

Facultad de Ingeniería Mecánica

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO
ACADÉMICO DE MASTER EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA.**

**Título: Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía
en la “CTE Carlos M. de Céspedes.”**

Autor: Ing. Francisco Ernesto Berroa Borrell.

Índice

INDICE

Pág.

RESUMEN.

INTRODUCCIÓN.

<u>Capítulo I: La administración de energía en las CTE</u>	5
1.1 La situación energética contemporánea.....	5
1.1.1 Panorama energético internacional.....	5
1.1.2 Panorama regional de América Latina y el Caribe.....	7
1.1.3 Integración energética vista por los estados Unidos.....	11
1.2 Estado actual de la economía y uso de la energía en Cuba.....	12
1.2.1 Desarrollo económico. La Revolución Energética en Cuba.....	12
1.2.2 La Generación de potencia en Cuba. Análisis del modelo Propuesto. Ventajas y desventajas. Efecto económico.....	17
1.3 La administración de energía. Características de la gestión y administración de la energía en las CTE.....	22
1.3.1 La administración de energía en América Latina y el Caribe.....	22
1.3.2 Características de la gestión y administración de la energía en las CTE en Cuba.....	26
1.3.2.1 Repercusión de la Revolución Energética en la Empresa Termoeléctrica Cienfuegos.....	28
1.4 Conclusiones parciales.....	29
<u>Capítulo II: La administración de energía en la CTE Carlos Manuel de Céspedes.</u>	30
2.1 Organización estructural.....	30
2.2 Características técnicas del sistema.....	31
2.3 Forma del Sistema de Monitoreo y Control energético. Análisis crítico del sistema. Toma de decisiones.	33
2.3.1 Forma del Sistema de Monitoreo y Control energético.....	33
2.3.2 Estudio de caso.....	50

2.4 Análisis crítico del sistema	52
2.5 Conclusiones parciales.....	54

Capítulo III: Elementos de un sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía para la Central Termoeléctrica Cienfuegos.....

3.1 Descripción general de la Central Termoeléctrica.....	55
3.2 Caracterización energética de la CTE. Prueba de necesidad.....	56
3.2.1 Estructura de consumo de portadores energéticos de la empresa.....	60
3.2.2 Estratificación de los portadores energéticos.....	62
3.2.3 Estructura de consumo de portadores que no son para generar.....	63
3.2.4 Gráficos de Consumo - Producción	68
3.2.5 Gráficos de Ind. Consumo – Producción.....	73
3.2.6 Gráficos de control de energía y producción.	76
3.2.7 Determinación del CUSUM.....	82
3.3 Mejora y puesta a punto de un Sistema de Monitoreo y Control Energético(SMCE) Corrida en Programa Excel.....	84
3.3.1 Aplicación a través de un estudio de caso de la mejora propuesta.....	84
3.4 Conclusiones parciales.....	90

Conclusiones generales.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

Resumen

El presente trabajo está enfocado a la gestión de la eficiencia energética y a las principales oportunidades de ahorro en la Central Termoeléctrica Carlos M. de Céspedes.

Para la conformación del mismo se realizaron búsquedas bibliográficas encaminadas a dar una panorámica del comportamiento del sector nacional e internacional en cuanto a los consumos energéticos, así como brindar información sobre los sistemas de gestión energética.

Para determinar el estado actual de la Gestión Energética en la Central se analizaron las informaciones del periodo comprendido desde el año 2 003 hasta el 2 006, donde se hace una actualización de los consumos y gastos en portadores energéticos para el año 2 007, por lo que se llega a la conclusión de que el combustible Crudo y fuel son los de mayor influencia con un 59 % y 32 % respectivamente en los consumos energéticos.

En vista de los aumentos y la situación energética que atraviesa el país, se inicia un proyecto de mejoras cuya finalidad es reducir el consumo de combustible y energía eléctrica. Este proyecto contempla la elaboración de posibles estrategias a seguir para optimizar el uso de la electricidad, a través de un programa de ahorro, este programa presenta alternativas de ahorro de energía eléctrica por concepto de insumo eléctrico y ahorro de combustible porque se demostró que estos indicadores son los de mayor consumo de energía en la institución.

Introducción

A medida que ha pasado el tiempo, el hombre ha ido dependiendo cada vez más de los recursos energéticos para la satisfacción de necesidades como: iluminación, calefacción, refrigeración, transporte. Esta dependencia energética ha acarreado un sobreabuso específicamente de combustibles fósiles, recursos no renovables. La sociedad de consumo se extiende cada vez más, utilizando recursos para un mayor confort, y a esta visible mejora de calidad de vida son llevados los países en vías de desarrollo sin contar con condiciones que le sean favorables para formar parte de ese modelo, donde la mayor parte de la estructura de oferta de energía primaria está basada en petróleo y gas en casi el 90 % a nivel mundial.

La superpoblación mundial acelera la excesiva dependencia de los portadores energéticos, especialmente en los países en vías de desarrollo. En términos energéticos están involucrados otros aspectos, como la economía y política de cada país. Ej. aumenta el precio del barril de petróleo debido a la oferta cada día más escasa y la demanda en aumento, los conflictos bélicos, los desastres climáticos, que sin duda frenan la producción. Esta alteración de precios también está dada por la cantidad de reservas estratégicas de un país dado que es poco claro por no existir un inventario real.

La producción mundial de petróleo creció un 0.8 % en año 2 005, con relación al año 2 004, la demanda aumentó un 3 % y aún así, los precios no favorecieron la extracción de más petróleo, ni aumentar los descubrimientos. La situación energética actual es muy controvertida y debe ser planteada como una crisis, el consumo aumenta y es previsible que siga aumentando. Las fuentes de que se dispone son múltiples pero sólo unas pocas tienen una importante aportación al abastecimiento, justamente aquellas que por sus previsible efectos futuros o experiencias del pasado, han ocasionado un importante rechazo popular como la energía nuclear. Está la humanidad frente a un dilema energético: se necesita más energía pero no se aceptan las fuentes que permiten su abastecimiento.

Definitivamente, no se puede continuar con el actual modelo de desarrollo que no cumple con su rol principal, el cual no es la ganancia empresarial, sino asegurar que los habitantes tengan acceso a los recursos energéticos para garantizar buenas condiciones de vida, y obviamente, cuidar el medio ambiente. Se necesita encontrar una estrategia de salida de la era de los combustibles fósiles, para asegurar el futuro de la civilización. Sin embargo, las grandes empresas de energía, de electricidad y servicios públicos, siguen trabajando sin un

análisis adecuado de investigación y desarrollo suficiente para explorar alternativas energéticas nuevas y sustentables, algunas de estas fuentes son: energía eólica, solar, geotérmica, hidráulica, biogás, biocombustibles, a partir del hidrógeno y de las olas.

La energía nuclear, tiene como principal ventaja que no utiliza combustibles fósiles por lo que no emite a la atmósfera gases tóxicos o de efecto invernadero. La inserción en el mercado de dicha energía, aún es lenta, por su elevado costo y peligro.

Éstas, son y serán un complemento de las fuentes de energías convencionales, incapaces de sustituirlas completamente y de generar por sí solas toda la energía demandada, no se puede sustituir completamente las energías convencionales por las renovables, pero sí se puede reducir progresivamente la dependencia excesiva de combustibles fósiles. El mundo enfrenta grandes problemas relacionados con la energía, sin embargo las medidas tomadas respecto a esta no son suficientes, teniendo en cuenta los daños que le ocasionan al ambiente, por ello desde el punto de vista energético, en la primera mitad de siglo se plantean tres retos fundamentales:

- 1) El inicio del declive de la producción mundial de petróleo convencional, y seguido, el mismo fenómeno para el gas natural.
- 2) El acusado incremento de demanda energética global, debido sobre todo a la irrupción de importantes economías en vías de industrialización y a la necesidad de mejorar el nivel de vida de los países del Tercer Mundo.
- 3) La obligación de ir reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es por esto que en los problemas referidos anteriormente, mucho ha tenido que ver el desarrollo despiadado de las industrias, por no contar con un respaldo medio ambiental desde el punto de vista jurídico, que sirviera de contraparte, en cuanto al uso racional del petróleo, también porque durante muchos años el panorama energético se centraba en el mercado de la oferta, pero este dió un rol a partir del creciente consumo mundial de petróleo, por tanto pasó a mercado de demanda; es decir los productores son los que tienen el control y los consumidores apostar por los precios y volúmenes de petróleo que se les deben entregar.

Por otra parte, según informe de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), la demanda mundial de petróleo seguirá creciendo a pesar de la subida de los precios y llegará al punto de máxima producción de petróleo, debido fundamentalmente a que se hace más difícil el descubrimiento de nuevos pozos de petróleos y el agotamiento de los que ya están en explotación.

Cuba no está ajena a esta panorámica mundial y por eso se llevan a cabo programas gubernamentales con vistas a realizar acciones por la mejora energética en el ámbito productivo y social, realizando esfuerzos en algunas entidades que optan por la categoría de empresas eficientes, de acuerdo a los requisitos que se establecen para ello. En los últimos años las diferentes empresas cubanas han estado enfrascadas en tomar una serie de medidas con el objetivo de aumentar el ahorro de recursos energéticos, sin embargo, aún se pone de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente; así como las posibilidades de reducir los costos energéticos mediante la creación en ellas de las capacidades técnico -organizativas para administrar eficientemente la energía.

La **REVOLUCIÓN ENERGÉTICA** se lleva a cabo en todos los sectores del país con el objetivo de lograr el **uso racional y eficiente de la energía** creando una cultura de ahorro, para ello es pertinente implantar en cada organización, sistemas y metodologías que permitan evaluar la eficiencia en el uso y el control de la energía eléctrica y la detección de oportunidades de ahorro organizativas y/o técnicas en empresas y organismos.

Objetivo General: Mejorar y poner en funcionamiento los elementos básicos de un sistema de monitoreo y control de la energía basado en la filosofía del mejoramiento continuo, que eleve la eficiencia energética de la instalación, reduzca los consumos de sus portadores, el impacto ambiental y mejore la competitividad de las centrales eléctricas.

Objetivos Específicos:

1. Mostrar el comportamiento histórico del uso de la energía en la CTE.
2. Caracterizar el estado de los indicadores que sustentan los sistemas de control energético en las centrales eléctricas.
3. Proponer mejoras al Sistema de Monitoreo y Control de la Energía (SMCE). Estudio de caso.

La necesidad de energía eléctrica es cada vez más importante y por esta razón no hay duda del interés en el problema por toda la humanidad, donde la exploración del recurso eficiencia energética se ha visto de forma muy limitada para proporcionar otra fuente de energía masiva que sea complementaria a las existentes, que permita su sustitución parcial y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro por la conservación energética, en este interés es que se encamina la realización de este trabajo.

Capítulo I

CAPÍTULO I: La administración de energía en las CTE.

1.1 La situación energética contemporánea. La Revolución Energética en Cuba.

1.1.1 Panorama energético internacional:

A partir de los acontecimientos de los primeros años de la década del 70 con la reducción de los suministros de petróleo y la duplicación del precio de los crudos, adquiere un nuevo interés la situación energética que se pone de manifiesto en el desarrollo de lo que ha venido en llamarse el “análisis energético”.

Desde entonces, este análisis ha prestado su mayor atención en la evaluación de las posibilidades futuras de suministro y en la utilización de todos los tipos de energía en su conjunto. Más recientemente, el desarrollo sostenible, como nuevo concepto del desarrollo económico, se presenta como un proceso en que la política energética, entre otras muchas, debe formularse de manera de lograr un desarrollo que sea sostenible desde el punto de vista económico, social y ecológico.

A pesar del agotamiento del petróleo mundial los consumos seguirán incrementándose, por lo que se estima que aumente de 78 a 119 millones de barriles día entre el año 2002 al 2025, donde China incrementará su consumo hasta un 7,5 % anual. Debido a esto y de acuerdo con un estudio realizado, los miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) serán los más importantes suministradores de petróleo del mundo, representando un 60 % del incremento previsto. [1]

Como se puede observar en la figura 1.1 los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, básicamente el sector del transporte y el industrial. También para este periodo se incrementarán la energía nuclear y energías renovables, aunque mucho más suave.

Por otro lado es necesario destacar que los países miembros de la OPEP producen el 40 % del crudo mundial y el 14 % del gas natural, y donde los costos de producción de los países de esta organización en el golfo pérsico están entre los más bajos a nivel mundial, variando entre \$1.00 y \$1.50 dólares por barril, y la inversión de capital requerida para aumentar su capacidad de producción en un barril/día es menor a \$5.00 dólares.

[1] [Tercer Mundo Económico-Integración energética en el Mercosur](http://www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo). Tomado de:

www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo. 11 de Noviembre de 2006

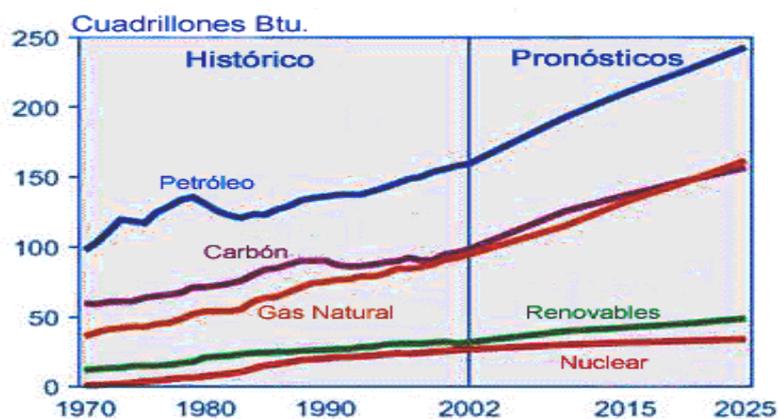


Fig. 1.1 Mercado mundial del consumo de energía por tipo 1970 - 2025.

Fuentes: 2002: 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).

En cuanto a la generación de electricidad se espera que se duplique entre 2 002 y 2 025, pasando de 14 275 b/KW.h a 26 018 billones, donde el crecimiento más rápido lo experimentarán las economías emergentes, con un promedio de crecimiento de 4,0 % por año, en los países consolidados se prevé un aumento promedio de consumo eléctrico de 1,5 % por año. En este aspecto se debe añadir que algunos países han optado por la generación distribuida (GD), que se basa como necesidad de generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la red eléctrica, y donde la capacidad de los sistemas de GD varía de cientos de KW hasta diez mil KW. [2]

Según **OLADE** [3] : El año 2003, fue un año que se caracterizó por una gran volatilidad e incertidumbre en los mercados energéticos, situación reflejada principalmente en el incremento en los precios del petróleo los cuales fueron los más altos de los últimos 20 años.

[2] www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1917_generacion_distribucion. Tomado 11 de Noviembre de 2006.

[3] Organización Latinoamericana de Energía. (2003). *OLADE - Informe Energético - Aspectos económicos, regulatorios y de política energética*. [www.olade.org.ec/Informe_Energético/ InformeEnergetico05.htm](http://www.olade.org.ec/Informe_Energético/InformeEnergetico05.htm)

Por otro lado, cabe destacar, que las reservas mundiales de energía continuaron en ascenso

y se cuenta con reservas de petróleo para cubrir la demanda actual de energía por 40 años y de gas natural por 60 años. Existen indicios para sostener que los descubrimientos continuarán en los años venideros por lo cual la seguridad energética de los países pasa más por un análisis de la distribución y geopolítica de las mismas que por una escasez en la oferta.

Finalmente, se espera que en los siguientes años el consumo de energía siga liderizado por la demanda de petróleo aunque seguida muy de cerca por la demanda de gas natural, que pasará a ser el segundo energético más demandado. Para este escenario será determinante el crecimiento de la demanda de gas natural que registre el Asia, continente que guiará la tasa a la cual crezca este mercado.

CEPAL [4] : El 2005 fue el tercer año consecutivo de crecimiento de América Latina y el Caribe. Se estima que el Producto Interno Bruto (PIB) tuvo una expansión de alrededor de un 4,3 %, lo que supone un aumento del PIB per cápita cercano al 3 %. El 2006 tuvo una prolongación de la fase expansiva del ciclo económico, aunque a una tasa algo inferior (4,1 %), siendo la tasa de crecimiento medio del período 2003 - 2006 levemente superior al 4 %, mientras el PIB per cápita acumula un aumento cercano al 11 %. Desde una perspectiva histórica, el período de crecimiento que atraviesa América Latina y el Caribe constituye un hecho sumamente positivo. Sin embargo, la mayor parte de los países de la región está creciendo menos que otras regiones del mundo.

1.1.2 Panorama regional de América latina y el Caribe

América Latina no ha estado alejada de los problemas energéticos mundiales y ha vivido desde hace muchos años los embates de la crisis energética internacional, fundamentalmente la de los años de la década del 70, de aquí que en este contexto nace la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Esta organización esta conformada por 26 países del área (incluida Cuba), y tiene entre sus objetivos desarrollar los recursos energéticos, además de atender conjuntamente los aspectos relativos a su eficiente y su racional aprovechamiento, a fin de contribuir al desarrollo económico y social de la región.

[4] www.cepal.org Comisión Económica para América Latina.

Sin embargo, es preciso señalar que los países que integran a la América Latina y el Caribe, no todos presentan las mismas condiciones desde el punto de vista energético, por ejemplo: Venezuela, México, Trinidad y Tobago, Colombia y Ecuador, son considerados exportadores

netos de petróleo; pero los de mayor peso son México, Venezuela y Colombia, aunque esta última ha disminuido su cuota de 820 000 barriles por día (bpd) en 1999 a 520 000 bpd en el 2005, mientras que México, junto con Venezuela, concentra el grueso de las reservas disponibles en América Latina. México representa un 1,4 % de ellas a nivel mundial y produce el 5 % de la oferta mundial; Venezuela, en cambio, es la quinta exportadora mundial de petróleo y, cuenta con una reserva para 250 años, manteniendo el volumen vigente de extracción, con el 6,8 % de las reservas, aportando el 3,9 % de la producción.

El crecimiento energético en la región estuvo liderizado particularmente por la producción de gas natural, con un 3,21 % de crecimiento y de carbón con un importante ascenso en 12,67 %, mientras que la de petróleo se redujeron en 1,85 %, Venezuela, miembro de la OPEP, se ha mantenido entre los 10 primeros productores de petróleo del mundo, a pesar de problemas ocurridos en el 2003. El país es por tanto, clave para los mercados energéticos mundiales, con sus reservas probadas de petróleo estimadas en más de 77 mil millones de barriles. Las reservas de gas natural de Venezuela son las mayores de la región, estimadas en unos 147 Trillones de pies cúbicos (TPC). México también tiene grandes reservas de crudo con más 14 mil millones de barriles, mientras que sus reservas probadas de gas natural se estiman en aproximadamente 15 TPC. Argentina, con unos 3,2 mil millones de barriles de reservas probadas de petróleo, es también un importante participante en el mercado de hidrocarburos en Latinoamérica, sus exportaciones se hacen principalmente a Chile, Brasil, Uruguay y Paraguay, con pequeñas cantidades que también van a la Costa del Golfo de los Estados Unidos. Las reservas probadas de gas natural del país son de aproximadamente 27 TPC, como se muestra a continuación:

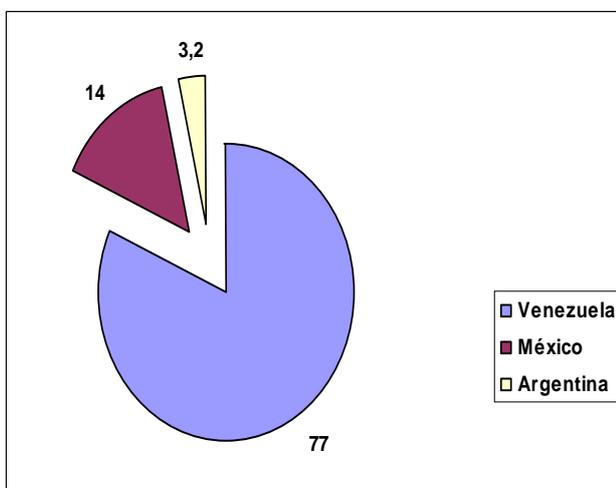
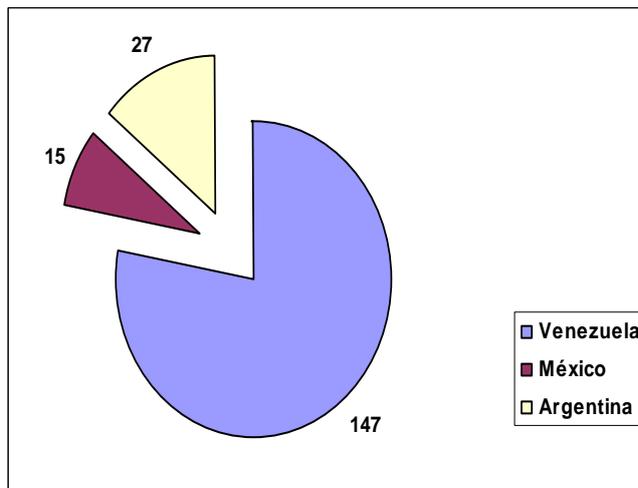


Fig. 1.2 Reserva de petróleo



Reserva de gas natural (TPC)

(mil millones de barriles)

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) y la OPEP, [5] la región cuenta con más del 10 % de las reservas mundiales de petróleo y con más de 14 % de la producción mundial de ese hidrocarburo.

En este sentido, Venezuela, país anfitrión de la I Cumbre Energética, posee las mayores reservas probadas de crudo del mundo, las cuales alcanzan los 80 billones de barriles. En la actualidad, es el quinto productor de petróleo del mundo.

Brasil, el país con mayor extensión territorial de la región, cuenta con 11,7 billones de barriles de crudo, Ecuador alcanza los 4,51 billones y Argentina 2,46 billones de barriles de reservas probadas. Estos datos se representan en la figura 1.3:

[5] *Cumbre Energética Suramericana, un encuentro que busca luchar contra la pobreza y las asimetrías.* <http://www.telesurtv.net/secciones/noticias/nota/index.php?ckl=9905>

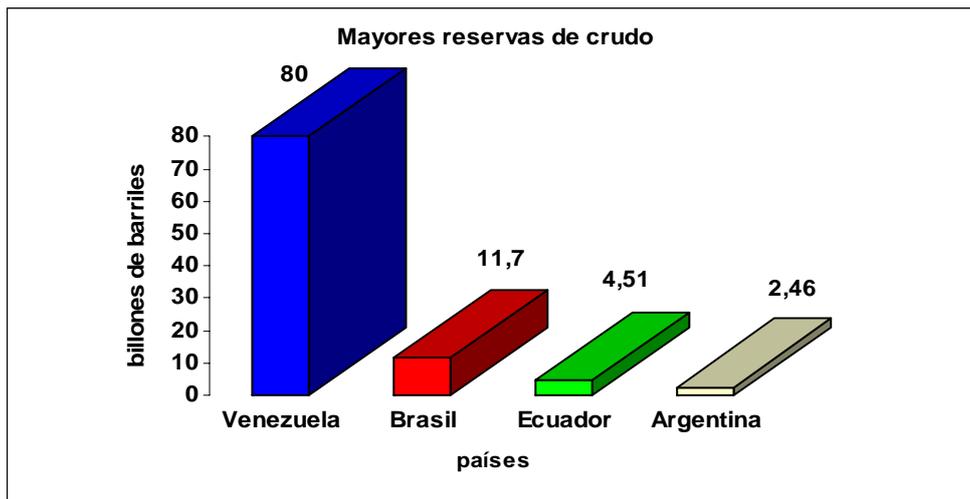


Fig. 1.3 Mayores reservas de crudo del área.

En cuanto al gas natural, Suramérica cuenta con 4 % de las reservas mundiales y es responsable del 6 % de la producción mundial. Entre los países de la región con mayores reservas están Bolivia, Perú y Venezuela. Además de petróleo y gas, el continente suramericano es rico en grandes reservas minerales, recursos naturales así como de ejemplares de flora y fauna, únicos en el mundo.

Teniendo en cuenta estos datos relacionados con la situación energética del área, y debido al acecho de los Estados Unidos a que estas naciones formen parte del Área de Libre Comercio para las Américas (ALCA), con el objetivo de anexarse energética y económicamente a esta región; es que se da surgimiento a la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA), como necesidad de contrapartida al ALCA. Esta es una propuesta de integración enfocada para los países de América Latina y el Caribe que pone énfasis en la lucha contra la pobreza y la exclusión social, se concreta en un proyecto de colaboración y complementación política, social y económica entre países de [América Latina](#) y el [Caribe](#), promovida inicialmente por [Cuba](#) y [Venezuela](#).

El ALBA se formuló por el Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, Hugo Chávez Frías, en el marco de la III Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno de la Asociación de Estados del Caribe, celebrada en la isla de Margarita, en diciembre de 2001, y ha tenido gran impacto sobre las nuevas políticas llevadas a cabo por los acuerdos y convenios, entre los estados de esta región.

Es por ello que debido a estos convenios y con la aprobación de los mandatarios de la región, en conjunto con el presidente de la República Bolivariana para las Américas dan nacimiento a:

- **PETROSUR:** Integrada por Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay.
- **PETROCARIBE:** Compuesta por 14 países de la región caribeña, incluida Cuba. En este panorama, la creación de Petrocaribe, a iniciativa del presidente venezolano, Hugo Chávez, adquiere enorme importancia histórica al convertirse en el primer acuerdo energético de naturaleza solidaria con fines de desarrollo social firmado entre un grupo de estados de cualquier región del mundo
- **PETROANDINA:** Integrada por Ecuador, Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela.
- **PETROAMÉRICA:** Impulsada por el gobierno venezolano para redefinir las relaciones existentes en cuanto a recursos y potencialidades, aprovechar la complementariedad

económica, social y cultural a fin de reducir las asimetrías de la región. En ella confluyen las tres iniciativas anteriores.

Su objetivo fundamental es lograr y estimular la política de cooperación energética de Venezuela con los países de América Latina y el Caribe en el sector energético, incluyendo petróleo y sus derivados, gas, la electricidad y su uso eficiente, cooperación tecnológica, capacitación, desarrollo de infraestructura energética, así como el aprovechamiento de fuentes alternas tales como: energía eólica, solar y otras.

1.1.3 La Integración Energética vista por los Estados Unidos.

La nueva Política Energética Nacional, lanzada en mayo del 2001 parte analizando que los EE.UU. enfrentó en el 2001 la más seria escasez de energía desde comienzos de los años 70; con efectos que se han transmitido a toda la Unión. Se destaca que uno de los rasgos más sobresalientes de esta crisis han sido los precios de la energía y el alza de los precios del crudo que se alimenta con el nivel de las reservas petroleras estadounidenses que podrían ser insuficientes.

Luego de definir a la crisis como el resultado de un desbalance fundamental entre la oferta (estancada) y la demanda (creciente), la nueva Política Energética Nacional hace particular énfasis en el incremento de la oferta de energía, sobre todo a partir de fuentes convencionales y de origen nuclear.

Uno de los pilares de la integración energética hemisférica promovida por los EE.UU. es el ulterior avance en la privatización y desregulación de los sectores energéticos nacionales, luego de dos décadas de aplicación de fórmulas neoliberales en este sector en América Latina y el Caribe, con la consecuente erosión de la participación de los Estados en este sector.

Uno de los componentes fundamentales del proyecto de los EE.UU. es la integración energética hemisférica. En este sentido, la actual administración republicana, si bien reconoce la naturaleza global del problema energético, ha hecho especial énfasis en la necesidad de "construir una asociación energética sólida e interdependiente en las Américas". En otras palabras, se aboga por una "seguridad energética común". Debe destacarse que éste ha sido un objetivo histórico de los EE.UU. en sus relaciones con Latinoamérica, retomado con particular fuerza en el proyecto norteamericano de integración de todo el hemisferio. Aunque el Medio Oriente, donde se ubican dos terceras partes de las

reservas petroleras mundiales, se mantendría como un área de especial interés para los países industrializados, cada uno de los grandes bloques económicos en gestación trataría de diversificar las fuentes de los suministros petroleros, dedicando especial atención a las cuencas petroleras situadas en sus respectivas áreas geográficas de mayor influencia.

I.2 Estado actual de la economía y uso de la energía en Cuba.

I.2.1 Desarrollo económico. La Revolución Energética en Cuba.

