

**República de Cuba.**



Facultad de Ingeniería Industrial

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Título: Aplicación de la gestión total y eficiente de la energía en la industria azucarera Antonio Sánchez.**

**AUTOR: Téc. Alexis Meneses Chacón.**

**TUTOR: Ing. Amado Cárdenas Mar cayda**

## **PENSAMIENTO**

**“...LA COMPETENCIA ECONÓMICA Y COMERCIAL, LA COMPETENCIA EN LA LUCHA POR EL ASEGURAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS, LA ENERGÍA Y LOS RECURSOS NATURALES, ES MÁS AGUDA ENTRE LOS QUE QUIEREN TENER TODO...”<sup>1</sup>**

**FIDEL CASTRO RUZ.**

**30 DE MARZO 2005.**

---

<sup>1</sup> CASTRO RUS FIDEL.conferencia mundial, dialogo de civilizaciones America latina en el siglo XXI.

**AGRADECIMIENTOS.**

Especialmente a la revolución y a nuestro sistema superior de educación que me ha permitido hacer realidad mis sueños de disfrutar de la educación superior.

**DEDICATORIA.**

A todos los que han contribuido y hecho posible mi sueño de convertirme en un profesional, a todos mis profesores y compañeros que me han ayudado durante mis estudios superiores y que me alentaron en todo momento a seguir adelante con la esperanza de que les pueda ser útil.

### **Resumen.**

En este trabajo se presentarán los principios, herramientas y procedimientos para la implantación de la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía en la fábrica de azúcar de Antonio Sánchez. En el desarrollo se tendrán en cuenta los diferentes procedimientos de la prueba de necesidad.

Por las razones anteriores, se hace necesario lograr en forma creciente la utilización de técnicas de administración de energía con vistas a impulsar el uso eficiente de los portadores energéticos.

Sin embargo, las áreas de la industria, con sus actuales sistemas de administración y control de la energía, presentan un conjunto de insuficiencias que no permiten lograr un uso eficiente de la misma, ni reducir los costos energéticos mediante la creación en ellas de capacidades técnico-organizativas.

Por tal motivo, la puesta en funcionamiento de un sistema de gestión de energía en las principales áreas de la industria, basado en la filosofía del mejoramiento continuo, debe propiciar un uso más eficiente de los portadores energéticos y elaborar tomas de decisiones energéticas de menor costo, menor consumo energético.

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>DESARROLLO. ....</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO I: ANALISIS DE LA LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
1.1 Situación energética mundial y en Cuba.....	5
1.2: Situación de la Energía en Cuba. ....	17
1.3 Situaron actual y perspectivas de la energía en la industria azucarera.....	20
1.2.1 Etapas en la implementación de un sistema de Gestión Energética. ....	24
<b>CAPÍTULO II. Caracterización energética de la fábrica de azúcar de Antonio Sánchez</b>	<b>26</b>
<b>2. Generalidades</b> .....	<b>26</b>
2.1 Impacto de los energéticos en el presupuesto de la industria. ....	28
2.2 Estructura de consumo de portadores energéticos. ....	31
2.2.1 Relación de los equipos que consumen más del 80% de la energía eléctrica dentro de la fábrica. ....	37
2.3 Puestos Claves estratificados por Portadores.....	39
2.3.1- Consumo de energía con respecto al portador Bagazo. ....	39
2.3.2 Identificación de los puestos claves del centro que inciden en el consumo de energía eléctrica.....	40
2.3.3 Identificación de los índices de consumo e instrumentos de medición necesarios para los puestos claves.....	40
2.3.4 Identificación del personal que incide en la eficiencia energética por puestos claves.....	41
2.3.5 Problemas que influyen en la producción y consumo de energía eléctrica..	42
2.4 Estructura de costos por portador en la fábrica de azúcar E.A Sánchez .....	43
2.5 Índices de eficiencia energética. Características de los métodos de administración energética en la entidad. ....	45
<b>Capitulo III .Aplicación de las herramientas de las TGTEE en la industria azucarera de Antonio Sánchez. ....</b>	<b>52</b>
3.1 Herramientas básicas para el control de la eficiencia energética .....	52
3.1.1 Utilidad de los Diagramas energía vs. Producción (E vs. P) .....	52
3.2 Comportamiento del consumo de bagazo y la generación. ....	58
3.2 Gráficos de control de energía vs. producción.....	63
3.3 Propuesta del sistema de monitoreo y control. ....	69
3.3.1 Control diario de los consumos de energía eléctrica y demás energéticos.	69

3.3.2 Propuesta de proyectos de ahorro de bagazo. ....	70
3.3.3 Propuestas de medidas para el ahorro de energía eléctrica. ....	71
3.4 Propuesta de proyectos de mejora en el área de planta moledora. ....	71
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

---

---

## **INTRODUCCIÓN.**

La energía, en cualquiera de sus manifestaciones es absolutamente necesaria para la vida, pues sin ella, no sería posible acceder y lograr los avances que mejoran la calidad de vida de las personas, pues está estrechamente vinculada al desarrollo tecnológico. Resulta difícil imaginar cualquier actividad industrial moderna usando únicamente fuentes de energía primarias.

La obtención de energía suficiente y de fácil acceso es fundamental para erradicar la pobreza, mejorar el bienestar humano y elevar el nivel de vida en todo el mundo; el consumo de energía ha sido valorado como un índice del progreso económico y social de los países. Por eso, durante mucho tiempo, las consecuencias ambientales de los patrones de consumo de energía, fueron dejadas a un lado. Sin embargo, en la actualidad el problema energético adquiere una importancia primordial, tanto en la satisfacción de la progresiva demanda global, como en lo referente al impacto ambiental del presente sistema energético.

Buscar una salida al problema energético mundial, constituye hoy un reto para la sociedad. La solución a mediano plazo está centrada en el aprovechamiento a gran escala de las fuentes renovables de energía. Aunque existen soluciones a corto plazo menos costosas como es el uso racional, suficiente y eficiente de los recursos energéticos disponibles.

Intentos por desarrollar otras opciones de abastecimiento y generación de las fuentes de energía, se han visto reforzados por las presiones generadas durante las crisis energética.

La relaciones existente entre la energía y el medio ambiente en un contexto de igualdad y justicia social no solo para la sociedad actual y futura, lo cual ha generado nuevos caminos en el manejo y aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y energéticos en un rumbo preventivo que contribuya a lograr mayor eficiencia en la producción con el objetivo de alcanzar sostenibilidad y equitatividad en el crecimiento económico.

Hasta el momento, la problemática en la eficiencia energética se ha visto afectada, en cuanto a la realización de diagnósticos energéticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas, y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro, para la conservación de la energía.

---

Por las razones anteriores, se hace necesario lograr en forma creciente la utilización de técnicas de administración de energía con vistas a impulsar el uso eficiente de los portadores energéticos, en desarrollo unido con el medio ambiente.

En Cuba, a partir del período especial, se ha originado un fructífero camino de educación, solidaridad energética y protección del medio ambiente. En todos estos años, se ha desarrollado un programa de conservación de energía que abarca todas las esferas de la sociedad y que demanda de todos una conducta más solidaria respecto al uso de la misma.

El presente programa energético cubano se basa fundamentalmente en el incremento de la eficiencia y el desarrollo de las fuentes alternativas de energía, dentro de las que tienen un peso revelador las renovables.

En el futuro, las empresas de éxito serán aquellas que lleven a cabo de forma radical las mejoras y modificaciones necesarias para lograr producir de forma creciente bienes y servicios útiles mientras reducen sus niveles de consumo y contaminación.

En tal sentido, la agroindustria azucarera representa un sector muy importante para la economía cubana por el peso que representa en el producto interno bruto, además de ser el sostén de otros sectores de la economía.

Actualmente existen muchos centrales que producen azúcar sin tomar en consideración las posibilidades que tienen a su disposición de mejorar su trabajo de forma integral, pudiendo lograr producir azúcar de alta calidad, además de poder generar electricidad excedente que produciría grandes ingresos a la empresa y al país, aplicando las técnicas que son objeto de análisis en este trabajo, lo que ayudaría grandemente al desarrollo económico de la industria azucarera cubana y a nuestro país.

**El valor científico** de este trabajo consiste en que no existe un sistema de gestión energética en la industria azucarera de Antonio Sánchez que permita el uso racional de la energía y permita tomar mejores tomas decisiones para ejecutar proyectos de ahorro de energía.

**Hipótesis:**

Realizar una caracterización energética de la industria azucarera Antonio Sánchez, aplicando la Tecnología de gestión total y eficiente de la energía logrando una disminución del consumo de portadores energéticos, elevar la eficiencia industrial y reducir los costos de producción.

---

Por ello, se ha definido como **objetivo general** para la investigación: Implementar un sistema de gestión total y eficiente de la energía en la industria azucarera de Antonio Sánchez basado en el mejoramiento continuo, que eleve la eficiencia energética y reduzca los consumos energéticos.

Para lograr este objetivo serán necesarios los objetivos específicos siguientes:

1. Realizar un estudio de la situación energética mundial y en Cuba.
2. Recopilar y sintetizar información sobre el consumo y generación de energía en la industria.
3. Realizar la caracterización energética de la industria en la empresa azucarera Antonio Sánchez y lograr identificar las principales oportunidades de ahorro energético.
4. Elaborar propuestas concretas para mejorar la eficiencia energética en el área más consumidora de la industria.

#### **Métodos y técnicas**

Las técnicas utilizadas en la presente tesis fueron, la investigación documental, observación, , experimentos, y la entrevista a Técnicos e Ingenieros que pertenecen al departamento técnico de la Unidad Básica Empresarial de la industria de la Empresa.

**Investigación documental:** realizada a través de los manuales, expedientes y artículos archivados en el departamento de maquinaria industrial de la fábrica de azúcar y el laboratorio.

**Observación científica:** permitió determinar la veracidad del problema y recopilar la información necesaria para determinar e identificar los problemas presentados y poder valorar el nivel de evolución.

**Entrevistas:** permitió diagnosticar el estado actual del problema energético en la industria azucarera hasta la actualidad.

**Diagramas de Pareto:** Permite identificar el 20% de los portadores energéticos que producen el 80% del consumo total, lo que permite hacer énfasis, en aquellos que mayores oportunidades de ahorro nos brindan.

**Diagramas de control:** Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol.

**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 que exista que comportamiento tienen estos.

---

En el desarrollo de la tesis se detalla un primer capítulo que aborda la situación actual de la energía en el mundo y en Cuba.

En el segundo capítulo se realiza una caracterización energética del centro partiendo de la información estadística del consumo de todos los portadores energéticos, determinándose las áreas más consumidoras.

En el tercer capítulo se hace un análisis de la implementación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, en la industria.

Finalmente se proponen y evalúan los proyectos de mejora energética sobre las principales oportunidades de ahorro de energía encontradas con este trabajo.

---

---

**DESARROLLO.**

**CAPITULO I: ANALISIS DE LA LITERATURA.**

En este capítulo se presenta un análisis del curso de la bibliografía, que sirve de marco teórico a la investigación.

El mismo consta de dos partes: en la primera parte se expone brevemente la situación energética mundial y en Cuba, donde se dan tablas de referencias y gráficos, que evidencian dicho comportamiento. En la segunda parte se analizan referencias sobre la situación de la energía en la industria azucarera. Al final se plasma un análisis sobre la aplicación de Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía De numerosos datos de referencia se han relacionado tales informaciones, de esta forma, se sientan las bases investigativas para dar respuesta al problema científico que relaciona el comportamiento de la eficiencia energética en el proceso de producción de azúcar.

**1.1 Situación energética mundial y en Cuba.**

La energía se define como la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo. "También se define como una propiedad o atributo de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cual puede éste transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación",<sup>2</sup> Está presente en los seres vivos, desde su propia alimentación hasta la realización de un trabajo.

Las fuentes de energía se dividen en renovables y no renovables. Las renovables (suministradas por el sol de forma directa e indirecta) fueron las que predominaron durante todo el período preindustrial (antes de la Revolución Industrial en Inglaterra) y bajo condiciones de uso sostenible están llamadas a desempeñar un papel fundamental en los sistemas energéticos futuros.

Las fuentes de energía renovable se reemplazan con el tiempo y por lo tanto no desaparecen fácilmente. Sin embargo las fuentes de energía no renovable están amenazadas y pueden desaparecer si el uso es alto.

---

<sup>2</sup> Miguel Trejo Luis. Memorias del xv congreso nacional de termodinámica. México 2000.

---

Entre las fuentes comerciales de energía, los combustibles fósiles mantienen su dominio en la composición del balance energético mundial, sobre todo el petróleo, a pesar del proceso de sustitución petrolera por otras fuentes de energía, que alcanzó su máxima expresión en el período de altos precios entre 1973 y 1985.

En un ensayo, John McNeill, sostiene que durante los siglos XIX y XX el aprovechamiento de los combustibles fósiles y las alteraciones agrícolas y económicas subsiguientes modificaron de manera irreversible las relaciones entre el hombre y la tierra.

A lo largo de los siglos XIX y XX, la actividad humana ha transformado la composición química del agua y del aire en la Tierra, ha modificado la faz del propio planeta y ha alterado la vida misma. ¿Por qué este periodo de tiempo, más que ningún otro, ha generado cambios tan generalizados en el entorno? Las razones son múltiples y complejas. Pero sin lugar a dudas, uno de los factores más notables es la utilización de los combustibles fósiles, que ha suministrado mucha más energía a una población mucho mayor que en cualquier época anterior.

Hacia 1990, la humanidad utilizaba una cantidad de energía 80 veces superior a la que usaba en 1800. La mayor parte de dicha energía procedía de los combustibles fósiles. La disponibilidad y capacidad de uso de esta nueva fuente de energía ha permitido a la humanidad aumentar los volúmenes de producción y de consumo.

Todas estas tendencias están relacionadas entre sí, colaborando cada una de ellas al desarrollo de las otras y configurando todas ellas la evolución de la sociedad humana en la edad contemporánea. Estas tendencias de crecimiento han replanteado las relaciones entre el hombre y el resto de los habitantes de la Tierra.

“Durante cientos de miles de años, los seres humanos y sus predecesores en la cadena evolutiva han ido modificando, tanto deliberada como accidentalmente, su entorno de vida. Pero sólo en épocas recientes, con la utilización de los combustibles fósiles, la humanidad ha conseguido provocar cambios profundos en la atmósfera, el agua, el suelo, la vegetación y los animales. Con el uso de combustibles fósiles, los humanos han alterado el entorno natural de forma como nunca lo habían hecho en épocas preindustriales, provocando, por ejemplo, la devastación de hábitat, fauna y flora naturales a través de los vertidos de petróleo. El hombre

---

ha podido provocar los cambios medioambientales de forma mucho más rápida acelerando antiguas actividades como la deforestación.<sup>3</sup>

Entre los combustibles fósiles se incluyen el carbón, el gas natural y el petróleo (también denominado crudo), que son los residuos petrificados y licuados de la acumulación durante millones de años de organismos vegetales en descomposición. Cuando se quema el combustible fósil, su energía química se convierte en calórica, la cual se transforma en energía mecánica o eléctrica mediante máquinas como motores o turbinas.

El carbón adquirió por primera vez importancia como combustible industrial durante los siglos XI y XII en China, ya que la fabricación del hierro consumía grandes cantidades de dicho recurso. El primer aprovechamiento del carbón como combustible doméstico comenzó durante el siglo XVI en la ciudad inglesa de Londres. A lo largo de la Revolución Industrial, que se inició en el siglo XVIII, el carbón se fue convirtiendo en un combustible fundamental para la industria, actuando de medio de propulsión de la mayoría de las máquinas de vapor.

El carbón fue el combustible fósil primario hasta mediados del siglo XX, cuando el petróleo lo sustituyó como carburante preferido en la industria, el transporte y otros sectores. Las primeras perforaciones de petróleo se efectuaron en Estados Unidos, concretamente en la región occidental de Pennsylvania en 1859 y las primeras grandes extensiones plagadas de pozos de petróleo surgieron en el sureste de Texas en 1901. Los mayores yacimientos de petróleo del mundo se descubrieron en la década de 1940 en Arabia Saudita y en la de 1960 en Siberia. ¿Por qué eclipsó el petróleo al carbón como el carburante preferido? El petróleo presenta ciertas ventajas sobre el carbón, ya que produce mayor rendimiento que éste, proporcionando más cantidad de energía por unidad de peso que el carbón y, además, provoca menos contaminación y funciona mejor en máquinas pequeñas. Sin embargo, los yacimientos de petróleo son menores que los de carbón. Cuando el mundo haya agotado las reservas de petróleo seguirá existiendo abundante disponibilidad de carbón.

La capa más alejada del entorno de vida de la Tierra es la atmósfera, una mezcla de gases que rodea al planeta. La atmósfera contiene una capa muy fina de ozono que protege la vida en la

---

<sup>3</sup> : John McNeill : es profesor de Historia en la Universidad de Georgetown. Es autor, entre otras muchas publicaciones, de *Global Environmental History of the Twentieth Century*.  
Microsoft ® Encarta ® Biblioteca de Consulta 2003

---

Tierra contra la nociva radiación ultravioleta procedente del Sol. Durante la mayor parte de la historia de la humanidad, el hombre ha ejercido un impacto muy escaso sobre la atmósfera<sup>4</sup>.

A lo largo de miles de años el hombre ha venido quemando de forma rutinaria elementos de la vegetación, provocando de forma intermitente una contaminación del aire Sin embargo, el desarrollo de los combustibles fósiles ha comenzado a amenazar a la humanidad con una contaminación atmosférica mucho más grave.

Algunos científicos medioambientalistas vaticinan que los precios de los combustibles fósiles aumentaran en el tiempo debido a su escasez en el mercado. Esto puede provocar un cambio a fuentes de tecnología alternativa que, de hecho, ya se está empezando a notar. El IPCC no está seguro si desaparecerán totalmente los combustibles fósiles en un futuro.

Informes elaborados por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas revelan que los precios del petróleo constituyen una variable fundamental en la dinámica de la economía mundial debido a la importancia de este recurso natural no renovable en el mercado mundial y su papel en el sistema energético mundial.

Sobre el período 1999 – 2006, cabe señalar que después de una caída superior al 30 % en 1998, los precios internacionales del petróleo registraron una tendencia alcista provocado por una creciente furia especulativa en ese mercado, reforzado sobre todo después de la invasión y ocupación de Irak por los Estados Unidos y sus aliados. <sup>5</sup>La ola de violencia e inseguridad desatada tanto en Irak como en otros países de Medio Oriente después de la ocupación iraquí alimentó el ascenso de precios del petróleo experimentado en los últimos años.

Otros factores básicos que incidieron en las altas cotizaciones del crudo están relacionados con las limitaciones de la oferta, la creciente demanda de los países industrializados y algunos países con rápido crecimiento como China, y la problemática creada por el déficit de capacidades de refinación en países industrializados. Además de las razones antes apuntadas, en el 2005, también fue significativo el impacto de las afectaciones a la

---

<sup>4</sup> *Ibidem*

<sup>5</sup> Elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados con base en datos de: Secretaría de Energía y Reuters. 2000.

---

infraestructura petrolera en el Golfo de México y la Costa Sur Estadounidense debido al paso de los Huracanes Katrina y Rita.<sup>6</sup>

El Fondo Monetario Internacional (FMI) calcula que el precio real del petróleo subió un 74% entre junio de 2003 y marzo de 2005, comparado con un aumento del precio real del 185% durante el año 1974 y con un aumento del precio real del 158% entre junio de 1978 y noviembre de 1979<sup>7</sup>.

El diario el economista explica que la media del precio del barril de petróleo durante el 2008 fue el más caro de la historia, en torno a los 80 dólares, frente a los 72 dólares del 2007 por culpa de la crisis financiera mundial desatada en Estados Unidos, según un informe del banco francés Société Generale.<sup>8</sup> En el año 2009 los precios del petróleo, que rondan los 53 dólares el barril, se prevé que no subirán significativamente hasta mediados de 2009, debido a la caída de la demanda provocada por la crisis económica mundial<sup>9</sup>.

La coyuntura del petróleo barato está llegando a su fin y el precio del barril podría volver rápidamente a US \$100, según la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés). En su Pronóstico Mundial para la Energía 2008, la agencia indica que los precios podrían alcanzar los US \$200 para el año 2030. Sin embargo, el documento aclara que el

---

<sup>6</sup> Ibidem

<sup>7</sup> British Petroleum. Loc. cit.

<sup>8</sup> Precio del petróleo (2008). – p4.

<http://www.precio-petroleo.es/precio-petroleo-2009.html>

<sup>9</sup> Precio Petróleo 2009 Diario <http://www.precio-petroleo.es/precio-petroleo-2009.html> p4

---

riesgo inmediato en el suministro no es la falta de recursos globales, sino la falta de inversión donde más se le necesita<sup>10</sup>.

A pesar de los altos precios el petróleo sigue siendo el producto más comercializado a nivel internacional, tanto en término de volumen (cantidad física), como en término de valor (valorado en dólares). El 60 % del petróleo que se produce se comercializa internacionalmente, a diferencia del carbón (del que solo se comercializa el 17 %) y del gas natural (25 %).

Además, continúa siendo el principal componente del consumo de energía comercial mundial con alrededor de 37 % de dicho consumo, de acuerdo con las cifras del 2004. A pesar de conocerse que el petróleo es un recurso no renovable, que desde finales del siglo XIX se ha utilizado de forma irracional.

La mayoría de los principales consumidores de petróleo del mundo son países desarrollados como Estados Unidos, Japón, Rusia, Alemania, Corea del Sur, Canadá, Francia e Italia. Solo dos países subdesarrollados se ubicaron en el 2004 entre los principales consumidores de petróleo del mundo: China e India.

La Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP) revisó sus previsiones de demanda de crudo para el año 2008 y estimó que la demanda mundial de petróleo se situará en los 86,9 millones de barriles diarios, lo que supone un crecimiento del 1,17%, mientras que para 2009 el crecimiento será del 1,03% respecto a este, el nivel más bajo desde el año 2002.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> \*\* Unidad en cumbre del G-20, difícil tarea Formato de archivo: Microsoft Word - Versión en HTML

<sup>11</sup> Economía/Energía.- La OPEP vuelve a revisar a la baja su previsión de demanda mundial de petróleo  
<http://dinero.es.msn.com/noticias/economia/articulo.aspx?cp-documentid=16096575>

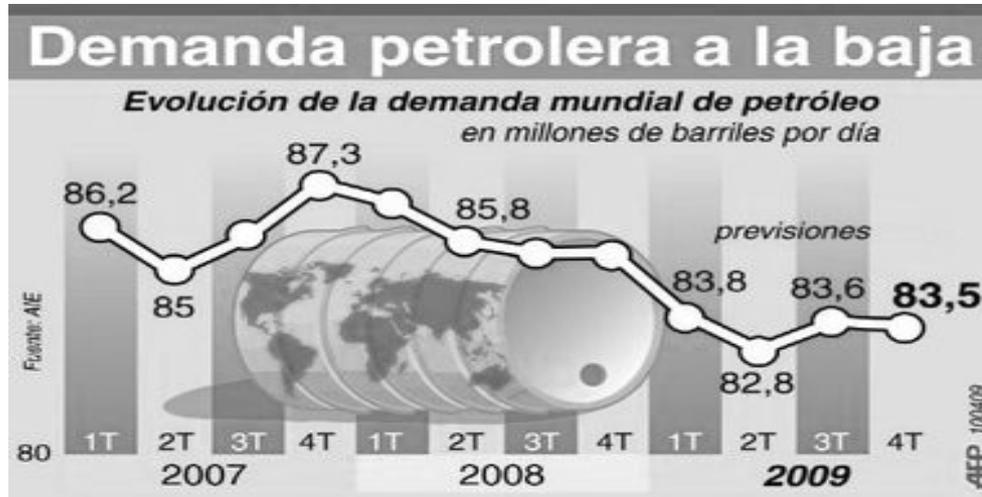


Figura.1 Evolución de la demanda mundial de petróleo. **Precio Petróleo 2009** Diario 20-04-2009 EIA

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) prevé que bajará la demanda mundial del petróleo un 1,5% respecto al año pasado, hasta situarse en los 84,4 millones de barriles diarios (mb/d)<sup>12</sup>El grupo de países exportadores de petróleo han calculado que el volumen medio de demanda de su petróleo se reducirá en este año hasta los 32,1 millones de barriles diarios, mientras que en 2009 será de 31,3 mb/d.

La OPEP señala que la "recesión económica mundial continúa afectando a la demanda de petróleo, especialmente en EEUU, Japón y China" por lo que indicó que la demanda de crudo en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) registrará descensos en el conjunto de 2009, mientras que los países ajenos a la OCDE experimentarán un discreto incremento de 0,13 millones de barriles diarios<sup>13</sup>.

Según cifras, reportadas por Gian Carlo Delgado Ramos en su artículo los límites del patrón energético actual. Combustibles fósiles y medio ambiente, las reservas probadas de petróleo, al

**pag:4**

<sup>12</sup> Precio Petróleo 2009 **Diario**<http://www.precio-petroleo.es/precio-petroleo-2009.html>

<sup>13</sup> Economía/Energía.- La OPEP vuelve a revisar a la baja su previsión de demanda mundial de petróleo <http://dinero.es.msn.com/noticias/economia/articulo.aspx?cp-documentid=16096575>

igual que las de otros recursos energéticos, están desigualmente distribuidas entre regiones y países. La mayor parte se encuentra en los países subdesarrollados. En el Medio Oriente se ubican cerca de las dos terceras partes de las reservas petroleras mundiales. Y América Latina y el Caribe, con alrededor del 10 % de las reservas probadas, es considerada como una de las principales cuencas petroleras del mundo.

**UADRO 1 - Distribución Global de Reservas Probadas de Petróleo (2006)** Fuente: British Petroleum. Statistical Review of World Energy, 2007

Región	Millardos de Barriles	% del Total
África	117.2	7.1
Asia Pacífico	40.5	4.2
Europa	14.3	1.8
Antigua Unión Soviética	130.1	6.2
Medio Oriente	742.7	65.3
América del Norte	59.9	6.2
Centro y Sudamérica	103.5	9.1
<b>Total</b>	<b>1208.2</b>	<b>100</b>

En este contexto, hoy por hoy, existen alrededor de unos 40 mil campos petroleros a nivel mundial. Cuando fueron descubiertos, menos del 5% comprendían el 95% de las reservas totales de petróleo Geográficamente, dos terceras partes del petróleo se encuentran en Medio Oriente y más de tres cuartas partes en países musulmanes (véase Cuadro 1), de ahí que no sorprenda que al momentos de llegar el pico del petróleo, el mundo musulmán convenientemente se convierta, desde los ojos de ciertos países de Occidente, en anfitrión del “terrorismo global”<sup>14</sup>.

Los principales productores de petróleo son países subdesarrollados como Arabia Saudita, Irán, México, China, Venezuela y los Emiratos Árabes Unidos; a ellos se unen países desarrollados como Rusia, Estados Unidos, Noruega.

La situación internacional en cuanto a abastecimiento de hidrocarburos está llegando a un punto que se tornará crítico en los próximos cinco a diez años.

<sup>14</sup> Delgado Ramos Gian Carlo es miembro del programa “El Mundo en el Siglo XXI” del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM.

En el artículo: La utilización potencial de la biomasa forestal en Chile como fuente de energía precisa que ya en la década de los 70 existieron predicciones que preveían que la producción mundial de petróleo iba a comenzar a declinar hacia 1985-1990.

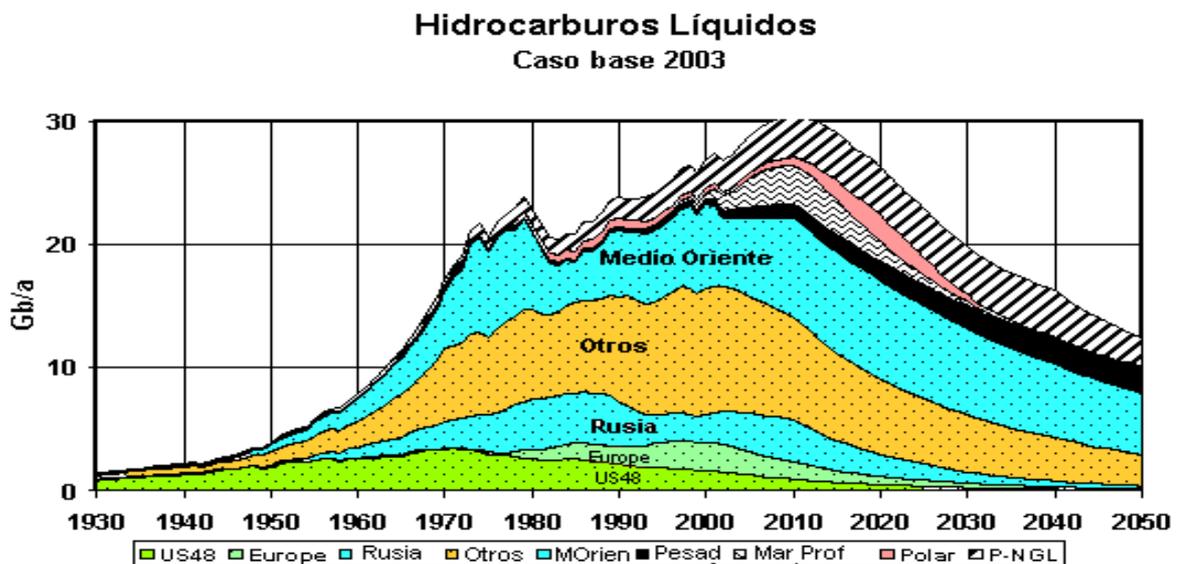


Figura: 2 Reservas mundiales de hidrocarburos: Tomado "De Newsletter N°30 de la ASPO".

Estas predicciones se basan en modelos bien conocidos para prever la declinación de producción de recursos no renovables, en particular recursos minerales.

En la grafica anterior se aprecia que la producción mundial de petróleo alcanzó un primer peak a fines de los años 70 y luego declinó durante los 80, recuperando después su producción creciente. La razón de la baja de demanda radica en técnicas más eficientes de uso de energía y, sobre todo, de la puesta en marcha de centrales que utilizan Gas Natural (en Ciclo Combinado) para la generación de energía eléctrica. Es así que el petróleo que era una importante fuente de energía para la generación eléctrica ha sido desplazado por el Gas Natural. Por lo tanto se prevé que, a nivel mundial, la producción de petróleo comenzará a declinar hacia el 2005 al 2010 y que la producción total de hidrocarburos (incluyendo Gas Natural y otros recursos) comenzará a declinar hacia el 2015.

Un análisis más detallado de la producción muestra que en Estados Unidos, el máximo se produjo en 1970, en Europa el 2000, en Rusia en 1990 y los demás países (con la excepción del Medio Oriente) están muy próximos a entrar en la fase de producción decreciente. Por lo

---

tanto la situación a nivel mundial es tal que la única área que soporta un aumento significativo de producción es el Medio Oriente.

Podría pensarse que la falta de nuevos recursos se podría compensar con un mayor esfuerzo en exploración o mejores técnicas de recuperación de petróleo. Pero esto no es así. Los datos demuestran que la producción ha sobrepasado los nuevos descubrimientos de hidrocarburos ya desde 1980.

La Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo y el Gas (ASPO) basándose en la información actual sobre las reservas petrolíferas conocidas y sobre la tecnología disponible, la asociación predice que el pico mundial de producción sucederá en torno al año 2010. Para el gas natural el pico se retrasaría unos años más y se situaría entre el 2015 y el 2025.

La llegada del pico del petróleo provocaría una escasez de dicho recurso. Pero esta escasez sería diferente a todas las sucedidas en el pasado ya que sus causas serían muy distintas. Los anteriores períodos de escasez tuvieron más que ver con razones políticas que con problemas reales en la extracción de los recursos. Esta vez, en cambio, el motivo fundamental será la falta de crudo suficiente para abastecer a toda la demanda. Los efectos y la gravedad de dicha escasez dependerán de lo rápido que decrezca la producción y de si se adoptaron medidas preventivas para adaptar la sociedad al uso de energías alternativas.

En años recientes el consumo ha alcanzado la cifra de 25.000 millones de barriles anuales mientras que la cifra de nuevos descubrimientos petrolíferos ha disminuido hasta, tan solo, 8.000 millones de barriles anuales. La tendencia es totalmente insostenible ya que va hacia un aumento del consumo y una disminución cada vez más acusada en los nuevos hallazgos<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Teoría del pico de Hubber [http://es.wikipedia.org/wiki/Curva\\_de\\_Hubbert](http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_Hubbert)

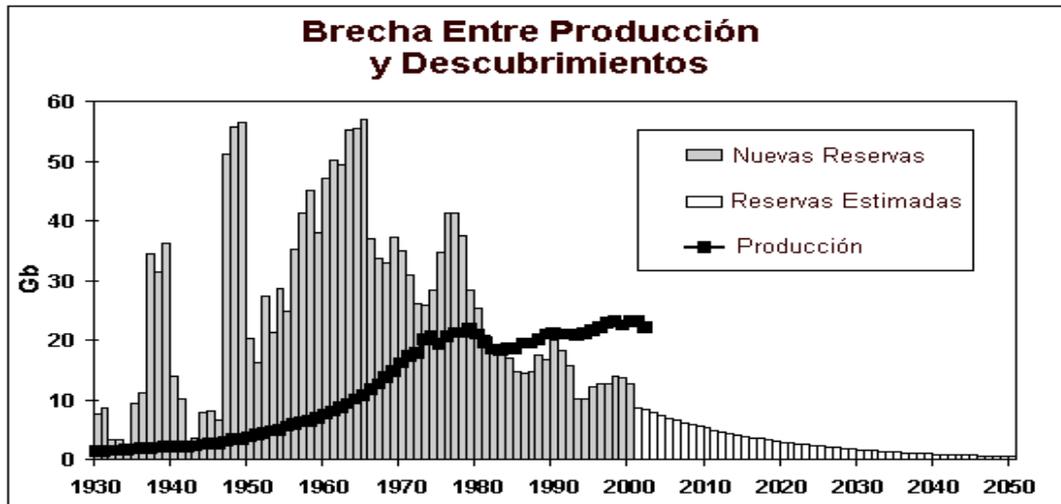


Figura 3: Diferencia entre descubrimiento y reservas de hidrocarburos a nivel mundial: Tomado "De Newsletter N°30 de la ASPO".

Desde 1940 hasta 1980 siempre los nuevos descubrimientos de petróleo sobrepasaban la producción. Desde los últimos 23 años esto no es así. Por lo tanto estamos literalmente funcionando a partir de las reservas que se acumularon en el pasado<sup>16</sup>, (ver figura 2). La información muestra que los yacimientos reales por descubrir son secundarios, pequeños y de elevados costos de producción. También demuestran que en unos 60 años la humanidad se ha consumido casi la mitad de las reservas de petróleo del planeta, las que tardaron varios centenares de millones de años en acumularse. Por lo tanto si asimilamos esta información, implica que en un plazo de 5 a 7 años la situación de la oferta de petróleo (e hidrocarburos) a nivel mundial se complicará notablemente<sup>17</sup>.

La quema de estos combustibles no renovables libera CO<sub>2</sub> devuelta a la atmósfera. Otra alteración en el ciclo global del Carbono es causada por la deforestación, a través de la liberación del Carbono fijado en la biomasa boscosa. Ya que el contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es limitado, su dinámica es sensitiva a la actividad humana.

Las principales formas para combatir el cambio climático son: la conservación de energía, mayor eficiencia en el uso de la misma y el reemplazo de combustibles fósiles, por energía no contaminante de fuentes renovables

<sup>16</sup> De Newsletter N°30 de la ASPO.

<sup>17</sup> De la Newsletter N°30 de ASPO.

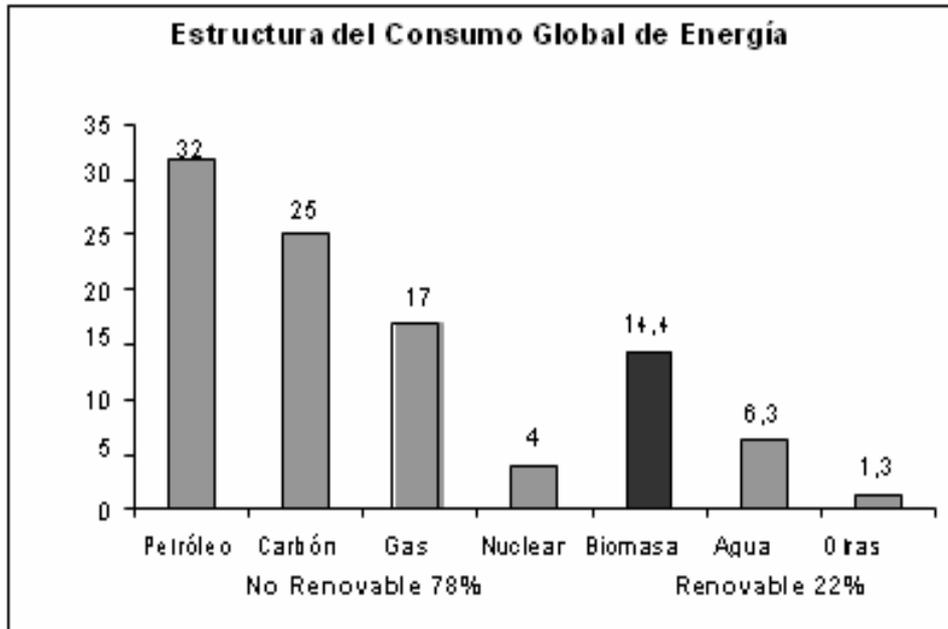


Figura.4 Estructura del consumo global de energía Tomado De Newsletter N°30 de la ASPO.

Los impactos negativos que provocan el aprovechamiento y transformación de la energía, responsable del 75% de las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, especialmente aquellos emitidos por los sistemas de combustión (en el medio atmosférico e hídrico) hacen que se imponga desde todos los ángulos de la sociedad el uso generalizado de tecnologías limpias. Así, se intensifica en los sistemas de aprovechamiento y transformación energética la depuración generalizada de las emisiones de gases, el tratamiento de inertización de cenizas o el uso eficiente y limpio del agua.

En este sentido, la participación de las energías renovables eléctricas (solar, hidráulica y eólica) contribuye a cumplir compromisos de forma decidida al disminuir fuertemente la carga medioambiental.

Los dos grandes problemas que vienen a la mente son: el petróleo es un bien escaso y la combustión genera contaminación. «Una materia prima que podría agotarse a partir de los años 2020-2030 y sobre la que pesan cada vez más riesgos políticos»<sup>18</sup>.por tal motivo se

<sup>18</sup>\* Delgado Ramos Gian Carlo\* Los límites del patrón energético actual. Combustibles fósiles \*

---

hace necesario que conozcamos nuestro entorno y las nuevas formas de generar energía limpia. Con este propósito, debemos transformar la industria energética un negocio sustentable.

Estudios recientes han puesto de manifiesto que se han desarrollado nuevas fuentes renovables para suministrar energía al mundo, con la esperanza de que duren más tiempo que los combustibles fósiles y causen menos daño al medio ambiente. Estas nuevas tecnologías aún no se aplican masivamente como para contribuir de forma importante a las necesidades energéticas.

### **Energías Renovables.**

Se denominan energías renovables a aquellas fuentes energéticas basadas en la utilización del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. No utilizan, como las convencionales, combustibles fósiles, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente. Su impacto ambiental es de menor magnitud dado que además de no emplear recursos finitos, no generan contaminantes.

La fuente primaria de energía renovable es el Sol, pero los flujos energéticos de las fuentes renovables poseen varias formas:

- Radiación solar, que puede ser convertida en calor, a través de colectores solares termales, o en electricidad, a través de equipamiento fotovoltaico.
- Calor que fluye desde fuentes geotermales.
- Energía cinética del viento, ríos, olas y marejadas.
- Energía química acumulada en la biomasa por la asimilación de los procesos de las plantas en una primera transformación (residuos agrícolas, forestales, cultivos energéticos, etc.) o en una segunda etapa (residuos animales transformados a biogás, biocarburante, etc.).

#### **1.2: Situación de la Energía en Cuba.**

Antes de 1959, la industria cubana de energía eléctrica estaba controlada por capital extranjero. El proceso de nacionalización llevado a cabo por el Gobierno Revolucionario en la década de 1960, dio lugar a un bloqueo petrolero, lo que obligó al país a importar petróleo de la ex Unión

---

---

Soviética. Cuando se desintegró la Unión Soviética en 1990, el impacto sobre la economía cubana fue devastador, hubo una caída del consumo de petróleo de un 20 % en sólo dos años. El efecto de esto se sintió de inmediato en todos los sectores, aunque vale la pena destacar el impacto negativo recibido por el transporte, la industria, la agricultura y la generación eléctrica.

La Revolución Energética de Cuba constituye un cambio radical en la manera en que el país utiliza los portadores energéticos. En términos prácticos, la Revolución Energética de Cuba ha sido de forma inmediata, la salida de la crisis energética sufrida por nuestro país en los años más recientes. Dicha estrategia permitirá la transición del país hacia un nuevo paradigma. Cuba depende de los combustibles fósiles para generar electricidad y el país consume 7,6 millones de toneladas de petróleo al año.

Las tecnologías energéticas renovables comenzaron a ser introducidas en Cuba a finales del siglo XIX. En un comienzo hubo aplicaciones de la energía hidroeléctrica, calentamiento de agua con energía solar, el secado solar de café, cacao, hierbas y medicamentos, así como el bombeo de agua con energía eólica. La instalación, en 1930, de la primera planta de conversión de la energía térmica oceánica (OTEC por sus siglas en inglés), en la Bahía de Matanzas (22 Kw.), fue un acontecimiento histórico.

En la segunda mitad del siglo XX, el país comenzó la calificación de capital humano especializado, y se llevó a cabo investigación científica en celdas solares, secadores solares, calentadores solares y energía eólica. Hoy día, el país trabaja en la aplicación de proyectos de tecnologías energéticas renovables a escala nacional.

En cuanto a la bio-energía, existe experiencia en Cuba en el uso de bagazo (residuos de la caña de azúcar) para producir energía térmica para el proceso de producción de azúcar y para generar electricidad que satisfaga la demanda de las centrales y enviar el excedente a la red nacional. La industria azucarera sigue siendo un componente estratégico del desarrollo de las fuentes nacionales de energía.

Después de la crisis económica de la década de 1990, la proporción del empleo de la biomasa cañera en el conjunto de las fuentes primarias de energía usadas en Cuba ha disminuido, según la publicación "Cuba: Un perfil de país sobre el Desarrollo Sostenible", una publicación patrocinada por la Organización Internacional de Energía

---

Atómica, CUBAENERGÍA y el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, la cogeneración en la industria azucarera representó el 18 por ciento de toda la electricidad generada en el país en 1970. En el año 2003, esta cifra había disminuido a 5%. Los esfuerzos se hacen ahora para aumentar la eficiencia energética en la industria de la caña de azúcar y se espera que la cogeneración aumente con la instalación de calderas de mayor eficiencia y nuevos turbogeneradores en los centrales azucareros. El país posee un potencial total de cogeneración estimado en 1355 MW.

El Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba y el Programa de Ahorro de Energía del Ministerio de Educación, se pusieron en marcha en 1997. Ambos programas han tenido buenos resultados en la gestión de la demanda, la eficiencia energética y la educación energética. Sin embargo, durante el periodo 2004-2005, frecuentes interrupciones en las centrales termoeléctricas a base de petróleo, muchas de ellas con tecnologías con más de 25 años de explotación, y que sólo garantizaban una disponibilidad promedio del 60 por ciento, empeoró con el impacto de los huracanes en las líneas de transmisión de alta tensión. Todos los problemas antes mencionados afectaron a la economía cubana y dieron lugar a una crisis energética. La solución fue la iniciativa llamada Revolución Energética de Cuba.

Un control más estricto sobre el consumo de combustible y electricidad ha sido una de las medidas adoptadas dentro de la nueva estrategia energética. La promoción de la generación eléctrica basada en unidades que queman gas acompañante del petróleo en ciclos simples y combinados y una mayor penetración de las fuentes renovables de energía, también están desempeñando un papel clave en el marco de la alternativa cubana a un nuevo paradigma energético.

La Tecnología para la Gestión Total Eficiente de la Energía, promueve la educación de la fuerza de trabajo y los directivos en cuestiones energéticas. En el largo plazo la educación es el método más rentable para el ahorro de energía, la promoción de la eficiencia energética y las tecnologías energéticas renovables contribuirán al problema energético y medioambiental entre el 2005 y 2007 Cuba redujo sus emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente 5 millones de toneladas, lo que representa el 18 por ciento de las emisiones totales del país en 2002.

---

### 1.3 Situaron actual y perspectivas de la energía en la industria azucarera.

**CUBA ENERGIA 2009** informa que la Agroindustria Azucarera, al tiempo que constituye una importante fuente de alimentos y primer rubro exportable del país, es un componente estratégico del desarrollo de las fuentes nacionales de energía en la búsqueda de soluciones técnico-económicamente viables a las necesidades energéticas.

Una zafra de 70 millones de toneladas de caña produce 20,5 millones de toneladas de bagazo y una cantidad similar de residuos agrícolas cañeros, paja, cogollo y hoja, de las que cerca de 6 millones se separan en los centros de acopio y limpieza.

Actualmente la propia Industria Azucarera y la de sus derivados consumen alrededor de 19 millones de toneladas de bagazo, para satisfacer el 74% de la demanda energética del Ministerio del Azúcar, incluyendo todas sus actividades.

