	65477	1905401	208313	6693
Abril	54338	1565601	182108	5497
Mayo	50220	1797821	191764	7974
Junio	66205	2243240	227353	5987
Julio	27647	2487775	242668	6351
Agosto	42946	2472977	257615	11427
Septiembre	64634	1815319	199063	6883
Octubre	66284	1224049	151361	1956
Noviembre	55204	1030481	135383	2883
Diciembre	58579	893168	260589	4958
TOTAL	1310875	39563628	4514994	143423

Año 2010

Meses	Cons. Diesel L	Cons. Fuel Oil L	Energía eléctrica kWh.	Cons Aceite L
Enero	50260	962345	115231	2179
Febrero	45766	646137	87198	6676
Marzo	41478	760745	101257	7326
Abril	42685	768559	108625	6045
Mayo	229488	404556	58989	1085
TOTAL	496921	4949224	659755	37313

Anexo No. 7

Tabla de los índices de consumo por portador energético establecidos en la central como indicadores de eficiencia.

No.	Portador energético	UM	Índice de Consumo.
1.	Combustible Diesel	g/kWh.	210
2.	Combustible Fuel Oil	g/kWh.	218
3.	Aceite Lubricante.	L/MWh	0,7
4.	Energía eléctrica como insumo de la planta	MWh	6-7 (1,5%-2%) del total de la Cap. generación.

Anexo No. 8

Preguntas de control que distingue la situación de la empresa en materia de eficiencia energética.

No	Preguntas	SI	NO
1	¿Se llevan las mediciones de consumo de cada portador, principalmente de Fuel Oil, de forma diaria por el personal de operación y/o persona encargada de la actividad en la entidad?		
2	¿Se analizan los índices de consumo de forma sistemática y se evalúa el estado de este indicador como indicador económico?		
3	¿Constituye el ahorro energético un problema de todos?		
4	¿Se encuentran identificados los equipos y áreas que más influyen en la eficiencia energética entidad?		
5	¿Existe en todos los trabajadores la conciencia y motivación por el ahorro de energía?		
6	¿Están comprometidos los principales directivos administrativos con la problemática energética y manifiestan incondicionalidad para la aplicación de mejoras en busca de una mejor gestión energética?		
7	¿Se han ejecutado en el último año inversiones para elevar la eficiencia energética a corto, mediano o largo plazo?		
8	¿La estructura del control del consumo de todos los portadores es suficiente?		

Anexo No. 9

Tabla de cálculo para el análisis del comportamiento del combustible Fuel Oil, para el período base (2008-2009) y período 2010.

MESES	E.E Generada. MWh/mes	Cons Fuel/mes t.	IC t/MWh.	Prom MWh.	Prom+3DesvStd	Prom-3DesvStd	Prom MWh.	Prom+3DesvStd	Prom-3DesvStd	Prom IC	Prom+3DesvStd	Prom-3DesvStd
ene-08	5221	965	0,1849	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
feb-08	5496	1097	0,1996	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
mar-08	5700	1157	0,2030	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
abr-08	9340	2075	0,2222	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
may-08	9623	2151	0,2235	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
jun-08	9984	2230	0,2233	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
jul-08	8989	1929	0,2146	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
ago-08	7527	1643	0,2183	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
sep-08	8897	1955	0,2197	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
oct-08	7199	1592	0,2211	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
nov-08	6884	1508	0,2191	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
dic-08	6243	1341	0,2148	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
ene-09	7055	1500	0,2126	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
feb-09	7013	1543	0,2201	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
mar-09	8444	1863	0,2206	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
abr-09	6909	1530	0,2215	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
may-09	7904	1757	0,2223	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
jun-09	9867	2193	0,2222	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
jul-09	10624	2432	0,2289	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
ago-09	10736	2417	0,2252	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
sep-09	7856	1774	0,2259	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
oct-09	5280	1197	0,2266	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
nov-09	4461	1007	0,2258	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19

dic-09	3904	873	0,2236	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
ene-10	6285	941	0,1497	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
feb-10	4876	632	0,1295	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
mar-10	5381	744	0,1382	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
abr-10	5161	751	0,1456	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19
may-10	4400	395	0,0899	7548,22	13402,26	1694,18	1655,42	3041,88	268,96	0,2183	0,25	0,19

Total	181157,25	39730	5,2394
Promedio	7548,22	1655,42	0,2183
Desv.Std.	1951,35	462,15	0,0099
Valor máximo	13402,26	3041,88	0,2480
Valor mínimo	1694,18	268,96	0,1886
% E. No Asoc.	1,090	0,050	

Anexo No. 10

Tabla de cálculo para el análisis del comportamiento del índice de consumo del Fuel Oil, para el período base (año 2008-2009) y el período de comparación (Enero-Mayo 2010).