Nuestro país no está exento de la crisis energética internacional, y en torno a esto arrastró una de las peores crisis electroenergética de su historia, ya que se contaba con 10 plantas termoeléctricas con una capacidad instalada de 3 958 MW; donde el 72,77 % le correspondía a las termoeléctricas, los autoprodutores de Níquel y MINAZ con el 16,52 MW, la Hidroeléctrica con el 1,48 %, las turbinas de gas con el 7,28 %, plantas diesel 1,94 % y el resto pertenecía a la eólica. Todo lo anterior aparece en la figura siguiente:

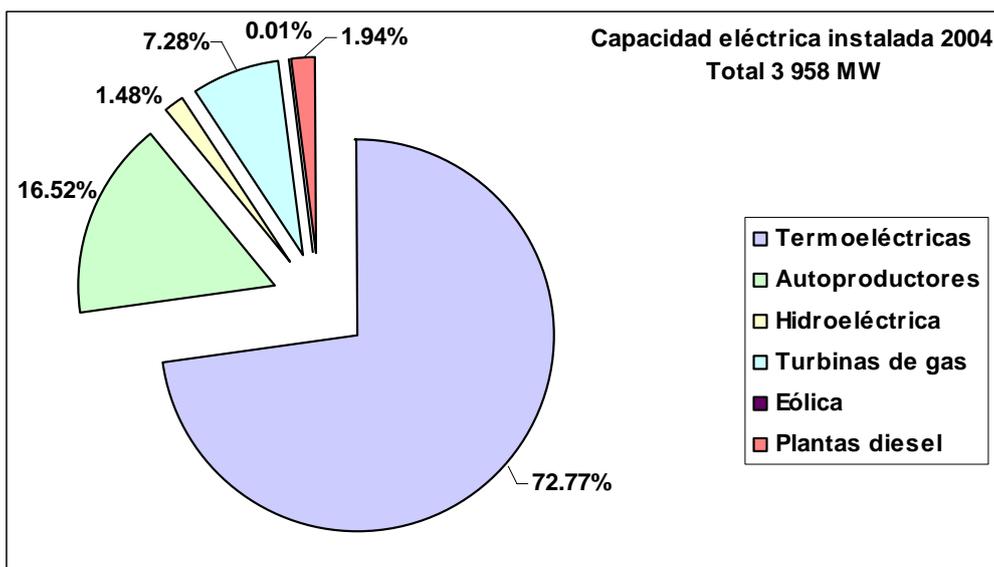


Fig 1.4 Capacidad instalada de energía eléctrica.

Estas plantas tienen 46 unidades de generación, sin embargo, debido a varias causas como por ejemplo: averías, la falta de mantenimiento en el tiempo planificado y el uso de combustible no idóneo para su operación, provocaron que la capacidad real de generación llegara a ser de 1 200 MW.

Por su parte la demanda de energía eléctrica en Cuba, se redujo de 2 500 MW en el año 1989 a 950 MW en el 2005, debido al gran número de industrias paralizadas, así como a una baja en el consumo agrícola y doméstico. [6]

Con el derrumbe del campo socialista y la desaparición de la URSS, unido al brutal bloqueo norteamericano, se establece en el país el período especial. Bajo estas condiciones las importaciones del combustible para la generación de electricidad llegaron a valores muy bajos y la caída de generación de electricidad fue abrupta, decidiéndose iniciar el proceso de asimilación paulatina del crudo nacional en las plantas, a pesar de que sus características (alto contenido de azufre, alta viscosidad y otros componentes) no eran las especificadas en el diseño. Al agudizarse aún más las condiciones del bloqueo y considerando el requerimiento de satisfacer las necesidades de la economía y de la

[6] *CUBA: Crisis de energía eléctrica. Por Manuel Cereijo, Tomado de la Revista Electrónica GUARACABUYA* población, se acelera más el empleo del crudo nacional y del gas acompañante que se perdía con la extracción del hidrocarburo, llegando al cierre del año 2003 al consumo de 2 300 000 t de combustibles nacionales.

La explotación del crudo nacional, unida al gas acompañante que se expulsaba a la atmósfera con la correspondiente contaminación ambiental y que fue aprovechado para la generación de energía eléctrica, permitió la autosuficiencia energética del país. En esta etapa tuvo una particular importancia la modernización de las centrales termoeléctricas para el uso eficiente del crudo nacional cuyo alcance fue:

1. Adaptación y asimilación paulatina de las instalaciones para la utilización del petróleo crudo nacional como combustible.
2. Mantenimiento general y mejoramiento técnico de las instalaciones.
3. Restablecimiento de los Sistemas de Control Automático de las Centrales Eléctricas, obsoletos y con ausencia de repuestos en el mercado mundial.

La política energética está orientada a alcanzar la independencia energética. Para ello se encuentra fomentando la exploración petrolera a través de contratos de riesgo compartido entre la empresa estatal Cubapetro y las empresas privadas, principalmente costa afuera. Por otro lado y como parte de la estrategia de alcanzar la independencia energética, se apoya en el desarrollo de energías renovables, siendo Cuba el mayor país productor del Caribe de estos tipos de energías, en este sentido, se pretende continuar apoyando la utilización de la biomasa como principal recurso energético alternativo. En medio de esta

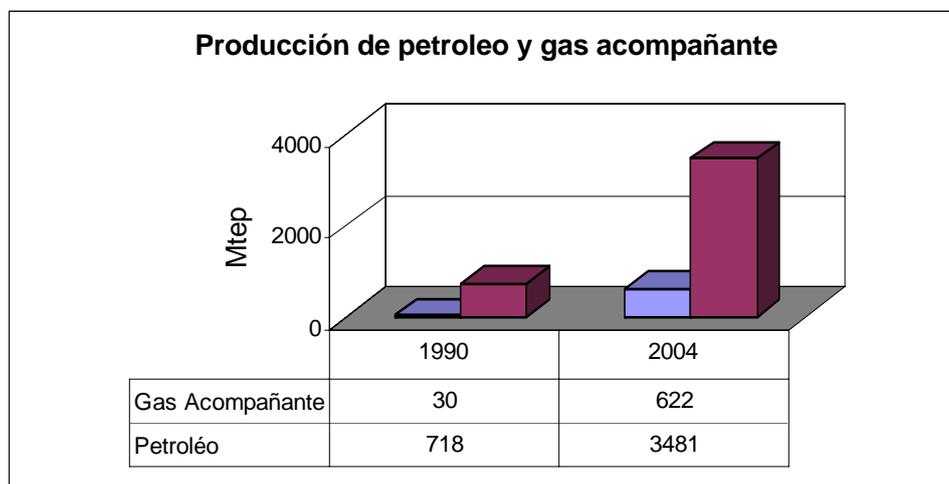
situación se logran algunos convenios con la República Bolivariana de Venezuela y otras entidades exportadoras de combustibles.

Fue así que entre los convenios establecidos y sumado a esto el descubrimiento de un yacimiento de petróleo de calidad, a escasos kilómetros de Santa Cruz del Norte, con reservas probadas de 14 millones de toneladas de crudo, promete restaurar e incrementar los niveles de extracción y dar un alivio importante al apetito energético de Cuba. Según expertos, los pozos que se perforen en ese yacimiento podrían llegar a producir, de conjunto, hasta un millón de toneladas al año, alrededor de la cuarta parte de la producción actual del país. [7]

[7] www.bohemia.cubaweb.cu/2005/ene/03/sumarios/economia/articulo3.htm Tomado 11 de Octubre de 2006.

De aquí que se mantuvo la política de impulsar la extracción del crudo nacional y del gas acompañante, ya que como se muestra en la figura 1.5, se produce un amplio crecimiento de ambos en el periodo de 1 990 al 2 004, donde para el gas fue de un 25 % con un incremento de 21 veces y el petróleo de un 31 % con un incremento de 5 veces.

Fig.1.5 Producción nacional de crudo y gas acompañante en miles de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).



Fuente: www.OLADE.org.ec/documentos/ONE.doc

Eficiencia energética, uso racional de la energía, uso eficiente de la energía, son frases muy frecuentes encontradas dentro de las políticas que aplican casi todos los países, muy especialmente impulsadas cuando se presentan etapas o períodos de crisis, ya sea por efecto de precios elevados o por falta de oferta.

La escalada en los precios del petróleo en los últimos tres años alrededor de más de \$ 70,00 y llegando por encima del nivel de los \$84.00 el barril, ha hecho que muchos países se preocupen nuevamente por hacer un uso racional de la energía. Varios de estos países de Latinoamérica y el Caribe están diseñando o reactivando políticas de ahorro y eficiencia para tratar de paliar los efectos que en la economía causan los elevados precios del petróleo y sus derivados.

Así, la realidad muestra que no se trata solo de diversificar la matriz energética, sino de preocuparse por dar un uso racional y eficiente a la energía. Dos condiciones deben ser consideradas a este efecto: **primero**, mediante buenas costumbres de uso se debe evitar el desperdicio, hábitos que solo se logran a través de una profunda educación, **segundo**, promoviendo la utilización de artefactos y equipos modernos, altamente eficientes, es decir, que tengan un menor consumo de energía, sin necesidad de disminuir la capacidad deseada. La Revolución Energética de Cuba no es una campaña transitoria ni demagogia política. Se está en presencia de, probablemente, uno de los esfuerzos más planificados y consientes que haya hecho nación alguna para elevar el nivel de vida de su población consumiendo el combustible de manera racional y económica.

Hasta el momento Cuba ha tenido un Sistema Electroenergético apoyado en las grandes termoeléctricas que en muchos casos debían llevar la electricidad al extremo opuesto del país a través de redes deterioradas.

La integralidad de la Revolución Energética cubana es evidente cuando se conoce que los planes gubernamentales también comprenden la reparación de la cablería que llega a cada uno de los hogares reduciendo todavía más las interrupciones, las oscilaciones del voltaje y las pérdidas de energía por la mala calidad de las redes eléctricas. También se emprenden programas de desarrollo de energía limpia como la eólica y la solar, incluso se busca sustituir el consumo de petróleo mediante la utilización del gas acompañante. Según ha expuesto el Jefe de la Revolución, Comandante Fidel Castro Ruz, **el mundo de hoy necesita utilizar de forma racional los recursos que están al alcance del hombre [8]**. De ahí que en los hogares del país, por ejemplo, se emplee de una manera óptima la energía eléctrica.

En Cuba se ha plasmando una serie de transformaciones muy de fondo, que se ha denominado **Año de la Revolución Energética en Cuba**, y serán explicadas brevemente a continuación:

En primer lugar, se determina realizar una generación distribuida con motores altamente eficientes, que dejan de lado un sistema de generación centralizada, con equipos antiguos y altamente ineficientes. No sólo se logra un ahorro por el uso con equipos más eficientes en la hora base y pico, sino que se tiene energía continua, en caso de que se presenten más desastres naturales en el futuro. **En segundo lugar**, está la proyección de lograr mayor cantidad de electricidad sobre la base de gas natural, que es definitivamente mucho más económico que generar con productos derivados del petróleo. Para esto se ha acelerando la

[8] **Castro Fidel. (2006) Discurso pronunciado por motivo de la culminación del montaje de los grupos electrógenos en Pinar del Río. Granma. La Habana. Enero 17.**

perforación de pozos exploratorios y de desarrollo en la zona productora. Las plantas de ciclo abierto y ciclo combinado, que se han instalado y que se tienen previstas, son sin duda una acertada decisión para tener energía más segura y a mucho menor costo.

Tercero, dentro del plan que se aplica, se trabaja en una concientización ciudadana que llega a todas las clases sociales. En el ámbito escolar, a manera de ejemplo, existe un plan educativo profundo para no mantener artefactos encendidos sin necesidad en la hora pico, y, en **cuarto lugar** -donde está centrado el plan de ahorro en Cuba- está la sustitución inmediata y masiva de una serie de artefactos y equipos bastante antiguos e ineficientes y muchos otros que están disminuyendo tremendamente el consumo por domicilio, comercio e industria. El plan es autosustentable y con el mismo ahorro se paga la inversión muy rápidamente.

Todas estas acciones sumadas constituyen una verdadera revolución energética, que en la medida de las posibilidades, y dadas las características de cada país, deberían tomar como ejemplo en Latinoamérica y el Caribe, principalmente para imitar una voluntad política tendiente al uso racional y eficiente de la energía. Lo anterior no sólo supone beneficios para la economía, sino para la vida sustentable del planeta.

En el año de la Revolución Energética, el Comandante en Jefe afirmó que sin dudas **Cuba está en período de transición, pero de la oscuridad a la luz, de la estrechez grande a mejores condiciones.** [8]

1.2.2 La Generación de potencia en Cuba. Análisis del modelo propuesto. Ventajas y desventajas. Efecto Económico.

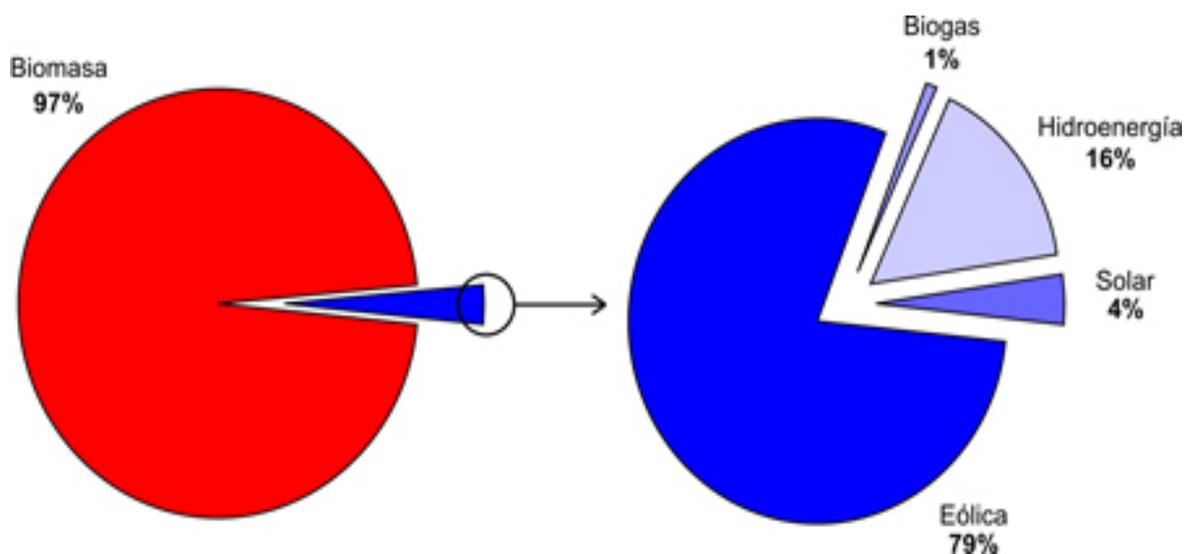
Uno de los grandes obstáculos que enfrenta el sector energético en Cuba es su reducido potencial de recursos energéticos aprovechables, en comparación con otros países, aunque la situación no impide que en 1997 la generación bruta total eléctrica creciera un 6,9 %.

En cuanto al petróleo, el campo más importante de extracción es el de Varadero, con unas reservas calculadas de 1 100 millones de barriles.

Se han priorizado proyectos energéticos de rápida recuperación y se ha impulsado la electrificación de los sistemas de riego, para disminuir el uso de combustibles importados.

Estas energías son muy importantes en la estructura energética de Cuba, como se puede observar en la figura 1.6, en especial la biomasa, la hidroenergía, la energía solar y la energía eólica. En biomasa, el bagazo de caña de azúcar ha permitido generar energía eléctrica para su propio consumo y para alimentar la red nacional, con una capacidad instalada de alrededor de 790 MW. En hidroelectricidad, en 2003 se generaron 78 GWh.

Fig. 1.6: Energía obtenida de las fuentes renovables en el 2004 (Mtep).



Fuente: Inventario Nacional de Fuentes de Energía Renovables 2004, Oficina Nacional de Estadística, 2005.

En energía solar, se utilizan paneles fotovoltaicos para desarrollar programas de energización de zonas rurales aisladas, con énfasis en educación y salud, por ejemplo, en la Isla de la Juventud se encuentra en desarrollo un proyecto para incrementar la participación de las energías renovables en los servicios energéticos de la isla, bajo la coordinación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), con el apoyo de la Organización de Naciones Unidas para el desarrollo Industrial (ONUDI). Asimismo, en

cuanto a la energía eólica, está en funcionamiento una central de 0,45 MW y en montaje una planta de 17 MW, además, se realizan estudios para el aprovechamiento del amplio potencial que tiene el país, en la actualidad se encuentra en ejecución el Parque Eólico I en el municipio de Gibara, provincia de Holguín que será el mayor por su capacidad de generación: 5,1 MW, formado por seis (6) máquinas de tecnología española, capaces de generar 850 KWh cada una, se prevé próximamente la construcción del Parque Eólico II.

El empleo del gas acompañante del petróleo en la generación de electricidad constituye un método rápidamente asimilado por los cubanos y con suficientes frutos como para comprobar el éxito de la decisión tomada, razón por la que se ejecutan nuevas inversiones. Fue en 1998 cuando entró en operaciones la primera máquina del proyecto mixto Energás, que con tecnología canadiense, entrega la energía más barata producida en el país. Se trata de la comunión de tres socios, la Unión Eléctrica que aporta el mercado, la Unión del Petróleo a cargo del suministro del gas y la canadiense Sherritt, la cual entrega el capital y la tecnología.

Con el montaje de tres turbogeneradores en una planta del balneario de Varadero y otro en Boca de Jaruco, en la provincia de La Habana, se conformó ENERGÁS, un proyecto capaz de recuperar el capital inicial en menos de un lustro y en el presente año se incorporaron 2 unidades de 35 MW, 70 MW en total, alcanzando así 395 MW de capacidad instalada a lo que se debe añadir 100 MW de la termoeléctrica de Este, que cuando no es suficiente el gas puede generar con petróleo. La inversión es provechosa desde cualquier ángulo porque además del empleo del gas acompañante del petróleo en la generación de electricidad se obtienen considerables volúmenes de azufre, nafta y gas licuado.

Téngase en cuenta que con la incorporación de este modelo de generación de energía se obtiene el beneficio adicional de evitar el vertimiento diario a la atmósfera de hasta casi un centenar de toneladas de azufre. Como aspecto llamativo cabe apuntar que el programa tiene asegurado el suministro del gas natural porque la disponibilidad de este volátil recurso creció unas 15 veces en relación con los inicios de la última década.

La dirección nacional del país lleva adelante la Revolución Energética como nuevo modelo para la generación en Cuba. La experiencia es inédita a nivel internacional, varios países del área y del contexto mundial se interesan por conocer la iniciativa cubana, que ya se vaticina como otro éxito de la Isla, logrando que se utilice de forma óptima la energía eléctrica y la puesta en práctica de la **Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía** que focaliza

los problemas y, a partir de ella, se proponen soluciones. De ahí que directivos nacionales trasmitan la importancia de este proceso y ofrezcan orientaciones medulares para su éxito.

Las múltiples ventajas de la Revolución Energética, y en las que se aborda los nuevos conceptos para la renovación y modernización del sistema nacional de generación y distribución de electricidad, son objetivos clave racionalizar el consumo de hidrocarburos, suprimir despilfarros e indebidos desvíos de combustibles, y obtener ventajas económicas al introducir medios tecnológicos y electrodomésticos acordes con la intención de ahorrar anualmente un estimado de mil millones de dólares. Con los nuevos proyectos, se gastará seis veces menos combustible por kilowatt, y la generación de electricidad entrará en explotación en sólo seis meses.

Con la identificación de los principales problemas del Sistema Electroenergético Nacional se diseñan un conjunto de líneas estratégicas todas en proceso de implantación.

Las principales medidas adoptadas para la transformación del sistema han sido: [9]

- Adquisición e instalación de equipos de generación más eficientes y seguros con grupos electrógenos y motores convenientemente ubicados en distintos puntos del país.
- 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.
- Rehabilitación total de las redes de distribución anticuada e ineficiente que afectaban el costo y la calidad del fluido eléctrico.
- Priorización de los recursos mínimos necesarios para una mejor disponibilidad de las plantas del sistema electroenergético y su paso a conservación.
- Un programa intensivo de investigación y desarrollo del uso de la energía eólica y solar en Cuba.

La nueva concepción de generación tiene las siguientes ventajas: [9]

- Valores mínimos de consumo de combustible por kilowatt/hora generado: 210 g/KW.h como promedio de diesel o fuel oil, según el tipo de motor y su objetivo.
- Valores de potencia unitaria cuya capacidad, en caso de avería, no tiene impacto significativo en la disponibilidad del sistema.

- Distribución geográfica adecuada, lo cual contribuye a la protección del servicio eléctrico de la población y los objetivos económicos y sociales ante huracanes y averías.

[9] *Material de estudio marzo-abril de 2006, La Revolución Energética en Cuba*

- Disponibilidad mayor de un 90 % y muy por encima del 60 % de las plantas termoeléctricas en nuestro actual sistema.
- Con la extracción del petróleo se generan importantes cantidades de gas. En los últimos años la equivalencia en petróleo del gas utilizado ha estado alrededor de 1 millón de toneladas.
- La generación de electricidad con gas es ya de 235 000 KW.h. Cantidades adicionales de gas se destinan a la cocción de alimentos en parte de la Ciudad de La Habana y a producir electricidad en dos de las unidades de la termoeléctrica de Santa Cruz del Norte, preparada para la quema simultánea de gas y crudo.
- Próximamente entran en servicio otros 90 000 KW producto de esa tecnología, y en proyecto 70 000 KW de dos nuevas turbinas de gas y un ciclo combinado que sumará más de 200 000 KW para un total de casi medio millón de kilowatts con esta fuente limpia y barata de energía.
- Se inició un proceso de rehabilitación de las redes con el objetivo de reducir las pérdidas de distribución y los bajos voltajes.

Cuando concluya la instalación del equipamiento Cuba producirá 1 320 MW/h de electricidad, se habrá ahorrado mil **700 millones de dólares** en inversión, seis años de trabajo y, diariamente, al menos 40 toneladas de petróleo. A esta capacidad se añade no menos de un millón de KW.h producto de las medidas de ahorro energético, disponiendo el país de dos millones de KW.h por encima de la que disponía anteriormente.

Cuba en similar etapa del año anterior gastaba 150 MW por encima del valor actual, expresión de la validez del programa, el cual comprende la instalación de generadores más eficientes y la rehabilitación de redes de distribución.

Entre otros beneficios de la revolución energética está el ahorro de divisas, el empleo de un combustible noble, seguro y sano en los hogares; cálculos conservadores estiman que la puesta en vigor del nuevo esquema le ahorrará a la nación no menos de **1 000 millones de dólares**, lo cual ha precisado de otras acciones como el desarrollo de una masiva campaña para el control y disminución del consumo eléctrico en la población y los organismos de la administración central del Estado

1.3 La Administración de energía. Característica de la gestión y administración de energía en las CTE.

1.3.1 La Administración de energía en América Latina y Cuba.

En América Latina, dada las condiciones de subdesarrollo a las que se ven sometidos los países, surgen e implementan diferentes programas encaminados al ahorro de energía. Dentro de ellos se pueden citar.

En México La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (**CONAE**) es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que goza de autonomía técnica y operativa, tiene por objeto fungir como órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como, de los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios y de los particulares, en materia de ahorro y uso eficiente de la energía y de aprovechamiento de energías renovables. Su Misión es coordinar y promover acciones para el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos renovables y no renovables y su **Visión** ofrecer credibilidad y satisfacción a un número creciente de clientes a través de la innovación, eficacia y calidad. De conjunto con la CONAE trabajan:

- ✓ El programa Promoviendo un Sector Público Energéticamente Eficiente (**PEPS**) que busca crear un movimiento mundial de gobiernos locales que adopten políticas de compras de productos ahorradores de energía, que ayuden a reducir el consumo de energía de los municipios, con grandes beneficios económicos y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero mejorando la sustentabilidad urbana.

- ✓ El Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales (**ICLEI**) y sus asociaciones, cuya misión es construir y darles apoyo en un movimiento mundial para lograr mejoras tangibles en las condiciones ambientales locales y en el desarrollo sustentable global a través de acciones locales acumulativas, donde tiene gran representación en América Latina, el Caribe y en países europeos.
- ✓ El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (**FIDE**) es un organismo mexicano, privado con participación mixta, creado en 1990 con la participación de las principales cámaras industriales del país, encaminado a realizar acciones de eficiencia energética dirigida a los usuarios de los sectores industrial, comercial, de servicios, doméstico y servicios municipales, demostrando desde su fundación los beneficios del ahorro de energía eléctrica.
- ✓ **EDUCAREE**: Promueve la formación de una cultura de ahorro de energía eléctrica en la población infantil y juvenil, a través del programa de Educación para el Uso Racional y Ahorro de Energía Eléctrica

En Perú, el Ministerio de Energía y Minas (**MEM**) es el ente rector en el sector y tiene la autoridad para regular el otorgamiento y aprovechamiento de recursos mineros y de hidrocarburos. Asimismo, regula todo lo relacionado a la generación y aprovechamiento de energía. Con el propósito de enfrentar el déficit de energía eléctrica existente en el país, se creó el Programa para Ahorro de Energía (**PAE**) del Ministerio de Energía y Minas, con el fin de mejorar los hábitos de consumo de la población y promover la utilización de equipos energéticamente eficientes.

En noviembre de 1997 surge el Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba (**PAEC**) después de un período de estudio de programas o proyectos similares que han tenido resultados exitosos en otros países y de visitar e intercambiar con el Programa de Ahorro (PAE) del Perú, el Fideicomiso de Ahorro de Electricidad (FIDE) y la Comisión de Ahorro de la Energía (CONAE) de México.

Para cubrir la demanda y evitar afectaciones a la población y en el sector estatal, este Programa de ahorro de Electricidad en Cuba (PAEC) tiene como objetivos:

- ✓ **Reducir la máxima demanda del sistema y la tasa de crecimiento anual del consumo según los planes que se establezcan.**

- ✓ **Lograr desarrollar hábitos y costumbres en el Uso Racional de la Energía y Protección del Medio Ambiente en las nuevas generaciones.**
- ✓ **Desarrollar una base normativa y una política de precios que garanticen una buena eficiencia energética de todos los nuevos equipos eléctricos que se instalen en el país.**

Su **Misión** es Garantizar el cumplimiento del programa de medidas excepcionales de ahorro de energía y desplazamiento de las cargas fuera del horario pico, que emite el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, teniendo su principal acción en Regular la Demanda y el Consumo de Energía Eléctrica en las principales empresas del país y prestar servicios de asesoría energética con calidad, eficiencia y competitividad que satisfagan las exigencias del cliente, así como crear conciencia en el uso eficiente de la energía eléctrica, logrando con estas acciones retrasar la necesidad de las inversiones que debe realizar el país en las unidades generadoras de energía eléctrica y mejorar la eficiencia en el uso de la electricidad.

Para el logro de estos objetivos el PAEC cuenta con un grupo nacional encargado de dirigir la política, y un grupo en cada provincia encargado de desarrollar todas las actividades previstas, que disponen de una fuerza técnica muy calificada de alrededor de 300 profesionales. Para el desarrollo de sus funciones los especialistas del Grupo Nacional del PAEC están organizados en 3 Proyectos Fundamentales de trabajo como se muestra en la siguiente figura:

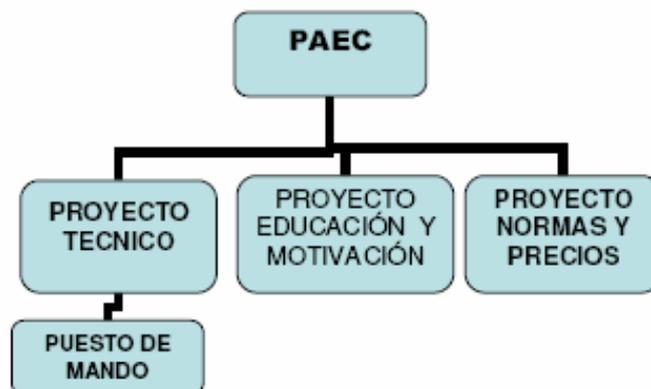


Fig. 1.7 Estructura Organizativa del Grupo Nacional del PAEC.

Dentro de las principales acciones desarrolladas por estos proyectos se encuentran:

- ✓ El **PROYECTO TÉCNICO** del PAEC, es el encargado de dirigir todas las acciones encaminadas a reducir la demanda y la generación en el corto y mediano plazo implementando proyectos y tareas, desarrollando auditorias y estableciendo un control estricto del comportamiento de los consumidores tanto del Sector Residencial como del resto.
- ✓ El **PROYECTO EDUCATIVO Y DE MOTIVACIÓN AL AHORRO** del PAEC, dirige todas las acciones encaminadas a formar una cultura sobre el uso racional de la energía y el cuidado del medio ambiente en las nuevas generaciones, para ello, cuenta con el apoyo del Ministerio de Educación (MINED) y se crea el Programa de Ahorro de energía para el Ministerio de Educación (**PAEME**), que orienta la inclusión en los programas educativos todo lo relacionado con el ahorro de energía, para que sea tratado como eje transversal en las clases de las diferentes asignaturas, motivar acerca de la importancia de adoptar medidas de ahorro de electricidad por toda la población en cualquier lugar que se esté consumiendo y elevar el dominio y el conocimiento de todos los especialistas energéticos propios del PAEC, así como, los de empresas y organismos del país.