La eficiencia de diseño actual de las calderas existentes en la industria es, en promedio, de un 65% y los esquemas de consumo de vapor están entre 450 y 500 kg/tonelada de caña molida. Hoy las tecnologías y equipos que se producen en el país permitirían elevar la eficiencia en la generación de vapor hasta un 80% y reducir su consumo en el proceso tecnológico hasta unos 380 kg/tonelada de caña.

La generalización del Programa Energético del Ministerio, permitiría además de satisfacer los requerimientos energéticos de la propia industria y disponer adicionalmente de 4,6 millones de toneladas de bagazo, equivalentes a unas 850 mil toneladas de combustible convencional.

La modernización del equipamiento energético de los ingenios y la disminución de sus consumos de energía, además de su beneficioso efecto en la zafra azucarera, redundarán en el empleo más eficiente del bagazo y posibilitarán el aprovechamiento de los residuos agrícolas, lo que permitiría disponer del equivalente de casi 1,6 millones de toneladas de combustible convencional cada año, en forma de portadores renovables, como consecuencia de realizar la zafra.

“La existencia del Sistema Electro energético Nacional, la experiencia alcanzada por el Ministerio del Azúcar en la cogeneración, hacen que la vía más rápida y conveniente para el

---

uso del potencial de bagazo y los residuos agrícolas cañeros sea la producción de electricidad<sup>19</sup>.”

A este objetivo habría que añadir la disminución de los consumos de electricidad en el sector, los beneficios técnicos y económicos que para el Sistema Electro-energético Nacional, se derivan del incremento de la generación descentralizada en los ingenios de electricidad y reducir el consumo de energía en el proceso industrial. **Cuba Energía** plantea que el Programa Energético del Ministerio del Azúcar contempla: En la primera etapa, llegar a producir la electricidad que demande el Organismo y continuar reduciendo los índices de consumo de petróleo combustible en las producciones. Para ello deberán concluir las instalaciones en proceso, entre otras, las de los 42 turbogeneradores, la sincronización de 19 ingenios y la ampliación de los enlaces de 15 al Sistema Electro-energético Nacional, el montaje de 20 plantas de radio y la reubicación de pequeños turbos en fábricas de derivados.

También “en lo inmediato, deberán concluirse los estudios y aplicarse en cada central las medidas concretas que permitan elevar la eficiencia en el empleo de los combustibles, así como el aprovechamiento de la capacidad de generación instalada, la regulación del vapor de escape y la reducción del consumo de electricidad a fin de disminuir progresivamente, hasta su eliminación, el consumo de electricidad del Sistema Electro-energético Nacional a fines del periodo.

Por otra parte, es de la máxima importancia terminar los estudios que se realizan con el Ministerio de la Industria Básica para trasladar a los centrales los turbos condensantes de pequeña potencia, con la finalidad de iniciar esos trabajos en el propio periodo, instalando al menos una unidad de 5 MW. También deberán continuarse los estudios de factibilidad para el posible traslado de los bloques de 50MW y menores, así como los referidos a la modernización de calderas y turbos para determinar sus parámetros más convenientes<sup>20</sup>.”

---

<sup>19</sup> Cuba Energía 2009 ://www.energia.inf.cu/programa/biomasa.htm

<sup>20</sup> **Cuba Energía** 2009://www.energia.inf.cu/programa/biomasa.htm

---

Será necesario también profundizar en el conocimiento de nuevas tecnologías energéticas, incluida la gasificación de biomasa, acerca de la cual existen resultados internacionales iniciales muy prometedores. Buscar alternativas que garanticen la estabilidad y permanente superación del personal que opera el equipamiento energético de la industria resulta decisivo para el logro de los objetivos propuestos.

En la segunda etapa **Cuba Energía** manifiesta que en la medida en que ejecute su programa energético y logre incrementar su capacidad instalada para la generación de electricidad, la Agroindustria Azucarera aumentará de forma estable sus entregas al Sistema Electro energético Nacional.

También se vería la posibilidad o no de emplear la turba como segundo combustible para generar, así mismo se incrementará el aprovechamiento de los residuos agrícolas cañeros con la misma finalidad.

La industria y la de sus derivados tienen en sus residuales un importante potencial para la producción de biogás, la purificación y compresión con vistas a su posible uso automotor y en sustitución de acetileno

Por la importancia de la energética azucarera,” el Polo Científico Industrial de La Habana le ha concedido una especial significación al programa investigativo energético del Ministerio del Azúcar, indicando la necesidad de aplicar 88 resultados de investigaciones, con la participación de más de 22 instituciones a partir de las 8 comisiones de trabajo siguientes: incremento de la eficiencia en la generación de vapor; optimización del uso del vapor en proceso; incremento de la generación de energía eléctrica; empleo del bagazo como combustible; empleo de los residuos agrícolas cañeros como combustible; quemadores de fino de alta eficiencia; producción y uso del biogás, y gasificación del bagazo y de la paja de caña<sup>21</sup>”. Con la búsqueda de nuevas alternativas y la implementación de un **Sistema de Gestión Energética** se pueden resolver grandes problemas de uso ineficiente de la energía en la industria azucarera, que permitiría incrementar la eficiencia energética, reducir las cuentas de energía, incrementar la competitividad, elevar la productividad y las ganancias; ayudando a la conservación de los

---

<sup>21</sup> **Cuba Energía** 2009 [://www.energia.inf.cu/programa/biomasa.htm](http://www.energia.inf.cu/programa/biomasa.htm)

---

recursos energéticos, la mejora de la seguridad energética, la reducción de las importaciones de energéticos y la reducción de costos que pueden ser utilizados para el desarrollo del país; de igual forma contribuiría a nivel global a la reducción de las emisiones contaminantes y al desarrollo sustentable.(anexo #1)

Estableciendo un sistema estructurado de mejora y culturización continua se resolverían problemas asociados con el uso de la energía que son debidos a problemas de gestión y no de tecnología.

**¿Qué es la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE)?**“La TGTEE consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la ética de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa<sup>22</sup>.”

El Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente – CEEMA de la Universidad de Cienfuegos, Cuba, especifica un sistema de Gestión Empresarial que incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización y que las ponen en práctica a través de la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización (Borroto 2001)<sup>23</sup> (anexo # 2)

La Gestión Energética o Administración de Energía, es un subsistema de la gestión empresarial que abarca, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le otorgan a la empresa la capacidad para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. La eficiencia energética permite reducir el consumo de energía por unidad de producto, o cuando el consumo de energía es reducido sin afectar la cantidad producida o los niveles de confort, con la menor contaminación ambiental por este concepto.

---

<sup>22</sup>Lapido Rodríguez Margarita, Monteagudo Yanes José P y. Borroto Nordelo Aníbal E. **La gestión energética y la competitividad empresarial**

<sup>23</sup> Borroto, Aníbal, Colectivo de Autores CEEMA. Gestión Energética Empresarial. Cienfuegos, Editorial Universidad de Cienfuegos, 2001. P 21.

---

“**Para lograr eficiencia energética** la empresa dentro de la gestión empresarial tiene que tomar un grupo de acciones en aras de gerenciar la eficiencia energética y de esa forma reducir los costos de energéticos: Gerenciar la eficiencia energética significa identificar donde están las pérdidas energéticas del sistema que impactan los costos, clasificar estas pérdidas en relativas a los procedimientos y relativas a la tecnología, establecer y monitorear en tiempo real, indicadores de eficiencia ( que no es el índice de consumo) que permitan controlar y reducir las pérdidas relativas a los procedimientos, evaluar técnica y económicamente los potenciales de reducción de las pérdidas relativas a la tecnología y contar con un plan estratégico a corto, mediano y largo plazo con metas alcanzables y entendidas por todos los actores claves<sup>24</sup>”.

#### 1.2.1 Etapas en la implementación de un sistema de Gestión Energética.

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.
- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción).
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

Según el CEEMA la administración de energía no se debe limitar solamente a un plan de medidas de ahorro de energía, sino por el contrario debe garantizar el mejoramiento continuo.

En la monografía Gerencia de la Energía en las Empresas se hace referencia que un sistema de gestión, “se estructura en cuatro actividades básicas: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Se **Planean** las responsabilidades del sistema, su estructura y organización, los Proyectos de Mejora, los consumos energéticos, sus metas y los documentos de control. Se **Realizan** las actividades de contratación y facturación de energía, de monitoreo y control de los indicadores de eficiencia, los Proyectos de Mejora, las actividades de entrenamiento al personal, las acciones correctivas y preventivas y las actividades de mantenimiento predictivo energético. Se **Verifica** la facturación de la energía, el sistema de monitoreo, la efectividad de las acciones correctivas y preventivas, la calidad de la medición, los resultados de los Proyectos de Mejora y mediante auditoria interna, la efectividad del sistema de gestión. Se **Actúa** mediante las

---

<sup>24</sup> Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas. Campos JC. Gómez Dorta R. Santos Leonardo. 1995. Universidad de Cienfuegos. Cuba

---

acciones correctivas y preventivas y las responsabilidades de los diferentes actores el sistema<sup>25</sup>”

**Conclusiones parciales:**

1-La situación internacional en cuanto a abastecimiento de hidrocarburos está llegando a un punto que se tornará crítico en los próximos cinco a diez años.

2- Las tecnologías energéticas renovables permitirán disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

3- La adopción de nuevas medidas de ahorro energético en las Centrales Azucareros contribuyen a aportar mayor cantidad de energía al Sistema Electro energético Nacional.

---

<sup>25</sup> **Ph.D Ing. Termoenergético Campos Avella Juan Carlos** 2009 Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad del Atlántico. Barranquilla. Colombia

**MSc. Ing. Lora Figueroa Edgar** 2009 Profesor Titular. Departamento Ingeniería Química Universidad del Atlántico

**MSc. Ing. Meriño Lourdes** 2009 Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Química Universidad del Atlántico.

<http://www.monografias.com/trabajos16/gerencia-de-energia/gerencia-de-energia.shtml> .

---

---

## **CAPÍTULO II. Caracterización energética de la fábrica de azúcar de Antonio Sánchez**

En este capítulo se recoge los rasgos que caracterizan la fábrica de azúcar de la Empresa Azucarera Antonio Sánchez. Además se muestran datos del funcionamiento de la fábrica de Azúcar que posibilitan una mejor interpretación del comportamiento de los portadores energéticos de cada área, Investigando las posibles causas que incidan en el incremento de los consumos energéticos, se aplicarán algunas herramientas de la Tecnología de Gestión Total y Eficiente de la Energía que permitirá identificar las áreas y equipos mayores consumidores y así conocer en qué medida la operación en la fábrica influye en el alto consumo de energía.

### **2. Generalidades**

La fábrica de azúcar pertenece a la Empresa Azucarera “Antonio Sánchez” del municipio de “Aguada de Pasajeros”. Esta Empresa geográficamente limita al sur con la Ciénega de Zapata, al norte con la Empresa Agropecuaria “Primero de Mayo”, al este con el plan de cultivos varios de Horquita y al oeste con el plan arrocero del sur, provincia de Matanzas y el poblado de Aguada de Pasajeros, cabecera del municipio. .

La Fábrica de azúcar tiene una capacidad de molienda de 320 000 arrobas diarias, la caña es preparada por dos juegos de cuchillas los cuales necesitan un alto consumo de potencia para realizar su trabajo, la molienda se realiza por un tandem formado por cinco molinos fultón inclinado, un sistema de bombas intupibles y colador rotatorio, lo cual garantiza la separación de los residuos de bagazo disueltos en el guarapo.

La generación de vapor se produce en 2 calderas Retal de 60tn/h cada una, con un índice de consumo de bagazo teórico de 2.26 ton vapor/ton bagazo, que utilizan el bagazo como combustible para producir el vapor que demanda la generación eléctrica la cual se realiza en dos turbos generadores, uno de 4000 KW y otro de 2500 KW con un índice de consumo de vapor teórico de 10.62 y 11.32 Kg./Kwh. respectivamente para un total de 6500 KW que satisface las necesidades de la Industria, con posibilidades de entregar el excedente al SEN. La estación de purificación está formada por una batería de 5 calentadores y un clarificador. La concentración del jugo se realiza en dos pre-evaporadores que utilizan el vapor de escape de los turbogeneradores para producir el vapor que demanda el cuádruple efecto y los tachos.

El proceso de producción de azúcar demanda de un alto consumo de portadores energéticos fundamentalmente del bagazo para la producción de vapor, energía eléctrica directamente

---

dentro del proceso productivo de la fábrica y el diesel en las actividades de aseguramiento y mantenimiento.

Durante la realización de este trabajo se efectuara el estudio de cómo explotar los recursos con eficiencia en la industria del azúcar, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas. Lo más importante para lograr la eficiencia energética, no es sólo que exista 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 forjar 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 productivos 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 dependen 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.

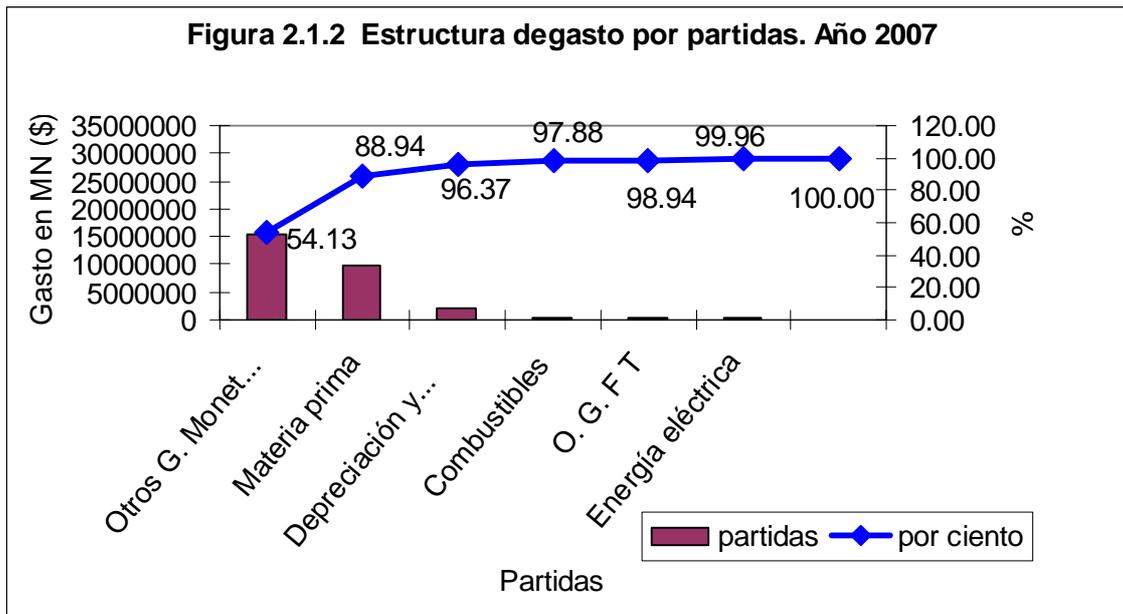
Para realizar el proceso productivo, en la fábrica de azúcar se incurre en una serie de gastos que influyen en el costo de producción, en tal sentido los energéticos influyen directamente sobre ellos.

El epígrafe que se muestra a continuación relaciona el impacto de los energéticos en los gastos anuales por partidas de la industria.

**2.1 Impacto de los energéticos en el presupuesto de la industria.**

Tabla # 2.1.1 Estructura de Gastos Generales Anuales por Partidas en el año 2007.

Partidas	Valor(\$)
Otros G. Monetarios	15497188.80
Materia prima	9968006.29
Depreciación y Amortización	2127718.47
Combustibles	431173.21
O. G. F T	302511.92
Energía eléctrica	294050.89
Salario	10135.35
Total	29952940.09

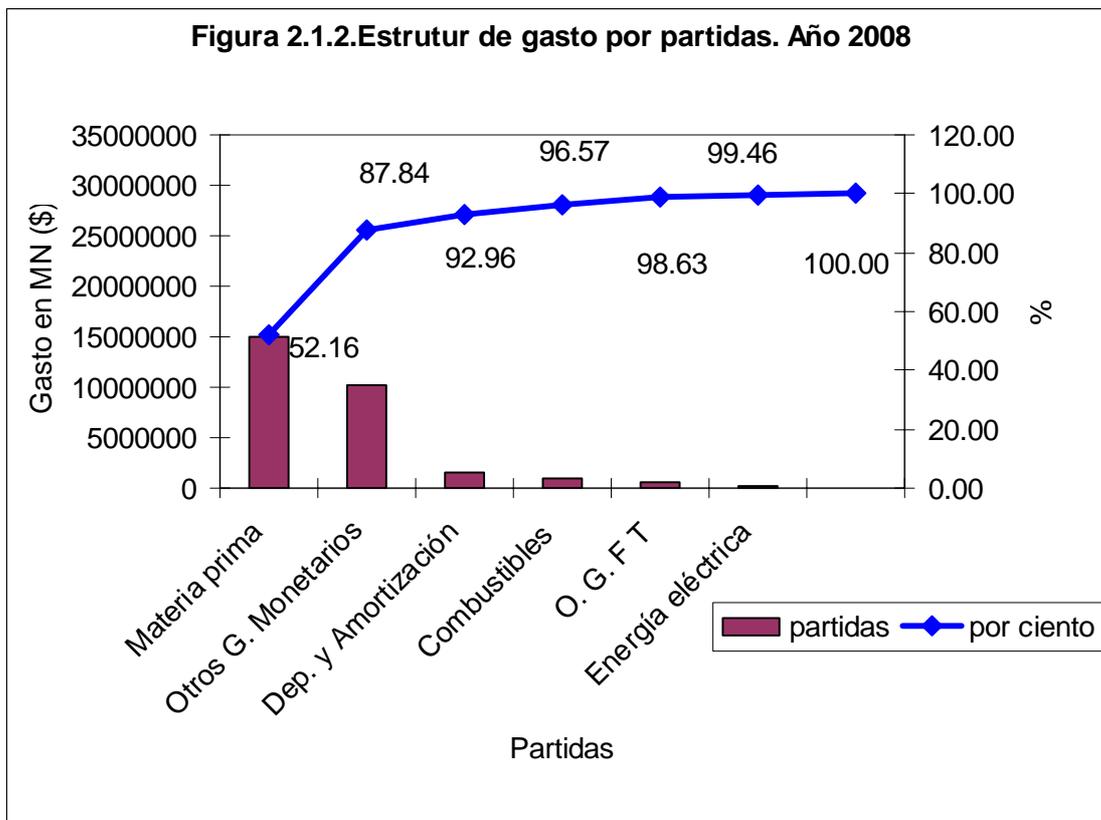


Como se puede apreciar en el gráfico 2.1.1 los energéticos no tienen un gran peso sobre las partidas, ya que los mismos representan el 2.42 % de los gastos totales, debido a que en los gastos por energía eléctrica solo se tiene en cuenta el consumo de la empresa eléctrica, pero esto no quiere decir que no se trabaje en función de cómo mejorar el aprovechamiento y uso racional de los mismos ya que todos sabemos la situación que presenta el país con los energéticos, y a nivel global el problema ambiental debido a la emisión de los gases producto

de la combustión de los combustibles fósiles, es por ello que nuestro foco de concentración se dirige sobre estos por su vital importancia.

Tabla # 2.1.2 Estructura de Gastos Generales Anuales por Partidas en el año 2008.

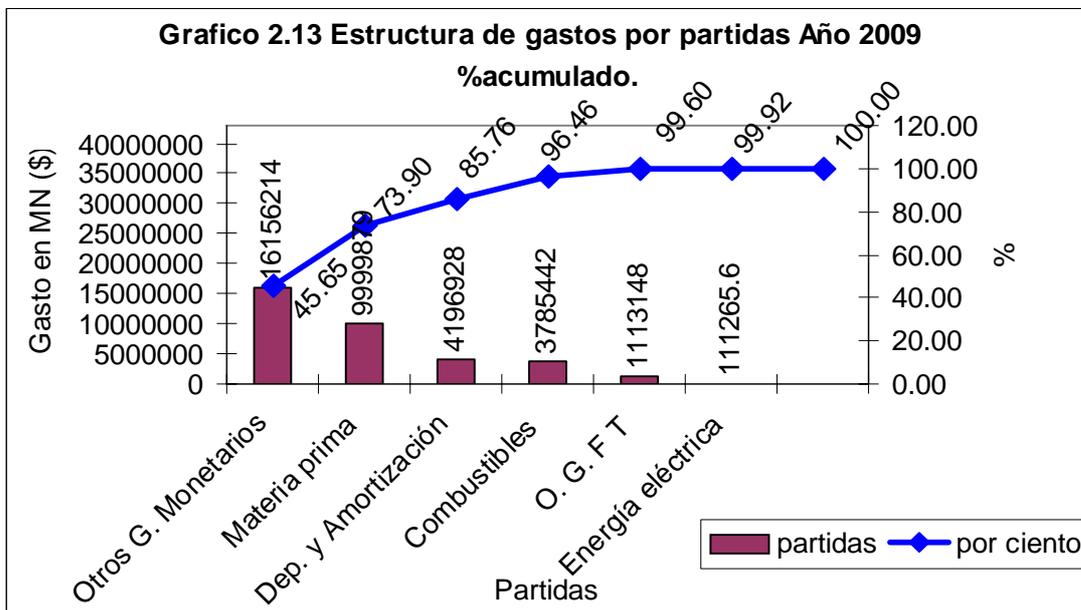
Partidas	Valor(\$)
Materia prima	10254760.12
Otros G. Monetarios	14993850.87
Salario	1472446.05
Depreciación y Amortización	1037563.26
O. G. F T	591479.27
Energía eléctrica	240314.72
Combustibles	154260.2
Total	35638524.84



En el gráfico 2.1.2 que representa los gastos del año 2008 queda demostrado claramente al igual que en el anterior que los energéticos representan el 1.10 % de los mismos, es decir, no llevan el peso fundamental en las partidas.

Tabla # 2.1.3 Estructura de Gastos Generales Anuales por Partidas en el año 2009.

Partidas	Valor (\$)
Otros G. Monetarios	16156213.72
Materia prima	9999878.73
O. G. F T	4196927.82
Depreciación y Amortización	3785442.00
Salario	1113148.34
Energía eléctrica	111265.61
Combustibles	29702.65
Total	53055597.55



El gráfico 2.1.3 que representa los gastos del año 2009 se aprecia una situación similar a las anteriores con solo el 2.3 % de participación de los energéticos en los gastos totales.

**2.2 Estructura de consumo de portadores energéticos.**

A continuación se hace un análisis del consumo de portadores energéticos, donde solo tiene en cuenta los consumos del SEN. Con el objetivo de mostrar la influencia de cada portador energético en cuanto al consumo se realiza la estratificación de ellos basados en los beneficios que nos brindan los diagramas de Pareto al lograr identificar el 20% de los portadores energéticos que producen el 80% del consumo total lo que permite hacer énfasis en aquellos que mayores oportunidades de ahorro nos brindan.