Datos del cálculo del índice de consumo del período base.

Ecuación: $IC = 0.211 + 82.31 / E.E \text{ Generada. (t/MWh)}$

MESES	E.E Generada. MWh	Indice Consumo (2008-2009)
ene-08	2800	0,2404
feb-08	3300	0,2359
mar-08	3800	0,2327
abr-08	4300	0,2301
may-08	4800	0,2281
jun-08	5300	0,2265
jul-08	5800	0,2252
ago-08	6300	0,2241
sep-08	6800	0,2231
oct-08	7300	0,2223
nov-08	7800	0,2216
dic-08	8300	0,2209
ene-09	8800	0,2204
feb-09	9300	0,2199
mar-09	9800	0,2194
abr-09	10300	0,2190
may-09	10800	0,2186
jun-09	11300	0,2183
jul-09	11800	0,2180
ago-09	12300	0,2177
sep-09	12800	0,2174
oct-09	13300	0,2172
nov-09	13800	0,2170
dic-09	14300	0,2168

Datos del índice de consumo con los valores reales del período comparativo.

Ecuación: $IC = \text{Cons. Fuel Oil} / \text{E.E Generada (t/MWh)}$

MESES	E.E Generada. MWh/mes	Cons Fuel/mes t.	IC t/MWh.
ene-10	6285	941	0,1497
feb-10	4876	632	0,1295
mar-10	5381	744	0,1382
abr-10	5161	751	0,1456
may-10	4400	395	0,0899

Anexo No. 11

Tabla # 2 Método de las sumas acumulativas para el análisis de tendencia del consumo de Fuel Oil del año 2008 y 2009 respecto a los primeros cinco meses del 2010.

Meses	MWh real	Cons. Fuel Oil real.	Cons. De Fuel Oil Calculado	Diferencia	CUSUM
Jan-10	4285	952	986	-35	-35
Feb-10	2876	639	689	-50	-85
Mar-10	3381	753	796	-43	-128
Apr-10	3461	760	812	-52	-180
May-10	2400	400	589	-189	-368

Anexo No. 12**Certificado de calidad del combustible Fuel Oil suministrado por la Refinería de Petróleo "Sergio Soto".**

RRS 04-27

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD**Datos de la Empresa:**

Empresa Refinería Petróleo Sergio Soto
Cabaiguán

Producto: Petróleo Comb. Mediano BV

Número de Lote:

Número del tanque: 48

Número de registro de la muestra:

Ptc100330-16

Datos del cliente:

Número de la declaración: 25

Fecha y hora de emisión:

03-05-10 14:30

RESULTADOS:

No.	INDICE	UM	MÉTODO	RESULTADO
1	Visc. 50 °C	mm ² /s	ASTMD-445/88	276
2	Pto. Inflamación CC	°C	ASTM D-93	79
3	Cenizas	%m/m	ASTM D-482	0.040
4	Sed. X Extracción	%m/m	ASTM D-473	0.03
5	Azufre Total	%m/m	ASTM D-1552	2.41
6	Temp. De Fluidez	°C	ASTM D-97	3
7	Carbón Conrado	%m/m	ASTM D-189	8.52
8	Densidad 15 °C	g/cm ³	ASTM D-1298	0.9706
9	Agua x destilación	%v/v	ASTM D-95	0.20
10	Vanadio	ppm	ASTMD-5863/57	35
11	Asfaltenos	%m/m	IP143 ASTMD6560	5.405
12	Aluminio + Silicio	ppm	ISO 10478	< 15
13	Sodio	ppm	ASTMD 5863	20
14	Gravedad a 15 °C	°API	ASTM D-1298	14.3
15	Valor Calórico inferior	Kcal/Kg	ASTM D-240486	9637
16	Valor Calórico inferior	Mj/Kg	ASTM D-240486	40.35

DECLARACION:

El producto está en conformidad con el siguiente documento normativo:
DT-GC/C 0702 Rev 01 Catálogo de Especificaciones de Calidad de los Productos
Combustibles. Emisión diciembre de 2008.