En la actividad de **Motivación** se implementa una campaña integral por los medios de difusión, desarrollando una serie de mensajes de bien público por radio y televisión, vallas en calles y carreteras, artículos educativos y de resultados de ahorro en diferentes centros y un trabajo directo con las organizaciones barriales, de hombres y de mujeres, todas dirigidas a enseñar como se puede ahorrar y de la importancia relevante de estas acciones para la economía individual y del país y para preservar el medio ambiente en que vivimos.

- ✓ El **PROYECTO NORMAS Y PRECIOS** del PAEC fundamenta su trabajo en el desarrollo de normas de eficiencia energética que creen las bases para que todos los nuevos equipos eléctricos que se produzcan o importen tengan la mayor eficiencia posible, así como, que la política de precios que se desarrolle estimule la elevación de la eficiencia energética.

Por su parte, el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) orientó una Guía Metodológica que tiene como objetivo evaluar cuantitativamente el uso racional y eficiente de la energía de forma independiente en centros laborales de cualquier rama u organismo, sirviendo además de instrumento a los colectivos de dirección administrativa para valorar el trabajo del personal vinculado con esta actividad.

En ella se hace alusión a definiciones importantes: **uso racional de energía** como la utilización estricta de la cantidad de energía necesaria, según los índices de consumo establecidos, para la realización de las actividades de producción o servicio. De igual forma plantea el **uso eficiente de la energía** referido a la reducción de la cantidad de energía que establecen los índices de consumo, en la realización de actividades como las señaladas anteriormente, para lograr las metas productivas con índices inferiores a los establecidos. Explica además, cada uno de los aspectos a evaluar y permite valorar los aspectos siguientes:

- ✓ Utilización de la energía eléctrica.
- ✓ Estado de las instalaciones, equipos y dispositivos.
- ✓ Control del uso de la energía eléctrica.
- ✓ Funcionamiento de las direcciones administrativas en cuanto al empleo de este portador.
- ✓ El accionar del resto de las Organizaciones de Base.

1.3.2 Característica de la gestión y administración de la energía de la CTE en Cuba.

Existen en el país más de 3 000 000 KW de potencia instalada en termoeléctricas, gran parte de las cuales superan los 25 años de explotación, tienen una disponibilidad promedio del 60 %, y grandes consumo de combustible por KWh generados. Para dar seguimiento a estos indicadores, en las Centrales Termoeléctricas se crea un grupo energético compuesto por representantes de las diferentes áreas de la entidad los cuales son los encargados de controlar los portadores energéticos de las áreas de transporte, cocina-comedor, edificio administrativo y los talleres. En el departamento de régimen el personal perteneciente al grupo energético es el encargado de controlar los portadores de las áreas tecnológicas de conjunto con los técnicos del departamento y estos son analizados en los consejos de dirección.

El sector energético cubano está constituido por La Unión de Empresas del Petróleo (UEP) y las entidades pertenecientes a la Unión Eléctrica (UNE). Estas dependen del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), además se incluyen las centrales de cogeneración que pertenecen al Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ). Con el propósito de satisfacer adecuadamente las expectativas en el servicio eléctrico a sus clientes, se creó en Cuba la

UNE (Unión Eléctrica). Esta es la encargada de generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica.

El Sistema Electroenergético Nacional (SEN) tenía en el 2004 una potencia instalada distribuida en 8 Empresas Termoeléctricas que agrupan a 14 Centrales Eléctricas con un total disponible de 38 unidades generadoras, las cuales se muestran a continuación.

- CTE Máximo Gómez (Mariel): 2 X 50 MW y 4 X 100 MW. *
- CTE Otto Parellada: 1 X 64 MW (checa).
- CTE Antonio Maceo (Regla): 1 X 20 MW.
- CTE Frank País: 1 X 18 MW.
- CTE Este Habana: 3 X 100 MW.*
- CTE Antonio Guiteras: 1 X 330 MW.*
- CTE José Martí: 1 X 35 MW.
- CTE Carlos Manuel de Céspedes: 2 X 30 MW y 2 X 158 MW.*
- CHE Robustiano León: 2 X 14 MW y 1 X 15 MW.
- CTE Diez de Octubre: 2 X 64 MW y 3 X 125 MW.*
- CTE Raúl Martínez (Vicente): 1 X 1 6,5 MW.
- CTE Antonio Maceo (Renté): 2 X 50 MW y 4 X 100 MW.*
- CTE Héctor Pavón: 1 X 4 MW, 1 X 5 MW y 1 X 10 MW.
- CTE Lidio Ramón Pérez (Felton): 2 X 250 MW.*
- ENERGAS (Matanzas): 3 turbinas de gas X 35 MW.

La capacidad de generación eléctrica instalada, incluyendo la de auto productores, alcanzaba 3 958 MW en el período comprendido entre el 2002-2004, en el año 2005 hubo una disminución a 1 200 MW y a finales de junio del 2007 alcanzaba 4 708 MW, de ellas 395 MW en Energás, 1 264 MW en grupos electrógenos y en termoeléctricas 3 049 MW. En la figura 1.8 se muestra el comportamiento que ha tenido el desarrollo electroenergético en los últimos años lo que ilustra los resultados satisfactorios de la Revolución Energética.

(*) *Termoeléctricas de mayor capacidad de generación.*

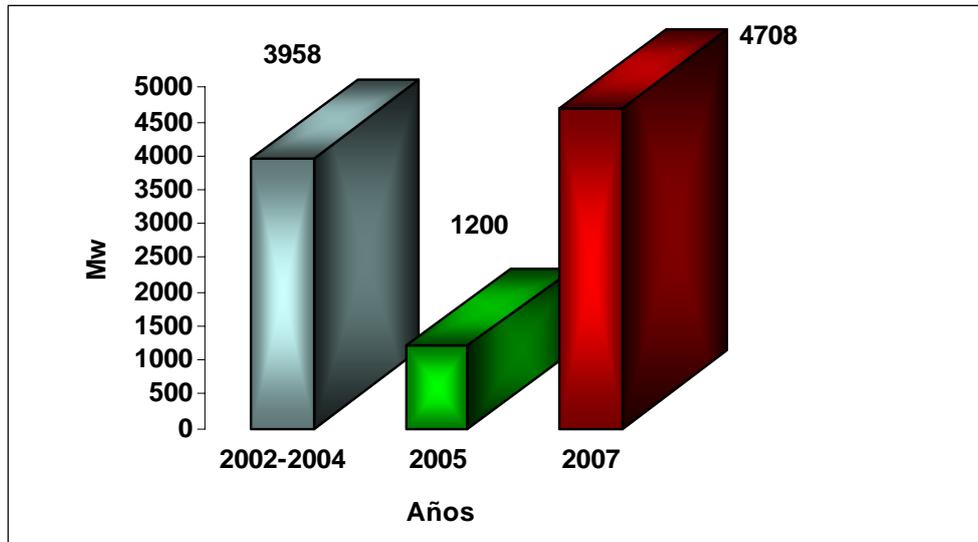


Fig. 1.8: Comportamiento del desarrollo energético.

Hoy puede decirse que el 33 % de la generación eléctrica del país se hace con alta eficiencia, empleando gas o motores modernos que tienen por tanto los índices de consumo más bajos que se obtienen en el mundo, y se pretende seguir avanzando para alcanzar que el 100 % de la generación sea en condiciones de máxima eficiencia y se logrará en un tiempo relativamente breve.

1.3.2.1 Repercusión de la Revolución Energética en la Empresa Termoeléctrica Cienfuegos.

El Sistema Eléctrico Nacional concentraba altos porcentajes de generación en pocas termoeléctricas y aprovechaba apenas el 60 % de su capacidad, mientras gastaba 380 000 toneladas de combustible de altísimo precio, algunas de las medidas tomadas fue la desactivación de algunas plantas termoeléctricas del país, principalmente las de baja generación, no previéndose nunca la desactivación de la central Carlos Manuel de Céspedes por ser la más eficiente y ocupar una posición estratégica al estar situada en el centro del país, donde ella puede mantener el voltaje al extremo Oriental y Occidental, se programaron mantenimientos a las unidades de 30 MW que estaban previstas en el plan de desactivación, la modernización de las unidades japonesas de 158 MW para mantener el crecimiento de la generación y la sustancial reducción en la energía dejada de servir, catalogando a esta CTE como una gran locomotora empujando el sistema.

Conclusiones parciales:

1. Producto de las crisis petroleras, donde los Estados Unidos han estado involucrados por poseer el control de este recurso, los precios del petróleo se han incrementado de 12 dólares por barril en 1979 hasta de 84 dólares por barril en el 2007.
2. La compleja situación económica mundial ha originado el desarrollo de la cooperación energética regional como alternativa para paliar los efectos de la crisis económica.
3. Atendiendo al estado actual de la economía y el uso de la energía en Cuba se lleva adelante la Revolución Energética como nuevo modelo de generación que favorece crecimientos en la economía con ahorros relativos y absolutos de combustible, utilizando aparejadamente otras fuentes alternativas como: la biomasa, hidroenergía, la solar y eólica.
4. En Cuba se aplican programas para la generación de electricidad, basadas en la Revolución Energética, donde se descentraliza el sistema energético nacional, con el apoyo de los grupos electrógenos, instalados en diversas provincias del país.
5. La adopción de nuevas medidas y modelos de ahorro energético en las Centrales Eléctricas contribuyen a la estabilidad del Sistema Electroenergético Nacional, lo que ha permitido reducir considerablemente las afectaciones en el sector estatal y poblacional.

Capítulo II

CAPÍTULO II: La administración de energía en la CTE " Carlos M. de Céspedes "

2.1 Característica energética actual de la Central termoeléctrica Carlos Manuel de

Céspedes. Organización estructural:

La estructura de la organización de la energía en la empresa está basada de inicio en un programa profesional para los operadores de Control de Unidad de los bloques tanto japoneses como los checos de la Central Termoeléctrica, este programa permite mantener el control de cada uno de los procesos que ocurren en la central, siendo vigilados constantemente por los operadores, llevando de forma horaria todos los parámetros en hojas de lecturas donde pueden comprobarlos con sus valores nominales según la carga y actuar sobre ellos en tiempo real ante un mal resultado en el trabajo.

En la actualidad los datos primarios son recogidos por los operadores locales que son los encargados de tomar las lecturas de presiones, temperaturas, flujos, consumos, etc., directamente en los equipos que son atendidos por ellos en los modelos de lectura, estos se comprueban con los datos tomados por los operadores de la Sala de Control para poder apreciar las posibles diferencias que existan entre los valores locales y los datos automáticos para ser corregidos.

Posteriormente al concluir las 24 horas, es decir, la rotación de los tres turnos de operación los modelos son enviados al Departamento de Control de Régimen donde los técnicos de dicho departamento procesan de forma diaria todos los datos tomados de insumo, combustible y sobreconsumos promediados durante las 24 horas de trabajo de cada bloque en programas en EXCEL para llegar a los resultados finales y así comprobar el comportamiento diario y sus variaciones, determinando la influencia que tienen los defectos detectados con anterioridad o durante el día para llegar a posibles soluciones y actuar sobre ellas de forma diaria y semanalmente se elabora un Informe para conocimiento de los trabajadores con el objetivo de que puedan conocer el estado del cumplimiento de los indicadores.

Al finalizar el mes se elabora un Informe Técnico Mensual por el técnico del departamento que contiene todos los indicadores de la empresa tanto los planes como los reales que es revisado por el Especialista de Régimen y aprobado por el Director de la Unidad Empresarial de Base (UEB) para ser enviado al Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), también es

elaborado un Informe al Consejo de Dirección por el Especialista de Régimen que contiene el resultado del trabajo del mes comparándose con el mes anterior , seguidamente es enviado al Director General para ser analizado en el Consejo donde intervienen todos los factores y Directores de las Unidades Empresariales de Base, se analizan todos los planes que son dados por la Unión Nacional Eléctrica (UNE) así como los reales, y finalmente se toman decisiones mayores como: posibles mantenimientos, sustituciones de equipos y reparaciones de los mismos.

Es válido aclarar que la Empresa trabaja con planes reajustados debido a las realidades existentes en cada una de las termoeléctricas y situación del Sistema Electroenergético Nacional, y es sobre esa base que se analiza el cumplimiento de los indicadores en el mes.

2.2 Características técnicas del sistema.

En el presente capítulo se expone el desarrollo de una Tecnología para la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas, a través del monitoreo, control, optimización y diagnóstico operacional, la cual constituye un paso de avance en relación con los sistemas existentes.

Durante los años de funcionamiento de las unidades, sus indicadores de disponibilidad y de eficiencia se han encontrado entre los más altos del SEN y cercanos a los valores máximos alcanzables. Cuentan con tecnologías que ayudan a disminuir el consumo específico de combustible, únicas en el país, como son: el sistema de limpieza continua del condensador, el sistema de utilización total del vapor de sellaje de las turbinas, el generador de vapor totalmente automatizado y de alta eficiencia, entre otras.

Estas condiciones hacen que esta central haya sido desde su instalación las más eficientes del país, para el mejoramiento de la gestión de la explotación de las C.T.E., se lleva a cabo un Sistema Informático para las unidades de la C.T.E. "CMC" de Cienfuegos, que permite al operador y al Departamento de Explotación, efectuar la operación lo más económica posible, garantizando la seguridad de la C.T.E.

La HIDIC-80 (TITAN) es una mini computadora instalada en las unidades 3 y 4 de CMC realizando funciones de DATA LOGGER, es decir un dispositivo recolector de datos del funcionamiento de ambas unidades, con los cuales realiza diferentes funciones:

1. Monitoreo de alrededor de 230 señales analógicas en cada unidad de las que ofrece valores dentro de determinados rangos establecidos, ante alguna anomalía anuncia con alarmas con valores fijados.
2. Monitoreo del estado de hasta 48 señales digitales de puesta en marcha y parada de equipos tecnológicos de cada unidad con el dato adicional de la hora en que ocurre cada evento y llevar el tiempo de servicio de cada uno de ellos cuando estén en ON.
3. Recepción de 16 señales de pulsos por cada unidad correspondientes a integradores de energía eléctrica de cada unidad y sus principales equipos auxiliares, así como también los de combustible que consume cada unidad.
4. Monitoreo constante de 32 señales digitales de los disparos que ocasionan que la unidad quede fuera de servicio por diferentes problemas tecnológicos y su ordenamiento en orden riguroso de ocurrencia.

Las señales analógicas se dividen en diferentes grupos:

- Grupo de presiones y tiro de aire y gases de caldera.
- Grupo de temperaturas de caldera.
- Grupo de flujos y niveles de caldera y turbina.
- Grupo de presiones de turbina y sus auxiliares.
- Grupo de temperaturas de turbina y sus auxiliares.
- Grupo de señales eléctricas y otras mediciones especiales.

Las señales digitales se dividen también en 3 grandes grupos:

- Grupo de señales de puesta en marcha y parada de equipos auxiliares de los tres equipos fundamentales de cada unidad: generador, caldera y turbina.
- Grupo de señales de la secuencia de disparo de la unidad.
- Grupo de señales de integración eléctrica del generador y los equipos auxiliares fundamentales de la unidad y el consumo de combustible tanto de fuel oil como de Light oil.

La HIDIC-80 realiza otro grupo de funciones fundamentales que son las siguientes:

- Cálculos del proceso:
Realiza un grupo de cálculos que se dividen en dos grandes grupos:

1. Cálculos de eficiencia:

Ejecuta todos los cálculos que intervienen en el análisis de la eficiencia de la unidad: consumo de vapor, combustible, eficiencia de turbina, caldera, los principales sistemas auxiliares.

2. Cálculos mas específicos:

Niveles de tanques, entalpías, de linearizar parámetros, cálculos de tablas y curvas.

Otra función es utilizar dos impresoras para:

- Registro de eventos en las unidades: puesta en marcha y parada de equipos, ocurrencias de alarmas, secuencia de disparo de las unidades cuando ocurren, muestreo de puntos analógicos en tablas según se quieran agrupar por el operador y resúmenes de puntos que están en alarma.
- Imprimir los cálculos de eficiencia realizados en grupos horarios, por turnos (cada 8 horas) y diarios, así como resúmenes y promedios de puntos de medición en los mismos intervalos de tiempo.

También se lleva a cabo una serie de programas en EXCEL por el departamento de Control de Régimen de forma que permita monitorear y controlar de manera rápida todos los indicadores técnicos de la central, todos ellos vinculados entre sí para evitar posibles errores de cálculo, con todo lo anterior expuesto al personal del Departamento se le facilita el Control del Sistema de Monitoreo para poder ejecutar diferentes programas como: sobreconsumos, insumo, control de combustible, balances de agua.

2.3 Forma del sistema de monitoreo y control energético. Análisis crítico del sistema.

Toma de decisiones.

2.3.1 Forma del sistema de monitoreo y control energético:

• **Sobreconsumos:**

Programa automatizado para todo el cálculo de los sobreconsumos por unidades y que además brinda toda la información para el informe mensual de producción de la UEB de Producción así como toda la información adicional necesaria para las diferentes áreas, Dirección de la Empresa, y UNE, no solamente para el cierre del mes, sino que brinda la posibilidad de este cálculo diariamente para poder accionar sobre ellos tomando las medidas correctivas lo antes posible.

El programa computacional en EXCEL de cinco hojas brinda la posibilidad de que con los menores datos posibles a introducir se realice todo cálculo de los sobreconsumos de los bloques generadores diariamente correspondiendo cada hoja CMC-1, CMC-2, CMC-3, CMC-4 y una hoja número cinco correspondiente a los resultados, brindando con ello los datos diarios y acumulados necesarios para su análisis de una forma rápida en la que se pueda tomar medidas necesarias para la disminución de los mismos, logrando con ello mejorar la eficiencia de los bloques generadores.

Para una breve explicación, a continuación se tomará como ejemplo la Hoja No-3 correspondiente a CMC-3 solamente un día (1), las celdas debajo del primer día del mes (1) que se encuentran en blanco son las utilizadas para introducir los datos medios del día, necesarios para el cálculo de las celdas sombreadas que su resultado es de forma automática, en la columna derecha se encuentran relacionados todos los indicadores.

Fecha (dd/mm/aa)	febrero-07	1
Consumo de combustible equivalente de la unidad durante el período en ton.-eq.		798.65
Consumo de combustible horario de la unidad durante el período en ton.eq./h.		
Generación bruta en MWh		3276.00
Tiempo de generación en horas		24.00
Carga promedio en MW		106
Consumo específico de combustible promedio de la unidad en el período		242.79
Temperatura nominal del vapor sobrecalentado en °C		538.00
Temperatura real del vapor sobrecalentado en °C		533.69
Diferencia en temperatura del vapor sobrecalentado en °C		4.40
Sobrecons. comb.por desviación temperatura del vapor sobrecal. en ton.-eq.		0.9511
Sobrecons. esp. comb. por desviación temperatura del vapor sob .en g/kWh		0.37
% sobrecons. comb.por desviación temperatura del vapor sobrecal.		2.09
Temperatura nominal del vapor recalentado en °C		535.00
Temperatura real del vapor recalentado en °C		516.79
Diferencia en temperatura del vapor recalentado en °C		18.70
Sobrecons. comb.por desviación de la temp. vapor recalentado en ton.-eq.		0.0000
Sobrecons. esp. comb.por desviación de la temp. vapor recalentado en g/kWh		0.00

% sobrecons. comb.por desviación de la temp. vapor recalentado	0.00
Presión nominal del vapor sobrecalentado en kg/cm ²	128.00
Presión real del vapor sobrecalentado en kg/cm ²	128.00
Diferencia en temperatura del vapor recalentado en °C	0.00
Sobrecons. comb. por desviación presión vapor sobrecalentado en ton.-eq.	0.0000
Sobrecons. esp. comb. por desviación presión vapor sobrecalentado en g/Kwh	0.00
% sobrecons. comb. por desviación presión vapor sobrecalentado	0.00
Temperatura normativa del agua de alimentar en °C	233.34
Temperatura real del agua de alimentar en °C	199.31
Diferencia de temperatura del agua de alimentar con respecto a la nominal en °C	34.04
Sobrecons. comb.debido a baja temp.del agua de alimentar en ton.-eq.	0.0000
Sobrecons. esp. comb.debido a baja temp.del agua de alimentar en g/kWh	0.00
% sobrecons. comb.debido a baja temp.del agua de alimentar	0.00
Calor bruto producido en la caldera en Gcal/h	7402.00
Temperatura normativa de los gases de escape en °C	143.56
Temperatura real de los gases de escape en °C	86.08
Diferencia de temperatura de los gases de escape en °C	-57.48
Sobrecons. comb. debido a las pérdidas de calor con gases escape en ton.-eq.	0.0000
Sobrecons. esp. comb. debido a pérdidas de calor con gases escape en g/kWh	0.00
% sobrecons. comb. debido a las pérdidas de calor con gases escape	0.00
Caudal normativo del agua de reposición en ton.	169.00
Caudal real del agua de reposición en ton.	558.00
Flujo por la extracción Continua	11.00
Diferencia de caudal de agua de reposición en ton.	389.00
Sobrecons. comb. debido a reposición de agua en ton.-eq.	16.3380
Sobrecons. esp. comb. debido a reposición de agua en g/kWh	6.42
% sobrecons. comb. debido a reposición de agua	35.95
Carga nominal de la turbina en MW	169.00

Factor fc/fcn	62.72
Temperatura del agua de mar a la entrada del condensador	26.28
Temperatura del agua de mar a la salida del condensador	33.68
Factor dt/fcn	0.0772
Diferencia terminal de temperatura nominal a la salida del condensador	2.4860
Temperatura de saturación	36.39
Presión absoluta normativa en el condensador en kg/cm ²	0.0607
Presión atmosférica según barómetro en BTG en mm Hg	764.02
Temperatura del barómetro en BTG en °C	26.64
Presión atmosférica corregida por temperatura mm Hg	760.67
Presión de vacío (manométrica) real en el condensador en mm Hg	697.08
Temperatura en BTG en °C	20.56
Diferencia terminal de temperatura real a la salida del condensador	2.5906
Presión de vacío (manométrica) corregida real en el condensador en mm Hg	690.61
Presión absoluta real en el condensador en kg/cm ²	0.0953
Diferencia de presión en el condensador en kg/cm ²	0.0344
Sobrecons. de combustible debido al bajo vacío en ton.-eq.	21.220
Sobrecons. esp. de combustible debido al bajo vacío en g/kWh	8.34
% sobrecons. de combustible debido al bajo vacío	46.69
Oxígeno salida del horno	0.90
Oxígeno salida de los Calentadores de aire	3.55
Eficiencia de Caldera	89.86
Exceso de aire salida del horno	1.04
Exceso de aire salida de los Calentadores de aire	1.19
Infiltraciones en los Calentadores de aire.	0.1507
Exceso de aire Normativo	1.2425

A continuación se muestra la Hoja 5 que de forma automática informa de manera consolidada los resultados obtenidos diariamente así como el acumulado de cada bloque generador, en este caso se ejemplifica con los datos que pertenecen a las unidades 3 y 4.

28-02-

Fecha: 07

Diario Unidad # 3

Acumulado Unidad # 3

Sobreconsumos	Nominal	Real	Sobreconsumo		Nominal	Real	Sobreconsumo	
			Ton	g/kWh			Ton	g/kWh
Vacío	0.0989	0.1021	2.57	0.79	0.0939	0.1107	416.28	4.26
Pres. vapor sobrecal.	128.00	128.00	0.00	0.00	128.00	128.00	0.00	0.00
Temp vapor sobrec.	538.00	529.62	2.36	0.73	538.00	534.27	32.21	0.33
Temp vapor recal.	538.00	539.21	0.00	0.00	538.00	539.54	0.00	0.00
Temp agua aliment.	248.43	248.51	0.00	0.00	248.61	238.40	55.43	0.57
Exceso de aire	1.24	1.14	0.00	0.00	1.24	1.19	0.00	0.00
Temp gases salida	143.56	124.33	0.00	0.00	143.56	123.48	0.00	0.00
Flujo agua reposic.	154.00	227.00	3.07	0.94	4623.00	7803.00	133.56	1.37
Total			8.00	2.46			637.48	6.53

Diario Unidad # 4

Acumulado Unidad # 4

Sobreconsumos	Nominal	Real	Sobreconsumo		Nominal	Real	Sobreconsumo	
			Ton	g/kWh			Ton	g/kWh
Vacío	0.0989	0.1114	10.38	3.19	0.0900	0.1192	714.25	7.41
Pres. vapor sobrecal.	128.00	128.00	0.00	0.00	128.00	128.00	0.00	0.00
Temp vapor sobrec.	538.00	518.58	5.68	1.75	538.00	518.47	167.26	1.74
Temp vapor recal.	538.00	503.17	5.83	1.79	538.00	499.76	187.17	1.94
Temp agua aliment.	248.51	249.05	0.00	0.00	245.69	245.91	0.00	0.00
Exceso de aire	1.24	1.14	0.00	0.00	1.24	1.19	0.00	0.00
Temp gases salida	143.56	122.31	0.00	0.00	143.56	121.42	0.00	0.00
Flujo agua reposic.	154.00	295.00	5.92	1.82	4774.00	8451.00	154.43	1.60
Total			27.81	8.55			1223.11	12.69

- **Balance de agua:**

Partimos de conociendo el consumo de todos los flujómetros y a la vez comparar estos suministradores con sus planes individuales.

Programa en EXCEL para realizar un balance general de agua para la producción desde los tanques finales de suministro de Tratamiento Químico del Agua hasta los consumidores internos de cada bloque y desde la salida de los Lechos mezclados de TQA hasta los referidos tanques que suministrando al mismo solamente los datos obtenidos por los operadores de todos los flujómetros de las distintas aguas utilizadas (celdas sombreadas en la 4ta fila de las columnas) ejecutar primeramente un esquema general lo más integral posible para a partir de diferencias no contabilizadas ir localizando los suministradores que no se conocían o no se previeron en el esquema con anterioridad e ir logrando la disminución

de estas diferencias no contabilizadas, se obtiene el resultado en automático del valor consumido de esta agua y como resultado final se obtendrá un balance como a continuación se muestra:

A. Reposición					Agua de Enfriamiento				A. Desmineraliz	
Flujómetro CMC 1 y 2					Flujómetro de la unidad				Total sal. TK 1000	
CMC 1 y 2					CMC - 3		CMC - 4		(F-metro operador 3)	
Metro1	Metro2	m3 1	m3 2	m3 1y2	Metro	m3	Metro	m3	Metro	m3
0	89904				29234		164769		1495697	
0	93921	0	4017	4017	30649	1415	166961	2192	1515456	19759
		0	0	0						
		0	4017	4017		1415		2192		19759

Ventas a terceros m3	A. Reposición		Mantenimiento o reparación		Equipo PentoMuls	
	Real					
	CMC 3 m3	CMC 4 m3	CMC 3 m3	CMC 4 m3	Metro	m3
					28475	
200	4883	5779	423	0	29009	534
200	4883	5779	423	0		534

Seguidamente, se muestran como resultado del programa anterior los dos balances obtenidos, se analizan los consumos de agua en los bloques así como sus posibles causas o problemas conocidos que justifiquen ese sobreconsumo para finalmente ser analizados con los directivos y tomar medidas correctivas a corto plazo.

Se debe destacar que este programa, brinda el resumen final que puede obtenerse diariamente, semanalmente o mensualmente, pues el mismo se elaboró para todo el año por meses.