Para la realización de las estructuras de consumo se recopilamos todos los consumos de los mismos en toneladas métricas, se aplicaron los factores de conversión correspondientes a los últimos años para convertirlos a toneladas de combustible convencional equivalente.

Tabla # 2.2.1 Estructura de Consumo Portadores Energéticos Año 2007.

Portador	U/M	Factor de conversión	Consumo H/F	Consumo (TEP)	%	% acum.
Bagazo	TM	0.24	57913	13899.12	93.741325	93.741325
E. Eléctrica	Mw./h.	0.352	2331	857.48	5.78319429	99.5245193
Diesel	TM	1.0534	36.585	38.53	0.25986201	99.7843813
Leña	TM	0.3592	26.64	9.56	0.06447653	99.8488578
Lubricantes	TM	1	22.1	22.1	0.1490514	99.9979092
Gasolina	TM	1.0971	0.29	0.31	0.00209077	100
Nafta	TM	1.0971	0	0	0	100
Total				15263.67	100	

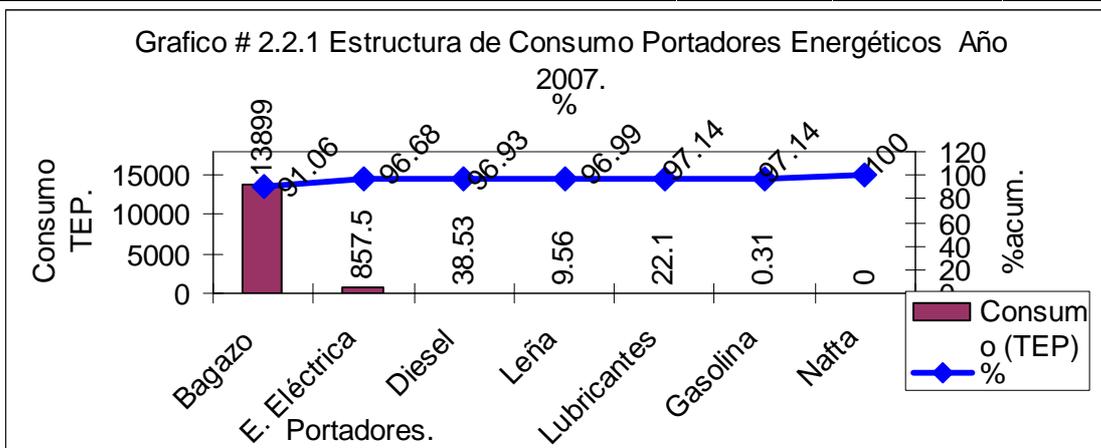


Tabla # 2.2.2 Estructura de Consumo Portadores Energéticos No Renovables Año 2007

Portador	U/M	Factor de conversión	Consumo H/F	Consumo (TEP)	%	% acum.
E. Eléctrica	Mw./h.	0.352	2331.19	857.48	93.3638783	93.3638783
Diesel	TM	1.0534	36.585	38.538	4.19608287	97.5599612
Lubricantes	TM	1	22.1	22.1	2.40628552	99.9662467
Nafta	TM	0.3592	0.29	0.31	0.03375333	100
Gasolina	TM	0.3563	0	0	0	100
<b>TOTAL</b>				918.428	100	

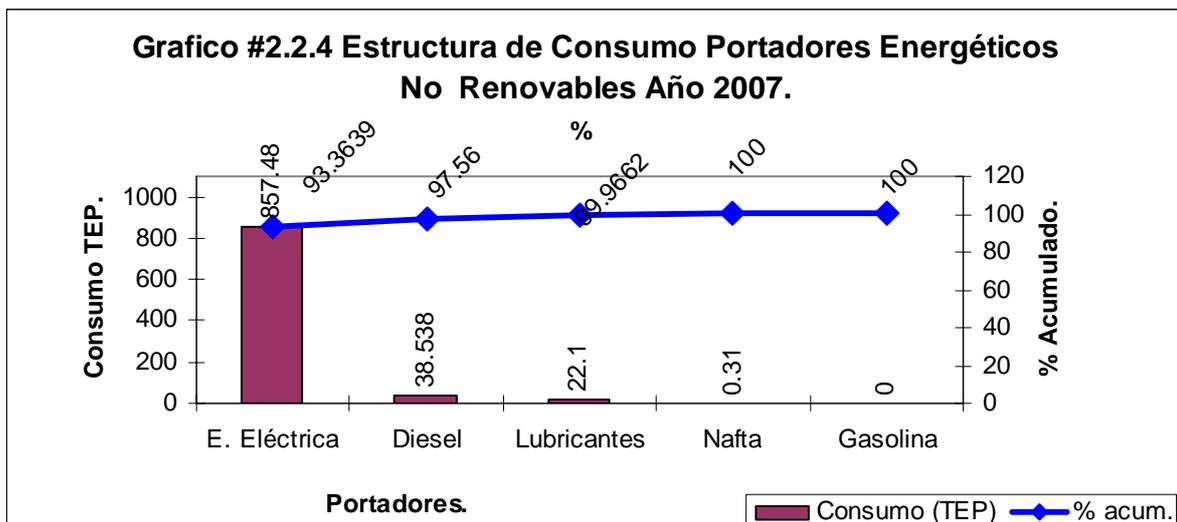


Tabla # 2.2.3 Estructura de Consumo Portadores Energéticos Año 2008

Portador	U/M	Factor de conversión	Consumo H/F	Consumo (TEP)	%	% acum.
Bagazo	TM	0.24	72706	17449.44	87.4185019	87.4185019
E. Eléctrica	Mw./h	0.352	6931.91	2440.0323	12.2241154	99.6426173
Diesel	TM	1.0534	30.6	32.234	0.16148644	99.8041037
Leña	TM	0.3592	55.61	19.975	0.1000711	99.9041748
Lubricantes	TM	1	17.78	17.78	0.08907455	99.9932494
Gasolina	TM	1.0971	1.18	1.294578	0.0064856	99.999735
Nafta	TM	0.23	0.23	0.0529	0.00026502	100
<b>Total</b>				19966.149	100	19960.809

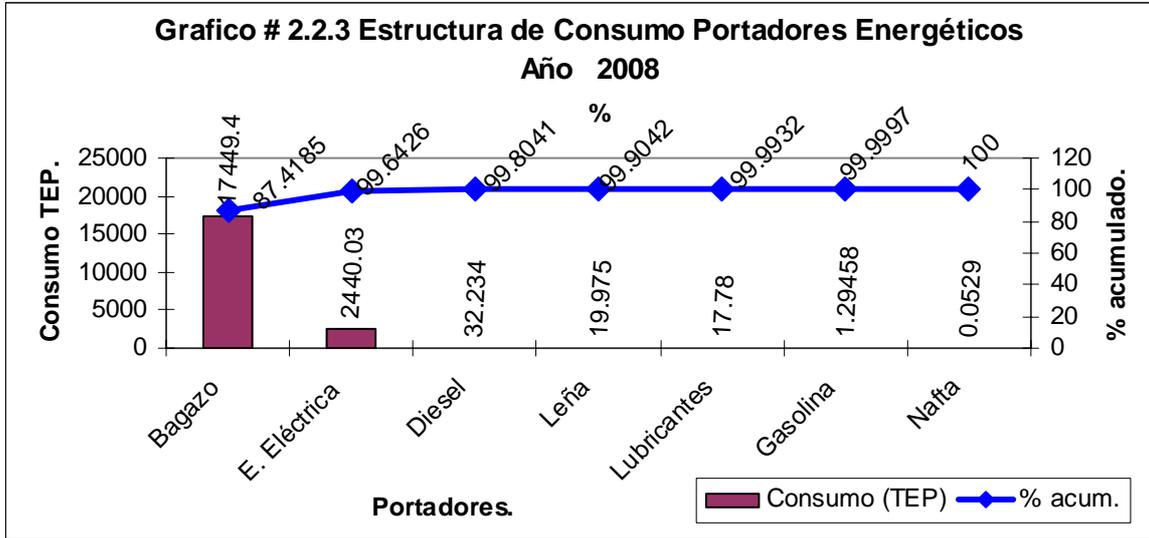


Tabla #2.2.4 Estructura de Consumo Portadores Energéticos No Renovables Año 2008.

Portador	U/M	Factor de conversión	Consumo H/F	Consumo (TEP)	%	% acum.
E. Eléctrica	Mw./h.	0.352	6931.91	2617.63	97.8619122	97.8619122
Diesel	TM	1.0534	30.6	32.234	1.4045805	99.2664927
Lubricantes	TM	1	17.78	17.78	0.66471763	99.9312103
Nafta	TM	0.3592	1.18	1.59	0.05944325	99.9906536
Gasolina	TM	0.3563	0.23	0.25	0.00934642	100
<b>TOTAL</b>				2674.82	100	

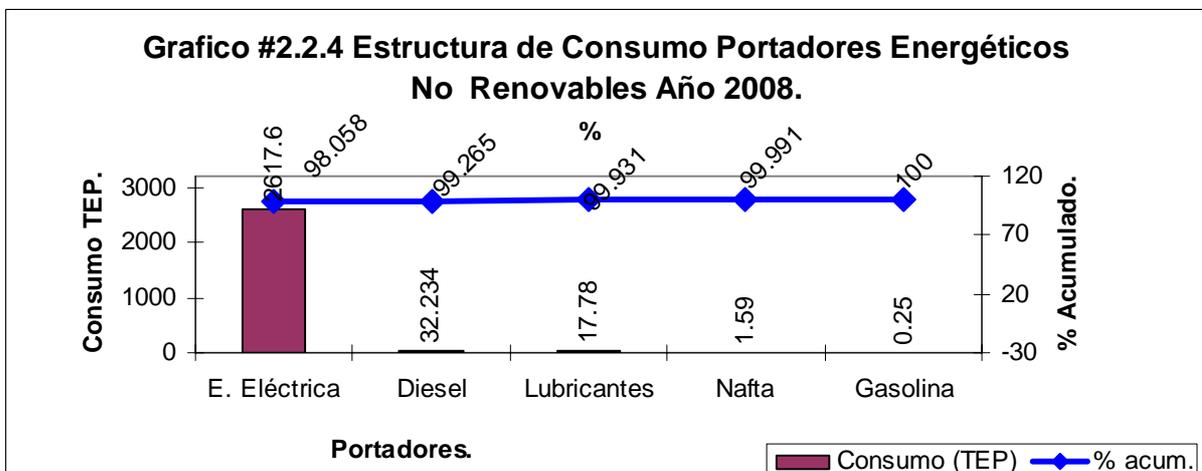


Tabla # 2.2.5 Estructura de Consumo Portadores Energéticos Año 2009

Portador	U/M	Factor de conversión	Consumo H/F	Consumo (TEP)	%	% acum.
Bagazo	TM	0.24	69436	289316.67	92.1026711	92.1026711
E. Eléctrica	Mw./h	0.352	8680.89	24661.619	7.85091656	99.9535877
Diesel	TM	1.0534	55.61	63.91	0.02034546	99.9739332
Leña	TM	0.3592	23.11	64.337417	0.02048153	99.9944147
Lubricantes	TM	1	15.09	15.09	0.00480383	99.9992185
Gasolina	TM	1.0971	1.93	1.7591833	0.00056003	99.9997785
Nafta	TM	0.23	0.16	0.6956522	0.00022146	100
Total				314124.08	100	

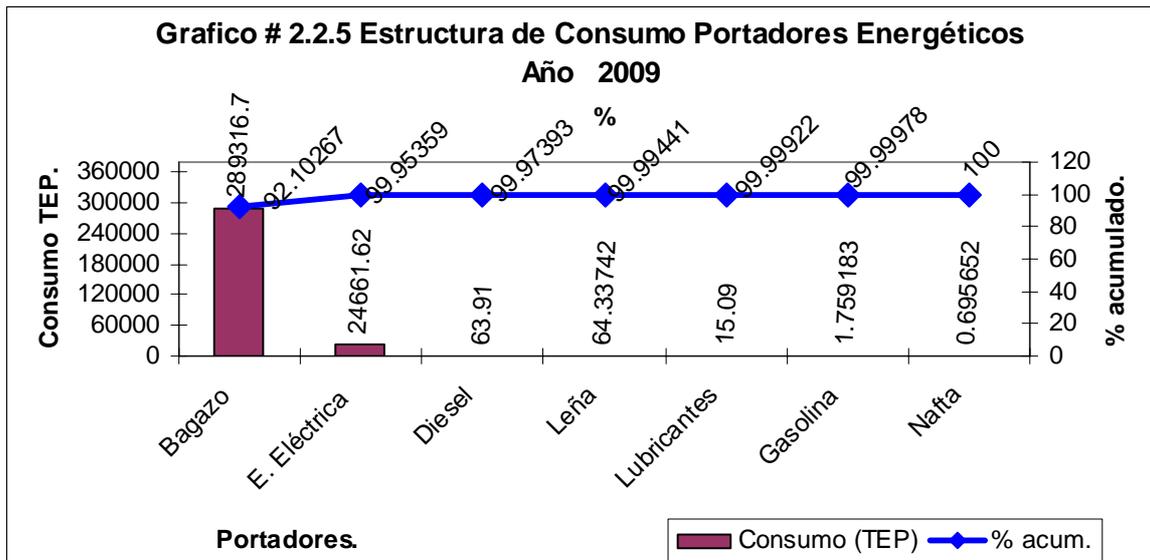
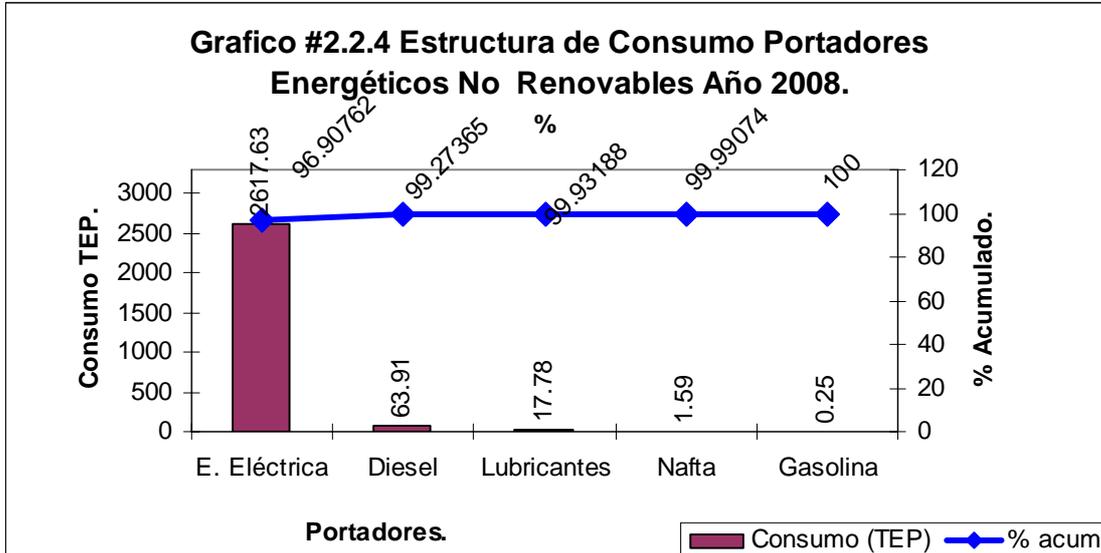


Tabla # 2.2.6 Estructura de Consumo Portadores Energéticos No Renovables Año 2009.

Portador	U/M	Factor de conversión	Consumo H/F	Consumo (TEP)	%	% acum.
E. Eléctrica	Mw.	0.352	7604.56	2617.63	96.9076249	96.9076249
Diesel	TM	1.0534	155.61	63.91	2.36602052	99.2736454
Lubricantes	TM	1	13.14	17.78	0.65823572	99.9318811
Nafta	TM	0.3592	0.86	1.59	0.0588636	99.9907447
Gasolina	TM	0.3563	0.17	0.25	0.00925528	100
<b>TOTAL</b>				2701.16	100	



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 porcinito.

En este diagrama se pueden determinar las áreas y los puestos claves que inciden sobre el consumo de energía.

Como queda demostrado en los gráficos de consumo, el bagazo representa entre el 85-95% del consumo y en los gráficos de consumo de los no renovables el renglón más importante lo constituye la electricidad con más del 90% de influencia y debido a la gran demanda de la misma en el proceso de producción de azúcar y la baja disponibilidad que hay en el país de este portador, se trabajara sobre los portadores antes mencionados además de los daños que ocasiona al medio ambiente la producción de la misma a través de los combustibles convencionales.

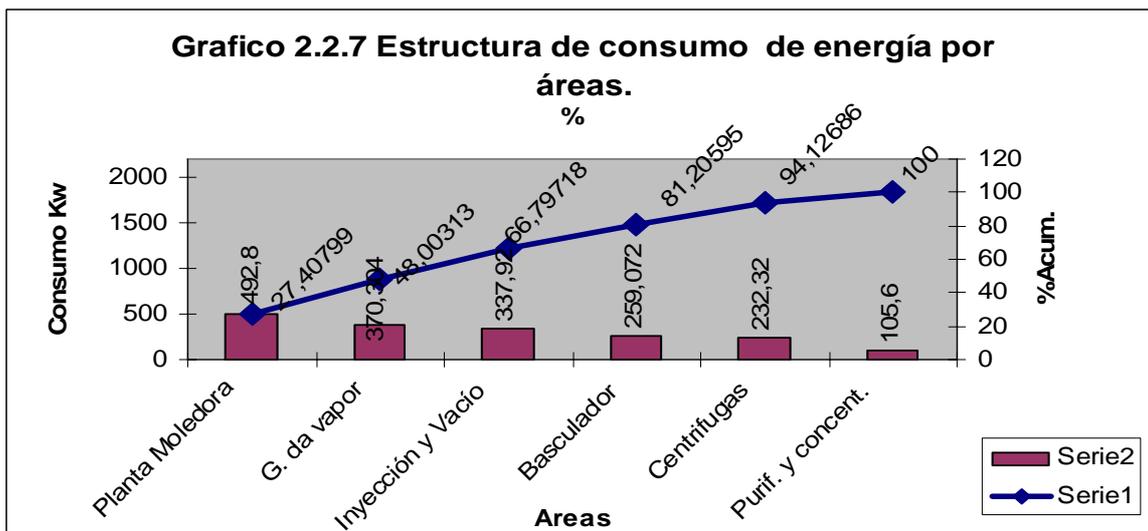
Con el objetivo de evaluar la eficiencia con que se transforma la energía en el centro, se realiza un diagnóstico energético apoyado en los jefes de áreas y personal técnico de la unidad por cada puesto de trabajo, lo que permitió obtener una panorámica del estado energético y una idea de las potencialidades de ahorro energético.

El consumo de potencia dentro de la industria azucarera es muy elevado; la energiza eléctrica constituye la base de funcionamiento de todos los equipos roto dinámicos en la industria azucarera distribuidos en las diferentes áreas por lo que para realizar un análisis del comportamiento energético es indispensable el estudio independiente de cada una de ellos.

- 1- Planta moledora
- 2- Generación de vapor
- 3- Centrifugas
- 4- Inyección y vacío.
- 5- Basculador
- 6- Purificación y concentración.

**Tabla # 2.2.7 Estructura de consumo de energía por áreas.**

Áreas	Consumo (MW/h)	Consumo (Ton)	%	%Acumulado
Planta Moledora	1400	492.8	27.407987	27.407987
G. da vapor	1052	370.34	20.595145	48.003132
Inyección. y Vacío	960	337.92	18.794049	66.797181
Basculador	736	259.072	14.408771	81.205951
Centrifugas	660	232.32	12.920908	94.12686
Purif. y oncent.	300	105.6	5.8731402	100
Total		1798.06	100	



En el gráfico 2.2.7 muestra como se distribuye el consumo de energía eléctrica en la industria, puede observarse que el 81.20 % de la energía eléctrica se utiliza en las áreas de Planta moledora, generación de vapor, centrifugas e inyección y vació.

Se puede observar en el gráfico de consumo de energía la planta moledora consume el 28% de la energía consumida dentro del proceso de producción, La desintegración del tejido leñoso de la caña requiere una considerable cantidad de energía. Este trabajo es realizado de conjunto por las cuchillas y los molinos, después le sigue generación de vapor y centrifugas con el 20 % y 18 % respectivamente.

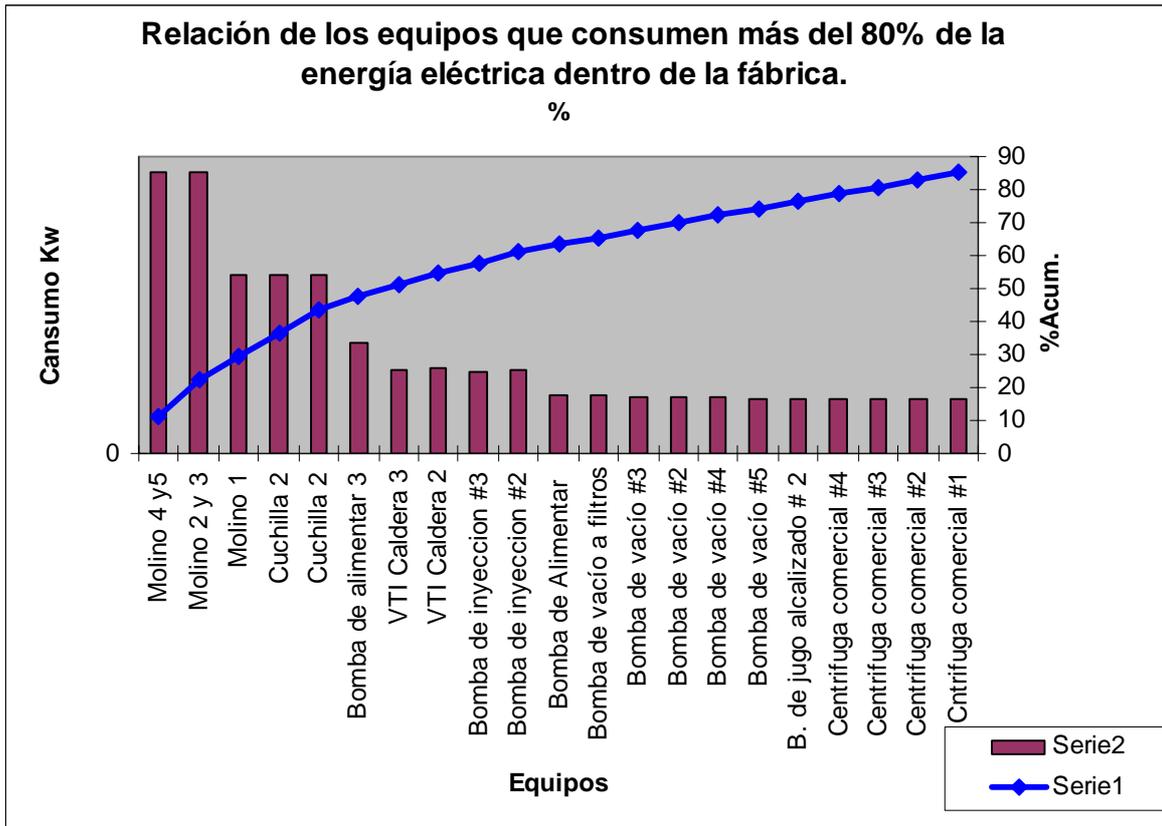
En la industria no se realizan las mediciones por áreas, debido a que no se encuentra instalado el sistema de metro contadores por subestaciones,

Partiendo de las áreas se trabajó en determinar dentro de las mismas cuales eran los principales equipos que consumían el 80 % de la energía.