Información adicional: Los Ensayos: Vanadio, Temperatura de Fluidez,
Aluminio + Silicio y Sodio, fueron realizados por el Laboratorio de la Refinería
Sergio Soto Cabaiguán

Dirección Técnica

Alberto Mansito Hernández



Membre como firma y sello del emisor

Anexo No. 13**Tabla de consumo de combustible Fuel Oil por áreas.**

Áreas vinculadas al consumo de combustible Fuel Oil		
Áreas.	Valores de consumo de combustible ton/mes	% Acum.
Área de sala de máquina	987,5	92,31
Área de procesos de centrifugado y uso diario	60,8	97,99
Área del descargadero.	12,4	99,15
Área de almacenamiento.	9,11	100,00
Total	1069,81	

Anexo No. 14**Lista de chequeo utilizada en el diagnóstico de recorrido.**

No.	Cuestionario.	Puntuación máx.	Respuestas		Evaluación
			Si	No	
1.	¿Está definido en qué grado influyen los costos energéticos en los costos totales?	10			
2.	¿Está definido el peso que tiene cada portador energético en el consumo y en el costo total de la energía?	15			
3.	¿Existe un sistema de monitoreo y control de la eficiencia?	5			
4.	¿Están identificadas las áreas y los equipos que más influyen en el consumo de combustibles, fundamentalmente de Fuel Oil?	10			
5.	¿Están involucrados conscientemente todos los trabajadores en el logro de una cultura eficiente para el mejoramiento de la eficiencia energética de la entidad?	8			
6.	¿Se recibe el combustible con las características y los requerimientos de calidad necesarios para el funcionamiento en motores de combustión interna?	12			
7.	¿Cuentan los equipos con el funcionamiento eficiente de los sistemas donde intervienen el uso de combustibles?	10			
8.	¿Se garantizan técnica y organizativamente insumos, piezas de repuesto y materiales para la ejecución de actividades de mantenimiento y averías?	15			
9.	¿Se monitorean índices de eficiencia, consumo y economía energética en los niveles necesarios?	5			
10.	¿Existe un funcionamiento correcto y eficiente en la generación, uso y consumo de vapor destinado al tratamiento del combustible?	10			
Total:		100			

*Nota: Si tiene una respuesta de **Sí** entonces obtiene el máximo si es **No** entonces cero. Si el resultado final es por encima de 80 puntos se evaluará un plan de acciones de mayor o menor envergadura.*

Anexo No. 15**Datos técnicos de caldera de vapor de Fábrica de Bebidas y Refrescos.**

No.	Datos	Valores
1.	Presión de trabajo	8 bar
	Presión de prueba	13.5 bar
2.	Temperatura del agua	30-50 °C
3.	Temperatura de los gases de salida	110 °C
4.	Consumo Combustible. Diesel: Fuel Oil:	80 – 100 Lts/ton 150 – 200 Lts/ton.
5.	Producción de vapor	1.5 ton/h

Anexo No. 16**Datos técnicos de caldera recuperativa de vapor a instalar.**

DATOS TÉCNICOS PRINCIPALES.	
Tipo.	<i>Vertical recuperativa.</i>
Presión de trabajo nominal.	<i>8.0 bar</i>
Presión de diseño	<i>9.0 bar</i>
Presión de prueba	<i>13.5 bar</i>
Dimensiones. (Diámetro x altura)	<i>2.053 x 5.740 m.</i>
Peso seco.	<i>14 t.</i>
Peso en operación.	<i>19 t.</i>
Área de superficie de intercambio	<i>164 m²</i>
Cantidad de tubos/dimensiones	<i>320 tubos Ø 51 mm x 3447 mm x 3.5 mm de espesor de pared.</i>
Flujo de Gases de Escape	<i>34,524 Kg./ h.</i>
Temperatura de Gases de escape en la entrada del generador de Vapor	<i>313^o C</i>
Temperatura de agua de alimentación	<i>107^o C</i>
Producción de Vapor	<i>1600 Kg./ h</i>
Temperatura de Gases de salida	<i>216^o C</i>
Caída de Presión Máxima	<i>84 mm Wg.</i>