BALANCE AGUA DESMINERALIZADA							
						M3/acumul	M3/día
1. SALIDA DEL TK DE 100 M3 (CMC 3 y 4)							
1,1	POR METRO LOCAL					9756	610
POR							
1,2	BALANCE					8784	549
CMC							
	CMC 1	2	CMC 3	CMC 4			
AGUA							
1	REPOS	0	0	3074	3704	424	
2	AGUA ENFRIAMIENTO			759	289	66	
3	MTTO ó AVERÍA			0	889	56	
4	VENTAS A TERCEROS				69	4	
5	PMU\uls						
DIFERENCIA NO CONTABILIZADA						972	61

- Insumo por equipos:

Programa en EXCEL que suministrando al mismo solamente los datos obtenidos por los operadores de todos los metros de los equipos que se encuentran E/S , metro de generación, metro de insumo, excitación y las horas de operación de cada bloque se pueden obtener de forma rápida y diariamente los resultados del comportamiento de los insumos por equipos como a continuación se muestra:

Metro G.	Metro Ins.	Hrs Op.	Bombas Agua Alimentar			Vent Tiro Forzado			Bombas Circulación	
			BAA-3A	BAA-3B	BAA-3C	VTF-3A	VTF-3B	VRG	B Circ 3A	B Circ 3B
84262			13867,	13903,	16445,	9248,	8425,	2664,1	5111,4	
4	52400		3	7	9	8	9	4	6	5186,8
84561	52573,		13907,	13942,	16445,	9263,	8447,	2668,0	5123,6	5198,0
8	8	24	1	6	9	6	8	3	6	3
84836	52742,		13946,	13981,	16445,	9282,	8468,	2672,8	5134,9	5208,9
3	9	24	3	4	9	7	0	5	6	5
85135	52915,		13986,	14020,	16445,	9303,	8489,	2676,2	5147,6	5220,0
5	9	24	1	2	9	7	9	1	4	7
85435	53088,		14025,	14057,	16445,	9324,	8510,	2680,2	5159,6	5231,2
8	3	24	9	7	9	3	7	6	4	0
85735	53261,		14065,	14097,	16445,	9345,	8532,	2684,1	5171,4	5242,3
1	1	24	9	5	9	5	2	1	9	2
86041	53437,		14106,	14137,	16445,	9367,	8554,	2687,7	5183,1	5253,3
1	9	24	3	0	9	3	8	2	5	7
86338	53612,	24	14146,	14176,	16445,	9388,	8577,	2691,4	5194,7	5264,4

9	8		6	3	9	7	2	1	3	4
86644	53789,		14187,	14216,	16445,	9410,	8600,	2695,1	5206,4	5275,6
0	6	24	0	0	9	9	3	4	0	8
86923	53960,		14226,	14254,	16445,	9431,	8621,	2699,3	5218,3	5287,0
5	4	24	5	7	9	4	8	4	6	5
87211	54133,		14266,	14293,	16445,	9453,	8643,	2703,7	5230,0	5298,3
0	1	24	0	0	9	0	3	0	8	0
87490	54303,		14305,	14331,	16445,	9473,	8664,	2708,3	5241,9	5309,5
0	3	24	1	1	9	5	2	7	2	0
87731	54459,		14344,	14360,	16445,	9492,	8683,	2712,6	5253,8	5318,3
1	3	24	6	9	9	9	8	5	0	5
88030	54634,		14384,	14400,	16445,	9514,	8706,	2716,1	5265,7	5329,5
3	3	24	6	2	9	9	0	1	2	3
88291	54795,		14424,	14422,	16445,	9535,	8726,	2719,6	5275,6	5340,4
5	2	24	3	3	9	1	9	6	4	4
88599	54970,		14464,	14471,	16445,	9557,	8750,	2723,1	5287,3	5351,3
4	6	24	6	6	9	7	1	7	9	7
88905	55145,		14504,	14510,	16445,	9580,	8773,	2726,6	5299,0	5362,3
9	2	24	5	4	9	1	6	4	7	7
89211	55320,		14544,	14549,	16445,	9603,	8796,	2729,9	5310,8	5373,5
0	0	24	7	2	9	1	9	9	0	4
89509	55494,		14584,	14587,	16445,	9625,	8820,	2733,3	5322,6	5384,6
9	8	24	3	5	9	4	2	5	2	9
89805	55668,		14623,	14626,	16445,	9648,	8843,	2736,9	5334,6	5395,6
2	9	24	8	3	9	5	6	6	3	0

Con los datos anteriores de forma automática en otra Hoja EXCEL se obtienen los resultados que se muestran así como el acumulado.

Insumo en MW

CMC-3	Bbas Agua Alimentar		Vent. Tiro Forzado		Vent. Recirc. Gases		Bbas Circulación	
	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real
Día	74,71	80,90	38,23	43,25	3,60	3,59	20,88	19,02
Acumulado	917,34	973,38	476,11	537,54	44,00	41,99	252,77	229,75
Dif. Acum.	56,04		61,44		-2,01		-23,02	
Acum.anual	18268,55	18474,51	9662,07	10630,86	901,24	980,12	5056,29	4676,84
Dif.Ac.Anual	205,96		968,79		78,88		-379,45	

CMC-4	Bbas Agua Alimentar		Vent. Tiro Forzado		Vent. Recirc. Gases		Bbas Circulación	
	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real

Día	76,56	82,70	39,87	42,10	3,60	4,02	20,88	20,64
Acumulado	1000,93	1077,40	522,97	557,50	46,65	50,33	271,44	267,68
Dif. Acum.	76,47		34,53		3,68		-3,76	
Acum.anual	15665,4 3	15340,5 0	8393,80	8143,62	751,94	834,57	4243,32	4166,0 8
Dif.Ac.Anua l	-324,92		-250,18		82,64		-77,24	

Insumo en %

	Bbas Agua Alimentar		Vent. Tiro Forzado		Vent. Recirc. Gases		Bbas Circulación	
CMC-3	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real
Día	2,80	3,03	1,43	1,62	0,13	0,13	0,78	0,71
Acumulado	2,72	2,89	1,41	1,60	0,13	0,12	0,75	0,68
Dif. Acum.	0,17		0,18		-0,01		-0,07	
Acum.anual	2,73	2,76	1,45	1,59	0,13	0,15	0,76	0,70
Dif.Ac.Anua l	0,03		0,14		0,01		-0,06	

	Bbas Agua Alimentar		Vent. Tiro Forzado		Vent. Recirc. Gases		Bbas Circulación	
CMC-4	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real
Día	2,68	2,90	1,40	1,47	0,13	0,14	0,73	0,72
Acumulado	2,66	2,86	1,39	1,48	0,12	0,13	0,72	0,71
Dif. Acum.	0,20		0,09		0,01		-0,01	
Acum.anual	2,64	2,59	1,42	1,37	0,13	0,14	0,72	0,70
Dif.Ac.Anua l	-0,05		-0,04		0,01		-0,01	

- Cálculo de combustible:

Programa automatizado para todo el cálculo del combustible por unidades, bloques y empresa de la ETE Cienfuegos y que además brinda toda la información para el Informe mensual y semanal de la Unidad Empresarial de Base de Producción, así como toda la información adicional necesaria para las diferentes áreas, Dirección de la Empresa y Unión Nacional Eléctrica, no solamente para el cierre del mes, sino que brinda la posibilidad de este cálculo diariamente.

El programa computacional en EXCEL brinda la posibilidad de que con los menores datos posibles a introducir, se puede realizar el cálculo de todos los consumos por bloques generadores, brindando con ello los datos diario y acumulado necesarios para su análisis de

una forma rápida en la que se pueda tomar las medidas necesarias a tomar para la disminución de los mismos, logrando con ello mejorar la eficiencia de los bloques generadores.

Este programa consta de 13 hojas que a continuación nombramos y para una mejor explicación ver las siguientes tablas: (las columnas sombreadas en amarillo son de forma automática).

1. Recibo de la Refinería con crudo.

Recibo de Fuel - Oil de la Refinería. Crudo

Día	Lectura Flujometro	Recibo Diario	Recibo Acumul.	Recibo del Tk #	Flujom. M ³	Dif. M ³ Recibo	M ³ Recibo	Visco-cidad	Azufre	Regis-tro	Acum. M ³
	42380										
1	42951	571	571	1032	560,72	10,000	570,722	555,00	7,53	987	570,722
2	43771	820	1391	1032	805,24	10,000	815,240	555,00	7,53	987	1385,962
3	44474	703	2094	1032	690,35	10,000	700,346	555,00	7,53	987	2086,308
4	45093	619	2713	1034	607,86	10,000	617,858	581,00	7,80	990	2704,166
5	45947	854	3567	1034	838,63	10,000	848,628	581,00	7,80	990	3552,794
6	46753	806	4373	1034	791,49	10,000	801,492	581,00	7,80	990	4354,286
7	47545	792	5165	1034	777,74	10,000	787,744	581,00	7,80	990	5142,030

2. Recibo de la Refinería con Fuel.

Recibo de Fuel - Oil de la Refinería. Fuel oil

Día	Lectura Flujometro	Recibo Diario	Recibo Acumul.	Temp.	API	Fact. de Correc.	Flujom. M ³	Dif. M ³ Recibo	M ³ Recibo	Acum. M ³
	31655									
1	31655	0	0	40	11	0,9829	0,00		0,000	0,000
2	31655	0	0	40	11	0,9829	0,00		0,000	0,000
3	31655	0	0	40	11	0,9829	0,00		0,000	0,000
4	52515	1048	1140	40	11	0,9829	1030,08	10,000	1040,079	1130,506
5	53469	954	2094	40	11	0,9829	937,69	10,000	947,687	2078,193
6	53689	220	2314	40	11	0,9829	216,24	-50,790	165,448	2243,641
7	53689	0	2314	40	11	0,9829	0,00		0,000	2243,641

3. Recibo y consumo de los tanques.

Recibo y Consumo de Fuel - Oil en el TK # 3

Recibo Crudo	Recibo Fuel-Oil	Nivel	Temp.	API	Fact. Correc.	Volumen	Consumo	Cons. checa	Fondaje
	0,00	0,0001	35	11,3	0,9863	0,00			
	0,00	0,0001	35	11,3	0,9863	0,00	0,00	62,70	0,00

	0,00	0,0001	35	11,3	0,9863	0,00	0,00	156,61	0,00
	0,00	0,0001	35	11,3	0,9863	0,00	0,00	60,81	0,00

Recibo y Consumo de Fuel- Oil en el TK # 4

Día	Recibo	Nivel	Temp.	API	Fact.		Volumen	Consumo	Fondaje
					Correc.				
		7217	41	12,3	0,9820		6011,27		
1	0,00	7141	41	11,5	0,9821		5948,58	0,00	2540,00
2	0,00	6953	41	11,5	0,9821		5791,97	0,00	2540,00
3	0,00	6880	41	11,9	0,9821		5731,16	0,00	2540,00
4	0,00	6733	41	11,9	0,9821		5608,70	0,00	2540,00
5	0,00	6572	41	11,9	0,9821		5474,59	0,00	2540,00
6	0,00	6352	41	11,9	0,9821		5291,33	0,00	2540,00
7	0,00	6278	41	11,9	0,9821		5229,68	0,00	2540,00

Recibo y Consumo de crudo en el TK # 5

10421

Día	Recibo	Fuel	Recibo	Nivel	Temp.	API	Fact.		Volumen	Consumo	Fondaje	Útil
							Correc.					
				9722	43	12,6	0,9821		8828,06			
1		570,72		9581	43	12,6	0,9821		8700,02	698,76	2775,00	5925,02
2		815,24		9655	43	12,6	0,9821		8767,22	748,04	2775,00	5992,22
3		700,35		9614	43	12,8	0,9820		8729,10	738,46	2775,00	5954,10
4		617,86		9507	43	12,8	0,9820		8631,95	715,01	2775,00	5856,95
5		848,63		9641	43	12,8	0,9820		8753,62	726,96	2775,00	5978,62
6		801,49		9735	43	12,8	0,9820		8838,96	716,14	2775,00	6063,96
7		787,74		9816	43	12,8	0,9820		8912,51	714,20	2775,00	6137,51
8		233,90		9305	43	12,8	0,9820		8448,54	697,86	2775,00	5673,54

4. Petróleo checo.

Día	CMC-1		CMC-2		Temp. a quemar	Fact. Correc.	Consumo CMC-1	Consumo CMC-2
	Letura Flujom.	Difer.	Letura Flujom.	API				
	53104		26196	12,8	117	0,9355		
1	53676	57,2	26196	12,8	117	0,9355	62,70	0,00
2	55320	164,4	26196	12,8	117	0,9355	156,61	0,00
3	55949	62,9	26196	12,8	117	0,9355	60,81	0,00
4	57465	151,6	26196	12,8	117	0,9355	122,45	0,00
5	58954	148,9	26196	12,8	117	0,9355	134,12	0,00
6	60915	196,1	26196	12,8	117	0,9355	183,26	0,00
7	61497	58,2	26196	12,8	117	0,9355	61,64	0,00
8	62150	65,3	26196	12,8	117	0,9355	60,81	0,00

Consumo

C. E. B.

Gen. Bruta

Gen. Bruta

Consumo Diario	Acumul.	C. E. B. Diario	Acumul.	Diaria	Acum.
62,70	62,70	458,7	458,7	136,0	136
156,61	219,31	358,2	382,2	435,0	571
60,81	280,12	387,9	383,4	156,0	727
122,45	402,57	314,0	359,2	388,0	1115
134,12	536,69	354,9	358,2	376,0	1491
183,26	719,95	342,1	353,9	533,0	2024
61,64	781,59	444,4	359,7	138,0	2162

5. Balance con Fuel.

Consumo	Existencia	Fondaje	Existencia	TKs Petrol. 3 Recibido	Consumo	Existencia	Existencia	Fondaje de los TKs
	2190,34	INRE	Útil			8728,87	8728,87	
62,70	2127,64	560,00	1567,64	570,72	599,57	8700,02	8700,02	2775,00
156,61	1971,03	560,00	1411,03	815,24	748,04	8767,22	8767,22	2775,00
60,81	1910,22	560,00	1350,22	700,35	738,46	8729,10	8729,10	2775,00
122,45	1787,77	560,00	1227,77	617,86	715,01	8631,95	8631,95	2775,00
134,12	1653,65	560,00	1093,65	848,63	726,96	8753,62	8753,62	2775,00
183,26	1470,39	560,00	910,39	801,49	716,14	8838,96	8838,96	2775,00
61,64	1408,75	560,00	848,75	787,74	714,20	8912,51	8912,51	2775,00
60,81	1347,94	560,00	787,94	233,90	697,86	8448,54	8448,54	2775,00
60,81	1287,13	560,00	727,13	714,09	714,09	8448,54	8448,54	2775,00

6. Balance con crudo.

Consumo	Existencia	Fondaje	Existencia	TKs Petrol. 3,4 y 5 Recibido	Consumo	Existencia	Existencia	Fondaje de los TKs	Existencia
	2190,34	INRE	Útil			8728,87	8728,87		Útil
62,70	2127,64	560,00	1567,64	570,72	599,57	8700,02	8700,02	2775,00	5925,02
156,61	1971,03	560,00	1411,03	815,24	748,04	8767,22	8767,22	2775,00	5992,22
60,81	1910,22	560,00	1350,22	700,35	738,46	8729,10	8729,10	2775,00	5954,10
122,45	1787,77	560,00	1227,77	617,86	715,01	8631,95	8631,95	2775,00	5856,95
134,12	1653,65	560,00	1093,65	848,63	726,96	8753,62	8753,62	2775,00	5978,62
183,26	1470,39	560,00	910,39	801,49	716,14	8838,96	8838,96	2775,00	6063,96
61,64	1408,75	560,00	848,75	787,74	714,20	8912,51	8912,51	2775,00	6137,51

7. Petróleo.

Día	Letura Flujom.	Difer.	Fact. Correc.	CMC-3 Consumo	C. E. B.	Temp. a quemar	Lectura Flujom.	Difer.	Fact. Correc.	CMC-4 Consumo	C. E. B.
	101425						87875				

1	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	88587	712,0	698,75	698,75	246,4
2	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	89299	712,0	748,04	748,04	263,8
3	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	90004	705,0	738,47	738,47	263,2
4	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	90706	702,0	715,01	715,01	254,3
5	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	91421	715,0	726,96	726,96	257,9
6	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	92099	678,0	716,15	716,15	257,7
7	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	92808	709,0	714,20	714,20	259,0
8	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	93486	678,0	697,86	697,86	255,0
9	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	94178	692,0	714,09	714,09	257,5
10	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	94867	689,0	687,65	687,65	253,7
11	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	95542	675,0	696,52	696,52	263,4
12	101425	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	96005	463,0	536,41	536,41	277,4

Consumo por TK 3y4	CMC 3			Consumo por TK 5	CMC 4		
	Consumo total comb	Desglose			Consumo total comb	Desglose	
		fuel oil	crudo			fuel oil	crudo
0,00	0,00	0,00	0,00	698,76	698,75	0,00	698,76
0,00	0,00	0,00	0,00	748,04	748,04	0,00	748,04
0,00	0,00	0,00	0,00	738,46	738,47	0,00	738,46
0,00	0,00	0,00	0,00	715,01	715,01	0,00	715,01
0,00	0,00	0,00	0,00	726,96	726,96	0,00	726,96
0,00	0,00	0,00	0,00	716,14	716,15	0,00	716,14
0,00	0,00	0,00	0,00	714,20	714,20	0,00	714,20
0,00	0,00	0,00	0,00	697,86	697,86	0,00	697,86

CMC 3			CMC 4			CTE CMC		
Generación total día	Del total con:		Generación total día	Del total con:		CTE CMC total día	Del total con:	
	fuel oil	crudo		fuel oil	crudo		fuel oil	crudo
0	0	0	2666	0	2666	2802	136	2666
0	0	0	2666	0	2666	3101	435	2666
0	0	0	2637	0	2637	2793	156	2637
0	0	0	2643	0	2643	3031	388	2643
0	0	0	2650	0	2650	3026	376	2650
0	0	0	2612	0	2612	3145	533	2612
0	0	0	2592	0	2592	2730	138	2592

8. Recibo y Consumo de Gas oil.

Recibo y Consumo de Gas - Oil

septiembre-
07

Tanque CMC Diesel Manchado M-8

Nivel	Volumen	19,690	Volumen	Consumo	Acumulado	Recibo	Recibo por Tk
		Fondaje	Real				
2288	81,910	19,690	62,220				
2283	81,731	19,690	62,041	0,179	0,179		
2280	81,624	19,690	61,934	0,107	0,286		
2119	75,860	19,690	56,170	5,764	6,050		
2110	75,538	19,690	55,848	0,322	6,372		
2106	75,395	19,690	55,705	0,143	6,516		
2790	99,882	19,690	80,192	0,029	6,544	24,516	24,487

Diesel Limpio						
Nivel	Volumen	Consumo	Acumulado	Recibo	Existencia final	
49	3,153					
45	2,796	0,357	0,357		2,796	
32	1,717	1,079	1,436		1,717	
30	1,564	0,153	1,589		1,564	
30	1,564	0,000	1,589		1,564	
30	1,564	0,000	1,589		1,564	
30	1,564	0,000	1,589		1,564	
30	1,564	0,000	1,589		1,564	

9. Generación Bruta.

CMC-1		CMC-2		CMC-3		CMC-4		Carga Promedio				Céspedes	
Gener. Bruta		Gener. Bruta		Gener. Bruta		Gener. Bruta		CMC-1	CMC-2	CMC-3	CMC-4	Gener. Bruta	
Diaria	Acum.	Diaria	Acum.	Diaria	Acum.	Diaria	Acum.	Diaria	Diaria	Diaria	Diaria	Diaria	Acum.
MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
136	136	0	0	0	0	2666	2666	20,1	0,0	0,0	111,1	2802	2802
435	571	0	0	0	0	2666	5332	23,0	0,0	0,0	111,1	3101	5903
156	727	0	0	0	0	2637	7969	22,2	0,0	0,0	109,9	2793	8696
388	1115	0	0	0	0	2643	10612	21,9	0,0	0,0	110,1	3031	11727
376	1491	0	0	0	0	2650	13262	22,9	0,0	0,0	110,4	3026	14753
533	2024	0	0	0	0	2612	15874	22,2	0,0	0,0	108,8	3145	17898
138	2162	0	0	0	0	2592	18466	20,4	0,0	0,0	108,0	2730	20628
155	2317	0	0	0	0	2573	21039	20,4	0,0	0,0	107,2	2728	23356

10. Insumo.

Días	CMC-1		CMC-2		CMC-3		CMC-4	
	Insumo Total		Insumo Total		Insumo Total		Insumo Total	
	Diaria	Acum.	Diaria	Acum.	Diaria	Acum.	Diaria	Acum.
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh

1	11,60	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00	178,24	178,24
2	35,60	47,20	0,00	0,00	0,00	0,00	178,35	356,58
3	12,60	59,80	0,00	0,00	0,00	0,00	179,77	536,35
4	32,30	92,10	0,00	0,00	0,00	0,00	178,64	714,99
5	30,60	122,70	0,00	0,00	0,00	0,00	178,50	893,48
6	44,40	167,10	0,00	0,00	0,00	0,00	178,34	1071,82

11. Generación Neta:

Días	CMC-1		CMC-2		CMC-3		CMC-4		Céspedes	
	Gener. Neta		Gener. Neta		Gener. Neta		Gener. Neta		Gener. Neta	
	Diaria MWh	Acum. MWh								
1	124,40	124,40	0,00	0,00	0,00	0,00	2487,76	2487,76	2612,16	2612,16
2	399,40	523,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2487,65	4975,42	2887,05	5499,22
3	143,40	667,20	0,00	0,00	0,00	0,00	2457,23	7432,65	2600,63	8099,85
4	355,70	1022,90	0,00	0,00	0,00	0,00	2464,36	9897,01	2820,06	10919,91
5	345,40	1368,30	0,00	0,00	0,00	0,00	2471,50	12368,52	2816,90	13736,82
6	488,60	1856,90	0,00	0,00	0,00	0,00	2433,66	14802,18	2922,26	16659,08
7	126,30	1983,20	0,00	0,00	0,00	0,00	2414,86	17217,04	2541,16	19200,24
8	141,90	2125,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2397,74	19614,78	2539,64	21739,88

12. Metros de Generación:

Metros CMC-1

Generación	Uso Planta			Hrs Op.
	Propio	Reserva		
871055	99370,5	95983		
871191	99382,1	95983	6,78	
871626	99417,7	95983	18,88	
871782	99430,3	95983	7,03	
872170	99462,6	95983	17,74	
872546	99493,2	95983	16,43	
873079	99537,6	95983	24	

Metros CMC-2

Generación	Uso Planta			Hrs Op.
	Propio	Reserva		
248306	38149,2	30056		
248306	38149,2	30056	0	
248306	38149,2	30056	0	
248306	38149,2	30056	0	
248306	38149,2	30056	0	
248306	38149,2	30056	0	
248306	38149,2	30056	0	

Metros CMC-3

Generación	Uso Planta			Hrs Op.
	Propio	Reserva	Excitación	
949242	22028,7	84932,8	10185,37	
949242	22028,7	84932,8	10185,37	0

Metros CMC-4

Generación	Uso Planta			Hrs Op.
	Propio	Reserva	Excitación	
71866	66402,5	84932,8	10014,37	
74532	66575,6	84932,8	10015,44	24

949242	22028,7	84932,8	10185,37	0	77198	66749,1	84932,8	10016,45	24
949242	22028,7	84932,8	10185,37	0	79835	66923,3	84932,8	10017,61	24
949242	22028,7	84932,8	10185,37	0	82478	67096,8	84932,8	10018,68	24
949242	22028,7	84932,8	10185,37	0	85128	67270,4	84932,8	10019,70	24
949242	22028,7	84932,8	10185,37	0	87740	67443,7	84932,8	10020,75	24

13. Capacidad Disponible.

	BL-30 MW Capac. Disp.		BL-158 MW Capac. Disp.		CMC Capac. Disp.		Robustiano León Capac. Disp.			Robus. León Capac. Disp.		CMC Capac. Disp.	
	CMC-I 30	CMC-II 30	CMC-III 158	CMC-IV 158	Total 376	Acum. 376	RL-I 14	RL-II 14	RL-III 15	Total 43	Acum. 43	Total 419	Acum. 419
	1	30	0	0	130	160	160	0,0	14,0	15,0	29	29,00	189
2	25	0	0	130	155	315,0	0,0	14,0	15,0	29	58,00	184	373,00
3	25	0	0	130	155	470	0,0	14,0	15,0	29	87,00	184	557,00
4	13,67	0	0	123	136,67	606,67	0,0	14,0	15,0	29	116,00	165,67	722,67
5	24,42	0	0	123	147,42	754,09	0,0	14,0	15,0	29	145,00	176,42	899,09

Generalizando, se debe señalar que en las tablas presentadas anteriormente se introducen un mínimo de datos pues en el resto de las celdas ya surgen de forma automática, además, en muchas de ellas los resultados aparecen por la vinculación que entre ellas existe, lo que propicia la obtención rápida de resultados finales en los indicadores que se analizan.

De esta forma con los datos anteriores se llena de forma vinculada el programa DIARIO brindando con ello el comportamiento de los indicadores del Consumo Específico Bruto y Neto, factor de Insumo, Carga promedio, Generación, Horas de operación que lleva la unidad generadora, factor de Potencia Disponible tanto los planes como los reales por bloques y a nivel de central, una tabla resumen que se le informa a todas las áreas de la empresa de forma diaria con los indicadores formadores para que todos los trabajadores conozcan el comportamiento diario de estos indicadores, la que se muestra a continuación.

PRINCIPALES INDICADORES TÉCNICOS

ACUMULADO

FECHA: 19/09/2007

UNIDAD	Generación Bruta (MWh)		Factor de Insumo (%)			Consumo Específico Bruto (g/kWh)		
	Plan	Real	Plan	Reajustado	Real	Plan	Reajust.	Real
CMC-1	5719,0	5719,0	9,37	9,37	8,52	374,33	374,33	369,03
CMC-2	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CMC-3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CMC-4	30527,0	30527,0	7,14	7,14	6,87	255,85	255,85	260,95
CMC	36246,0	36246,0	7,49	7,49	7,13	274,54	274,54	278,01

UNIDAD	Factor Potencia Disponible (%)			Potencia Disponible Promedio (MW)			Energía Indisponible	
	Plan	Propuesta	Real	Plan	Propuesta	Real	MW	VLE
CMC-1	95,0	15,0	77,0	541,5	85,5	439,2	3146,65	
CMC-2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	
CMC-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	
CMC-4	55,8	2,0	47,1	1673,9	60,0	1412,5	11213,61	
CMC	31,0	0,0	25,9	2215,4	0,0	1851,6	14360,26	
Acumulado	CMC-1	CMC-2	Bl. 30 MW	CMC-3	CMC-4	Bl. 158 MW	CMC	
G.Bruta	35810	914	36724	597636	642228	1239864	1276588	
F. Insumo	7,89	14,64	8,06	4,34	6,25	5,33	5,41	
C. E. B.	367,32	482,56	370,19	255,29	251,56	253,36	256,72	
F.P.D	56,18	8,99	32,58	65,79	84,27	75,03	68,26	

También brinda la generación y el consumo por cada tipo de combustible recibido desde la Refinería a través del oleoducto, como resultado final y al concluir el mes se elabora el modelo B-1 Movimiento y Balance de combustible donde se contabilizan todos los consumos de los diferentes tipos de combustibles utilizados en la central y estos son utilizados para el informe mensual.

- **Datos de Producción:**

Programa automatizado para todos los indicadores técnicos por unidades incluyendo la Central Hidroeléctrica Robustiano León, brinda toda la información necesaria para la elaboración del Informe mensual de Producción para la UNE después de ser introducidos todos los datos del Informe Previo.

Este programa computacional en EXCEL compuesto por 12 Hojas CMC-1, CMC-2, Bloques 30MW, CMC-3, CMC-4, Bloques 158MW, CMC, RL-1, RL-2, RL-3, RL, ETE Cienfuegos, después de ser introducidos los datos necesario, elabora el Informe Mensual de Producción de forma vinculada para evitar posibles errores de cálculo siendo comprobados éstos con los demás programas, como se muestra en el Anexo No 11, que solo muestra como ejemplo la unidad No 1.

El termoenergético de la empresa elabora un Programa Energético en el que se incluyen tareas a realizar y toda la inversión prevista para un período de tiempo determinado así como su cumplimiento por el área responsable (Anexo No 12), también un Plan de medidas para la disminución de los sobreconsumos y de energía indisponible, sus causas y fecha de cumplimiento.

2.3.2 Estudio de caso:

Consiste en la descripción de una situación, que puede ser real o ficticia, a partir de ella los miembros del grupo (operadores) proponen soluciones que pueden ser diferentes, este tipo de procedimiento posibilita el análisis, clarificación y búsqueda de soluciones concretas y reales, permitiendo adquirir habilidades en la toma de decisiones.