### **2.2.1 Relación de los equipos que consumen más del 80% de la energía eléctrica dentro de la fábrica.**

No	Puestos de trabajo	capacidad instalada	diagnostico con medicion	%	% acumulado
1	Molino 4 y5	630	567	11.10023493	11.10023493
2	Molino 2 y 3	630	567	11.10023493	22.20046985
3	Molino 1	400	360	7.047768207	29.24823806
4	Cuchilla 2	400	360	7.047768207	36.29600626
5	Cuchilla 2	400	360	7.047768207	43.34377447
6	Bomba de alimentar 3	250	225	4.404855129	47.7486296
7	VTI Caldera 3	260	170	3.328112764	51.07674236
8	VTI Caldera 2	260	172	3.367267032	54.4440094
9	Bomba de inyeccion #3	250	165	3.230227095	57.67423649
10	Bomba de inyeccion #2	250	168	3.288958496	60.96319499
11	Bomba de Alimentar	132	118.8	2.325763508	63.2889585
12	Bomba de vacío a filtros	130	117	2.290524667	65.57948316
13	Bomba de vacío #3	125	112.5	2.202427565	67.78191073
14	Bomba de vacío #2	125	112.5	2.202427565	69.98433829
15	Bomba de vacío #4	160	112.3	2.198512138	72.18285043
16	Bomba de vacío #5	125	111.7	2.186765857	74.36961629
17	B. de jugo alcalizado # 2	200	110	2.15348473	76.52310102
18	Centrifuga comercial #4	145	108.75	2.129013312	78.65211433
19	Centrifuga comercial #3	145	108.75	2.129013312	80.78112764

20	Centrifuga comercial #2	145	108.75	2.129013312	82.91014096
21	Centrifuga comercial #1	145	108.75	2.129013312	85.03915427
TOTAL		5307	4343.8	85.03915427	



En el grafico se puede apreciar que los equipos de mayor consumo de energía son

- 1.-Molino 4 y 5.
- 2-Molino 2 y 3.
- 3-Molino 1
- 3-cuchilla 1
- 4-Cuchilla 2
- 5- Bomba de alimentar calderas.
- 6-Bomba de inyección 2
- 7- Bomba de inyección 3
- 8- VTI caldera 3

9- VTI caldera 2

EN estos equipos se deben concentrar los esfuerzos y aplicar medidas correspondientes para disminuir los consumos energéticos,

**2.3 Puestos Claves estratificados por Portadores.**

Se utiliza el bagazo como combustible de las calderas, para producir vapor directo del cual el 90% es utilizado para la producción de energía eléctrica en los turbogeneradores, el resto es empleado junto con el vapor de escape en el proceso de cocción y limpieza en el proceso de fabricación.

**2.3.1- Consumo de energía con respecto al portador Bagazo.**

No	Indicador	UM	Consumo Kg/h	FC	TCC	%	% Acumulado
1	Caldera Retal de 60 TN	TN	22863	0.2400	5887.12	100	100

Principales dificultades que influyen en el consumo de bagazo.

- Falta de hermeticidad en la caldera que provoca infiltración de aire frío en al horno.
- Deficiente aprovechamiento del condensado por tal razón el agua de alimentar a la caldera entra con baja temperatura.
- Distribución deficiente del bagazo en la parrilla del horno provocando la quema del bagazo en pilas dificultando la combustión en suspensión.
- Mala regulación del tiro de la caldera trayendo consigo que exista poco vacío en el horno.
- Dificultades con la regulación del aire para la combustión ya sea por defecto o por exceso.
- Falta de preparación técnica del personal de operación.
- Dificultad crítica con los sopladores de hollín.
- Falta del economizador en la caldera #1
- Deficiente insulación en tuberías de vapor directo, escape y agua caliente.
- Turbinas trabajando por debajo de los parámetros nominales lo cual incrementa el consumo específico.
- Deficiente en el sistema de control automatizado de la caldera, que por su diseño requiere un óptimo funcionamiento del mismo.
- Falta de instrumentos que permitan evaluar la eficiencia de la caldera.

### 2.3.2 Identificación de los puestos claves del centro que inciden en el consumo de energía eléctrica.

Una vez estratificados los consumos de puestos claves por portadores nos queda el siguiente resumen.

Indicador	UM	Consumo	FC	%	% Acumulado
Calderas de 60 TN	Ton	23604.92	0.24	73.477367	73.4773667
Calderas de 60 TN	Kw./h	732.56	0.352	2.2803119	75.7576786
Molino 2, 3, 4 y 5	Kw./h	1330	0.352	4.1400224	79.897701
Cuchillas 1	Kw./h	400	0.352	1.2451195	81.1428205
Molino 1	Kw./h	360	0.352	1.1206076	82.2634281
Cuchillas 2	Kw./h	300	0.352	0.9338396	83.1972677
Bomba de alimentar 3	Kw./h	225	0.352	0.7003797	83.8976474
Bomba de inyección 1y 2.	Kw./h	166.5	0.352	0.518281	84.4159284
VTI Caldera 2 y 3	Kw./h	143	0.352	0.4451302	84.8610587
Bomba de vacío a filtros	Kw./h	117	0.352	0.3641975	85.2252561
Bomba de vacío #2 y #3	Kw./h	112.5	0.352	0.3501899	85.575446
Centrif. comercial 1,2, 3 y 4	Kw./h	108.75	0.352	0.3385169	85.9139629
Otros puestos	Kw./h	4525.2	0.352	14.086037	100
Total TPE		32125.43		100	

### 2.3.3 Identificación de los índices de consumo e instrumentos de medición necesarios para los puestos claves.

Nº	Puesto Clave	Cantidad	Ind. de consumo	Valor cuantitativo	Instrumento de Medición
1	Caldera Retal de 60 TN.	2	Tb./ Tv	0.58	Flujómetro de vapor
2	Molino 2 al 5	1	Kwh./ tc	7.4	Hookon, Potenciómetro
3	Cuchilla 1 y Cuchilla 2	1	Kwh./tc	4.6	Hookon, Potenciómetro
4	Molino 1	1	Kwh./tc	2.3	Hookon, Potenciómetro
5	Bomba de alimentar 3	1	Kwh./tc	1.46	Hookon, Potenciómetro

6	Bomba de inyección #1y#2	1	Kwh. / tc	2.16	Hookon, Potenciómetro
6	VTI Caldera 2 y 3	1	Kwh./tc	1.85	Hookon, Potenciómetro
7	Cent. Comercial #1,2, 3 y 4 .	4	Kwh./tc	2.82	Hookon, Potenciómetro
8	Bomba de vacío a filtros	1	Kwh./tc	0.76	Hookon, Potenciómetro
9	Bomba de Alimentar 2	1	Kwh./tc	0.77	Hookon, Potenciómetro
10	Bomba de inyección #1y#2	1	Kwh. / tc	2.16	Hookon, Potenciómetro
11	VTI Caldera 2 y 3	1	Kwh./tc	1.85	Hookon, Potenciómetro
12	Cent Comercial #1,2, 3 y 4.	4	Kwh./tc	2.82	Hookon, Potenciómetro
13	Bomba de vacío a filtros	1	Kwh./ tc	0.76	Hookon, Potenciómetro
14	Bomba de jugo alcalizado.	1	Kwh./tc	0.77	Hookon, Potenciómetro
15	Bomba de inyección #1y#2	1	Kwh. / tc	2.16	Hookon, Potenciómetro
16	VTI Caldera 2 y 3	1	Kwh./tc	1.85	Hookon, Potenciómetro
17	Cent. Comercial #1,2, 3 y4.	4	Kwh./tc	2.82	Hookon, Potenciómetro
18	Bomba de vacío a filtros	1	Kwh./tc	0.76	Hookon, Potenciómetro
19	Bomba de jugo clarificado	1	Kwh./tc	0.77	Hookon, Potenciómetro
20	<b>Total Puestos Claves</b>	<b>30</b>			Hookon, Potenciómetro

**2.3.4 Identificación del personal que incide en la eficiencia energética por puestos claves.**

Puesto Clave	Operarios	Cant.	Jefes	Cant.
Caldera de 60 TN.	Operador "A" Caldera	3	J de Brigada	3
	Operador "B" Caldera	9	J Turno Integral	3
Cuchilla 1y2	Operadores de esteras	3	J de Molida	3
Bomba de alimentar 3	Operador B caldera	3	J Turno Integral	3
Bomba de inyección #1y #2	Operador de equipo	6	J Turno Integral	3

VTI Caldera 2 y 3	Operador de equipo	6	J Turno Integral	3
Centrif. comercial #1,2, 3 y 4 .	Operador de centrif.	3	J Turno Integral	3
Bomba de vacío a filtros	Operador de bomba	3	J Turno Integral	3
Bomba de Alimentar 2	Operador de bomba	3	J Turno Integral	3
Total (8)	(35)	39		27

### **2.3.5 Problemas que influyen en la producción y consumo de energía eléctrica**

- 1- Diferencias operacionales entre brigadas. Carencia de un manual de proceso.
  - 2- Carencia de metro contadores en las distintas áreas.
  - 3- Molidas inestables.
  - 4- Alto % de interrupciones operativas y roturas.
  - 5- Déficit de generación eléctrica en base a la capacidad instalada
  - 6- Salideros de aire comprimido y agua en distintos puntos del Ingenio.
  - 7- Bajo factor de potencia en todas las áreas del ingenio.
  - 8- Existencia de 15 motores sobredimensionados en casa de calderas, con un potencial de ahorro de 250 Kw., motor del molino # 1 sobredimensionado en 100Kw.
  - 9- Sobre consumo eléctrico por carencia de interruptores y sistema seccionados del alumbrado.
- Después de hacer un análisis de los puestos claves, del banco de problemas y partiendo de las estructuras de consumo se dio a la tarea de determinar los costos por portadores, donde se tuvo solo en cuenta los consumos del SEN, los cuales se muestran en el epígrafe siguiente.

**2.4 Estructura de costos por portador en la fábrica de azúcar E.A Sánchez**

Tabla # 2.4.1 Estructura de costos por portador Año 2007.

Portadores	U/M	Cantidad	Precio, \$	Costo, \$	%	% Acum.
Diesel	TM	36.85	102930	3792970.5	85.41310841	85.413108
Bagazo	TM	57913	8.05	466199.65	10.49825229	95.911361
E. Eléctrica	Mw.	504.5	234.4	118254.8	2.662955078	98.574316
Leña	TM	276.74	17.82	4931.51	0.111051641	98.685367
Lubricantes	TM	22.1	2641.6	58379.36	1.314632583	100
Gasolina	TM	0	1274.3	0	0	100
Total				4440735.8	100	

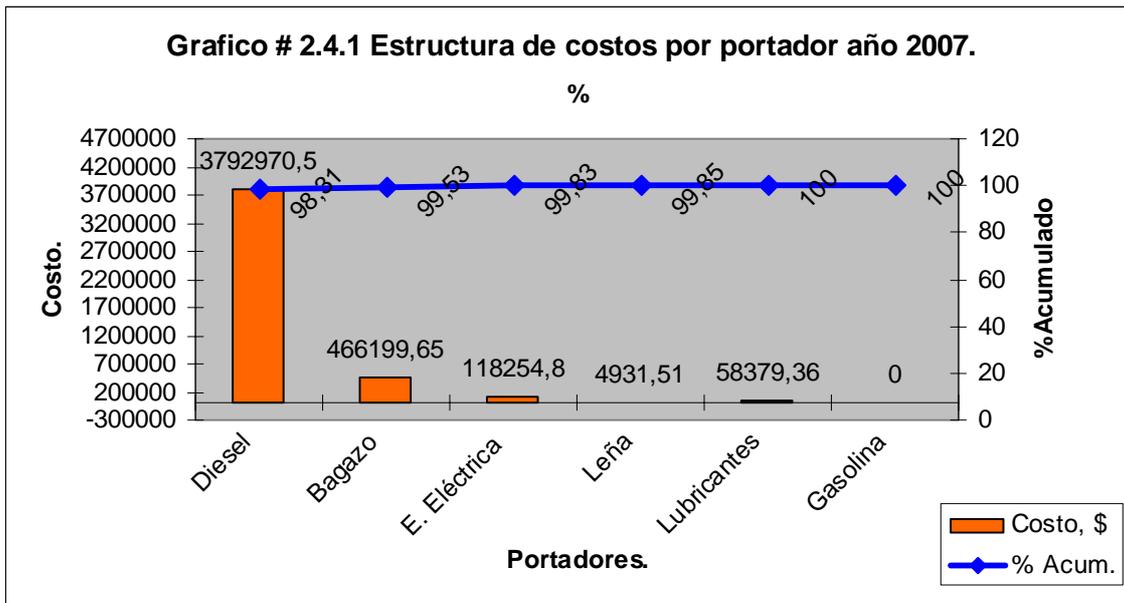


Tabla # 2.4.2 Estructura de costos por portador año 2008

Portadores	U/M	Cantidad	Precio, \$	Costo, \$	%	% Acum.
Diesel	TM	30.6	102930	3149658	93.04	93.04
Bagazo	TM	72706	8.05	585283.3	4.05	97.09
E. Eléctrica	Mw.	405.48	234.4	95044.51	0.66	97.75
Leña	TM	155.61	17.82	2772.9702	1.92	99.66
Lubricantes	TM	17.78	2641.6	46967.65	0.33	99.99
Gasolina	TM	1.18	1274.3	1503.67	0.01	100
Total				14448754	100	

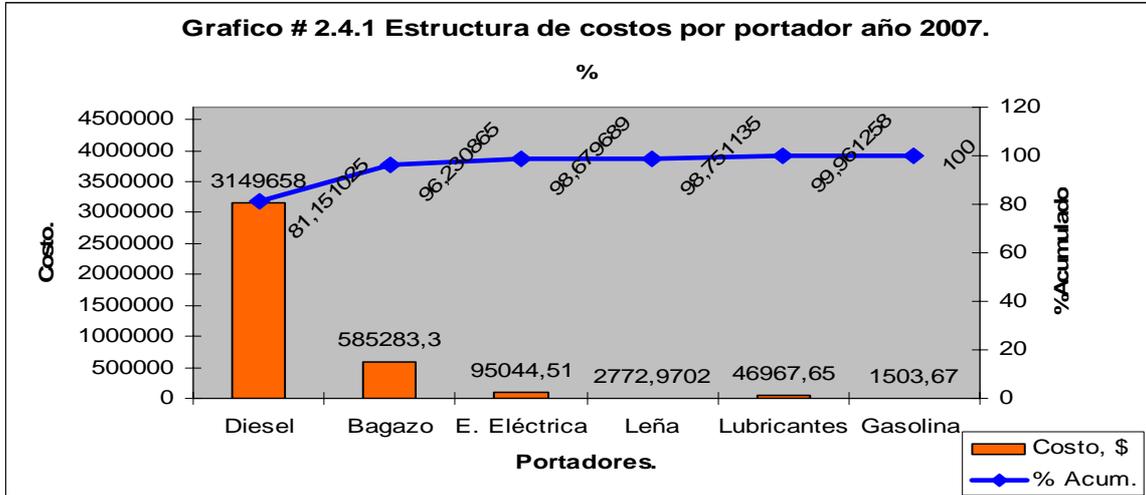
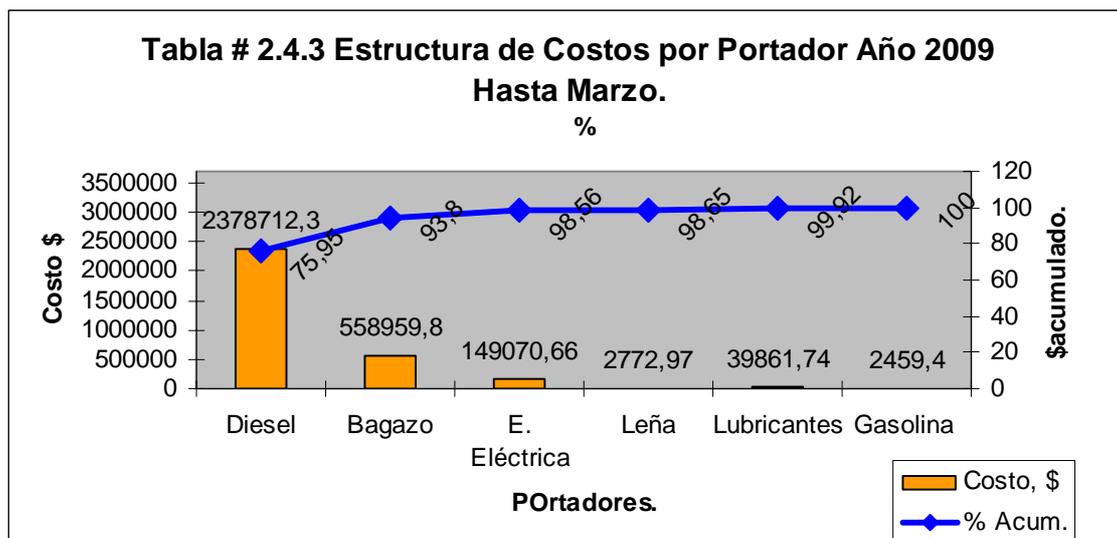


Tabla # 2.4.3 Estructura de costos por portador año 2009 hasta marzo.

Portadores	U/M	Cantidad	Precio, \$	Costo, \$	%	% Acum.
Diesel	TM	23.11	102930	2378712.30	75.95	75.95
Bagazo	TM	69436	8.05	558959.80	17.85	93.80
E. Eléctrica	Mw	635.967	234.4	149070.66	4.76	98.56
Leña	TM	155.61	17.82	2772.97	0.09	98.65
Lubricantes	TM	15.09	2641.6	39861.74	1.27	99.92
Gasolina	TM	1.93	1274.3	2459.40	0.08	100.00
Total				3131836.88	100.00	



---

Como se observa en los tres gráficos correspondientes a la estructura de costo en el periodo en análisis, a cambiado con respecto a la estructura de consumo de toneladas físicas, pasando el diesel a la primera posición, el bagazo en la segunda y la energía eléctrica a la tercera esto ocurre debido a la diferencia de precios de estos portadores.

En el epígrafe que se muestra a continuación se presentan una serie de gráficos de control los cuales demuestran el comportamiento energético de la empresa durante estos dos años.

### **2.5 Índices de eficiencia energética. Características de los métodos de administración energética en la entidad.**

El control de la eficiencia energética se realiza a través de índices establecidos a nivel provincial.

- 1- Índice de generación vs. caña molida.
- 2- índice consumo SEN vs. caña molida.
- 3 - índice entrega SEN vs. caña molida.

El índice de consumo general no se controla porque la mayor parte de la energía consumida es producto de la cogeneración a partir de una fuente renovable (el bagazo), que constituye un desecho del propio proceso y no cuesta en efectivo producirla , pero que con medidas efectivas de ahorro una gran parte de esa energía se pueda entregar ala empresa eléctrica y constituir una fuente de ingreso par la unidad y para el país evitando invertir grandes sumas de dinero en la compra de combustible convencional para la producción de electricidad, además del beneficio que representaría para el medio ambiente.

La información estadística del consumo de los portadores energeticotes es emitida por diferentes especialistas en gestión económica que son los encargado de llevar los registros primarios del control de la energía eléctrica y del resto de los portadores energéticas a nivel de empresa, al no existir el energético en la unidad básica para el cual existe una plaza pero no esta ocupad.

No se tienen en cuanta indicadores que permitan evaluar el estado de la energía eléctrica, como por ejemplo, no se lleva el consumo de energía vs. a azúcar producida, no se verifica el problema de la demanda contratada, y las penalizaciones por factor de potencia, ya que no se emiten facturas, el cobro se realiza mediante una orden de cobro.

Esto significa que no se pueden conciliar o verificar los gastos energéticos.

---

La industria se alimenta del SEN mediante un transformador 250 Kw que permite distribuir la energía eléctrica a todas las subestaciones, todo esto cuando no está generando energía eléctrica.

**Tarifa aplicada para el cobro de la energía.**

**Tarifa M4:** Se aplica a media Tensión con instalaciones de cogeneración u otros que generan energía eléctrica cuya demanda máxima del SEN sea igual o inferior a su capacidad de generación (en Kw.) en explotación activa o mantenimientos planificados, cuya extensión sea inferior, su explotación activa por tiempo continua, superior a un mes completo de facturación, se aplicará en toda su envergadura la tarifa correctamente a este nivel de voltaje.

\$ 5.00 mensual por cada Kw. de máxima demanda contratada en los horarios del día y pico comprendido entre 6:00 y las 22:00 h.

\$ 0.102 por cada Kwh. consumido en horario pico.

\$ 0.061 por cada Kwh. consumido en horario del día.

\$ 0.047 por cada Kwh. consumido en horario de la madrugada

**Consideraciones:**

Las industrias contratarán la máxima demanda para el control de la penalización sobre la base de la capacidad real necesaria (capacidad real de todas las instalaciones eléctricas deducidas las capacidades de su instalación de generación disponible), más la capacidad de su mayor instalación de generación propia, pero nunca mayor del 90% de la capacidad instalada de transformación.