Anexo No. 17**Resultados de la recolección de datos y el balance de energía para la Fábrica de Bebidas y Refrescos**

Instalación	Consumo Vapor Proc. (t/h)	Capacidad Gen. Fab. (t/h)	Presión trabajo (bar)	Consumo Fuel Oil (L/t)
Fábrica	0.5-1.0.	1.5	8	150 – 200
C. eléctrica	-	3.2 (1.6 c/Caldera)	8	-

Anexo No. 18

Cálculo de calor recuperado de la caldera recuperativa a instalar.

$$Q_v = f_{\text{vapor}} (h_{i''} - h_{i'}) \quad \text{Ec. (14.1)}$$

Donde:

f_{vapor} ___ flujo de vapor que genera a caldera. _____ 1600(Kg/h)

$h_{i'}$ ___ Entalpía del líquido. _____ 660.8 (kcal/Kg.)

$h_{i''}$ ___ Entalpía del vapor. _____ 171.3 (kcal/Kg.)

Sustituyendo en ecuación:

$$Q_v = 217,560 \text{ kcal./h} \quad \text{___} \quad 909.4 \text{ kW.}$$

Anexo No. 19**Cálculo del costo de la tonelada de vapor**

$$C_v = \frac{CEC * (F_A)}{1000}$$

Donde:

C_v: Costo unitario del vapor, considerando exclusivamente el combustible en \$/t.

CEC Consumo Específico del Combustible en kg o m³.

F_A costo unitario del combustible en \$/kg (\$/m³).

Datos auxiliares.

Producción de vapor por MWh generado. _____ 0,5
t/MWh

Consumo de combustible MWh _____ 0,218
Kg./KWh.

Costo unitario de combustible Fuel Oil _____
0,45\$/kg.

Sustituyendo en la Ec. 2.4 se obtiene que:

$$C_v = 196,2\$/t$$

Anexo No. 20**Cálculo de índices económicos y financieros. (TIR, VAN, PRI) Variante I****PROYECTO INSTALACIÓN DE CALDERA RECUPERATIVA VARIANTE I.**

N°	Datos iniciales		año -2	año -1	Año 0	2011	2012	2013	2014	2015
						Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	Ingresos (I), \$					344400	344400	344400	344400	344400
2	Gastos (G), \$					41120	41120	41120	41120	41120
3	CTI				-354637					
4	Tasa de descuento (r) , %					10	10	10	10	10
5	Tasa de inflación (f), %					10	10	10	10	10
6	Margen de riesgo, %					3	3	3	3	3
7	Tasa de impuesto (t), %					0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8	Vida util estimada, Años					15	15	15	15	15
Resultados										
9	años		-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Depreciacion USD					23642,47	23642,47	23642,47	23642,47	23642,47
11	Flujo de caja				-354637	261334,4	261334,4	261334,4	261334,4	261334,4
12	Tasa de descuento (R) , %					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Tasa de descuento real con margen(D)					0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	Factor de descuento					3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
15	Flujo de caja descontado(Fcd)					237576,7	237576,7	237576,7	237576,7	237576,7
16	Flujo de caja descontado acumulado.		0	0	-354637	-117060,3	120516,4	358093,1	595669,8	833246,5
TIR						74%				
VAN						1.484.630,00 €				

Anexo No. 21**Resultados de la recolección de datos y el balance de energía de la fábrica de Conservas y Vegetales**

Instalación	Consumo agua caliente. (m ³ /h)	Capacidad Gen. Calderas. (t/h)	Capacidad de producción de agua caliente m ³ /h
Fábrica conservas	0,6	-	
C. eléctrica	-	3.2 (1.6 c/Caldera)	0,92

Anexo No. 22**Cálculo de índices económicos y financieros. (TIR, VAN, PRI) Variante II**