Para este momento se retoma el cuadro que aparece en la página 34, donde se muestra el programa de sobreconsumo con datos reales, correspondientes a los indicadores que se analizan. La tabla que se presenta a continuación ilustra los resultados obtenidos de la aplicación del programa en el mes de febrero del 2007:

		Acumulado Unidad # 3						
Sobreconsumos	Nominal	Real	Sobreconsumo		Nominal	Real	Sobreconsumo	
			Ton	g/kWh			Ton	g/kWh
Vacío	0,0575	0,0848	15,87	6,98	0,0664	0,0868	368,34	5,28
Pres. vapor sobrecal.	128,00	128,00	0,00	0,00	128,00	128,00	0,00	0,00
Temp vapor sobrec.	538,00	536,04	0,40	0,18	538,00	536,52	9,33	0,13
Temp vapor recal.	528,00	523,30	0,55	0,24	535,00	525,41	34,59	0,50
Temp agua aliment.	217,09	205,08	1,54	0,68	222,13	207,77	56,96	0,82
Exceso de aire	1,24	1,14	0,00	0,00	1,24	1,19	0,00	0,00
Temp gases salida	143,56	104,90	0,00	0,00	143,56	100,86	0,00	0,00
Flujo agua reposic.	182,00	483,00	12,64	5,56	5083,00	13169,00	339,61	4,87
Total			30,99	13,64			808,83	11,60

		Diario Unidad # 4				Acumulado Unidad # 4			
Sobreconsumos	Nominal	Real	Sobreconsumo		Nominal	Real	Sobreconsumo		
			Ton	g/kWh			Ton	g/kWh	
Vacío	0,0589	0,0741	9,95	3,77	0,0678	0,0844	326,53	4,20	
Pres. vapor sobrecal.	128,00	128,00	0,00	0,00	128,00	127,45	10,73	0,14	
Temp vapor sobrec.	538,00	537,50	0,11	0,04	538,00	538,47	0,00	0,00	
Temp vapor recal.	535,00	534,90	0,01	0,00	538,00	536,72	5,01	0,06	
Temp agua aliment.	231,77	227,40	0,63	0,24	240,36	237,49	12,38	0,16	
Exceso de aire	1,24	1,14	0,00	0,00	1,24	1,19	0,00	0,00	
Temp gases salida	143,56	116,20	0,00	0,00	145,73	117,45	0,00	0,00	
Flujo agua reposic.	182,00	202,00	0,84	0,32	5086,00	6327,00	52,12	0,67	
Total			11,55	4,38			406,78	5,23	

A modo de conclusión, se analizan los indicadores con resultados alterados y las causas que lo provocan:

- **Sobreconsumo por bajo vacío:** - Suciedad en ambos condensadores, dado por problemas en los sistemas de limpieza pues estos están fuera de servicio por la no existencia de bolas.
- **Sobreconsumo de agua de reposición:** - En CMC 3 aumenta por trabajar con tubos punchados en el recalentador, a pesar de ello, la unidad no puede salir del Sistema Energético Nacional por diferentes motivos que se presentan en este.
- **Sobreconsumo por temperatura de agua de alimentar, vapor recalentado y sobrecalentado:** -Por trabajar CMC 3 por debajo de 540 ° C en vapor recalentado y sobrecalentado para la protección del recalentado.

Ante situaciones como estas se procede a la aplicación de medidas correctivas con el objetivo de restablecer los valores normales de trabajo.

2.3.3 Análisis crítico del sistema:

Después de haber sido analizada la estructura organizacional y las características técnicas del sistema, las formas de monitoreo y control energético, se procede a realizar el análisis crítico del sistema que en estos momentos está implantado.

A pesar que en la Central Termoeléctrica se encuentra implantado un sistema de monitoreo bastante eficiente, carece de un control de combustible de forma independiente por unidades generadoras para poder determinar el consumo específico de cada unidad por MW generado, por lo que los operadores no pueden actuar sobre ello si éste no se corresponde con la curva normativa de CEB vs MW como se muestra en el **gráfico 2.1**, pues este se determina teniendo en cuenta la lectura de nivel del tanque de petróleo, dato que no es fiel porque todas las unidades consumen combustible de un mismo tanque, llevando el control del CEB de forma general en la generación de ambas unidades, lo que trae como consecuencia que los operadores desconozcan si el consumo de combustible en un momento determinado de carga está se encuentra dentro de los parámetros normativos.

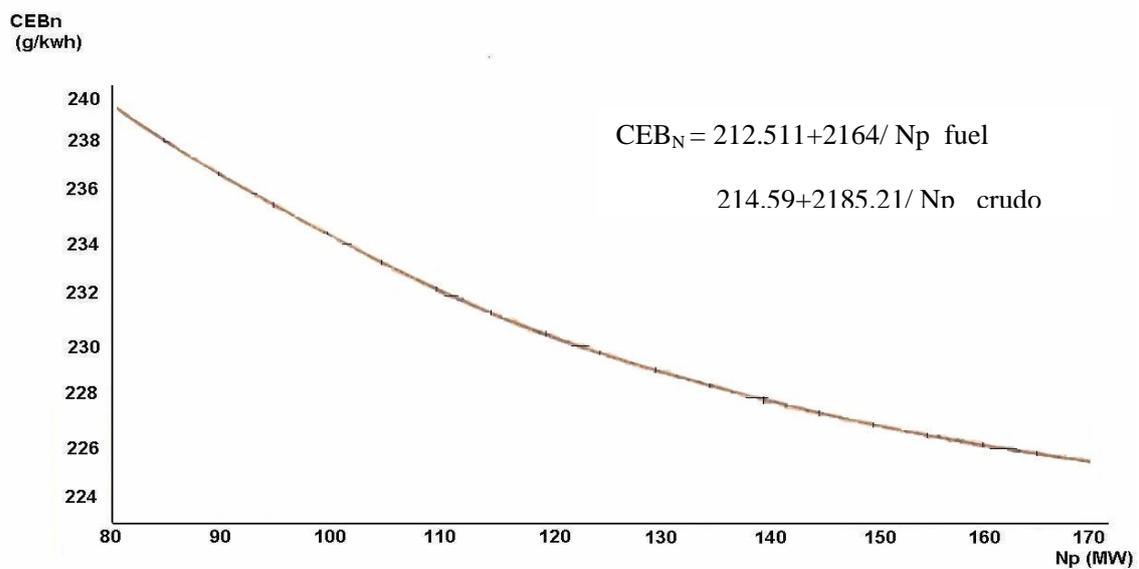


Gráfico 2.1: Normativa de Consumo Específico Bruto de combustible.

Otra deficiencia a señalar es que, a pesar de ser conocido por los operadores los equipos de mayor consumo eléctrico por sus características, no llevan el control de ellos, solamente conocen los consumos atendiendo a los modelos de insumo por equipos llevados por los operadores locales como fue explicado anteriormente por lo que no toman acciones correctivas sobre ellos.

Por estas cuestiones se procede a tomar decisiones para el control más exhaustivo de estos indicadores por el personal del departamento de explotación y su acción correctiva de forma inmediata por los operadores de control de unidad que son los que inciden de forma directa en el accionar de todos los equipos de la central, creándose para ellos un programa de mejora de control consumo específico e insumo y modelos en la determinación de los puestos claves así como un plan de acción.

2.5 Conclusiones Parciales:

1. Con la aplicación de los diferentes programas computarizados en EXCEL existentes en el Sistema de Monitoreo y Control de la central se muestra de forma rápida y precisa los fundamentales sobreconsumos que afectan la eficiencia de los bloques generadores, y se dan a conocer los balances de los diferentes tipos de agua que se consumen en la producción de la generación eléctrica de la CTE CMC y los incumplimientos de las diferentes normas de consumo.
2. El Sistema de Monitoreo que actualmente se aplica presenta insuficiencias por no contemplar el control de combustible de forma independiente por unidades generadoras y así determinar el consumo específico de cada unidad.
3. No es posible tomar decisiones por parte del personal de operaciones ante un posible sobreconsumo de combustible en el proceso de generación en cada unidad.
4. El personal de operaciones conocen los equipos de mayor consumo por sus características, pero no porque se establece control alguno a tales efectos.

Capítulo III

CAPÍTULO III: Elementos de un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía para la Empresa Termoeléctrica Cienfuegos:

3.1 Descripción general de la Central Termoeléctrica.

La Empresa Termoeléctrica de Cienfuegos (**ETC**) ubicada en dicha ciudad es una de las plantas productoras de energía eléctrica con que cuenta nuestro país, muy cercana al litoral de la bahía.

Pertenece a la Unión Nacional Eléctrica que a su vez forma parte del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) y por su capacidad instalada, su ubicación geográfica y su elevada eficiencia y disponibilidad, constituye uno de los pilares fundamentales del Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

La ETE Cienfuegos basa su economía en la generación de energía eléctrica, a partir de la combustión de PCM-650 y Fuel oil, aportándola al Sistema Electroenergético Nacional (SEN). La empresa tiene un gasto planificado de producción de 40.60 USD por MWh generado, siendo el real de 37.18 USD por MWh, considerando su gestión económica eficiente. La potencia instalada en la Central es de **376 MW**, cifra que se aproxima a la existente en Cuba antes del triunfo de la Revolución, que era de 410 MW, **tiene un Plan técnico económico de 2 154 000 MWh y produce anualmente como promedio 1 977 000 MWh y 44 MW** perteneciente a la Hidroeléctrica "Robustiano León".

Está integrada por 4 Unidades o Bloques de generación agrupados de la siguiente forma:

Bloques No.1 y No. 2 de tecnología checoslovaca,

La Unidad No 1 sincronizó por primera vez el 7 de Septiembre de 1968 y se entregó al Despacho Nacional el 21 de Noviembre de 1968, hasta el 30 de Junio de 1981 la carga real fue de 33 MW y hasta la fecha es de 30MW. La Unidad No 2 sincronizó por primera vez el 6 de Noviembre de 1971, su capacidad actual es de 30 MW.

Bloques No 3 y No 4 de tecnología japonesa,

La Unidad No 3 sincronizó por primera vez el 28 de Noviembre de 1978 y se entregó al Despacho Nacional en junio de 1979. La Unidad No 4 sincronizó el 27 de Junio d 1979 y fue

entregada al Despacho Nacional en enero de 1980, la capacidad de generación de ambas unidades es de 158 MW.

Es una de las plantas más eficientes en el país, localizada en la llamada Zona Industrial, muy cerca de la Universidad de Cienfuegos, ha ostentado la condición de Vanguardia Nacional durante 27 años consecutivos, cuya misión es generar y suministrar energía eléctrica para satisfacer los requerimientos y necesidades crecientes de los clientes, con un alto nivel de profesionalismo, garantizando el necesario equilibrio con el entorno y el medio ambiente.

El Objeto Empresarial de la Central termoeléctrica Cienfuegos es generar ENERGÍA ELÉCTRICA y brindar servicios a terceros en Moneda Nacional y Moneda libremente Convertible de:

- 1- Mantenimientos: mecánico, eléctrico y automático.
- 2- Consultoría en dirección y planificación de mantenimiento.
- 3- Reparación de bombas de aguas, equipos eléctricos y electrónicos.
- 4- Reparación de equipos de comunicación.
- 5- Diagnóstico-industrial y Servicios Técnicos Especializados dentro de las especialidades de Mecánica, Eléctrica, Automática y Química.
- 6- Comercialización Mayorista de excedentes de agua desmineralizada.
- 7- Comercialización Mayorista de escoria residual de las calderas.
- 8- Comercialización Mayorista de residuales de la producción de agua desmineralizada.
- 9- Comercialización Mayorista de ociosos y de chatarra.

En lo que respecta a las unidades japonesas (Hitachi) puede decirse que son dos unidades reconocidas entre las más eficientes y de mayor generación en el país por su bajo consumo específico de combustible, por lo que estas tienen gran importancia en el SEN. Estas unidades se caracterizan por un bajo consumo específico de combustible, un alto grado de automatización y control y una alta experiencia y calificación del personal de operación y explotación.

3.2 Caracterización energética de la CTE. Prueba de Necesidad.

En este capítulo se realizará el estudio de cómo explotar el recurso eficiencia energética en la empresa, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos para detectar las

fuentes y niveles de pérdidas y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro para la conservación energética.

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

La Prueba de Necesidad constituye el primer paso para implantar un sistema de gestión total por la eficiencia energética en la empresa. De los resultados de esta prueba depende que los especialistas y la alta dirección, decidan, con elementos técnicos y económicos, continuar con la implantación y dedicar recursos materiales y humanos a esta actividad.

La Prueba de Necesidad en sí, constituye un resultado importante, al caracterizar e identificar los principales problemas energéticos de la empresa en el ámbito general.

A continuación se presenta la secuencia de la tecnología aplicada.

Las figuras siguientes muestran a continuación el comportamiento de la generación en el período comprendido entre el año 1 968 y 1 999 y la relación entre Generación- Consumo Específico – Factor de Potencia Disponible de la empresa en el período 2 000- 2 006.

Tabla 3.1 Históricos de generación años 1968-1999.

Años	1968	1969	1970	1971	1972	1973	
Generación(MWh)	41113,40	183659	193114	214810	373512	457034	
Años	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Generación(MWh)	408502	460905	365112	435884	395983	1810559	2381668
Años	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Generación(MWh)	2141329	2255881	2427675	2300298	2439690	2498476	2490801
Años	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Generación(MWh)	2440575	2412948	2268907	2167939	1733709	1974917	1828083
Años	1995	1996	1997	1998	1999		
Generación(MWh)	1749631	2003366	2077660	2145332	1808070		

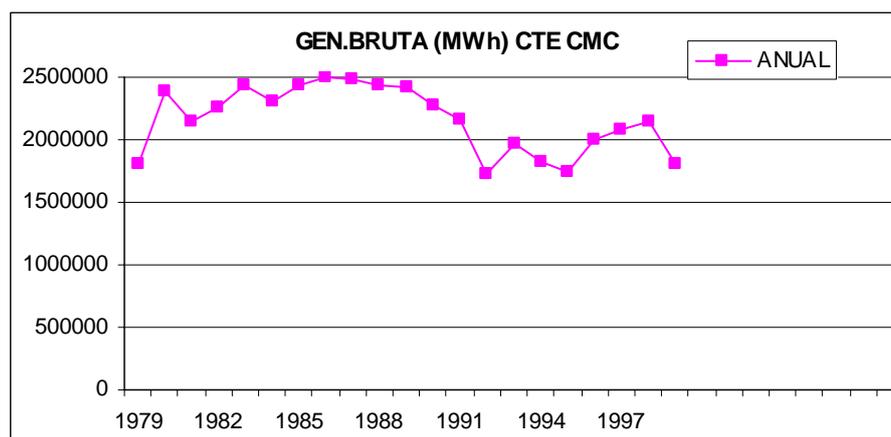
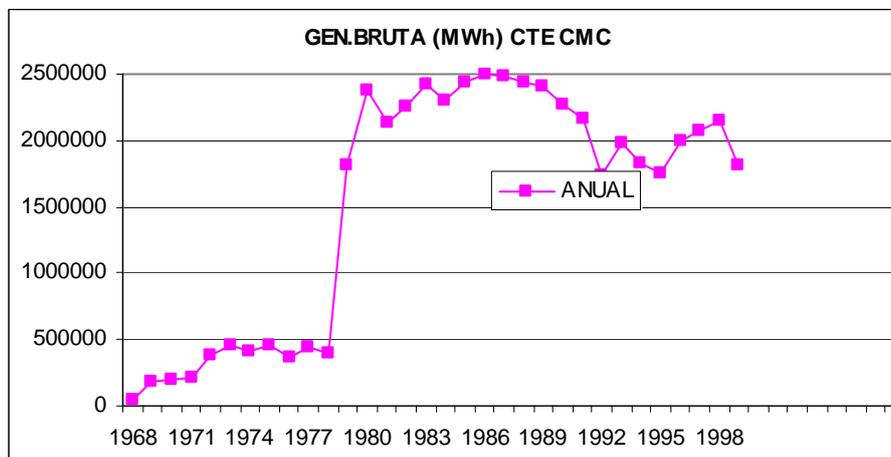


Gráfico 3.1 Comportamiento histórico de generación.

En los gráficos anteriores se observa que el comportamiento histórico de la generación en la Central Termoeléctrica se ha mantenido de forma estable y a partir del año 1977 tuvo un crecimiento en la generación por la entrada en servicio de las unidades japonesas de 158 MW provocando un salto notable en el aporte al Sistema Electroenergético Nacional.

Tabla 3.2 Comportamiento Gen- CE- FPD

AÑO	GEN.Real (MWh)	GEN. Plan (MWh)	C.E.B.Real (g/KWh)	C.E.B.Plan (g/KWh)	POT.DIS Real(MW)	POT.DIS Plan8MW)
2000	1709883	1709883	244,66	248,92	86,53	80,12
2001	1751180	1751180	245,4	248,77	85,29	81,23
2002	1858378	1858378	249,04	251,09	83,94	80,46

2003	1452840	1452840	256,02	257,63	67,15	64,43
2004	1908344	1908344	253,37	254,96	83,62	80,55
2005	1857364	1857364	260,66	262,26	72,31	70,38
2006	1747168	1747168	257,19	258,62	70,5	60,65
mínimo	1452840	1452840	244,66	248,77	67,15	64,43
máximo	1908344	1908344	260,66	262,26	86,53	81,23
Promedio	1755022	1755022	252,33	254,61	78,48	73,97

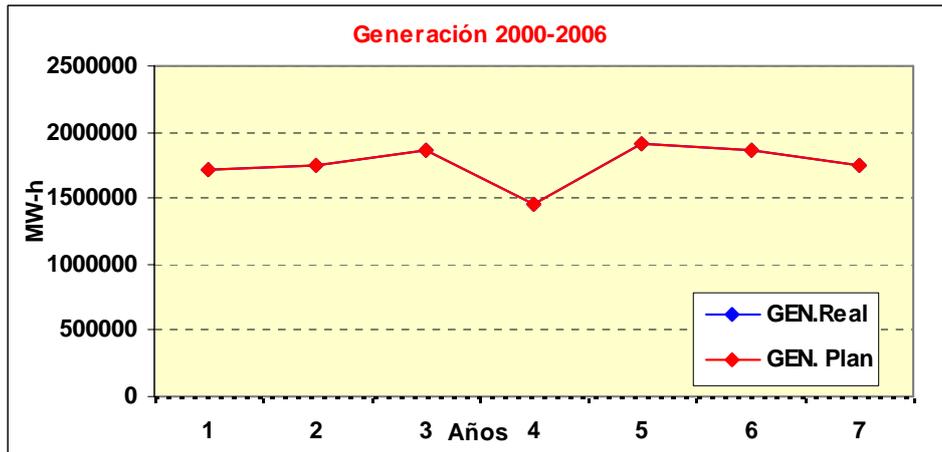


Gráfico 3.2: Generación 2000- 2006

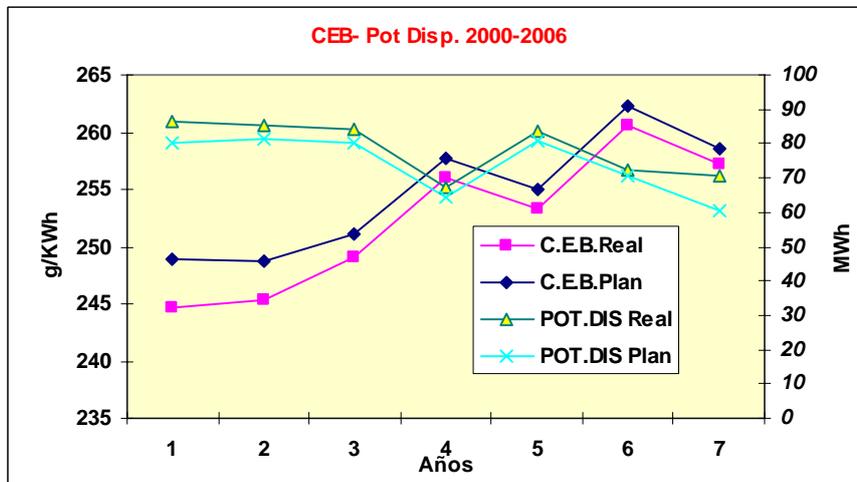


Gráfico 3.3: Consumo Específico – Potencia Disponible

De la tabla anterior se presenta el comportamiento durante 6 años de su explotación (período 2000-2006), de los indicadores anuales fundamentales de las unidades: generación anual, consumo específico de combustible bruto y factor de disponibilidad. Las figuras 3.1 y 3.2 muestran la misma información, pero de forma gráfica.

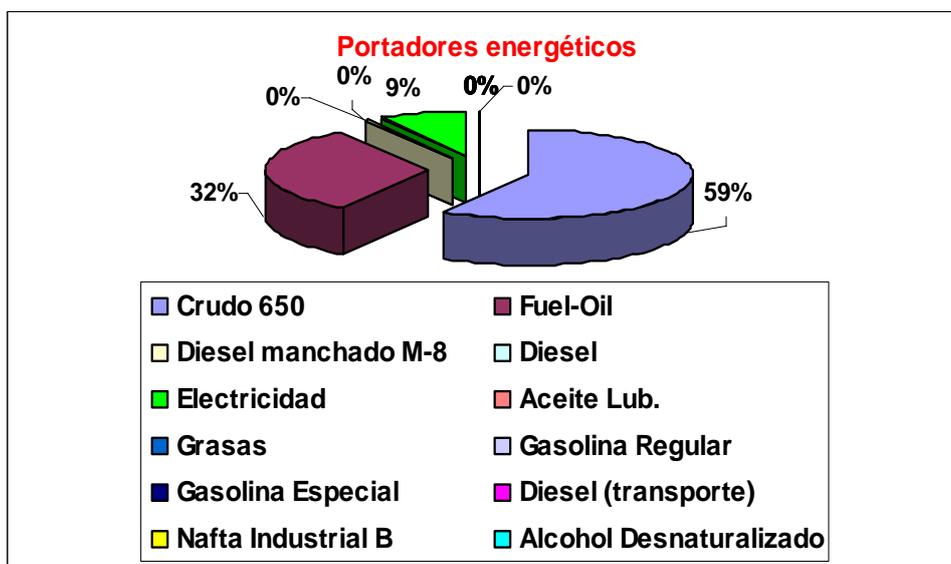
De ellos se puede deducir que durante el período 2000–2006 el comportamiento de la relación entre generación- consumo específico y potencia disponible se ha mantenido de forma estable por lo que demuestra una estrecha correlación entre los indicadores. Una reducción del consumo específico y un aumento de la disponibilidad respecto al plan.

3.2.1 Estructura de Consumo de Portadores Energéticos de la Empresa.

En la siguiente tabla se relacionan los portadores utilizados en esta empresa y a continuación la representación gráfica que informa sobre los de mayor consumo.

Tabla 3.3 Estructura de Consumo Portadores Energéticos

Nº	Portador	U.M.	Consumo	F.Conver.	TEP	%	% Acum.
1	Crudo 650	T	318121,95	0,9903	315036,17	58,684	58,68
2	Fuel-Oil	T	176151,47	0,9903	174442,80	32,495	91,18
3	Electricidad	MWh	124061,28	0,37461	46474,60	8,6571	99,84
4	Diesel M-8	T	653,78	1,0534	688,69	0,1283	99,96
5	Diesel	T	76,36	1,0534	80,44	0,015	99,98
6	Diesel (transp)	T	63,30	1,0534	66,68	0,0124	99,99
7	Gasolina Reg	T	17,26	1,3541	23,37	0,0044	100,00
8	Aceite Lub.	T	13,22	1	13,22	0,0025	100,00
9	Gasolina Esp	T	6,17	1,35759	8,38	0,0016	100,00
10	GLP	T	1,22	1,1631	1,41	0,0003	100,00
11	Grasas	T	0,36	1	0,36	7E-05	100
Total					536836,12	100	



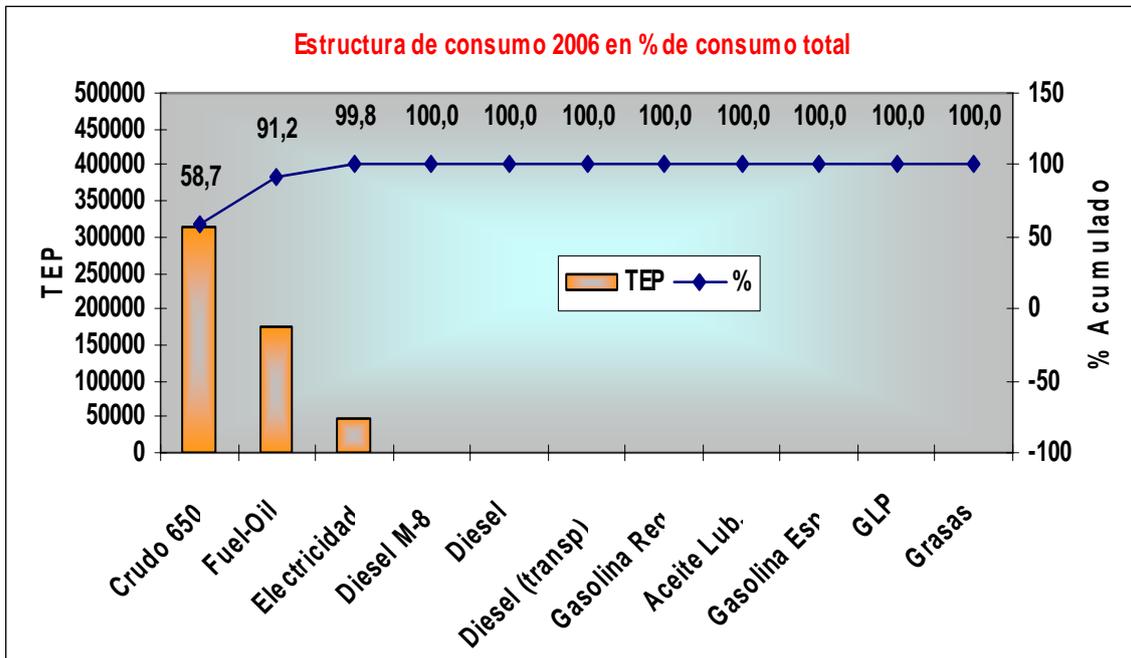


Gráfico 3.4. Portadores energéticos. Empresa Termoeléctrica

El diagrama de Pareto es un gráfico especializado en barras que representa la información en orden descendente desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades de por ciento. Este diagrama es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20, que identifica el 20 % de las causas que provocan el 80 %.

Para la realización de las estructuras de consumo se recopilaron todos los consumos de los mismos en toneladas equivalentes de petróleo. (TEP)

Como queda demostrado, el crudo y el fuel oil representan más del 90 % de todos los portadores energéticos por ser ellos los de mayor consumo, siendo así que se decide concentrar el trabajo sobre estos portadores.

3.2.2 Estratificación de los portadores energéticos.

Estratificación de los portadores energéticos en cuanto a gastos en TEP.

Para conocer la influencia de cada portador energético en cuanto al consumo, se realiza una estratificación de ellos y así poder determinar cuál o cuáles de estos superan el 80 %, y sobre la base de estos resultados tomar las medidas pertinentes para disminuir estos consumos.

Tabla 3.4 Estratificación de Portadores Energéticos.

Fuell- Oil

Unidad	TEP	%	% Acum
Unidad 3	117064,21	50,95	50,95
Unidad 4	91489,81	39,82	90,77
Unidad 2	21211,25	9,23	100,00
Total	229765,27		

Crudo PCM-650

Unidad	TEP	%	% Acum
Unidad 3	122068,3	55,78	55,78
Unidad 4	96751,99	44,22	100,00
Total	218820,29		

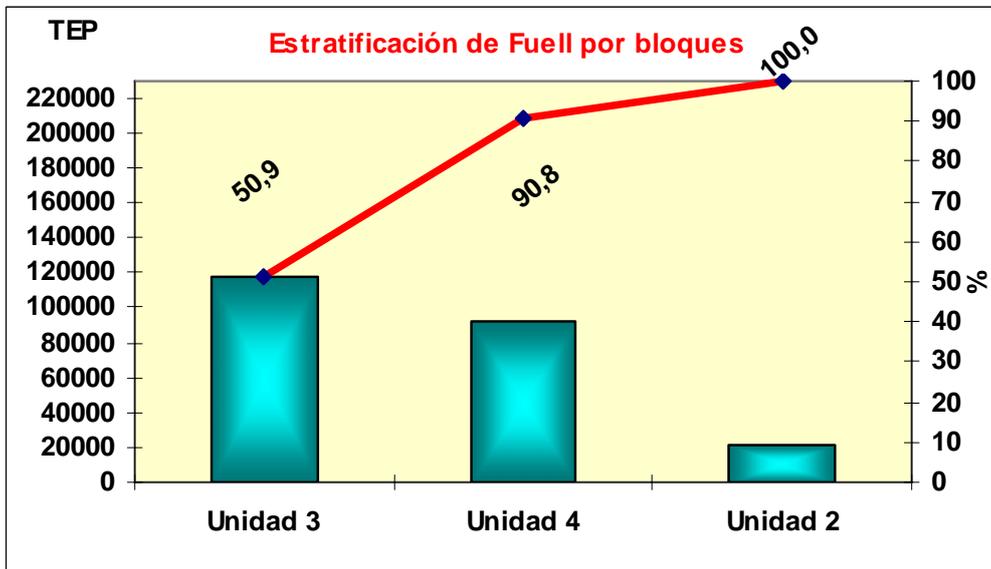


Gráfico 3.5 Estratificación de fuel

Al realizar el análisis de los gráficos anteriores podemos concluir que los mayores consumidores de fuel y crudo son las unidades generadoras 3 y 4, es decir, las unidades de 158 MW y entre ellas en este caso es la unidad 3 esto depende de la carga que demanda el despacho nacional según necesidades del Sen, al igual que el consumo de crudo ya que las unidades checas, es decir, la unidad 2 no utiliza este tipo de combustible.