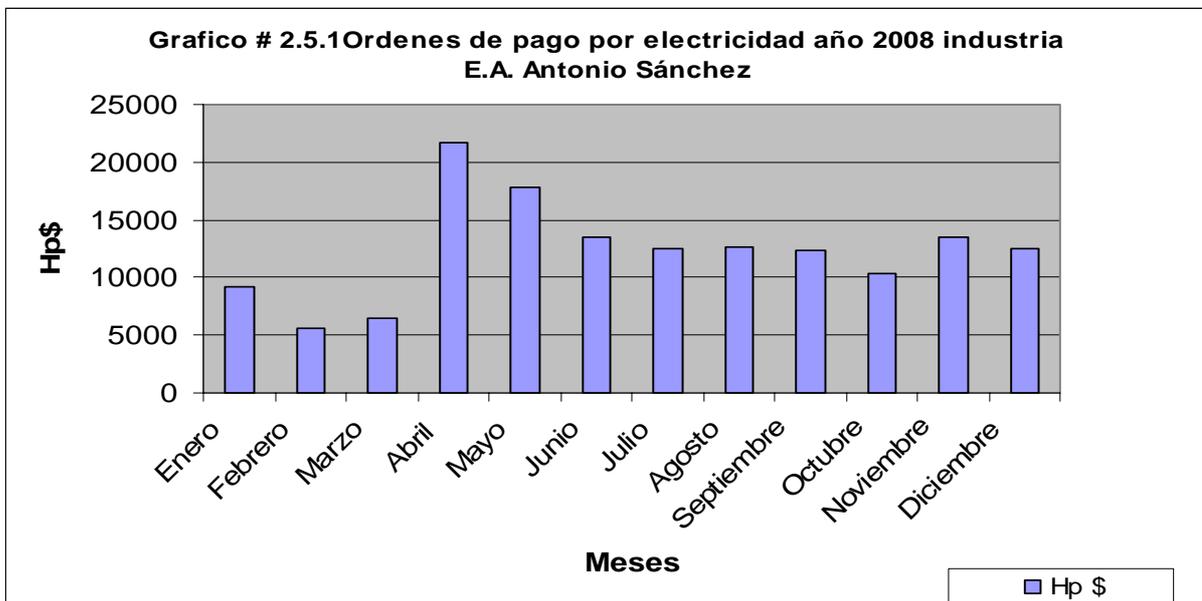
Si la demanda máxima registrada en el horario día, pico es mayor que la demanda máxima contratada, se facturará el exceso al triple del valor de la demanda de la tarifa de media Tensión M1A o sea (\$15.00) por Kw. en exceso.

Se aplica la cláusula del factor de potencia.

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

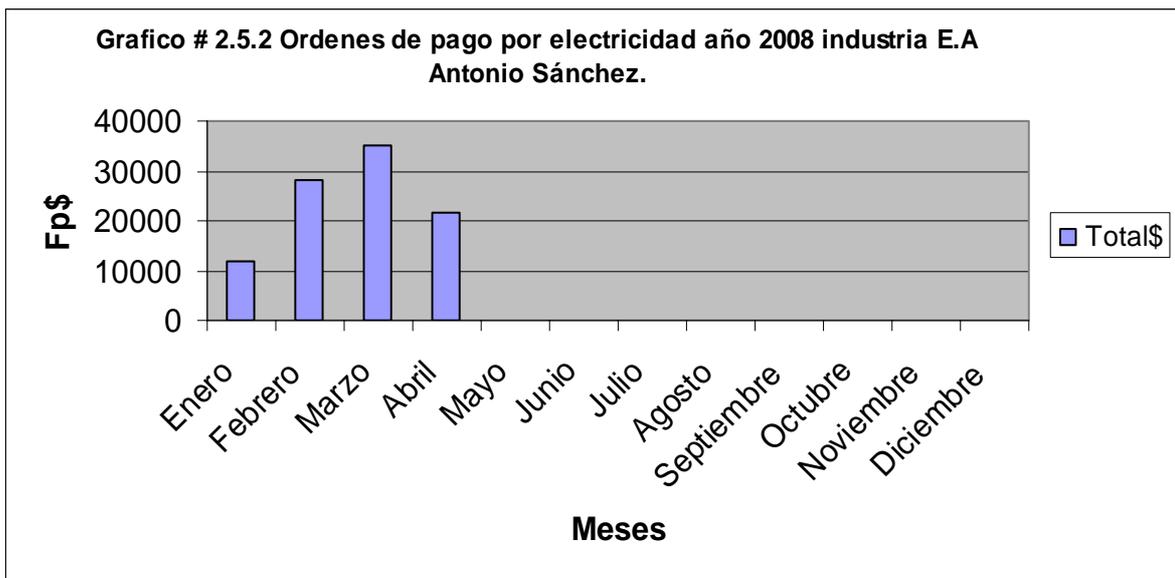
Tabla # 2.5.1 Ordenes de pago por Electricidad Año 2008 Industria E.A. Antonio Sánchez.

Mes	Total \$	%	% Acumulado
Enero	9234.41	6.231771242	6.231771242
Febrero	5599.89	3.779043107	10.01081435
Marzo	6399.23	4.318471617	14.32928597
Abril	21662.75	14.61894181	28.94822778
Mayo	17784.39	12.00166011	40.94988789
Junio	13547.48	9.142413675	50.09230157
Julio	12527.13	8.45383825	58.54613982
Agosto	12674.73	8.553444986	67.0995848
Septiembre	12384.32	8.35746401	75.45704881
Octubre	10321.33	6.965270924	82.42231974
Noviembre	13482.82	9.098778367	91.5210981
Diciembre	12564.27	8.478901896	100
Total	148182.75	100	



**Tabla # 2.5.2 Órdenes de pago por electricidad año 2009  
E. A. Antonio Sánchez.**

Mes	Total \$	%	%Acumulado
Enero	11923.65	12.33420129	12.33420129
Febrero	27990.37	28.95412544	41.28832673
Marzo	35094.67	36.30303842	77.59136514
Abril	21662.75	22.40863486	100
Mayo		0	100
Total	96671.44	100	

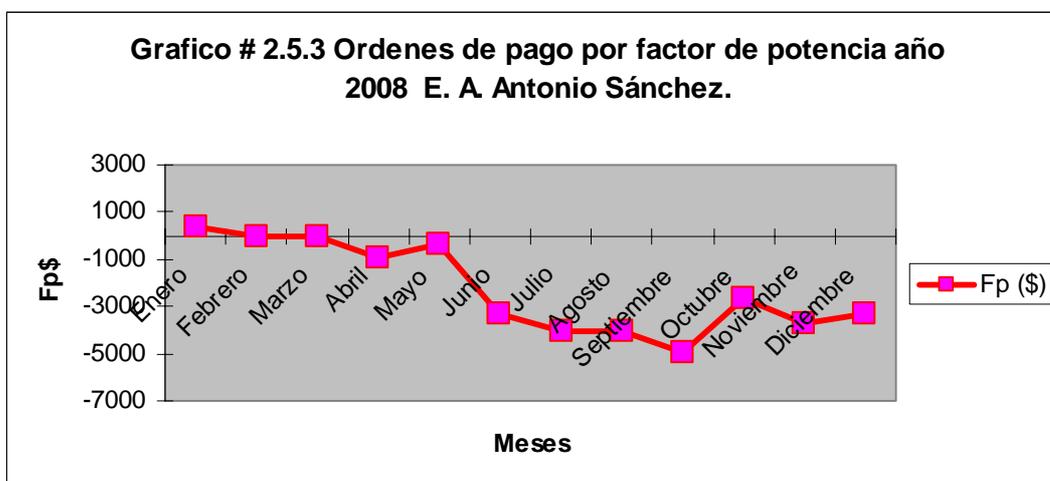


En los gráficos de pago de energía eléctrica por la industria en los años correspondientes al 2008 y 2009 se observa que el comportamiento en el periodo de producción se mantiene aproximadamente igual en al año 2008 , mientras que en 2009 se aprecia cierta inestabilidad producto a problemas operativos y técnicos en el área de generación de vapor provocando que la fabrica no se pudiera abastecer con la cogeneración y tener que consumir de la red nacional; en el periodo de no producción, en el año 2008 el pago de la energía consumida del SEN se incremento sustancialmente producto a penalizaciones por problemas con la contratación de la energía necesaria producto a perdidas por transformación y transmisión además de existir problemas con el banco re capacitares.

A continuación se muestra el comportamiento de la factura pagada por factor de potencia

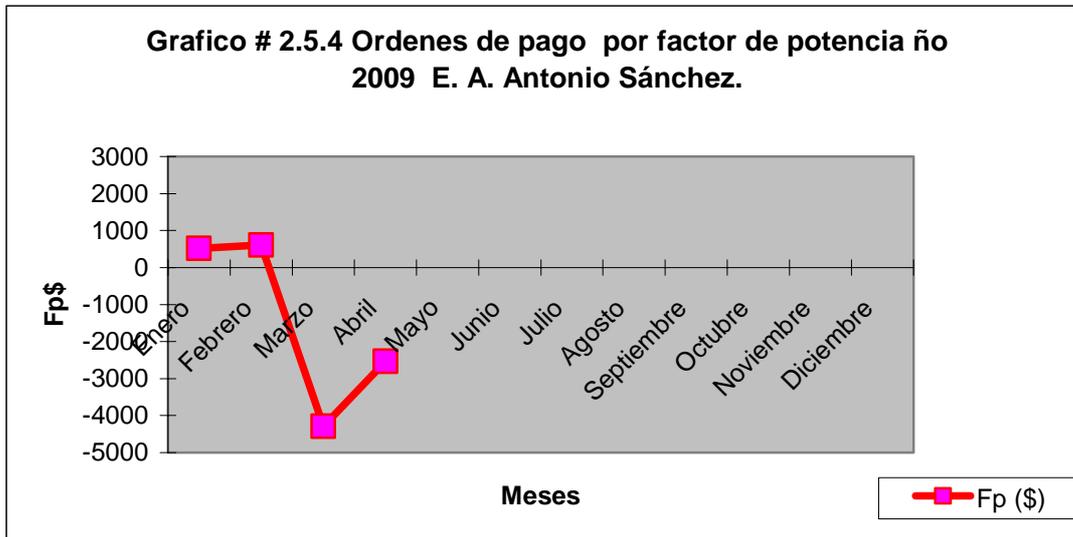
**Tabla # 2.5.3 Ordenes de pago por factor de potencia año 2008 industria E.A. Antonio Sánchez.**

Mes	Fp (\$)	%	% Acumulado
Enero	401.95	1.97	1.97
Febrero	0	0.00	1.97
Marzo	0	0.00	1.97
Abril	-962.79	-4.71	-2.74
Mayo	-395.21	-1.93	-4.67
Junio	-3311.61	-16.19	-20.87
Julio	-4036.52	-19.74	-40.61
Agosto	-4084.08	-19.97	-60.58
Septiembre	-4953.72	-24.22	-84.80
Octubre	-2637.67	-12.90	-97.70
Noviembre	-3745.23	-18.31	-116.01
Diciembre	-3274.37	-16.01	-132.02
<b>Total</b>	<b>-26999.25</b>	<b>-132.02</b>	



**Tabla # 2.5.4 ordenes de pago por factor de potencia Año 2009 industria E.A. Antonio Sánchez.**

Mes	Fp (\$)	%	% Acumulado
Enero	518.42	2.29	2.29
Febrero	608.49	2.69	4.98
Marzo	-4289.35	-18.97	-13.99
Abril	-2536.21	-11.22	-25.21
Mayo		0.00	-25.21
<b>Total</b>		<b>-25.21</b>	



Como puede observarse en los gráficos de pago por factor de potencia, en los meses de enero, febrero y marzo del 2008 se bonifico a la empresa por factor de potencia meses correspondientes al proceso productivo, los restantes meses fue penalizada. En el 2009 en los meses de marzo y abril existió penalización producto a inestabilidad en la cogeneración eléctrica provocada por falta de abastecimiento de la materia prima y a la problemática existente con bancos de capacitores.

En los estudios realizados con el propósito de dar promoción al ahorro de energía se han puesto de manifiesto las siguientes insuficiencias existentes en la gestión energética.

- 1- No están organizados los recursos humanos para trabajar por la eficiencia energética.
- 2- Los indicadores de eficiencia energética son a nivel provincial.
- 3- A pesar de estar identificado los equipos mayores consumidores los operadores no dominan el consumo de los equipos.
- 4- No se han establecido índices de consumo por los equipos mayores consumidores.
- 5- No se maneja adecuadamente el impacto de los gastos energéticos en los gastos totales, su evolución y tendencia.
- 6- Cuesta trabajo implantar y mantener medidas relativas al ahorro energía.
- 7- La instrumentación necesaria para evaluar la eficiencia energética es insuficiente, o no se encuentra en condiciones de ser utilizada.

- 
- 8- No se capacita a la dirección y al personal involucrado en la producción y uso de la energía.
  - 9- Se llevan a cabo algunas acciones para ahorrar electricidad de forma aislada con seguimiento parcial y sus resultados no son los esperados.
  - 10- El sistema de monitoreo y control existente se limita solamente a llevar los datos de generación, consumo SEN y entrega SEN.

**Conclusiones parciales.**

- 1- Los gastos de portadores energéticos representan entre 2.3 y 2.4 respecto a los gastos totales.
- 2- El portador no renovable de mayor consumo energético en toneladas de combustible convencional es la electricidad con el 90% de participación.
- 3- No se lleva control sobre el consumo de energía contra la producción realizada.
- 4- Existe poca promoción y cultura en cuanto al ahorro de portadores energéticos en el centro.
- 5- La fábrica tiene que mejorar el sistema de gestión de energía como una vía para reducir el impacto de los costos de la energía.

## Capítulo III .Aplicación de las herramientas de las TGTEE en la industria azucarera de Antonio Sánchez.

### 3.1 Herramientas básicas para el control de la eficiencia energética

En este capítulo se realizará el estudio de cómo explotar el recurso con 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.

Con el objetivo de determinar los factores que influyen en la eficiencia energética se analiza el comportamiento del consumo de energía y bagazo en las dos últimas zafras 2008 y 2009 hasta el mes de marzo, que pudieran ser utilizados para el mejoramiento del sistema a través de los diagramas de consumo-producción (E vs. P)

#### 3.1.1 Utilidad de los Diagramas energía vs. Producción (E vs. P)

- Determinar en que medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción.
- Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no.
- Establecer nuevos indicadores de consumos o costos energéticos.
- Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumos energéticos y establecer variables de control.
- Identificar el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción.
- Determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

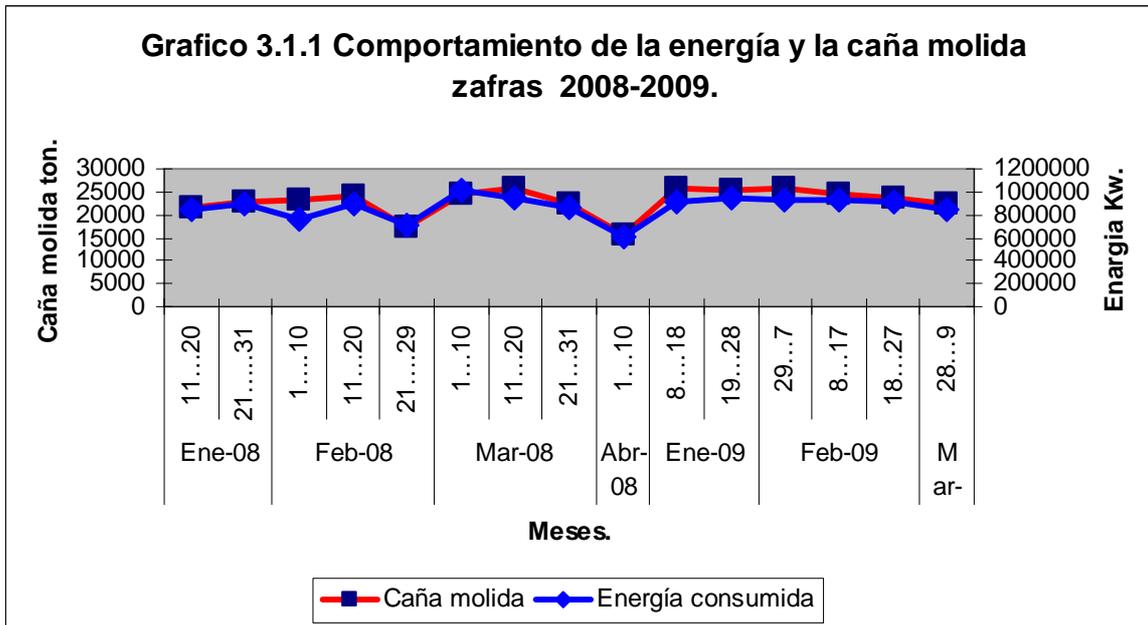
**Tabla # 3.1.1 Estructura de Comportamiento entre el consumo de Energía y caña molida en las zafras 2008 -2009.**

Meses	Decena	Caña molida	Energía consumida
Ene-08	11...20	21648.71	845991
	21....31	22767.92	891988
Feb-08	1....10	23408.85	762728
	11...20	24165.32	903617
	21....29	17525.32	714526
Mar-08	1...10	24461.43	1019295
	11...20	25590.87	944380
	21...31	22355.9	858085

**Capítulo III.**

Abr-08	1...10	15657.98	611782
Ene-09	8....18	25958.51	918347
	19...28	25480.33	949709
Feb-09	29...7	25779.94	934148
	8...17	24397	927197
	18...27	23771.24	910103
Mar-09	28...9	22249.1	849462

El grafico 3.1.1 muestra 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. Para comprender un poco mas este gráfico es necesario saber que generalmente debe ocurrir: un incremento de la producción produce un incremento del consumo de energía asociada al proceso y viceversa.



Como se puede apreciar en este grafico en el año 2008 -2009, existe relación de correspondencia del consumo contra la caña molida, reflejándose algunos comportamientos anormales como por ejemplo, en la decena del (1-10) se aprecia un ligero aumento en la caña molida y una disminución considerable del consumo de energía.

### Capítulo III.

En la tabla siguiente se hace un análisis del comportamiento entre la energía consumida y la caña molida en un gráfico de dispersión y correlación.

Para la industria, utilizar el diagrama de dispersión de la energía usada con respecto a la caña molida revela importante información sobre el proceso.

El cálculo de la energía no asociada al proceso productivo se expresa mediante la ecuación siguiente:

$$E = m.P + E_o$$

Donde:

E - consumo de energía en el período seleccionado

P - producción asociada en el período seleccionado

m – pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

$E_o$  – intercepto de la línea en el eje y, que significa la energía no asociada a la producción.

m.P – es la energía utilizada en el proceso productivo.

El porcentaje de energía no asociada ( $E_{na}$ ) se determina como:

$$E_{na} = (E_o/E_m).100, \%$$

Donde:

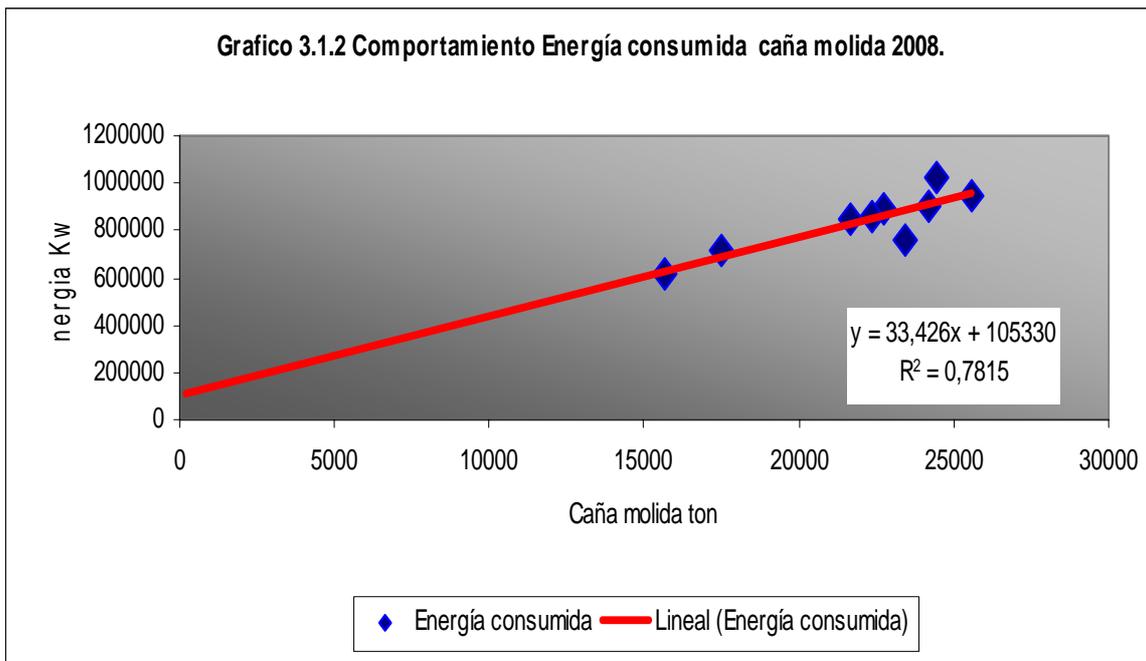
$E_m$  – es el valor del consumo medio de energía determinado como el valor de la línea central del gráfico de control de consumo del portador energético correspondiente.

**Tabla # 3.1.2 Comportamiento entre la energía y caña molida en las zafas 2008.**

Meses	Decena	Caña molida	Energía consumida
Ene-08	11...20	21648.71	845991
	21....31	22767.92	891988
Feb-08	1....10	23408.85	762728
	11...20	24165.32	903617
	21....29	17525.32	714526
Mar-08	1...10	24461.43	1019295
	11...20	25590.87	944380
	21...31	22355.9	858085
Abr-08	1...10	15657.98	611782

**Capítulo III.**

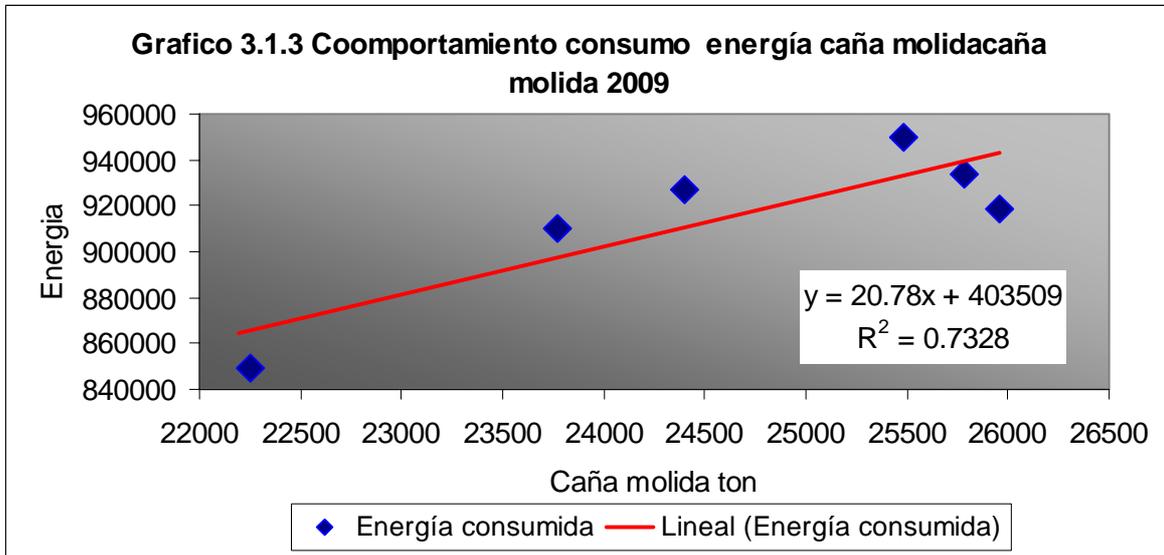
El gráfico de dispersión y correlación muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x, y si existe correlación entre dos elementos, y en caso que exista que comportamiento tienen estos.



En el gráfico se observa una tendencia a la correlación lineal entre el consumo de electricidad y la caña molida con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.7815$  como energía no asociada a la producción.