N°	Datos iniciales		año -2	año -1	Año 0	2011	2012	2013	2014	2015
						Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	Ingresos (I), \$					527360	97200	97200	97200	97200
2	Gastos (G), \$					41120	41120	41120	41120	41120
3	CTI				-551130					
4	Tasa de descuento (r) , %					10	10	10	10	10
5	Tasa de inflación (f), %					10	10	10	10	10
6	Margen de riesgo, %					3	3	3	3	3
7	Tasa de impuesto (t), %					0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8	Vida util estimada, Años					15	15	15	15	15
	Resultados									
9	años		-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Depreciacion USD					36742,00	36742,00	36742,00	36742,00	36742,00
11	Flujo de caja				-551130	418815,3	53179,3	53179,3	53179,3	53179,3
12	Tasa de descuento (R) , %					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Tasa de descuento real con margen(D)					0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	Factor de descuento					3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
15	Flujo de caja descontado(Fcd)					380741,2	48344,8	48344,8	48344,8	48344,8
16	Flujo de caja descontado acumulado.		0	-275565	-551130	-170388,8	-122044,0	-73699,2	-25354,4	22990,5
	TIR					20%				
	VAN					168.865,77 €				

Anexo No. 23**Cálculo del análisis de sensibilidad.**

	CANTIDAD	UM	COSTO	UM	INGRESOS MIN	INGRESOS MAX
Ahorro de combustible (\$/t)	176,4	t comb. /año	450	\$/t	79380	105300
Prestación de servicio.\$/t vapor	1200,0	t vapor /año	206	\$/t	247200	741600

	CANTIDAD	UM	COSTO	UM	INGRESOS MAX
Ahorro de combustible \$/t combustible	234,0	t comb. /año	450	\$/t	105300
Prestación de servicio.\$/t vapor	3600,0	t vapor /año	206	\$/t	741600

		MIN.	MAX
INVERSIÓN	354637,0	319173,3	390100,7

INGRESOS SIN CONSIDERAR (5%)	17731,8
-------------------------------------	----------------

COND. EXP	INGRESOS	INVERSIÓN	VAN	Condiciones Exp.	VAN ORDENDADO
1	344311,8	319173,3	1.513.899,16 €	CE - 7	4572040,97
2	344311,8	390100,7	1.454.324,06 €	CE - 3	4419698,11
3	838711,8	319173,3	4.419.698,11 €	CE - 5	1666242,01
4	838711,8	390100,7	4.360.123,02 €	CE - 1	1513899,16
5	370231,8	319173,3	1.666.242,01 €	CE - 2	1454324,06
6	370231,8	390100,7	1.606.666,92 €	CE - 6	1606666,92
7	864631,8	319173,3	4.572.040,97 €	CE - 4	4360123,02
8	864631,8	390100,7	4.512.465,87 €	CE - 8	4512465,87

Anexo No. 24**24.1 Cálculo de índices económicos y financieros. (TIR, VAN, PRI) para la muestras experimentales atractivas 7 y 8.****PROYECTO INSTALACIÓN DE CALDERA RECUPERATIVA VARIANTE I.****Muestra experimental # 7**

N°	Datos iniciales		año -2	año -1	Año 0	2011 Año 1	2012 Año 2	2013 Año 3	2014 Año 4	2015 Año 5
1	Ingresos (I), \$					864631,80	864631,80	864631,80	864631,80	864631,80
2	Gastos (G), \$					41120	41120	41120	41120	41120
3	CTI				-319173					
4	Tasa de descuento (r) , %					10	10	10	10	10
5	Tasa de inflación (f), %					10	10	10	10	10
6	Margen de riesgo, %					3	3	3	3	3
7	Tasa de impuesto (t), %					0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8	Vida útil estimada, Años					15	15	15	15	15
	Resultados									
9	años		-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Depreciacion USD					21278,22	21278,22	21278,22	21278,22	21278,22
11	Flujo de caja				-319173	703176,8	703176,8	703176,8	703176,8	703176,8
12	Tasa de descuento (R) , %					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Tasa de descuento real con margen(D)					0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	Factor de descuento					3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
15	Flujo de caja descontado(Fcd)					639251,6	639251,6	639251,6	639251,6	639251,6
16	Flujo de caja descontado acumulado.		0	0	-319173	320078,3	959329,9	1598581,5	2237833,1	2877084,7
	TIR					220%				
	VAN					4.572.040,97 €				