3.2.3 Estructura de consumo de portadores que no son para generar.

A continuación en la tabla 3.5 se realizará un estudio de los portadores que no son para generar.

Estructura de consumo 2006 (sin combustible para generar) en % de consumo total.

Nº	Portador	U.M.	Consumo	F.Conver.	TEP	%	% Trans.
3	Electricidad	MWh	124061,28	0,37461	46474,60	99,757	99,76
6	Diesel (Transp.)	T	63,30	1,0534	66,68	0,1431	99,90
7	Gasolina Reg	T	17,26	1,3541	23,37	0,0502	99,95
8	Aceite Lub.	T	13,22	1	13,22	0,0284	99,98
9	Gasolina Esp	T	6,17	1,35759	8,38	0,018	100,00
10	GLP	T	1,22	1,1631	1,41	0,003	100,00
11	Grasas	T	0,36	1	0,36	0,0008	100,00
Total					46588,02	100	

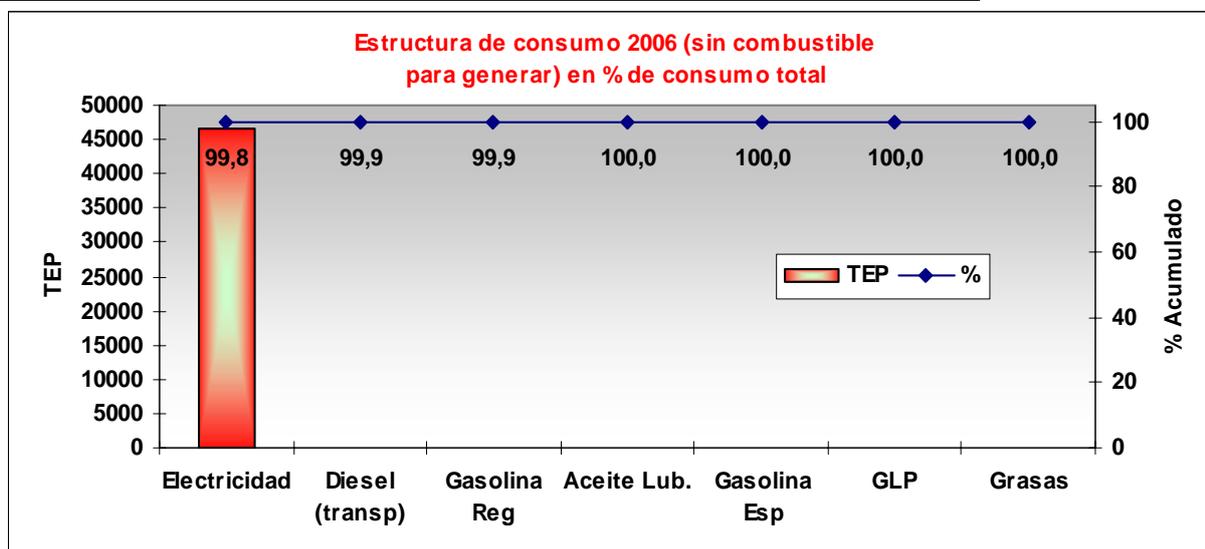


Gráfico 3.6 Estructura del consumo 2006.

De ellos se concluye que el de mayor incidencia es la electricidad y para ello se realiza la estratificación por consumidores.

Tabla 3.6 Estructura de consumo de electricidad 2006 en % del consumo total.

Nº	Portador Electricidad	U.M.	Consumo	F.Conver.	TEP	%	% Acum.
3o	Insumo unid gen.	MWh	75980,98	0,37461	28463,23	61,245	61,24
3a	Electricidad T-14 *	MWh	47985,50	0,37461	17975,85	38,679	99,92
3b	Electricidad Edif y otros	MWh	94,80	0,37461	35,51	0,0764	100,00
Total					46474,60	100	

* T-14: Transformador de reserva de arranque unidades 3 y 4.

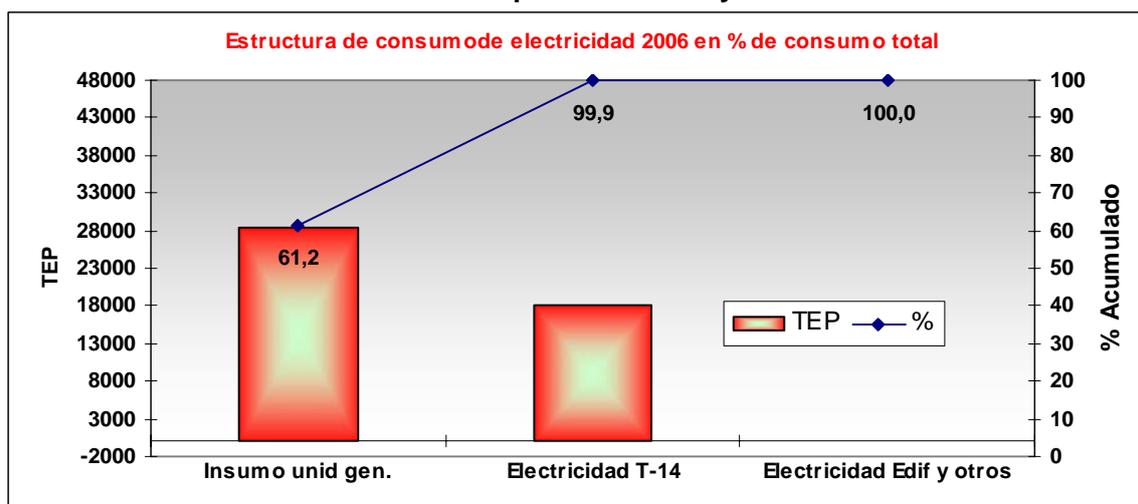


Gráfico 3.7 Estructura de consumo de electricidad 2006.

El mayor consumidor es el insumo de las unidades y el T-14 aumenta por salida de los transformadores de uso de planta de las unidades de CMC 2 y CMC 4.

Tabla 3.7 Estructura de consumo de electricidad 2006 en % del consumo total por unidades

Nº	Área	U.M.	Consumo	F.Conver.	TEP	%	% Acum.
1	CMC3	MWh	50440,47	0,37461	18895,50	66,386	66,39
2	CMC4	MWh	15963,21	0,37461	5979,98	21,009	87,40
3	CMC 1	MWh	9419,60	0,37461	3528,68	12,397	99,79
4	CMC 2	MWh	157,70	0,37461	59,08	0,2076	100,00
Total					28463,23	100	

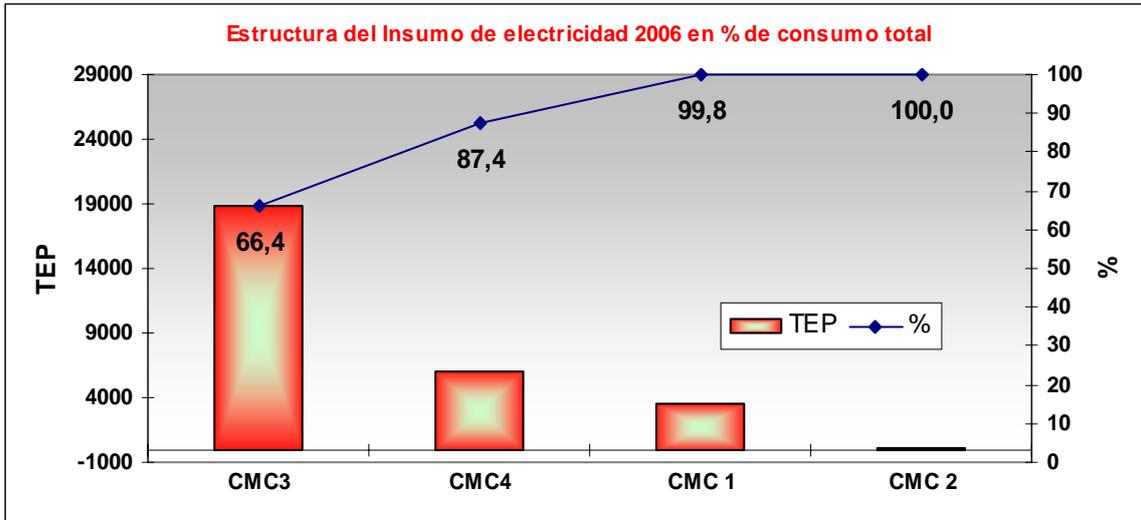


Gráfico 3.8 estructura del insumo de electricidad.

Tabla 3.7 Estructura del insumo eléctrico de CMC 3 año 2006 en MWh y en %

Nº	Equipos	U.M.	Consumo	F.Conver.	TEP	%	% Acum.
1	B.A.A.	MWh	16976,20	0,37461	6359,45	42,7	42,7
2	V.T.F.	MWh	10440,83	0,37461	3911,24	26,3	69,0
3	B.Circ.	MWh	4707,76	0,37461	1763,57	11,8	80,8
4	380 V	MWh	3498,82	0,37461	1310,69	8,8	89,6
5	B.Cond.	MWh	1749,56	0,37461	655,40	4,4	94,0
6	Excit.	MWh	1601,52	0,37461	599,95	4,0	98,0
7	V.R.G.	MWh	787,71	0,37461	295,08	2,0	100,0
Total					14895,39	100	

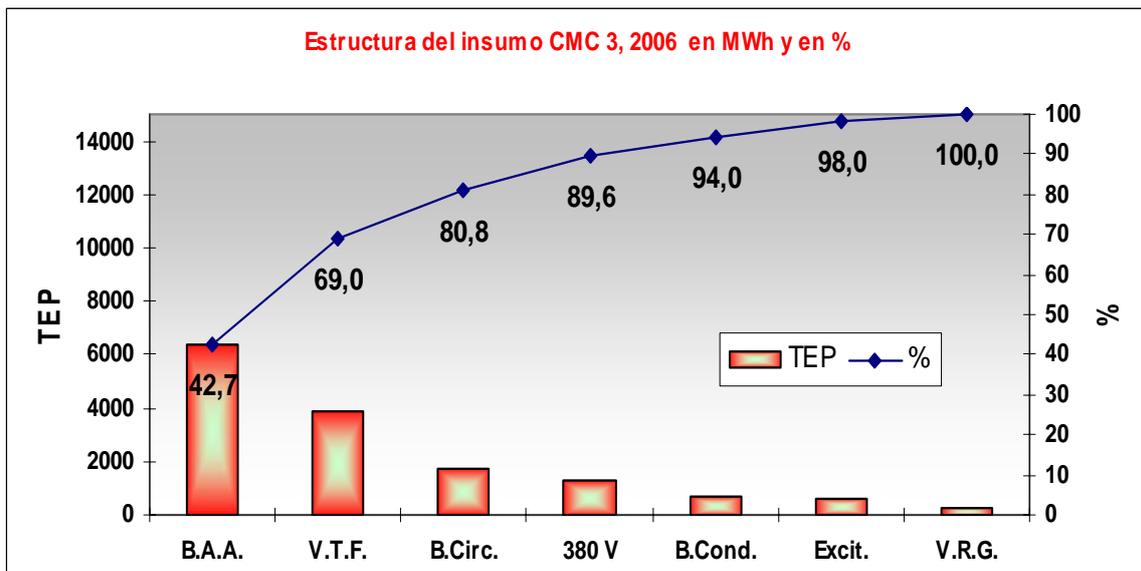


Gráfico 3.9 Estratificación de la estructura del insumo en CMC 3.

Leyenda:

B.A.A: Bomba de Agua de Alimentar.

V.T.F: Ventilador de tiro Forzado.

B.C: Bomba de Circulación.

B. Cond: Bomba de Condensado.

Excit: Excitación.

V.R.G: Ventilador Recirculador de Gases.

380 V: Sala de equipos de 380 V.

De los gráficos anteriores se determina que el de mayor consumo de insumo por unidades es el bloque No 3 y de este los equipos que más consumen son las Bombas de agua de alimentar, (BAA), los Ventiladores de tiro forzado (VTF) y las Bombas de circulación (BC)), determinado por diferentes causas como, ponchadura en algun Calentador, por alta presión en el horno y tubos ponchados en el sobrecalentador y recalentador, así como el personal que influye en ellos.

PORTADOR: ELECTRICIDAD

Puestos claves	Jefes y operarios	Índice de Consumo
Bombas de Agua de Alimentar	4 J' Turno, 4 J' Bloque 8 Operadores	Factor de Insumo
Ventiladores de Tiro Forzado	4 J' Turno, 4 J' Bloque 8 Operadores	Factor de Insumo
Bombas de Agua de Circulación	4 J' Turno, 4 J' Bloque 8 Operadores	Factor de Insumo

Tabla 3.9 Estructura del sobreconsumo de CMC 3 año 2006 en Ton y en %

Nº	Punto Clave	U.M.	Sobrecons.	F.Conver.	TEP	%	% Acum.
1	A.Repos.	T	3143,68	0,9903	3113,19	72,0	72,0
2	Vacío	T	932,62	0,9903	923,57	21,4	93,4
3	T.V.R.C.	T	119,46	0,9903	118,30	2,7	96,1
4	T.A.Alim.	T	99,07	0,9903	98,11	2,3	98,4
5	T.V.S.C.	T	65,15	0,9903	64,52	1,5	99,9
6	Pr.V.S.C.	T	4,81	0,9903	4,76	0,1	100,0
Total					4322,45	100	

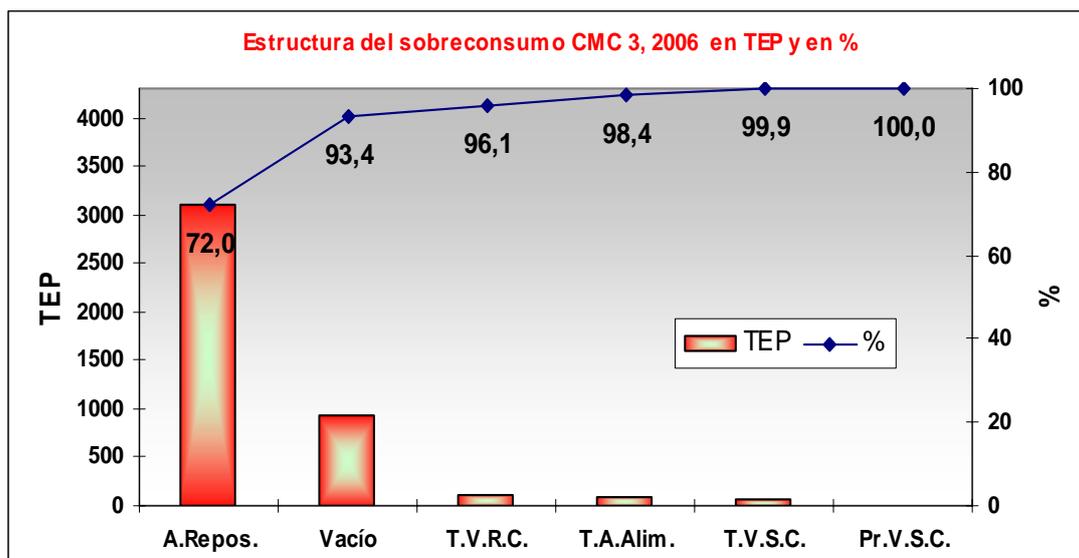


Gráfico 3.10 Estructura de sobreconsumos.

Leyenda:

T.V.R.C: Temperatura de Vapor Recalentado.

T.A.A: Temperatura de Agua de Alimentar.

T.V.S.C: Temperatura de Vapor Sobrecalentado.

P.V.S.C: Presión de Vapor Sobrecalentado.

Analizando el gráfico anterior se determina que los puntos claves en las unidades generadoras (en este caso la unidad 3) es el Sistema de agua de reposición y el Sistema de vacío del condensador donde se pueden tomar medidas para eliminar estos defectos, por ejemplo control del agua de reposición, control de los sistema de limpieza continua de los condensadores y su hermeticidad por el persona que influye sobre ellos.

PORTADOR: Fuel oil y Crudo Nacional

Puestos claves	Jefes y operarios	Índice de Consumo
Caldera	4 J' Turno, 4 J' Bloque 12 Operadores	Sobreconsumos en Ton.
Sistema de Vacío del Condensador	4 J' Turno, 4 J' Bloque 8 Operadores	Sobreconsumos en Ton.

3.2.4 Gráficos de Consumo – Producción:

A continuación se presentan una serie de gráficos de control, en los que se demuestra el comportamiento energético de la empresa durante estos tres años

Tabla 3.10 Estructura de Consumo –Producción en el período 2 004- 2006.

Mes	AÑO 2004		AÑO 2005		AÑO 2006	
	TEP	MWh	TEP	MWh	TEP	MWh
Ene.	33944,07	133916	37514,63	145539	33757,77	134727
Feb.	35934,36	143372	37018	145669	34594,82	137832
Mar.	39025,02	157936	37353,07	142304	42881	170765
Abr.	27310,19	110423	46463,36	180013	41403,52	163354
May.	48729,63	195278	48370,68	188000	37066,48	145422
Jun.	47106,3	185319	44008,22	167735	37090,66	142718
Jul.	44743,17	173764	40517,54	152866	45529,54	175875
Ago.	53461,82	207862	42515,2	161563	40860,98	158095
Sep.	47224,3	184970	49439,15	187940	42886,55	166600
Oct.	43667,27	171085	38967,89	144881	40909,12	156765
Nov.	34240,39	134340	37762,65	144515	41120,25	160586
Dic.	28123,72	110079	39217,25	155696	37180,95	146120

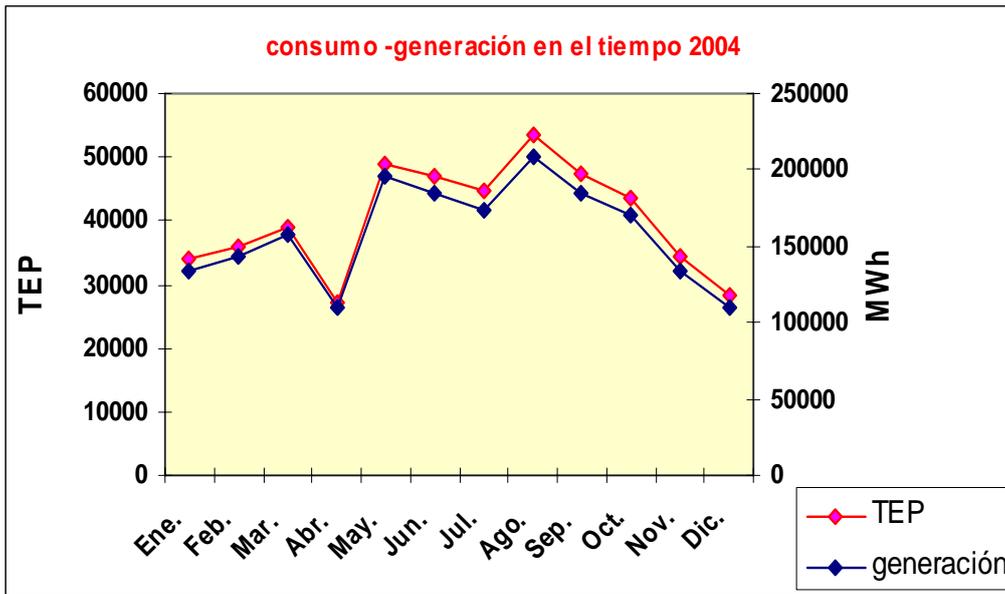


Grafico 3.11 Consumo –generación en el tiempo (2004).

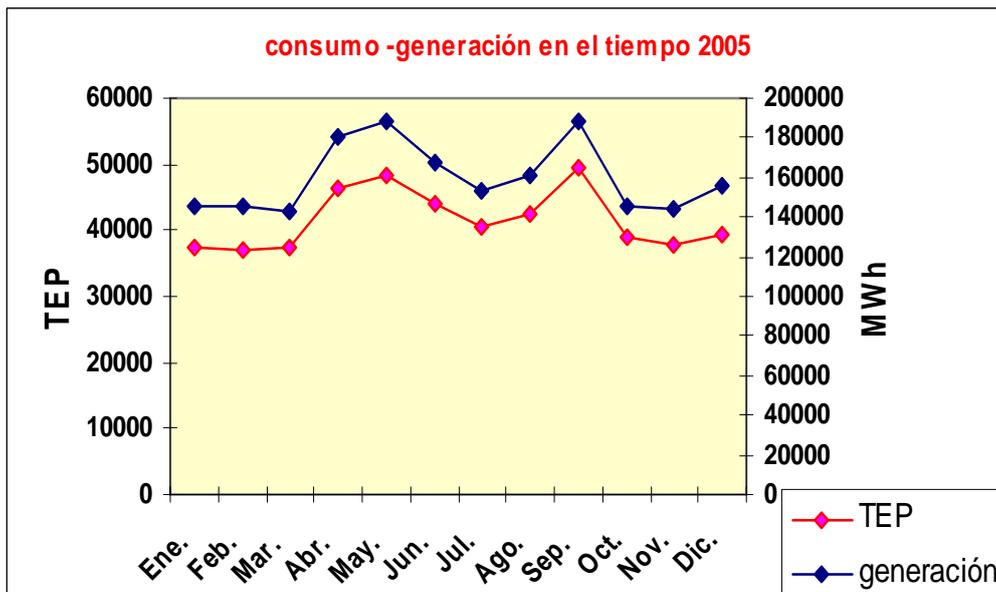


Grafico 3.12 Consumo –generación en el tiempo (2005).

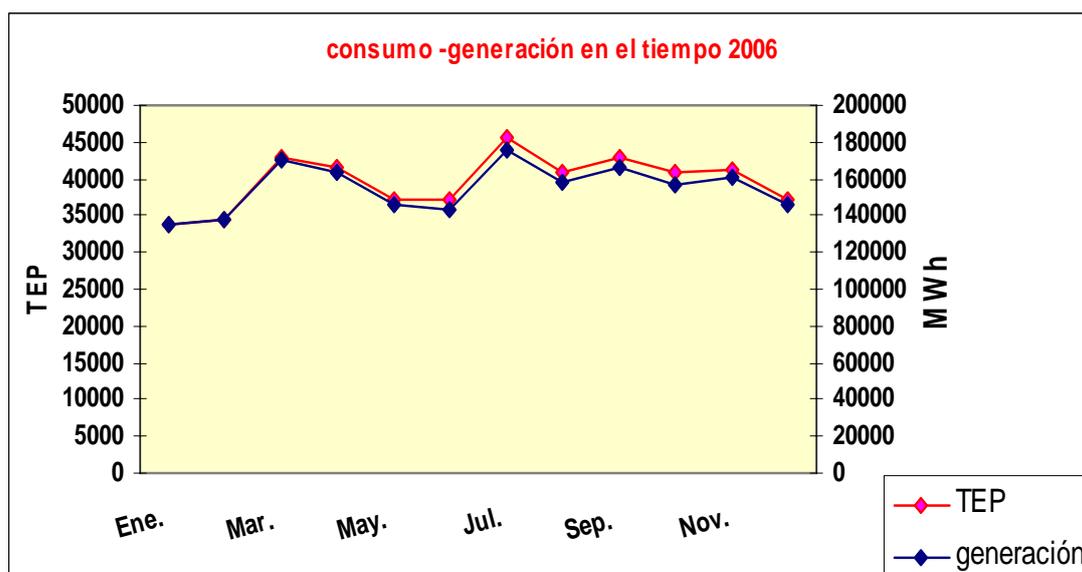


Grafico 3.13 Consumo –generación en el tiempo (2006).

Los gráficos 3.11, 3.12, 3.13 muestran la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo, esta es una de las herramientas dentro de la prueba de necesidad que más información nos brinda, ya que a través del mismo se muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción, aunque en estos casos la relación es bastante pareja. Para comprender un poco más este gráfico es necesario saber que generalmente debe ocurrir que un incremento de la producción da lugar a un incremento del consumo de energía asociada al proceso y viceversa. Comportamientos anómalos que se pueden apreciar.

- Incremento de la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.

Como se muestra en los gráficos anteriores el comportamiento de la producción y consumo de combustible en el período 2004-2006 es considerado como positivo.

En las siguientes figuras se relacionan el comportamiento de la energía contra la producción en un gráfico de correlación durante los períodos anteriores.

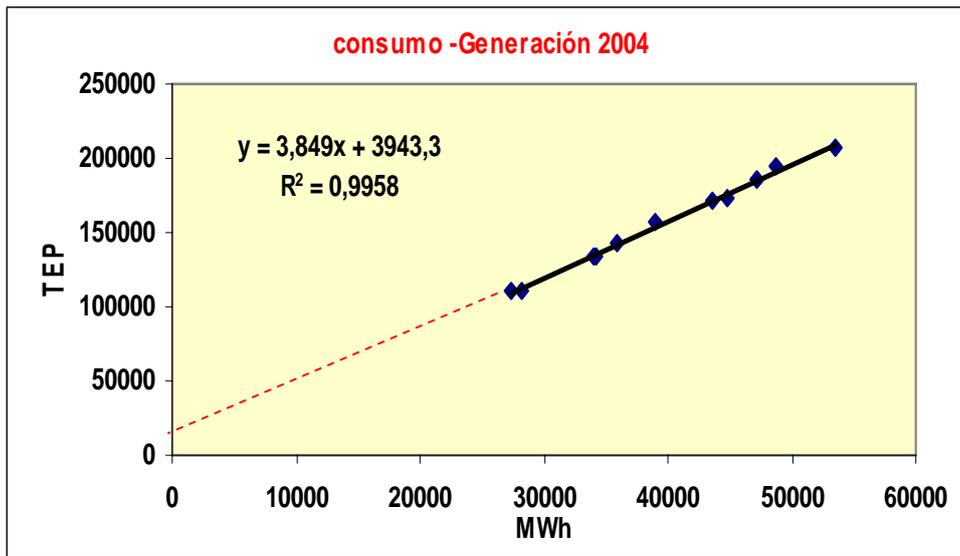


Grafico 3.14 Consumo en el año 2004.

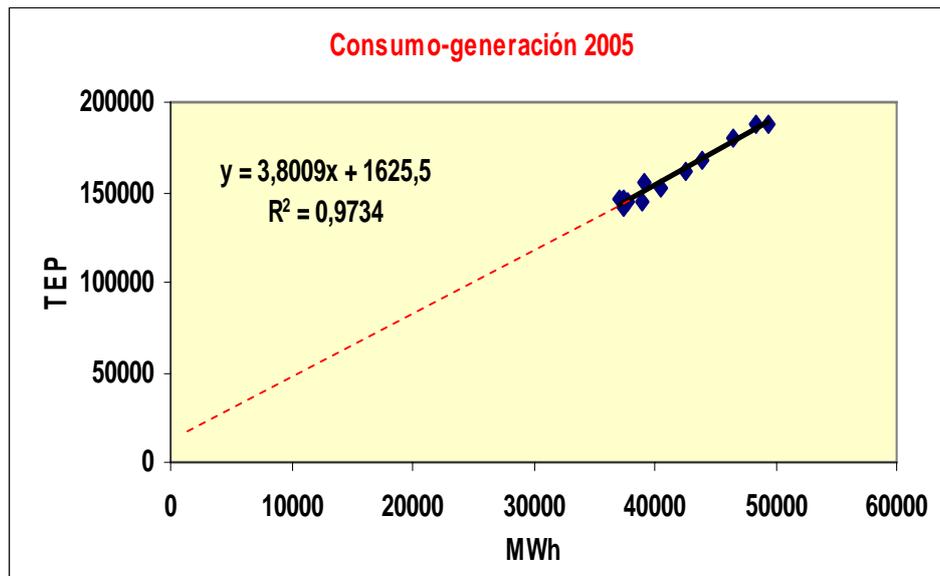


Grafico 3.15 Consumo en el año 2005.