Tabla # 3.1.3 Comportamiento entre la Energía y caña molida en las zafras 2009.

Meses	Decena	Caña molida	Energía consumida
Ene-09	8...18	25958.51	918347
	19...28	25480.33	949709
Feb-09	29...7	25779.94	934148
	8...17	24397	927197
	18...27	23771.24	910103
Mar-09	28...9	22249.1	849462



El grafico 3.1.3 muestra un coeficiente de correlación bajo considerando aceptables aquellos valores superiores a 0.75 según la literatura, lo que permite utilizar el valor de  $R^2 = 0.7815$  este indicador para mejorar el índice de eficiencia energética. . En la medida que la molida se reduce, aumenta el total de energía consumida, como se puede observar el gasto energético por unidad de producto, en el 2009 es de 2.21% aumenta con relación al año 2008 con 2.18 %. La energía no asociada a la producción en 2008 es de 105330 Mw. y en el 2009 es de 403509 Mw. respecto a la energía productiva. La energía no asociada está dado producto a la energía consumida durante el proceso de arrancada, alumbrado y tiempo de parada que quedan equipos trabajando.

#### DIAGRAMA ÍNDICE DE CONSUMO – PRODUCCIÓN (IC VS. P)

Después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación,  $E = m.P + E_0$ , con un nivel de correlación significativo.

La expresión de la función  $IC = f(P)$  se obtiene de la siguiente forma:

$$E = m.P + E_0$$

$$IC = E/P = m + E_0/P$$

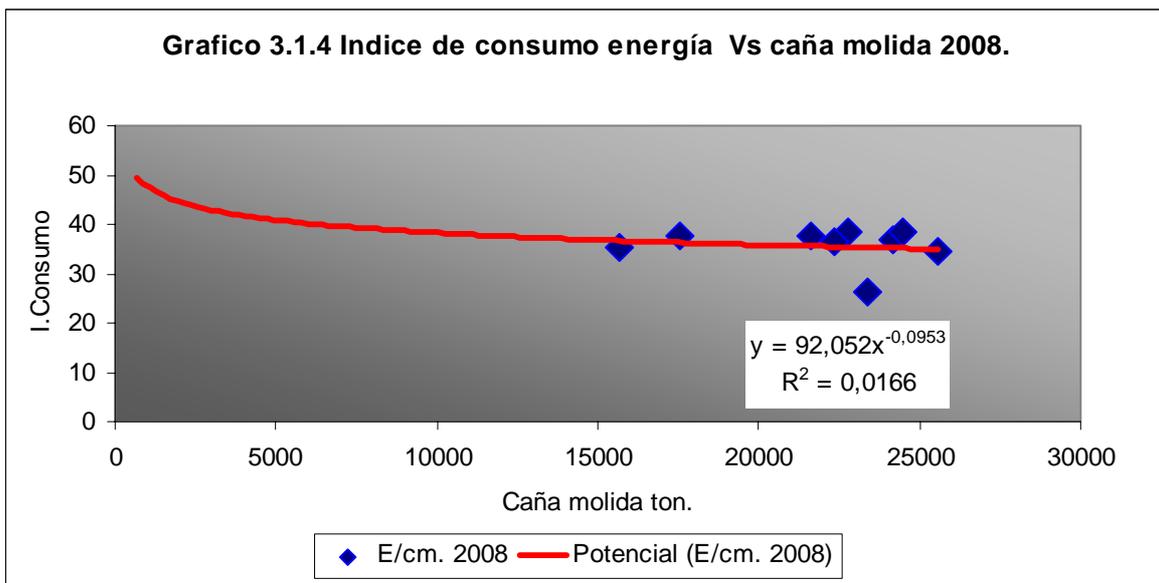
$$IC = m + E_0/P$$

El gráfico IC vs. P es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión  $E = f(p)$ .

**Capítulo III.**

**Grafico # 3.1.4 Índice de consumo de energía eléctrica por tonelada de caña molida 2008.**

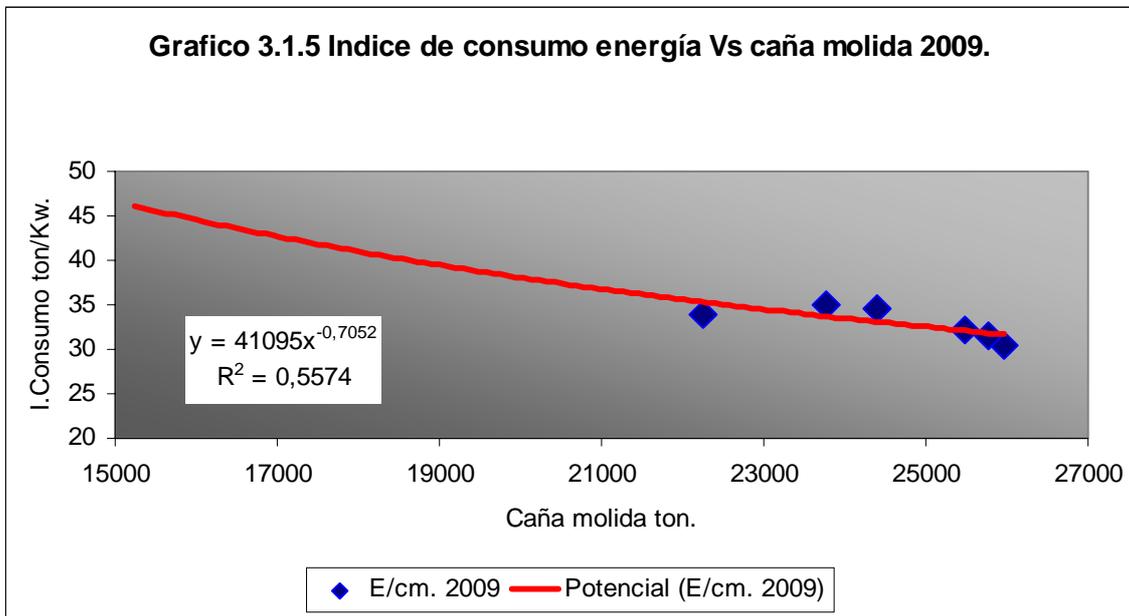
Meses	Decena	Caña molida	E/cm.
Ene-08	11...20	21648.71	37.8067331
	21....31	22767.92	38.5722543
Feb-08	1....10	23408.85	26.1720247
	11...20	24165.32	36.8713926
	21....29	17525.32	37.7977692
Mar-08	1...10	24461.43	38.5286551
	11...20	25590.87	34.4605322
	21...31	22355.9	36.3307673
Abr-08	1...10	15657.98	35.2203158



**Tabla # 3.1.5 Índice de consumo de energía eléctrica por tonelada de caña molida 2009.**

Meses	Decena	Caña molida	E/cm.
Ene-09	8...18	25958.51	30.4833367
	19...28	25480.33	32.1885941
Feb-09	29...7	25779.94	31.5251703
	8...17	24397	34.6277821
	18...27	23771.24	35.0876942
Mar-09	28...9	22249.1	33.8800671

**Capítulo III.**

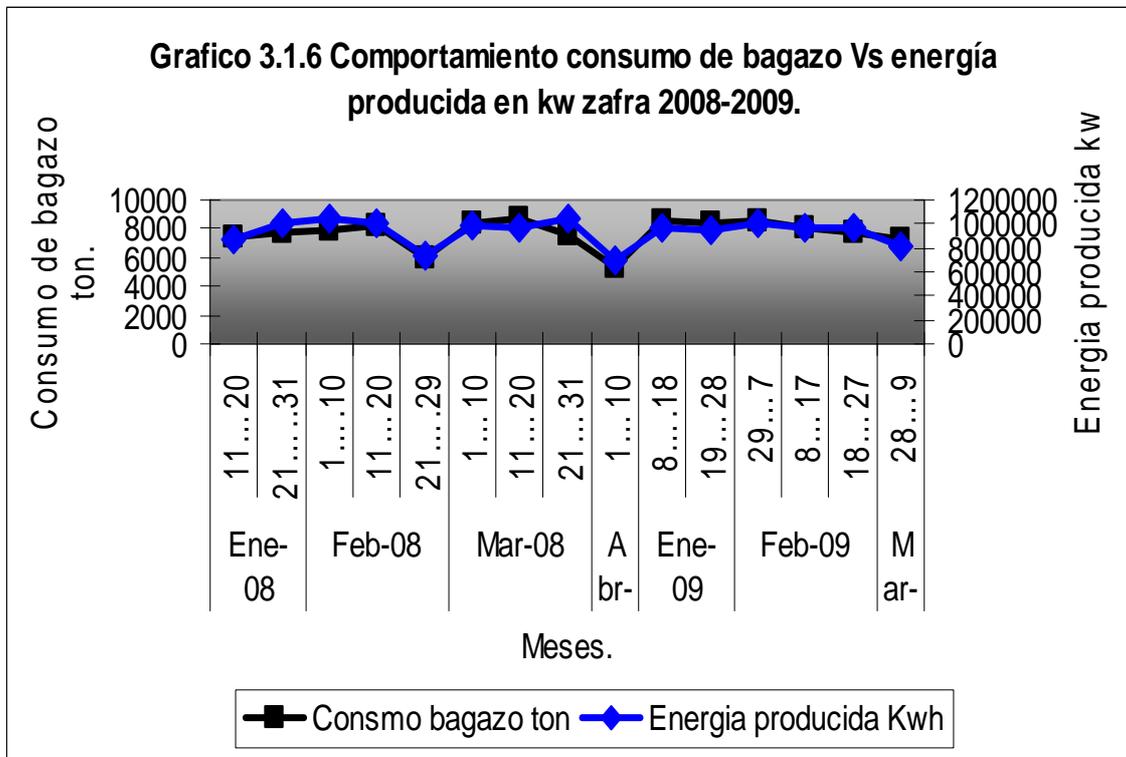


Las curvas de índice de consumo muestran que existe una marcada dependencia entre el índice de consumo y la caña molida, además se observa como el índice de consumo disminuye al aumentar el nivel de molida realizada.

**3.2 Comportamiento del consumo de bagazo y la generación.**

Tabla # 3.1.6 Comportamiento consumo de bagazo y energía producida en las zafras 2008-2009.

Meses	Decena	Consumo bagazo ton	Energía producida Kwh.
Ene-08	11...20	7360.56	878102
	21....31	7741.09	1011781
Feb-08	1....10	7957	1051040
	11...20	8216.2	1005228
	21....29	5958.6	741636
Mar-08	1...10	8316.88	984564
	11...20	8700.89	974736
	21...31	7601	1039752
Abr-08	1...10	5323.71	689721
Ene-09	8....18	8566.3	965273
	19...28	8408.5	950726
Feb-09	29...7	8507.37	1006992
	8...17	8051.06	959314
	18...27	7712.5	961128
Mar-09	28...9	7334.22	817094



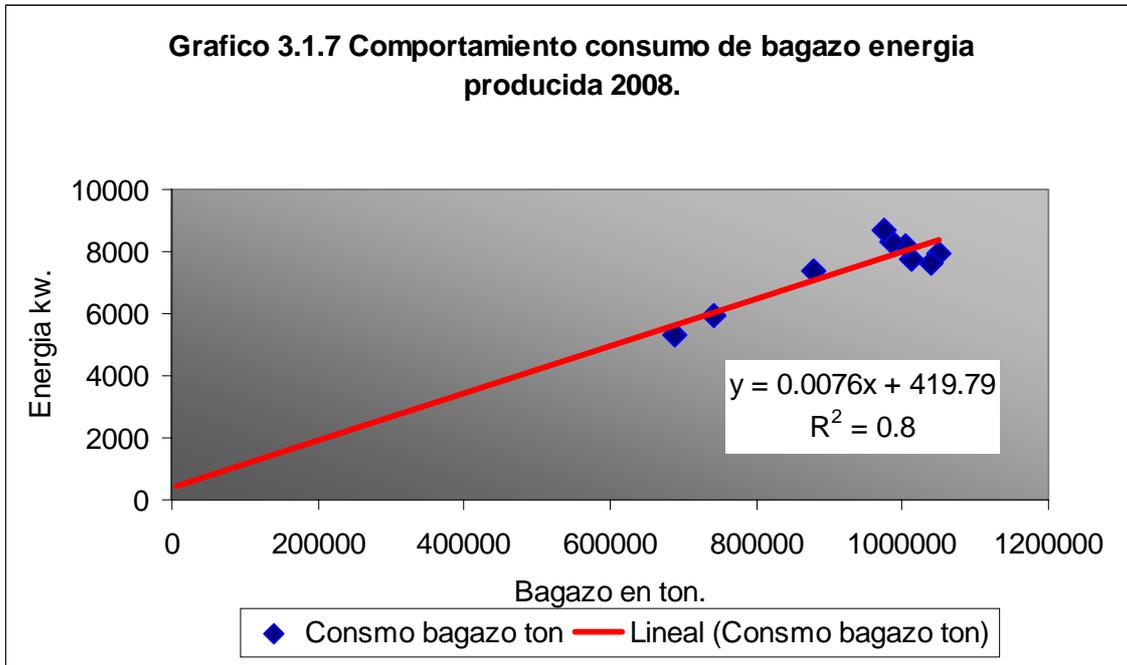
El grafico muestra una marcada correspondencia entre el bagazo consumido y la energía producida con pequeñas variaciones del consumo de bagazo contra los Kw. producidos, se puede apreciar que el comportamiento de la energía producida y el bagazo consumido puede considerarse como positivo.

**Comportamiento entre consumo de bagazo y generación en un grafico de dispersión y correlación.**

Tabla # 3.1.7 Comportamiento consumo de bagazo y energía producida en la zafra 2008.

Meses	Decena	Energía producida Kwh.	Consumo bagazo ton
Ene-08	11...20	878102	7360.56
	21...31	1011781	7741.09
Feb-08	1...10	1051040	7957
	11...20	1005228	8216.2
	21...29	741636	5958.6
Mar-08	1...10	984564	8316.88
	11...20	974736	8700.89
	21...31	1039752	7601
Abr-08	1...10	689721	5323.71

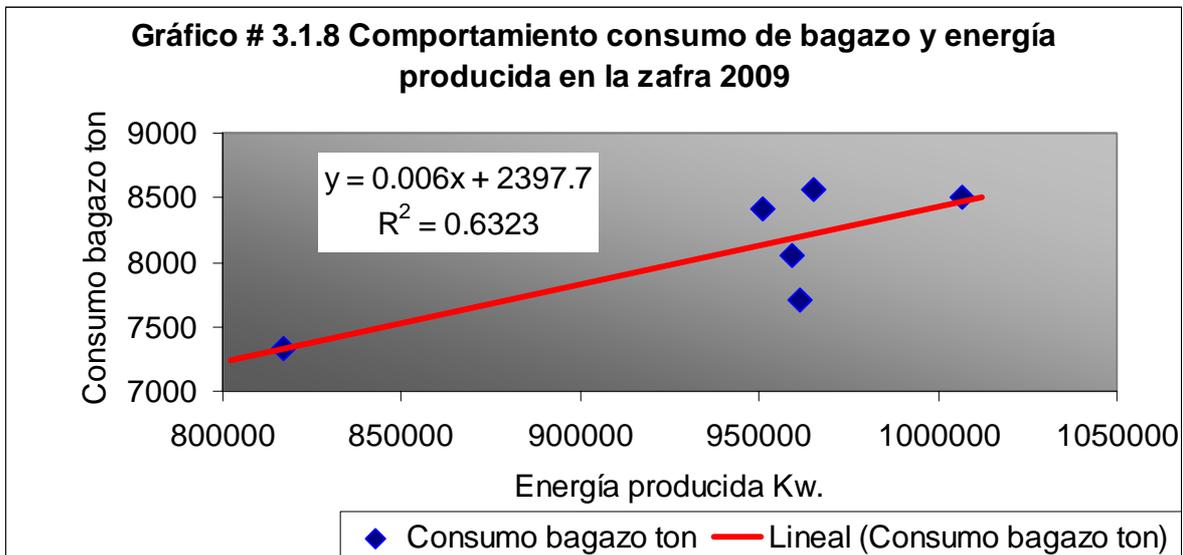
**Capítulo III.**



Como se puede apreciar en el grafico existe una alta dependencia entre el bagazo consumido y la energía producida con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.8$

Tabla # 3.1.8 Comportamiento consumo de bagazo y energía producida en la zafra 2009.

Meses	Decena	Energía producida Kwh.	Consumo bagazo ton
Ene-09	8....18	965273	8566.3
	19...28	950726	8408.5
Feb-09	29...7	1006992	8507.37
	8...17	959314	8051.06
	18...27	961128	7712.5
Mar-09	28...9	817094	7334.22



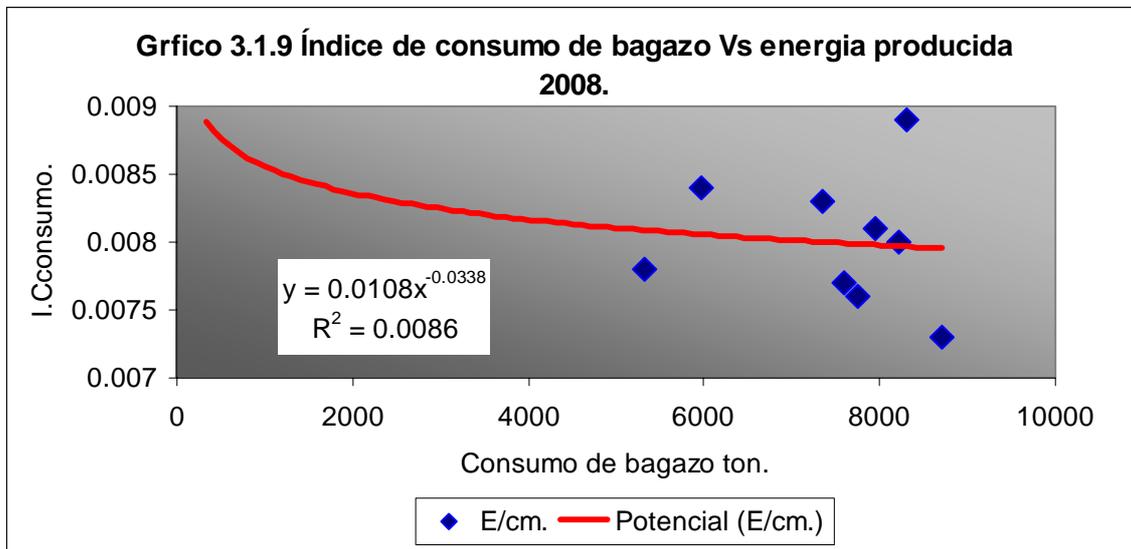
Al analizar los gráficos de consumos de bagazo y energía producida en el 2008 se observa una tendencia a la correlación lineal con valores de  $R^2 = 0.8$  el cual se debe tomar como índice de referencia con el objetivo de mejorar la eficiencia energética, en el 2009 se aprecia un deterioro de este índice al notarse menor correlación con 0.63 grados entre la energía producida y el bagazo consumido, por lo que hay menor tendencia a la correlación lineal esto indica que se debe trabajar con el objetivo de mejorar este indicador.

El consumo fijo de bagazo no asociado con la producción de electricidad en el 2008 fue un promedio 419.79 toneladas de bagazo por cada decena, y en el 2009 de 2397.7 toneladas por decena, el cual esta dado producto al proceso de arrancada de la fabrica, la inestabilidad en la molida por roturas y problemas operativos, además de la entrega de vapor a casa de calderas con el objetivo de disminuir la existencia de azúcar en proceso.

**Tabla # 3.1.9 Índice de consumo de energía eléctrica por tonelada de caña molida 2008.**

Meses	Decena	Consumo bagazo ton	E/c bagazo.
Ene-08	11...20	7360.56	0.0083
	21....31	7741.09	0.0076
Feb-08	1....10	7957	0.0081
	11...20	8216.2	0.008
	21....29	5958.6	0.0084
Mar-08	1...10	8316.88	0.0089
	11...20	8700.89	0.0073
	21...31	7601	0.0077
Abr-08	1...10	5323.71	0.0078

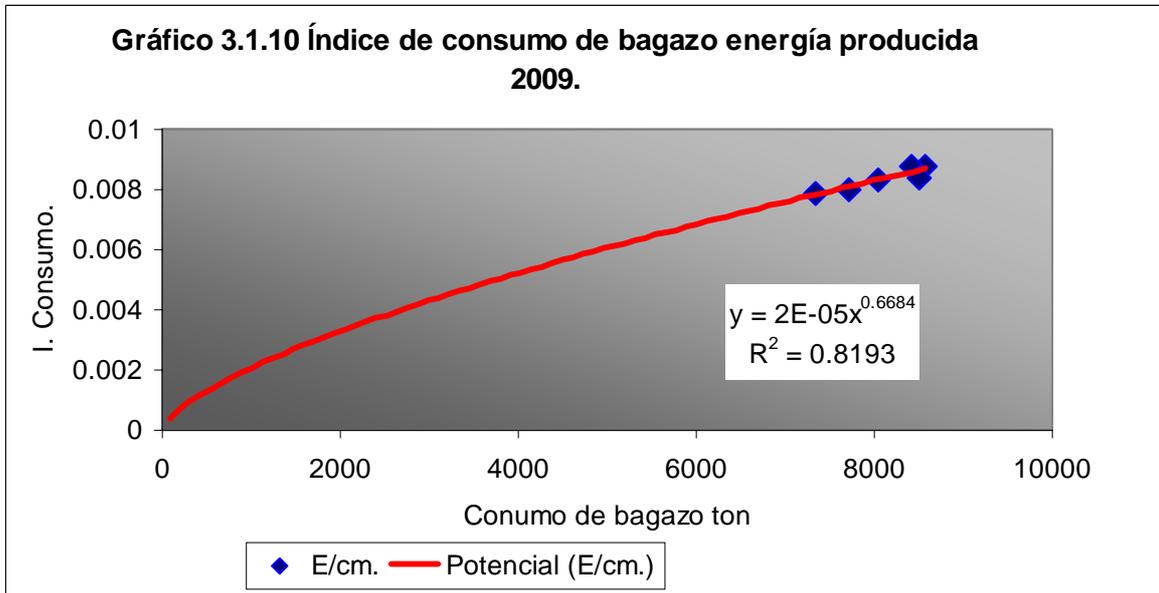
**Capítulo III.**



El gráfico muestra que la correlación del índice de consumo no es bueno debido a que en el gráfico se observa la dispersión de los puntos, y un coeficiente de correlación muy bajo lo que indica la necesidad de trabajar en este sentido.

**Tabla # 3.1.10 Índice de consumo de energía eléctrica por tonelada de caña molida 2009.**

Meses	Decena	Consumo bagazo ton	E/c bagazo.
Ene-09	8...18	8566.3	0.0088
	19...28	8408.5	0.0088
Feb-09	29...7	8507.37	0.0084
	8...17	8051.06	0.0083
	18...27	7712.5	0.008
Mar-09	28...9	7334.22	0.0088



Del análisis de este gráfico se deduce que la correlación de los índices de consumo de bagazo y energía producida es buena, los puntos mantienen buena correlación con respecto a la curva ideal y presenta un coeficiente de correlación bastante aceptable por lo que se debe tener este índice como referencia para próximas zafras.