**PROYECTO INSTALACIÓN DE CALDERA RECUPERATIVA
VARIANTE I.**

Muestra experimental # 8

						2011	2012	2013	2014	2015
N°	Datos iniciales	año -2	año -1	Año 0		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	Ingresos (I), \$					864631,8	864632	864631,8	864631,8	864631,8
2	Gastos (G), \$					41120	41120	41120	41120	41120
3	CTI				-390101					
4	Tasa de descuento (r) , %					10	10	10	10	10
5	Tasa de inflación (f), %					10	10	10	10	10
6	Margen de riesgo, %					3	3	3	3	3
7	Tasa de impuesto (t), %					0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8	Vida útil estimada, Años					15	15	15	15	15
Resultados										
9	años	-2	-1	0		1	2	3	4	5
10	Depreciacion USD					26006,71	26006,71	26006,71	26006,71	26006,71
11	Flujo de caja				-390101	703886,0	703886,0	703886,0	703886,0	703886,0
12	Tasa de descuento (R) , %					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Tasa de descuento real con margen(D)					0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	Factor de descuento					3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
15	Flujo de caja descontado(Fcd)					639896,4	639896,4	639896,4	639896,4	639896,4
16	Flujo de caja descontado acumulado.	0	0	-390101		249795,7	889692,1	1529588,5	2169484,9	2809381,3
	TIR					180%				
	VAN					4.512.465,87 €				

24.2 Cálculo de índices económicos y financieros. (TIR, VAN, PRI) para la muestras experimentales pesimistas 1 y 2.

PROYECTO INSTALACIÓN DE CALDERA RECUPERATIVA VARIANTE I.

Muestra experimental # 1

N°	Datos iniciales		año -2	año -1	Año 0	2011	2012	2013	2014	2015
						Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	Ingresos (I), \$					344311,8	344311,8	344311,8	344311,8	344312
2	Gastos (G), \$					41120	41120	41120	41120	41120
3	CTI				-319173					
4	Tasa de descuento (r) , %					10	10	10	10	10
5	Tasa de inflación (f), %					10	10	10	10	10
6	Margen de riesgo, %					3	3	3	3	3
7	Tasa de impuesto (t), %					0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8	Vida util estimada, Años					15	15	15	15	15
Resultados										
9	años		-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Depreciacion USD					21278,22	21278,22	21278,22	21278,22	21278,22
11	Flujo de caja				-319173	260904,8	260904,8	260904,8	260904,8	260904,8
12	Tasa de descuento (R) , %					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Tasa de descuento real con margen(D)					0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	Factor de descuento					3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
15	Flujo de caja descontado(Fcd)					237186,1	237186,1	237186,1	237186,1	237186,1
16	Flujo de caja descontado acumulado.		0	0	-319173	-81987,2	155199,0	392385,1	629571,3	866757,4
TIR						82%				
VAN						1.513.899,16 €				

PROYECTO INSTALACIÓN DE CALDERA RECUPERATIVA VARIANTE I.

Muestra experimental # 2

N°	Datos iniciales		año -2	año -1	Año 0	2011	2012	2013	2014	2015
						Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	Ingresos (I), \$					344311,8	344311,8	344311,8	344311,8	344312
2	Gastos (G), \$					41120	41120	41120	41120	41120
3	CTI				-390101					
4	Tasa de descuento (r), %					10	10	10	10	10
5	Tasa de inflación (f), %					10	10	10	10	10
6	Margen de riesgo, %					3	3	3	3	3
7	Tasa de impuesto (t), %					0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
8	Vida útil estimada, Años					15	15	15	15	15
Resultados										
9	años		-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Depreciacion USD					26006,71	26006,71	26006,71	26006,71	26006,71
11	Flujo de caja				-390101	261614,0	261614,0	261614,0	261614,0	261614,0
12	Tasa de descuento (R), %					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Tasa de descuento real con margen(D)					0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	Factor de descuento					3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
15	Flujo de caja descontado(Fcd)					237830,9	237830,9	237830,9	237830,9	237830,9
16	Flujo de caja descontado acumulado.		0	0	-390101	-152269,8	85561,2	323392,1	561223,1	799054,0
TIR						67%				
VAN						1.454.324,06 €				