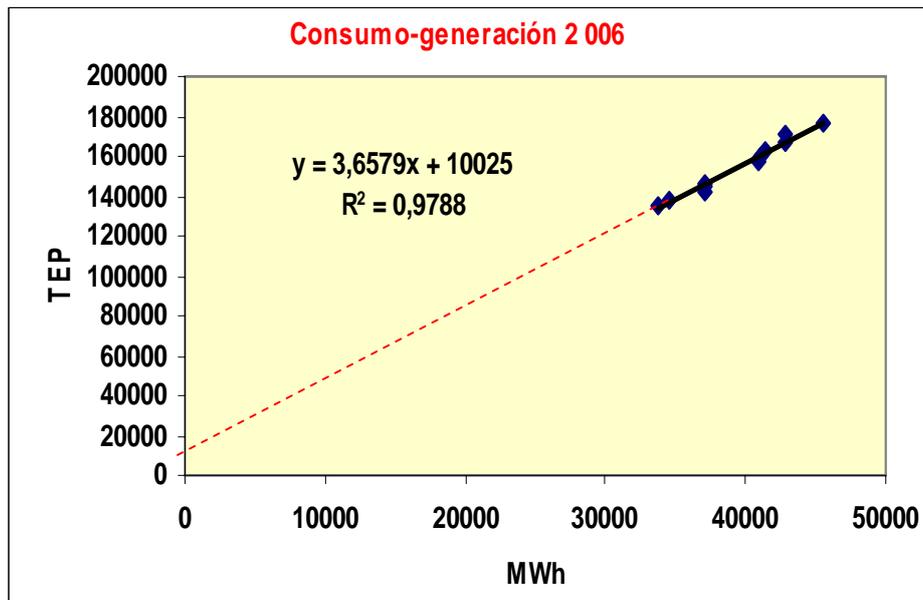


Gráfico 3.16 Consumo en el año 2006.

Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación – dispersión.

El gráfico de dispersión y correlación muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x, y si existe correlación entre dos elementos y en caso de que exista qué comportamiento tienen estos.

Para la empresa utilizar el diagrama de dispersión de la energía usada con respecto a la producción realizada revela importante información sobre el proceso.

En los gráficos 3.14, 3.15, 3.16 muestran las ecuaciones obtenidas y sus valores de correlación R^2 donde se observan en ellos que los grados de correlación es son excelentes pues tienen una R^2 mayor que 0.75, por lo que hay que tratar que se mantengan o sean superados.

Este tipo de gráfico muestra el valor de la energía no asociada a la producción entre las cuales podemos mencionar:

- Consumo durante el proceso de arranque de las unidades.

3.2.5 Gráficos de Índice de Consumo (Ic) vs Producción.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico de energía vs. producción (E vs. P) y la ecuación $E = mP + E_0$, con un nivel de correlación significativo ($R^2 > 0.75$)

Tabla 3.11: Comportamiento del Ic de referencia y Real para el año 2004.

Mes	MW/hrs	Ic Real	Prod	IC
Ene.	133916	3,87844607	50000	3,927866
Feb.	143372	3,87650398	100000	3,888433
Mar.	157936	3,87396771	110000	3,88484818
Abr.	110423	3,88471086	120000	3,88186083
May.	195278	3,86919326	130000	3,87933308
Jun.	185319	3,87169342	140000	3,87716643
Jul.	173764	3,87169342	150000	3,87528867
Ago.	207862	3,86797076	170000	3,87219588
Sep.	184970	3,87031859	180000	3,87090722
Oct.	171085	3,87204878	190000	3,86975421
Nov.	134340	3,87835313	200000	3,8687165
Dic.	110079	3,88482245	210000	3,86777762

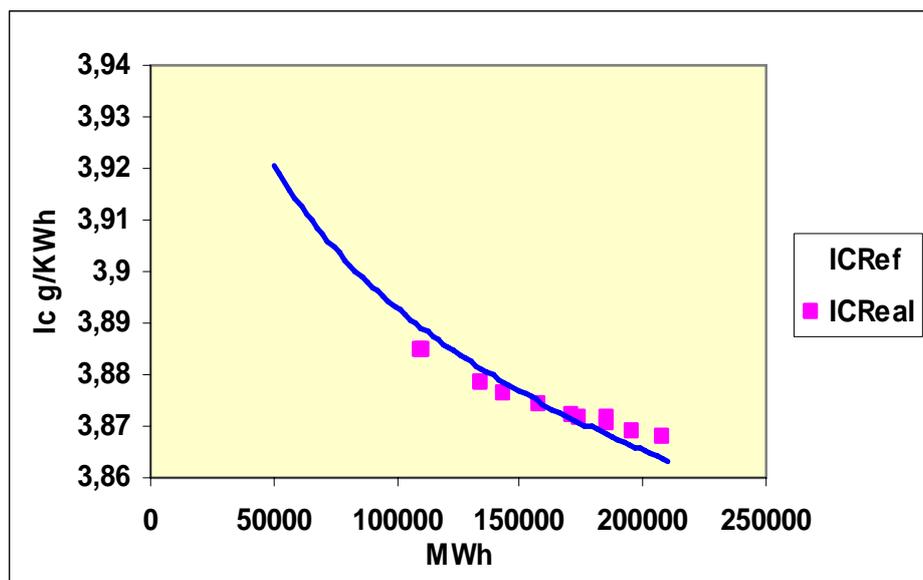


Gráfico 3.17 Análisis de comportamiento del Ic de referencia y Real para el año 2004.

Tabla 3.12: Comportamiento del Ic de referencia y Real para el año 2005.

Mes	MW/hrs	Ic Real	Prod	IC
Ene.	145539	3,81206883	60000	3,82799167

Feb.	145669	3,81205886	90000	3,81896111
Mar.	142304	3,81232273	100000	3,817155
Abr.	180013	3,8099299	110000	3,81567727
May.	188000	3,80954628	120000	3,81444583
Jun.	167735	3,81059088	130000	3,81340385
Jul.	152866	3,8115335	140000	3,81251071
Ago.	161563	3,81096109	150000	3,81173667
Sep.	187940	3,80954904	160000	3,81105938
Oct.	144881	3,81211955	170000	3,81046176
Nov.	144515	3,81214797	180000	3,80993056
Dic.	155696	3,81134022	190000	3,80945526

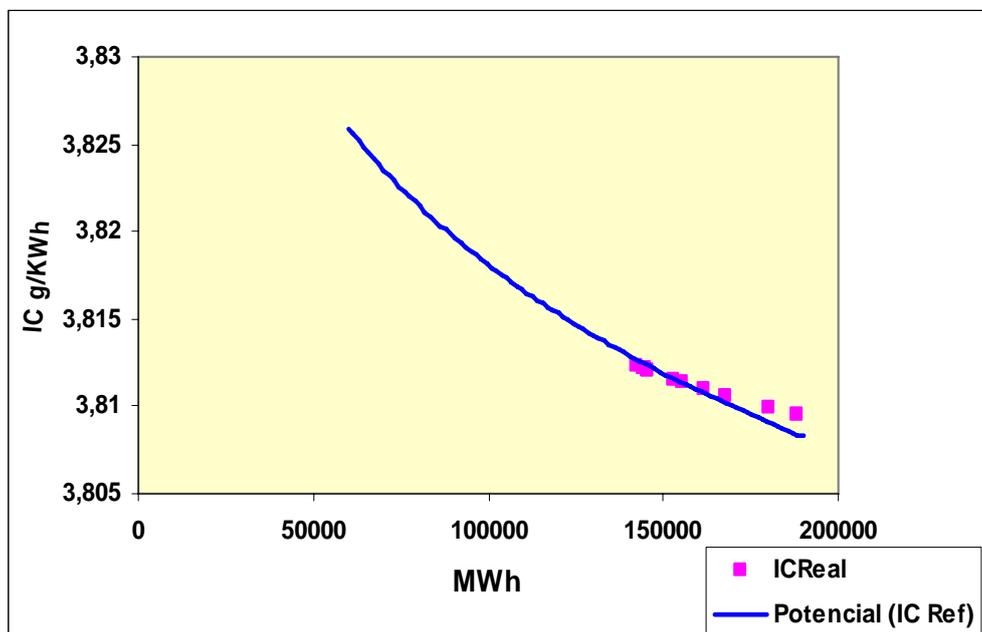


Gráfico 3.18 Análisis de comportamiento del Ic de referencia y Real para el año 2005.

Tabla 3.13: Comportamiento del Ic de referencia y Real para el año 2006.

Mes	MW/hrs	Ic Real	Prod	IC
Ene.	134727	3,73230973	60000	3,82498333
Feb.	137832	3,73063347	70000	3,80111429
Mar.	170765	3,71660641	80000	3,7832125

Abr.	163354	3,71926979	90000	3,76928889
May.	145422	3,7268373	100000	3,75815
Jun.	142718	3,72814342	110000	3,74903636
Jul.	175875	3,71490071	120000	3,74144167
Ago.	158095	3,72131124	130000	3,73501538
Sep.	166600	3,71807407	140000	3,72950714
Oct.	156765	3,72184922	150000	3,72473333
Nov.	160586	3,72032761	160000	3,72055625
Dic.	146120	3,72650799	180000	3,71359444

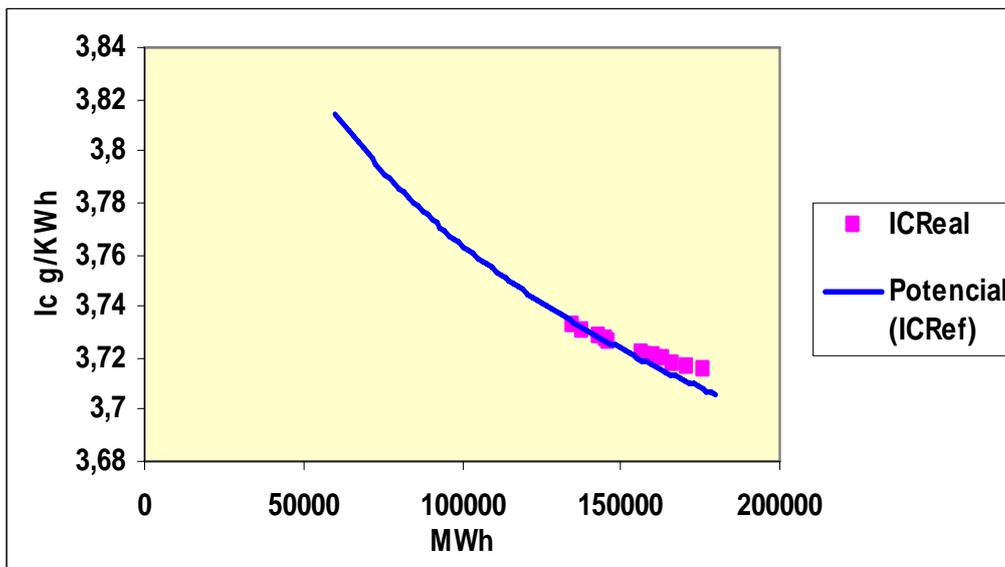


Gráfico 3.19 Análisis de comportamiento del Ic de referencia y Real para el año 2006.

Del análisis de los gráficos anteriores se puede deducir que la correlación de los índices de consumo es buena, es decir, el comportamiento del Índice de consumo ideal (Ic ideal) los puntos mantienen casi el mismo comportamiento que el Índice de consumo real (Ic real), lo que demuestra que se le da seguimiento a estos índices.

3.2.4 Gráficos de Control de energía y producción:

Tabla 3.14 Tabla de Control de Consumo de energía en el año 2004.

Mes	TEP	Media	Desviación	LCS	LCI
Ene.	33944,07	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Feb.	35934,36	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Mar.	39025,02	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83

Abr.	27310,19	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
May.	48729,63	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Jun.	47106,3	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Jul.	44743,17	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Ago.	53461,82	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Sep.	47224,3	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Oct.	43667,27	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Nov.	34240,39	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
Dic.	28123,72	40292,52	8444,69	48737,21	31847,83
	Media	40292,52	Desvia.	8444,69	
	LCS	48737,21	LCI	31847,83	

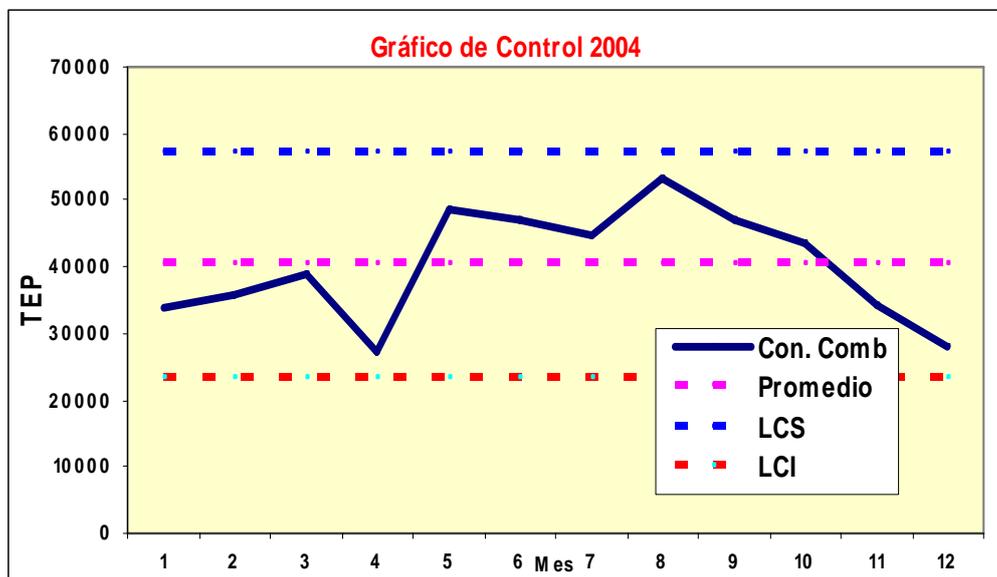


Gráfico 3.20 Consumo para el año 2004.

Tabla 3.15 Tabla de Control de Consumo de energía en el año 2005.

Mes	TEP	Media	Desviación	LCS	LCI
Ene.	37514,63	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Feb.	37018	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Mar.	37353,07	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Abr.	46463,36	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
May.	48370,68	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17

Jun.	44008,22	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Jul.	40517,54	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Ago.	42515,2	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Sep.	49439,15	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Oct.	38967,89	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Nov.	37762,65	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
Dic.	39217,25	41595,64	4490,47	46086,11	37105,17
	Media	41595,64	Desvia.	4490,47	
	LCS	46086,11	LCI	37105,17	

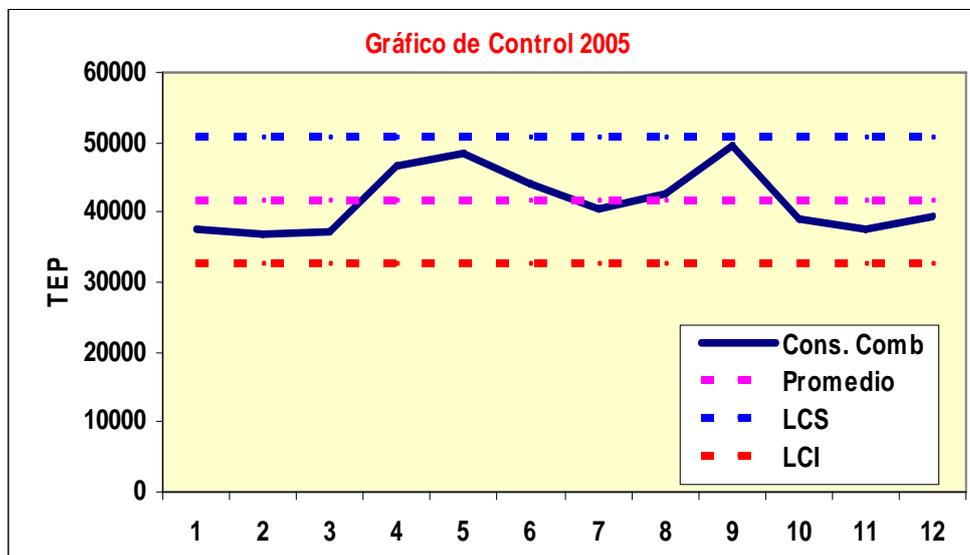


Gráfico 3.21 Consumo para el año 2005.

Tabla 3.16 Tabla de Control de Consumo de energía en el año 2006.

Mes	TEP	Media	Desviación	LCS	LCI
Ene.	33757,77	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Feb.	34594,82	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Mar.	42881	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Abr.	41403,52	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
May.	37066,48	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Jun.	37090,66	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Jul.	45529,54	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385

Ago.	40860,98	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Sep.	42886,55	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Oct.	40909,12	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Nov.	41120,25	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
Dic.	37180,95	39606,8033	3609,88244	46826,5682	32387,0385
	Media	39606,8033	Desvia.	3609,88244	
	LCS	46826,5682	LCI	32387,0385	

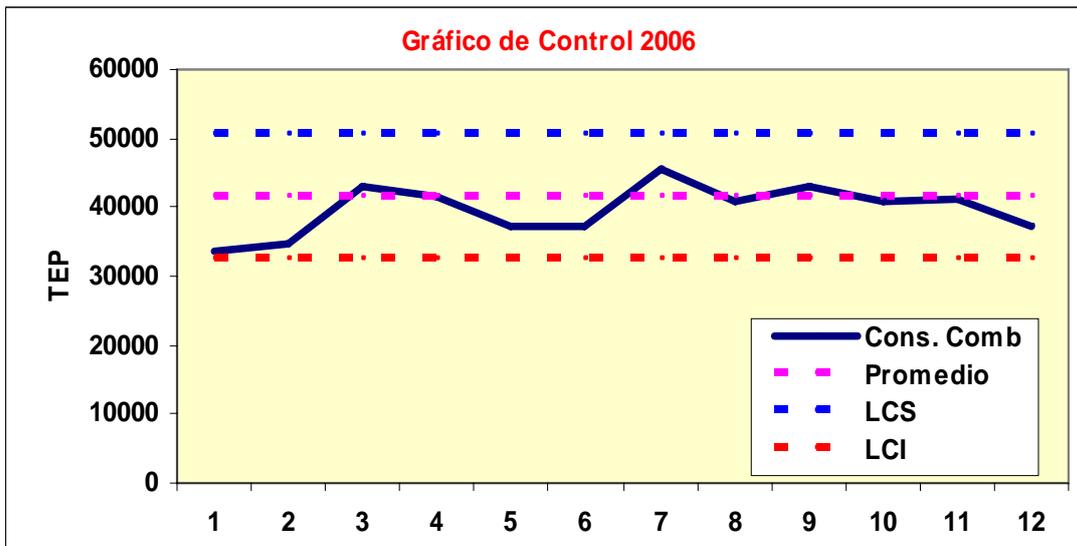


Gráfico 3.22 Consumo para el año 2006.

Tabla 3.17 Tabla de Control de Generación de energía en el año 2004.

Mes	MWh	Media	Desviación	LCS	LCI
Ene.	133916	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Feb.	143372	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Mar.	157936	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Abr.	110423	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
May.	195278	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Jun.	185319	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Jul.	173764	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Ago.	207862	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32

Sep.	184970	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Oct.	171085	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Nov.	134340	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
Dic.	110079	159028,67	32572,17	224173,01	93884,32
	Media	159028,667	Desvia.	32572,17	
	LCS	224173,01	LCI	93884,32	

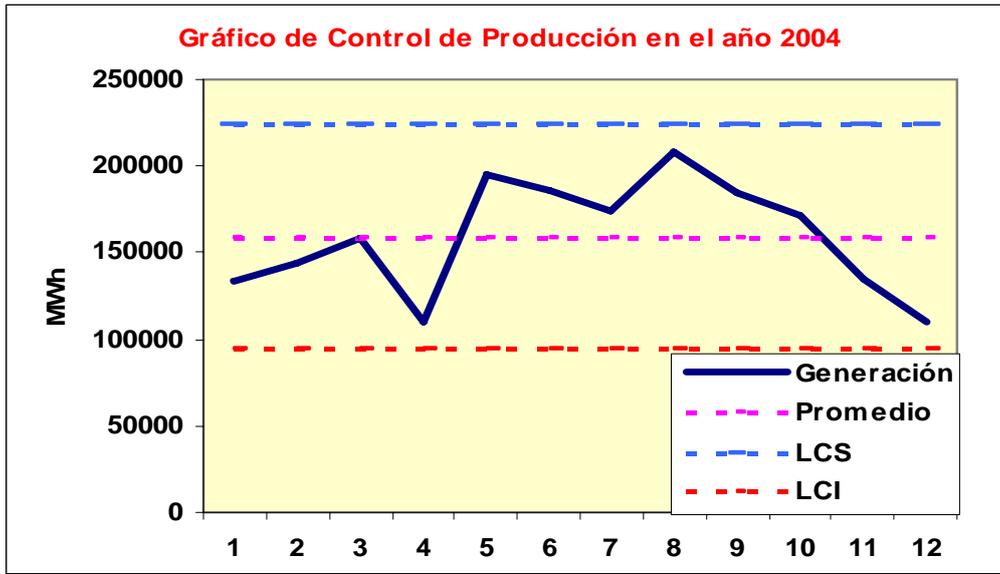


Gráfico 3.23 Generación para el año 2004.

Tabla 3.18 Tabla de Control de Generación de energía en el año 2005.

Mes	MWh	Media	Desviación	LCS	LCI
Ene.	145539	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Feb.	145669	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Mar.	142304	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Abr.	180013	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
May.	188000	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Jun.	167735	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Jul.	152866	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88

Ago.	161563	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Sep.	187940	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Oct.	144881	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Nov.	144515	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
Dic.	155696	159726,75	17299,44	194325,62	125127,88
	Media	159726,75	Desvia.	17299,44	
	LCS	194325,62	LCI	125127,88	

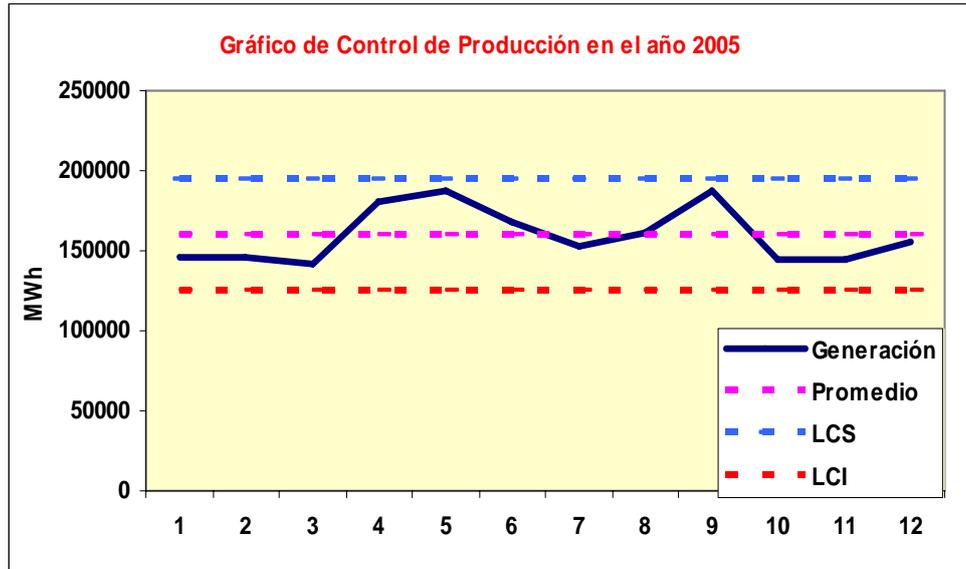


Gráfico 3.24 Generación para el año 2005.

Tabla 3.19 Tabla de Control de Generación de energía en el año 2006.

Mes	MWh	Media	Desviación	LCS	LCI
Ene.	134727	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Feb.	137832	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Mar.	170765	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Abr.	163354	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
May.	145422	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Jun.	142718	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Jul.	175875	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59

Ago.	158095	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Sep.	166600	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Oct.	156765	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Nov.	160586	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
Dic.	146120	154904,92	13347,16	181599,24	128210,59
	Media	154904,92	Desvia.	13347,16	
	LCS	181599,24	LCI	128210,59	

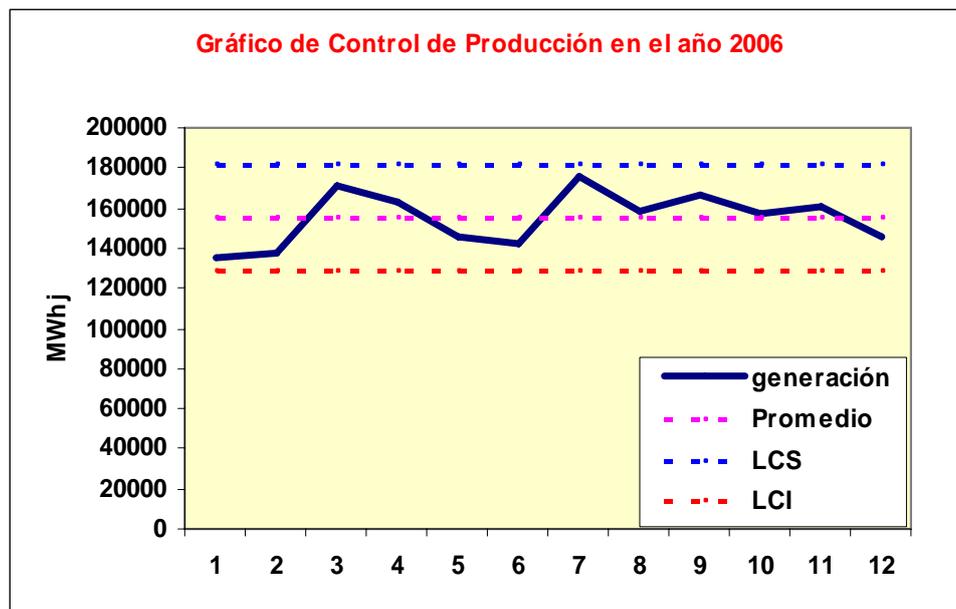


Gráfico 3.25 Generación para el año 2006.

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

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio M del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que se aleja de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estandar del valor medio..

Según la campana de Gauss las desviaciones superiores aceptables son tres veces la desviación estándar del valor medio o menos. En este caso se utilizó el valor límite de dos veces del valor de la desviación estándar del valor medio. Observamos que el consumo energético es positivo porque se mantiene dentro de los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI) al igual que en los gráficos de producción que se comporta de manera similar. Esto quiere decir que el 95.4 % como mínimo de los valores tomados en una desviación normal estan cerca o debajo del valor medio y la dispersión de valores son mínimos.

3.2.5 Determinación del CUSUM.

La ecuación que representa el año 2005 (véase gráfico 3.15) guarda la mejor la mejor correlación en comparación de las ecuaciones de los otros años analizados y se tomó como referencia para la realización de la gráfica de Tendencia de Sumas Acumulativas de consumo de energía.

Tabla 3.20 Datos para la determinación del CUSUM.

Período	Ea(2006)TEP	Pa(2006)MWh	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma acum
Ene.	33757,77	134727	513709,35	-479951,58	-479951,58
Feb.	34594,82	137832	525511,15	-490916,33	-970867,91
Mar.	42881	170765	650686,19	-607805,19	-1578673,10
Abr.	41403,52	163354	622517,72	-581114,20	-2159787,30
May.	37066,48	145422	554359,98	-517293,50	-2677080,80
Jun.	37090,66	142718	544082,35	-506991,69	-3184072,49
Jul.	45529,54	175875	670108,79	-624579,25	-3808651,73
Ago.	40860,98	158095	602528,79	-561667,81	-4370319,54
Sep.	42886,55	166600	634855,44	-591968,89	-4962288,43
Oct.	40909,12	156765	597473,59	-556564,47	-5518852,90
Nov.	41120,25	160586	611996,83	-570876,58	-6089729,48
Dic.	37180,95	146120	557013,01	-519832,06	-6609561,53

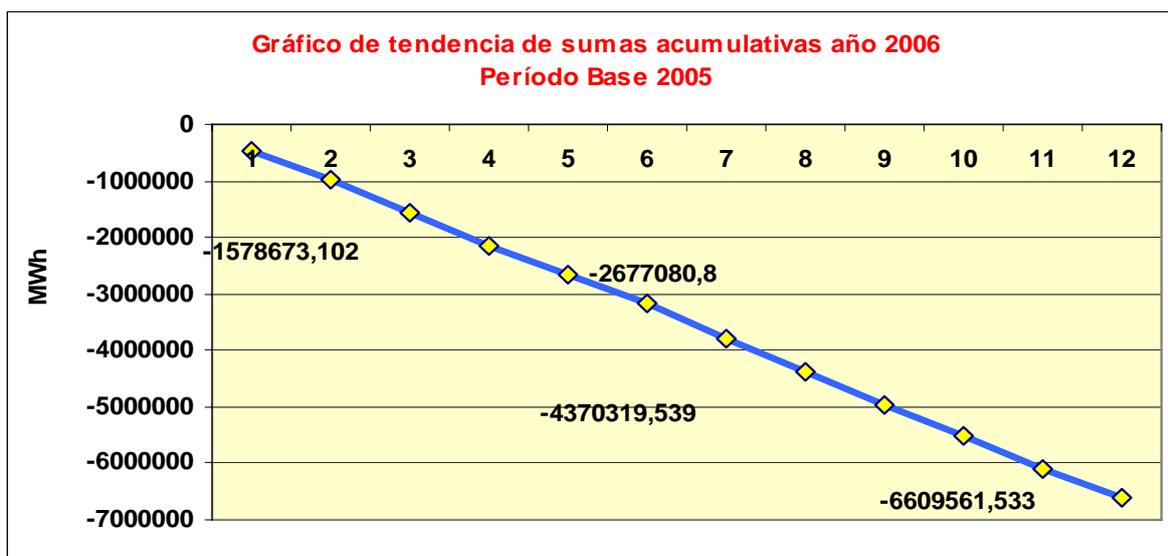


Gráfico 3.26 Comportamiento de las sumas acumulativas (CUSUM).

La figura 3.23 permite monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base dado. A partir de ella también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha sobreconsumido hasta el momento de su actualización.

Esta figura muestra que para el periodo de tiempo comprendido del año 2006 con respecto al mismo periodo en el año 2005 como período base, hubo una reducción de consumo energético, es decir, el comportamiento es favorable con respecto al año de referencia y la tendencia en sus consumos es decreciente, esto como consecuencia de la mejora y organización durante este año debido a mantenimientos ligeros y parciales realizados durante ese año.

3.3 Mejora y puesta a punto de un Sistema de Monitoreo y Control Energético (SMCE).

Corrida en Programa EXCEL.

Para que el personal de operaciones conozca el Consumo Específico Bruto por cada unidad generadora se crea un programa en EXCEL de Indicadores por Turnos de consumo de combustible y MW generado que consiste en brindar la información de forma diaria de generación, horas de operación, insumo, flujómetros de combustible en BTG(Sala de Control) y en caldera de forma local, estos datos son introducidos, de forma automática

calcula el Plan y el Real del Consumo específico Bruto, así como el factor de insumo de cada unidad y de forma general de ambas unidades, al final del mes se acumula por turnos y de esta forma se da a conocer el turno de menos consumo de combustible, así como el total general del mes, es aplicado desde el mes de abril del presente año.

Como este programa se realiza al finalizar las 24 horas de trabajo y el operador no conoce el resultado hasta el día posterior se instalaron flujómetros de petróleo automáticos en BTG y en la caldera donde se pueden medir el consumo de combustible por cada unidad según la carga y la curva normativa para poder ajustar los parámetros de forma inmediata según lo requiera el estado técnico de las unidades generadoras.

También para mejorar el sistema de monitoreo y control se instalaron metros contadores en diferentes áreas de la central que registran el consumo eléctrico en el horario de madrugada, día y pico, además para el seguimiento de los índices de consumo se crearon modelos para los puestos claves que fueron determinados con anterioridad (Bombas de agua alimentar, Ventiladores de tiro forzado y Sobreconsumo de los generadores de vapor) en cada modelo el operador toma lectura de diferentes puntos y se dan posibles causas que el operador puede comparar con la temperatura, carga, potencia, flujo normativo de los tres puntos clave (**Anexo 17**), facilitándoles a los operadores en la búsqueda de soluciones ante las diferencias de parámetros y poder actuar sobre ellos de forma inmediata escribiendo en las observaciones los análisis de cada turno .

Para minimizar estas posibles causas se creó un plan de acciones para los puestos claves que inciden en la electricidad y en los combustibles especificando la tarea a ejecutar así como el personal responsable y su fecha de cumplimiento, realizándose cada una de las tareas según los procedimientos, normas y programas existentes en la Central Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes.

3.3.1 Aplicación de la mejora a través de un estudio de caso.

A continuación se muestra el programa de Indicadores por turnos con datos reales, correspondientes a los indicadores que se analizan. La tabla que se presenta a continuación ilustra los resultados obtenidos en la aplicación del programa en el mes de Agosto del 2007 de las unidades 3 y 4, siendo introducidos solamente los valores de las primeras cinco (5) columnas.

CMC 3

Tolerancia	CEB	1,09
	Insumo	1,07

TURNO A

DÍA	GENERACIÓN	Horas	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
		operación		BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
1						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1026	8	0	257	2771	128,3	250,03	249,82	250,49	5,49	0,00
3	1057	8	0	264	2848	132,1	249,49	249,23	249,76	5,38	0,00
4	1025	8	0	257	2768	128,1	250,05	249,80	250,73	5,49	0,00
5	840	8	0	214	2305	105,0	254,10	253,82	254,76	6,30	0,00
6						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	991	8	0	249	2683	123,9	250,68	250,43	251,26	5,61	0,00
10	949	8	0	239	2578	118,6	251,52	251,28	251,84	5,78	0,00
11	922	8	0	233	2511	115,3	252,10	251,92	252,71	5,90	0,00
12						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1072	8	0	268	2885	134,0	249,24	248,94	250,00	5,33	0,00
15	1056	8	0	264	2845	132,0	249,51	249,21	250,00	5,38	0,00
16	1070	8	0	267	2881	133,8	249,27	249,06	249,53	5,33	0,00
17	1050	8	0	263	2830	131,3	249,61	249,31	250,48	5,40	0,00
18	1017	8	0	255	2748	127,1	250,19	249,94	250,74	5,52	0,00
19	1006	8	0	252	2721	125,8	250,39	250,19	250,50	5,56	0,00
20						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	1013	8	0	254	2738	126,6	250,26	250,01	250,74	5,53	0,00
22	1013	8	0	254	2738	126,6	250,26	250,01	250,74	5,53	0,00
23	1016	8	0	255	2746	127,0	250,21	250,00	250,98	5,52	0,00
24						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	1010	8	0	253	2731	126,3	250,32	250,12	250,50	5,54	0,00
27	997	8	0	250	2698	124,6	250,56	250,32	250,75	5,59	0,00
28	968	8	0	244	2626	121,0	251,13	250,93	252,07	5,70	0,00
29	1033	8	0	259	2788	129,1	249,90	249,65	250,73	5,46	0,00
30	1017	8	0	255	2748	127,1	250,19	249,94	250,74	5,52	0,00
31						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MES	21148	168	0	5306	57187	125,9	250,37	250,13	250,90	5,55	0,00

CMC 4

Tolerancia CEB	1,09
Insumo	1,07

TURNO A

DÍA	GENERACIÓN	Horas operación	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
				BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
1						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	977	8	56,6	270	2951	122,1	250,95	250,70	251,48	5,67	5,79
3	1025	8	58,2	282	3085	128,1	250,05	249,81	250,36	5,49	5,68
4	1013	8	58,8	279	3051	126,6	250,26	249,98	250,63	5,53	5,80
5	971	8	57,1	268	2934	121,4	251,07	250,80	251,16	5,69	5,88
6	1043	8	60,2	287	3135	130,4	249,73	249,48	250,40	5,43	5,77
7	951	8	56,9	263	2879	118,9	251,48	251,27	251,66	5,77	5,98
8						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	881	8	55,4	245	2684	110,1	253,05	252,86	253,06	6,09	6,29
10	951	8	57,2	263	2879	118,9	251,48	251,27	251,66	5,77	6,01
11	948	8	57,2	262	2870	118,5	251,54	251,28	251,50	5,79	6,03
12						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1002	8	58	276	3021	125,3	250,47	250,24	250,66	5,57	5,79
15	1086	8	60	298	3255	135,8	249,01	248,77	249,71	5,28	5,52
16	1075	8	59,7	295	3224	134,4	249,19	248,92	249,72	5,32	5,55
17	1041	8	59	286	3130	130,1	249,76	249,56	250,01	5,43	5,67
18	968	8	57,8	268	2925	121,0	251,13	250,80	251,94	5,70	5,97
19	1000	8	59,5	276	3016	125,0	250,51	250,33	251,16	5,58	5,95
20						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	965	8	58,7	267	2918	120,6	251,19	250,98	251,78	5,72	6,08
22	847	8	55,3	237	2589	105,9	253,91	253,70	254,63	6,26	6,53
23	503	8	42,2	149	1630	62,9	269,15	268,97	269,56	9,29	8,39
24						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	992	8	58,7	274	2993	124,0	250,66	250,42	251,35	5,61	5,92
27	962	8	57,9	266	2909	120,3	251,25	250,98	251,62	5,73	6,02
28	1053	8	60,5	289	3163	131,6	249,56	249,32	249,75	5,39	5,75
29	964	8	57,2	267	2915	120,5	251,21	250,98	252,04	5,72	5,93
30	1043	8	60,1	287	3135	130,4	249,73	249,48	250,40	5,43	5,76
31						0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MES	22261	184	1322,2	6154	67291	121,0	251,13	250,89	251,57	5,71	5,94

CMC 3 y 4
TURNO A

DÍA	GENERACIÓN	Horas	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
		operación		BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
1	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2003	16	56,6	527	5722	125,2	250,48	259,96	228,90	5,57	2,83
3	2082	16	58,2	546	5933	130,1	249,76	259,32	228,16	5,43	2,80
4	2038	16	58,8	536	5819	127,4	250,15	259,83	228,81	5,51	2,89
5	1811	16	57,1	482	5239	113,2	252,48	263,25	231,55	5,97	3,15
6	1043	8	60,2	287	3135	130,4	249,73	273,52	239,40	5,43	5,77
7	951	8	56,9	263	2879	118,9	251,48	275,49	240,60	5,77	5,98
8	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1872	16	55,4	494	5367	117,0	251,80	260,90	229,58	5,84	2,96
10	1900	16	57,2	502	5457	118,8	251,50	261,36	229,86	5,78	3,01
11	1870	16	57,2	495	5381	116,9	251,82	261,86	230,29	5,84	3,06
12	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	2074	16	58	544	5906	129,6	249,83	259,14	228,20	5,45	2,80
15	2142	16	60	562	6100	133,9	249,26	259,15	228,26	5,33	2,80
16	2145	16	59,7	562	6105	134,1	249,23	259,00	227,94	5,33	2,78
17	2091	16	59	549	5960	130,7	249,68	259,38	228,42	5,42	2,82
18	1985	16	57,8	523	5673	124,1	250,65	260,07	229,22	5,61	2,91
19	2006	16	59,5	528	5737	125,4	250,45	260,25	228,99	5,57	2,97
20	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	1978	16	58,7	521	5656	123,6	250,72	260,21	229,16	5,62	2,97
22	1860	16	55,3	491	5327	116,3	251,93	260,62	229,66	5,86	2,97
23	1519	16	42,2	404	4376	94,9	256,48	262,16	231,39	6,77	2,78
24	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	2002	16	58,7	527	5724	125,1	250,49	260,18	229,02	5,58	2,93
27	1959	16	57,9	516	5607	122,4	250,90	260,46	229,16	5,66	2,96
28	2021	16	60,5	533	5789	126,3	250,31	260,66	229,45	5,54	2,99
29	1997	16	57,2	526	5703	124,8	250,53	259,88	229,15	5,59	2,86
30	2060	16	60,1	542	5883	128,8	249,96	259,88	228,90	5,47	2,92
31	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MES	43409	352	1322,2	11460	124478	123,3	250,76	250,52	251,24	5,63	3,05

Turno A

Acumulado mes hasta 23/08/2007

Anexo No 16

GENERACIÓN	Horas	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
	operación		BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real

3	21148	168	0	5306	57187	125,9	250,37	250,13	250,90	5,55	0,00
4	22261	184	1322,2	6154	67291	121,0	251,13	250,89	251,57	5,71	5,94
3y											
4	43409	352	1322,2	11460	124478	123,3	250,76	250,52	251,24	5,63	3,05
								-0,24			-2,59

Turno B Acumulado mes hasta 23/08/2007

	GENERACIÓN	Horas operación	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
				BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
3	20331	160	0	5098	54940	127,1	250,20	249,96	250,75	5,52	0,00
4	20143	176	1229,7	5592	61156	114,4	252,25	252,00	252,63	5,93	6,10
3y											
4	40474	336	1229,7	10690	116096	120,5	251,22	250,97	251,69	5,72	3,04
								-0,24			-2,68

Turno C Acumulado mes hasta 23/08/2007

	GENERACIÓN	Horas operación	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
				BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
3	20252	168	0	5098	54945	120,5	251,20	250,96	251,73	5,72	0,00
4	20828	176	1224,1	5768	63067	118,3	251,57	251,32	252,01	5,79	5,88
3y											
4	41080	344	1224,1	10866	118012	119,4	251,39	251,14	251,87	5,76	2,98
								-0,24			-2,78

Turno D Acumulado mes hasta 23/08/2007

	GENERACIÓN	Horas operación	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
				BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
3	20556	160	0	5148	55502	128,5	250,00	249,75	250,44	5,48	0,00
4	22681	192	1352,4	6284	68689	118,1	251,60	251,36	252,12	5,80	5,96
3y											
4	43237	352	1352,4	11432	124191	122,8	250,84	250,60	251,32	5,65	3,13
								-0,24			-2,52

Todos los turnos Acumulado mes hasta 23/08/2007

	GENERACIÓN	Horas operación	INSUMO	FLUJOMETRO COMBUSTIBLE		CARGA PROMEDIO	Cons. Esp. Bruto			FACTOR INSUMO	
				BTG	CALDERA		Plan	Real Cald.	Real BTG	Plan	Real
3	82287	656	0	20650	222574	125,4	250,44	250,20	250,95	5,57	0,00
4	85913	728	5128,4	23798	260203	118,0	251,62	251,38	252,07	5,80	5,97
3y											
4	168200	1384	5128,4	44448	482777	121,5	251,04	250,80	251,52	5,69	3,05
								-0,24			-2,64

A modo de conclusión se obtienen los resultados de la carga promedio, el Consumo Específico Bruto y el Factor de insumo de cada unidad, así como el total de la unidades por cada turno y el acumulado del mes siendo conocido por los operadores, cuestión esta desconocida para ellos anteriormente.

3.4 Conclusiones parciales:

1. El comportamiento histórico de la generación en la central es estable aumentando en producción a partir de 1977 por la entrada en servicio de las unidades de 158 MW.
2. Los bloques de 158 MW son los mayores consumidores de crudo 650 y fuel, y en electricidad el insumo de las unidades y el transformador de reserva de arranque de

las unidades 3 y 4 (T-14), además se determina como puestos claves: los Ventiladores de tiro Forzado (VTF), Bombas de Agua de alimentar (BAA) y Bombas de Circulación (BC) así como los trabajadores asociados a estos puestos y los índices de consumo específico de cada equipo definiéndose un plan de medidas para el ahorro de energía en cada uno de ellos.

3. El gráfico que representa la energía con relación a la producción tiene un comportamiento normal observándose que el mejor período es el año 2005 con un índice de energía no asociada de 1 625,5 TEP.
4. En los gráficos de Índice de consumo se observa que los valores tienen un comportamiento similar a los de referencia.
5. En los gráficos de control el consumo de energía y la producción se encuentran dentro del rango permisible en los períodos analizados (2004-2006).
6. El gráfico de sumas acumulativas se observa un comportamiento favorable con respecto al año de referencia, es notable además la forma decreciente.
7. La inclusión de un nuevo programa en EXCEL en el Sistema de Monitoreo y Control permite determinar el Consumo Específico Bruto de cada bloque y turno de trabajo que hasta el momento no era contemplado en el sistema que se aplicaba.

Conclusiones

1. La crisis mundial del petróleo originada por los precios más elevados cada día ha desatado una compleja situación energética y por tanto buscar alternativas para enfrentarlos.
2. La crisis energética que presentó Cuba provocó que la capacidad de generación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) disminuyera en el período 2002-2004 de 3 900 MW a 1 200 MW en el año 2005; y la demanda energética se redujera de 2 500 MW el año 1989 a 950 MW en el año 2005. Al cierre del año 2006 el SEN tenía una capacidad de generación instalada de 4 300 MW y a finales de junio del presente año alcanzó 4 700 MW.
3. En la región, los países considerados exportadores netos de petróleo son: México, Colombia y Venezuela, este último es el quinto exportador mundial con una reserva de este combustible para 250 años. Es el protagonista además, del ALBA como contrapartida del ALCA, con el objetivo de cooperar energéticamente con los países de América Latina, en los que se aplican programas de ahorro de energía eléctrica. Es significativa la revolución Energética que se desarrolla en Cuba.
4. En la generación de electricidad el mejor período en la central es el año 2005 al alcanzar un índice de energía no asociada de 1 625,5 TEP. El índice de consumo real se comporta de forma similar a los tomados como referencia.
5. El consumo de energía con relación a la producción tiene un nivel de correlación bueno, en el gráfico de control se observa que todos los parámetros se encuentran bajo control y en las sumas acumulativas muestran un comportamiento favorable con relación al año de referencia, significando el consumo decreciente.
6. El Sistema de Monitoreo y Control que se aplicaba no informaba el Consumo Específico Bruto de cada unidad generadora, los datos que se obtenían eran globalizados. Como parte de la mejora del Sistema se incluye un Programa en EXCEL que da a conocer el comportamiento de este indicador de forma independiente por cada unidad.

Recomendaciones

1. Continuar perfeccionando los programas de control energético hasta obtener los menores consumos posibles de estos portadores que de una forma rápida y en tiempo real ofrece todos los consumos y deficiencias en las unidades generadoras con sus posibles respuestas de mejora, facilitándole al operador el accionar sobre ellos.
2. En trabajos posteriores rediseñar el programa de control de agua de uso tecnológico que permita elevar el nivel de gestión para evaluar eficientemente el estado de ésta.
3. Llevar a cabo, como está proyectado, la modernización de la Unidad No 4 y seguidamente aplicarla a la unidad No 3 por la significación que tendrá al ahorro de energía al contar con una tecnología más avanzada.

Bibliografía

- Agencia de Información Nacional. Mar22cm02electricidad. Tomado de:
WWW.ain.cubaweb.cu/mar22cm02electricidad.htm. 10 de Noviembre del 2001.
- Agencia Internacional de la Energía. Panorama de la Inversión Mundial de la Energía/ AIE.- - INSIGHTS, 2003.
- Alternativa Bolivariana para América Latina. Tomado de:
www.alternativabolivariana.org/modules.php.2004. Octubre del 2006
- Aspectos básicos del factor de potencia orientados al ahorro de energía eléctrica. FIDE_(México) 68, (27): 12-13, Abril de 1992
- Bale, A, M. Cómo se elabora el proyecto de investigación / A.M. Bale.- - Caracas: Editorial BL a Consultores Asociados, 2001.- - 256p.
- Borroto Nordelo, A. Gestión Energética Empresarial/Anibal Borroto Nordelo...[et.al].- - Cienfuegos: CEEMA Universidad Carlos Rafael Rodríguez, 2001.- - 98p.
- Borroto Nordelo, A. Ahorro de energía en sistemas termomecánicos/Aníbal Borroto Nordelo. - - Cienfuegos, 2002. - - 158 p.
- Bronstein Víctor; La Crisis Energética y nuestro futuro/Victor Bronstein. - - El País (España). 27 de Febrero de 2006.p.10.
- Castro Ruz, Fidel. Culminación de los grupos electrógenos. Editorial Ciencias Sociales, 2006. - - 30p.
- Discurso pronunciado por motivo de la culminación del montaje de los grupos electrógenos Pinar del Río, 17 de Enero del 2006.
- Cereijo, Manuel. Crisis de energía eléctrica. Tomado de:
<http://www.amigospaís-guaracabuya.org/oagmc236.php>. 11 de Noviembre del 2001.
- Comisión nacional para el ahorro de energía en México. [en línea]. Tomado de:
www.conae.gov.mx. 5 de Septiembre del 2005.

- Coben, L. Métodos de Investigación educativa/L. Coben. - Madrid: La Muralla, 1990. - 502p.
- Cuba. Ministerio de la Industria Básica. Programa de desarrollo de la industria eléctrica MINBAS.- La Habana: MINBAS, 2000.- -15p.
- Cumbre Energética Suramericana, un encuentro que busca luchar contra la pobreza y las asimetrías. Tomado de:
<http://WWWtelesurtv.net/secciones/noticias/nota/index.php?ckl=9905>.Junio del 2 007.
- Cuba. Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Sistema Internacional de unidades/ Universidad Carlos Rafael Rodríguez.- Cienfuegos: Departamento ICT, 1988.- - 137p.
- Crisis Energética Mundial. Colegio Universitario Patagónico, Patagónico Rivadería. Tomado de: www.econoticias.com. 15 de Junio de 2006.
- Diagnóstico de la economía energética nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía/ A. García... [et.al.] INIE, 2000.
- Ecuador. Organización Latinoamericana de la Energía. Sistema de Información Económico-Energética/OLADE.- Quito [s.n.], 2000... [s.p.].Energía y Minería. Tomado de:
www.cubaeconomica.com/numero77/esp/eneymine.htm. 3 de Febrero del 2 002.
(Revista electrónica)
- Eficiencia Energética: una necesidad en el entorno complejo. Ingeniería Química (España), (419): 148-141, Mayo de 2 005.
- Energía: El 2 000 supo a petróleo. Bohemia (La Habana), (7): 82 p, 12 de Enero del 2001.
- Escobar Palacios, José C. Análisis estacional del comportamiento energético del Hotel Jagua /José C. Escobar Palacios; margarita Lapido, José Monteagudo Yánes, tutores.-Tesis en Opción al grado de Master en Ciencias Técnicas. Universidad "Carlos Rafael Rodríguez (Cienfuegos), 2004.- - 103 h.
- Energy Information Administration (EIA), Intenational Energy Annual 2002, DOE/EIA-0219(2002)(Washington, DC, March 2004). Tomado de: www.eia.doe.gov/iea/. 11 de Mayo de 2006.
- Enfrentar los excesos con renovada energía: Buscar soluciones.[en línea]. Tomado de: www.consumerinternational.org/. 12 de Octubre de 2006.

- Energía y minería. Tomado de:
www.cubaeconomica.com/numero77/esp/eneymine.htm. 9 de Octubre del 2006.
- El futuro de la Generación Eléctrica en España. Energía (España), (169): 15-17, Marzo del 2006.
- El mercado mundial del petróleo. Tomado de:
cipres.cec.uchile.cl/~jrybertt/t2/Pagina3.html 10 de Agosto del 2006.
- Especialistas en perforación de pozos. Tomado de: www.petrocaribe.com. 3 de Marzo del 2007.
- Faires, Virgil Moring. Termodinámica/ Virgil Moring Faires, Clifford Max Simmang. - - . 6a.ed- - México: UTEHA, 1982. 668p.
- Fernández Nayz, A. La diplomacia se dirigió a la región. El Universal (Caracas), 7 de de Febrero del 2005. p7.
- Flavia Rosembuj. El cambio climático. La creación de un mercado de derechos de emisiones de CO₂ en Energía, Protección y Sostenibilidad. Ingeniería Sin Fronteras. 2006.
- García, Adriano. La concepción estratégica de las transformaciones en la economía energética/Adriano García: INIE, 1997.
- Generación distribuida. Tomado de:
www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1917_generacion_distribucion. 11 de Noviembre del 2006.
- Hernández, S. R. Metodología de la Investigación / S. R. Hernández. – México: Mc Graw, 1995. – 385 p.
- Honty, G. Escenarios Energéticos para el MERCOSUR/G. Honnty.- - Montevideo: Editorial Coscoroba.- - Montevideo, 2005.- - 213p.
- Informe Estadístico. Tomado de: www.eclac.cl/estadistica. CEPAL: Comisión Económica para América Latina. Enero del 2004.
- Inter Press Service. Latinoamérica lista para a negociación del ALCA. El Globo (Caracas). 31de Enero del 2002.
- José Gomderberg. The Case For Renewable Energies. Thematic Background Paper TPO1. International Conference on Renewable Energies Bom, February 2004.
<http://www.renewables2004.de/pdf/fbp/TBPO1-rationale.pdf>.
- León Rodríguez, Mary. Del dicho a hecho para la conformación de la Zona de Libre

Comercio energético. Petrovisión (Caracas) II, (15): 5-6, Enero del 2 000.

- Lluís Batet . Análisis de las perspectivas energéticas mundiales para el próximo cuarto de Siglo, en Energía, Participación y Sostenibilidad. Ingeniería Sin Fronteras.2004.
- Material de estudio: La Revolución Energética en Cuba. Consejo de Estado. Marzo-abril del 2 006. 6p.
- México. Comisión Económica para América Latina. La economía cubana: reformas estructurales y desempeño en los noventa/CEPAL.- - México: ASDI,2 000.- - 26p.
- México. Fideicomiso de ahorro de electricidad. Experiencias en proyectos de ahorro de energía eléctrica en el área de comercios y servicios. /FIDE. - - México: 1 998. - - 15p.
- Tercer Mundo Económico-Integración Energética en el MERCOSUR. Tomado de: www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo. 12 de Noviembre del 2006.
- Militarización y hegemonía. Tomado de: <http://WWW.visionesalternativas.com/militarizacion/articulos/alca/6.htm>. Octubre del 2004.
- Monteagudo Yanes, José P. La “producción equivalente”. un método para elevar la efectividad de los índices energéticos/José P. Monteagudo Yanes, Anibal Borroto Nordelo. - -CEEMA Universidad Carlos Rafael Rodríguez.
- Musa, Arnaldo. Petróleo sigue batiendo record. Granma (La Habana). 21 de Septiembre del 2007.p1.
- Nocado de León, I. Metodología de al Investigación educacional / I. Nocado de León. – –La Habana: Pueblo y Educación, 2001. – – 192 p.
- Organización Latinoamericana de Energía. OLADE. Informe Energético: Aspectos Relevantes en el 2000 .Tomado de: WWW.olade.org.ec/InformeEnergetico/InformeEnergetico02b.htm. 5 de octubre del 2001.
- Organización Latinoamericana de Energía. OLADE - Informe Energético - Aspectos económicos, regulatorios y de política energética. Tomado de: www.olade.org.ec/Informe_Energético/ Informeenergetico05.htm. 5 de Octubre del 2006
- Pacheco Gamboa, Raúl F. Sistema de Gestión y agua para la Universidad de Granma

/Raúl F. Pacheco Gamboa; José Monteagudo Yánes, Aníbal Borroto Nordelo, Margarita Lapido Rodríguez , tutores.- - Tesis en Opción al grado de Master en Ciencias Técnicas.Universidad “Carlos Rafael Rodríguez (Cienfuegos),2006.--127 h

- Partido Comunista de Cuba. Congreso 1. La Habana, 1975. Tesis y Resoluciones/ PCC. - - La Habana: Dpto. de Orientación Revolucionaria, 1976. - - 326p.
- Partido Comunista de Cuba. Congreso 2. La Habana: 1 981. Resoluciones aprobadas por el II Congreso Comunista de Cuba/ PCC.- - La Habana: Editora Política, 1 981. 184p.
- Partido Comunista de Cuba. Congreso 3. La Habana: Editora Política, 1986. - - 136p.
- Petróleo y gas en América Latina: un análisis político de relaciones internacionales a partir de la política venezolana. Tomado de: www.cepal.com. Abril del 2006.
- Reformas en el sector de la energía en América Latina y el Caribe. II Parte, 5, (4): 15-16, Octubre-Diciembre del 2005.
- Relaciones entre las reservas y Producción de petróleo en el mundo. Evolución. Tomado de: <http://www.foronuclear.org>. 9 de Octubre de 2006.
- Somoza Cabrera, J. Reformas en el sector de la energía en América Latina y el Caribe. I Parte, 4, (3): 21-22, Julio–Septiembre del 2005.
- Tercer Mundo Económico-Integración energética en el Mercosur. Tomado de: www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo.11 de Octubre de 2006.
- Urrutia Torres, L. de. Metodología, métodos y técnicas de la Investigación Social / L. de Urrutia Torres. – – La Habana: Félix Varela, 2003. – – 234 p.
- Viego Felipe, P. Temas especiales de sistemas eléctricos industriales/Percy Viego Felipe...[et.al].- - Cienfuegos: CEEMA Universidad Carlos Rafael Rodríguez, 2006. - - 129p.
- Valdés Paz, Manuel. Construcción del Parque eólico en la provincia de Holguín.Trabajadores (La Habana). 24 de septiembre de 2007.p2.
- Zononi, Carlos R. Excelencia en la Gestión. Análisis de Coyuntura (Caracas) V, (1): 255-266, Enero-Julio del 2 003.