Durante el análisis de los gráficos de consumo se pueden apreciar debilidades en el coeficiente de correlación debido a que la industria en muchas ocasiones trabaja con una capacidad muy baja con respecto a la capacidad nominal, mucha inestabilidad en el proceso de producción debido a roturas y problemas operativos, el consumo no es controlado adecuadamente y existen pocas acciones en cuanto al monitoreo y control energético.

### 3.2 Gráficos de control de energía vs. producción.

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.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normales, es decir existe un valor medio del parámetro de salida muy probable de obtener, a medida que se aleja de este valor la probabilidad de que aparecen otros valores de este parámetro disminuye considerablemente, si no existen otras causas que alteren el proceso.<sup>3</sup>

**Capítulo III.**

Calculo de las medidas de ajuste y variabilidad

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_{3...} + X_n}{n}$$

$$\bar{R} = R_{m\acute{a}x} - R_{m\acute{i}n}$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Límites de control.

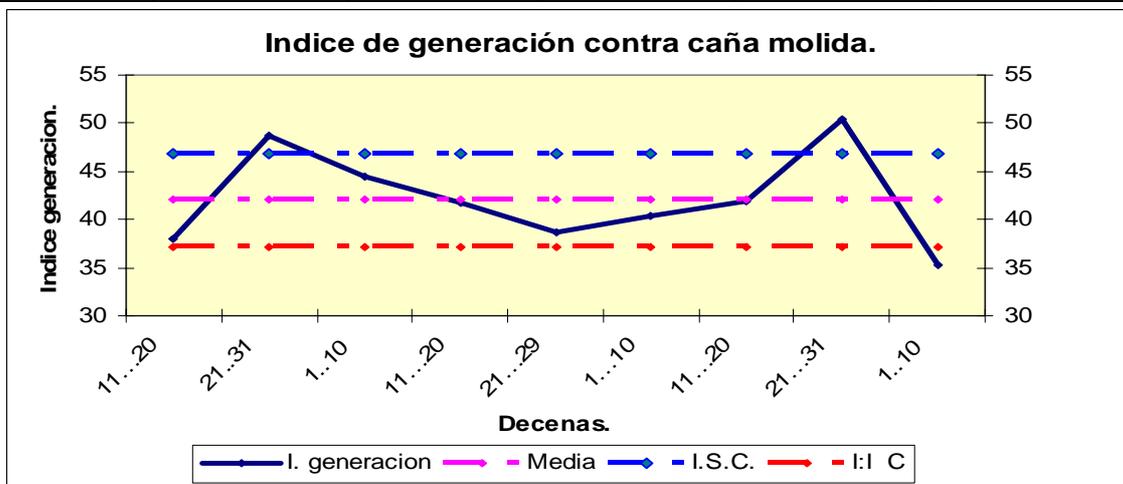
$$LCS = \bar{X} + A_2 \times \bar{R}$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 \times \bar{R}$$

En este caso se utiliza  $\bar{X}$  el valor del parámetro establecido en la fábrica como índice de eficiencia.

**Tabla # 3.2.1 Índice de Generación por tonelada de caña molida 2008.**

Decena	I. generación	Media	Desviación	L.S.C.	L.I.C
11...20	38.046	42	4.80	46.8	37.2
21..31	48.723	42	4.80	46.8	37.2
1..10	44.44	42	4.80	46.8	37.2
11...20	41.651	42	4.80	46.8	37.2
21...29	38.59	42	4.80	46.8	37.2
1...10	40.313	42	4.80	46.8	37.2
11...20	41.941	42	4.80	46.8	37.2
21...31	50.444	42	4.80	46.8	37.2
1..10	35.335	42	4.80	46.8	37.2

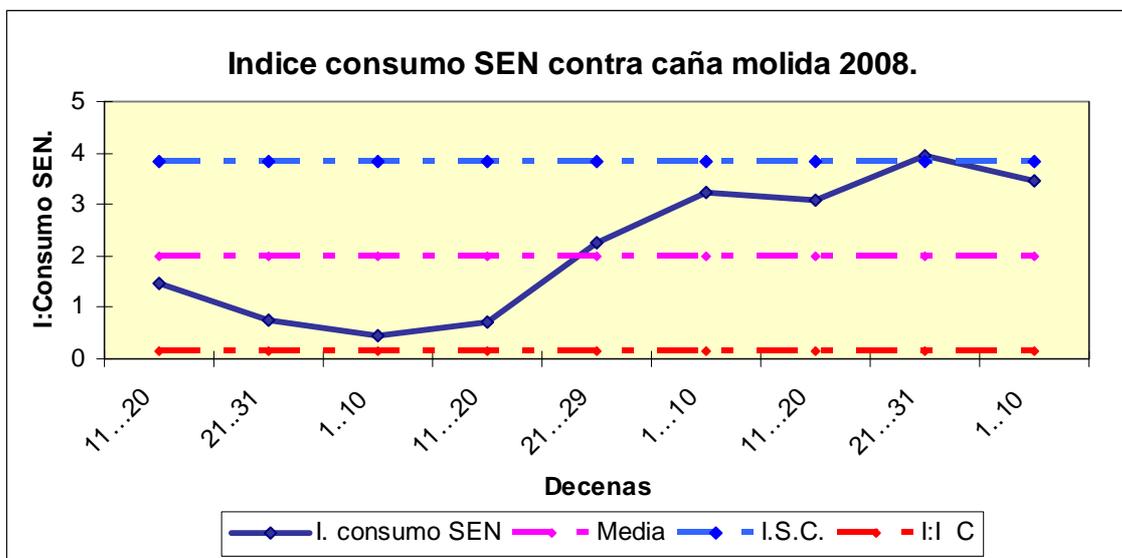


**Capítulo III.**

El gráfico muestra que el índice de generación se comporta con cierta inestabilidad respecto a la media con valores máximos por encima del límite superior, en la última decena de la zafra un valor mínimo por debajo del límite inferior lo que indica que tomando medidas al respecto se pueden obtener mejores resultados.

**Tabla # 3.2.2 Índice de consumo SEN por tonelada de caña molida 2008.**

Decena	I. consumo SEN	Media	Desviación	L.S.C.	L. I. C
11...20	1.455	2	1.83	3.83	0.16
21...31	0.748	2	1.83	3.83	0.16
1..10	0.454	2	1.83	3.83	0.16
11...20	0.724	2	1.83	3.83	0.16
21...29	2.251	2	1.83	3.83	0.16
1...10	3.224	2	1.83	3.83	0.16
11...20	3.098	2	1.83	3.83	0.16
21...31	3.945	2	1.83	3.83	0.16
1..10	3.459	2	1.83	3.83	0.16

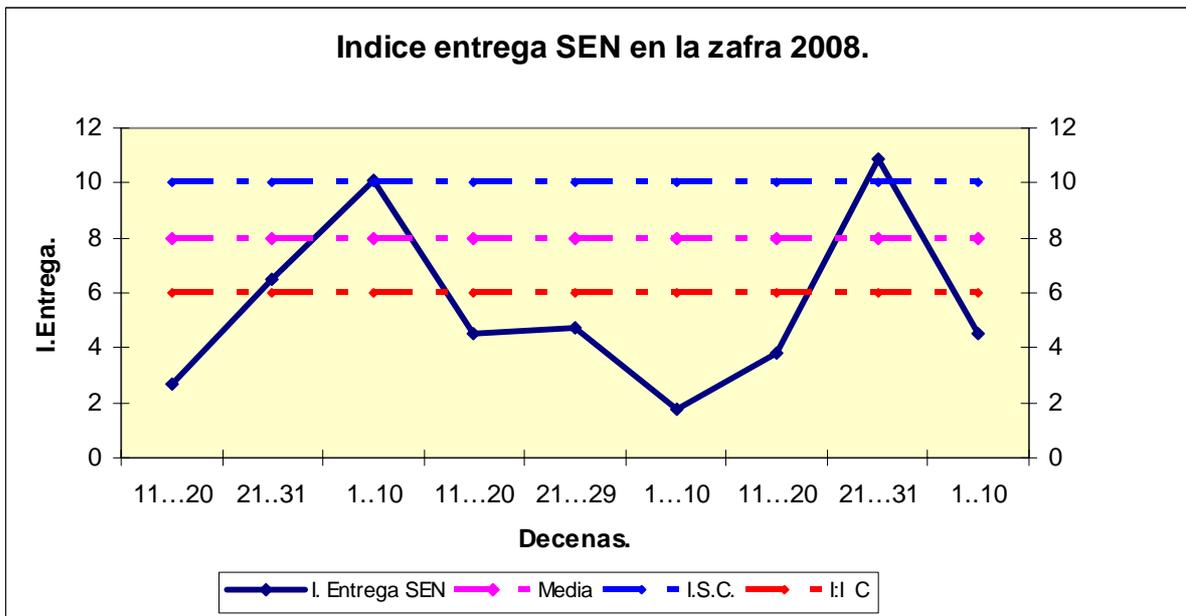


Según muestra el gráfico las primeras decenas de la zafra el índice de consumo del SEN tubo valores bajos después de la cuarta decena se elevo considerablemente hasta tomar un valor máximo en la penúltima decena por encima del límite superior.

**Capítulo III.**

**Tabla # 3.2.3 Índice de entrega SEN por tonelada de caña molida 2008.**

Decena	I. Entrega SEN	Media	Desviación	L.S.C.	L.I C
11...20	2.683	8	2.03	10.03	5.97
21..31	6.486	8	2.03	10.03	5.97
1..10	10.114	8	2.03	10.03	5.97
11...20	4.519	8	2.03	10.03	5.97
21...29	4.714	8	2.03	10.03	5.97
1...10	1.744	8	2.03	10.03	5.97
11...20	3.803	8	2.03	10.03	5.97
21...31	10.849	8	2.03	10.03	5.97
1..10	4.52	8	2.03	10.03	5.97

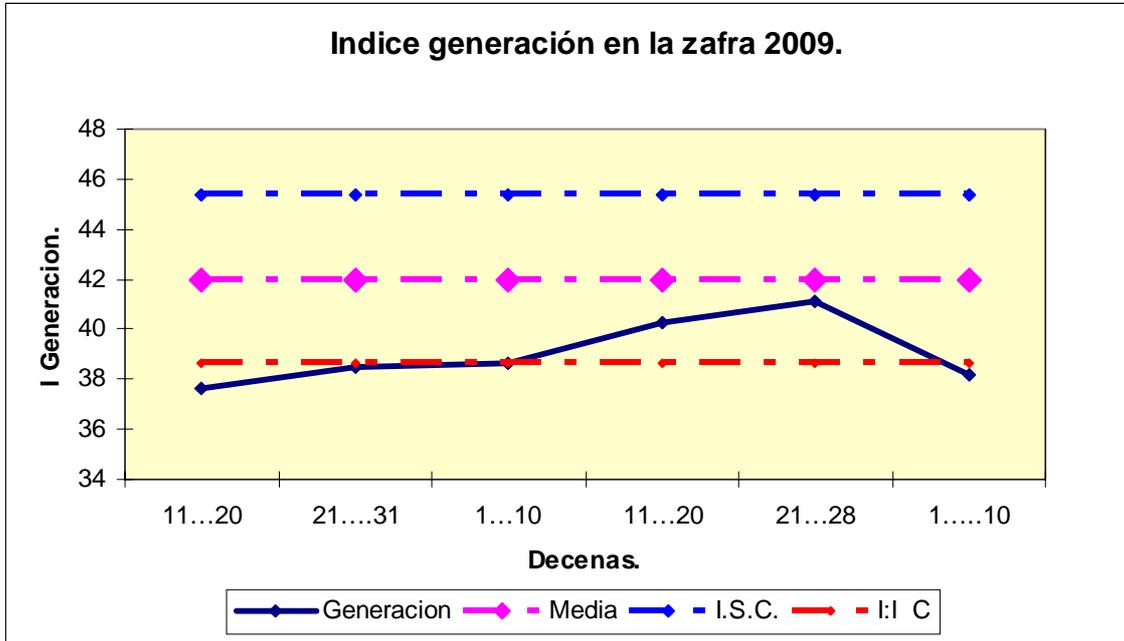


Este gráfico muestra la inestabilidad en la entrega existente con valores muy por debajo del límite inferior de control y otro por encima de la media e incluso por encima del límite superior lo que muestra la inestabilidad del proceso.

**Tabla # 3.2.4 Índice de generación por tonelada de caña molida 2009.**

Decena	Generación	Media	Desviación	L.S.C.	L:I C
11...20	37.65	42	3.38	45.38	38.62
21....31	38.47	42	3.38	45.38	38.62
1...10	38.65	42	3.38	45.38	38.62
11...20	40.3	42	3.38	45.38	38.62
21...28	41.08	42	3.38	45.38	38.62
1.....10	38.18	42	3.38	45.38	38.62

**Capítulo III.**

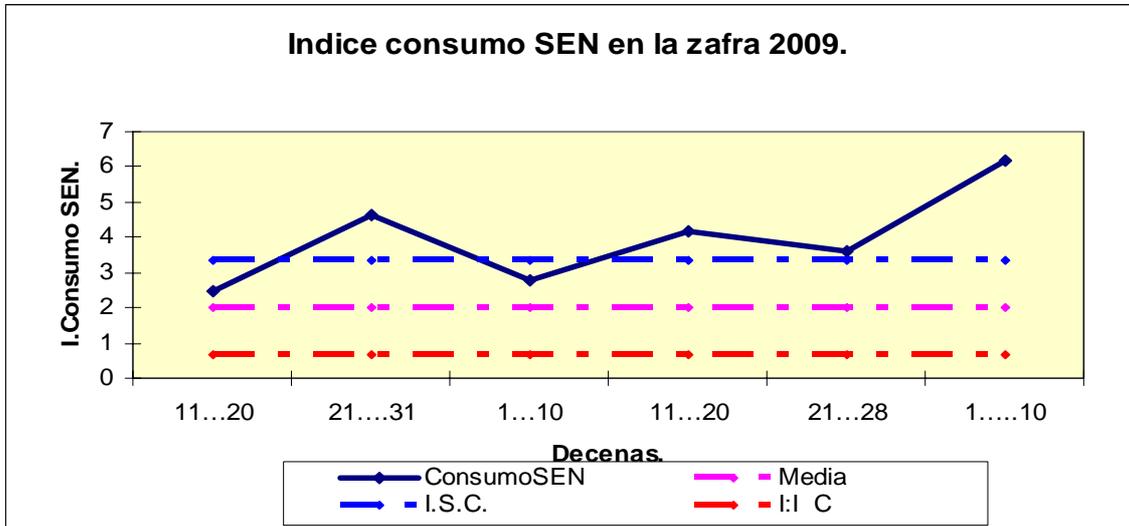


En este gráfico se aprecia que el índice de generación fue muy bajo con respecto al índice establecido lo que indica que hubo grandes problemas los que estuvo relacionado fundamentalmente con la inestabilidad de la presión del vapor directo a lo entrada de los turbogeneradores durante toda la temporada.

**Tabla # 3.2.5 Índice de consumo SEN por tonelada de caña molida 2009.**

Decena	Consumo SEN	Media	Desviación	L.S.C.	L.I C
11...20	2.49	2	1.33	3.33	0.67
21...31	4.62	2	1.33	3.33	0.67
1...10	2.76	2	1.33	3.33	0.67
11...20	4.16	2	1.33	3.33	0.67
21...28	3.59	2	1.33	3.33	0.67
1...10	6.16	2	1.33	3.33	0.67

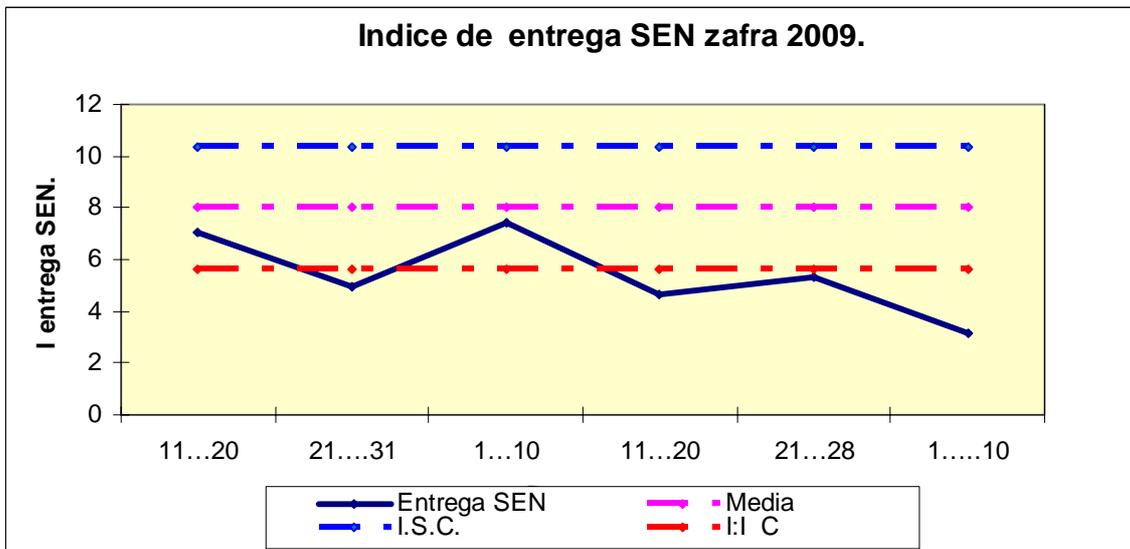
**Capítulo III.**



Aquí se pueda apreciar que el consumo de energía del SEN es muy elevado con respecto al índice establecido, lo que demuestra los problemas existentes con la generación y el suministro de vapor a los turbogeneradores.

**Tabla # 3.2.6 Índice de entrega SEN por tonelada de caña molida 2009.**

Decena	Entrega SEN	Media	Desviación	L.S.C.	L.I C
11...20	7.05	8	2.38	10.38	5.62
21...31	4.95	8	2.38	10.38	5.62
1...10	7.42	8	2.38	10.38	5.62
11...20	4.68	8	2.38	10.38	5.62
21...28	5.34	8	2.38	10.38	5.62
1...10	3.18	8	2.38	10.38	5.62



El gráfico índice de entrega muestra valores muy por debajo del índice establecido lo cual corrobora las dificultades existentes con la generación y los altos consumos en la industria.

### **3.3 Propuesta del sistema de monitoreo y control.**

El sistema de monitoreo y control cuenta con tres etapas: formación control y mejoramiento

Para el logro de resultados satisfactorios en la implantación de un sistema de gestión eficiente de la energía es fundamental tener en cuenta los objetivos siguientes:

1. Lograr un control y nivel adecuado del consumo de los portadores energéticos
2. Establecer índices de consumo de energía eléctrica contra producción.
3. Fomentar planes de medidas para verificar el cumplimiento de los índices de consumo propuestos.
4. Educar a todo el personal que labora en la industria sobre la cultura de ahorro energético. Cumplir con las indicaciones de medidas de ahorro en los equipos claves.
5. Garantizar que las medidas de racionalidad energética no afecten la producción.
6. Conseguir con la mayor prontitud los ahorros que no requieran inversión.
7. Darle prioridad al sistema propuesto para la administración energética.
8. Formar el grupo de gestión de la energía y cubrir la plaza del energético.
9. Estimular al personal que incide en la eficiencia energética.

El administrador como máximo representante de fabrica de azúcar es responsable de que se cumplan los objetivos antes señalados, los jefes de áreas constituyen puntos claves ya que toman estrategias de organización que garanticen el uso racional de los equipos instalados, garantizaran que sus subordinados lleven la información para el control energético de los puestos claves y demás puestos, informaran al energético sobre el cumplimiento de las medidas de ahorro y eficiencia energética que es el encargado de hacer cumplir y brindara información del cumplimiento de las medidas de ahorro y eficiencia energética., los trabajadores son los encargados en cada área de la ejecución de las medidas de ahorro y eficiencia energética.

#### **3.3.1 Control diario de los consumos de energía eléctrica y demás energéticos.**

- a) Puesta en funcionamiento de una base de datos donde se introduzcan los consumos históricos y los actuales de energía eléctrica y de portadores energéticos para realizar comparaciones con el objetivo de elevar la eficiencia energética.

### Capítulo III.

---

- b) Evaluar la posibilidad de medir los consumos de portadores energéticos, la confección de modelos de recogidas de datos, el entrenamiento a personas para la recogida de los mismos.
- c) Adquisición e instalación de medios y dispositivos de medición de consumo eléctrico.
- d) Medición diaria de de cada uno de los portadores energéticos
- e) Estimar los gastos diarios de cada uno de los portadores.
- f) Realizar la lectura del metro contador en conjunto con los lectores de la empresa eléctrica.
- g) Coordinar con el departamento económico para el chequeo de los cobros de la energía para poder evaluar lo medido con lo facturado.

Para una primera etapa se propone seleccionar y actualizar los siguientes indicadores:

- Consumo de energía eléctrica total vs. producción de azúcar.
- Consumo de energía total vs. caña molida por día.
- Gasto de energía eléctrica vs. gastos totales mensuales y anuales.
- Gastos de portadores energéticos vs. gastos totales y anuales.
- Calculo de los indicares por día mes y año.
- Emisión del reporte diario y el acumulado del mes sobre los consumos de energía para realizar comparaciones con periodos anteriores.
- Almacenamiento de los resultados en los registros históricos.
- Propuesta de indicadores a obtener durante diferentes periodos de la zafra , (diarios , decenales y mensuales)
- Vigilancia estrecha de cobro de la energía eléctrica y de los cambios de tarifa.
- Crear la comisión de uso racional de la energía.

#### **3.3.2 Propuesta de proyectos de ahorro de bagazo.**

1. Lograr molidas estables en tiempo de zafra, para lograr la adecuada entrega de bagazo a las calderas.
2. Lograr el mejor insulación posible de todas las tuberías que trasieguen fluidos calientes o vapor
3. Perfeccionamiento del sistema de condensado para emplear el agua mas caliente posible en las calderas.
4. Instalar economizador de la caldera #1.
5. Facilitar instrumentos de medición de vacío en los hornos.

6. Medir la temperatura del agua de alimentar calderas, no se realiza por falta de instrumentos de medición.
7. Perfeccionamiento de la operación en las áreas de Generación de Vapor y Planta Eléctrica.

### **3.3.3 Propuestas de medidas para el ahorro de energía eléctrica.**

1. Eliminar los motores eléctricos sobredimensionados en diferentes equipos y extender el uso de variadores de frecuencia, como son en las bombas de jugo alcalizado, movimiento de esteras de caña, bombas de guarapo de maceración y diluido, etc.
2. Sustituir el turbogenerador de 2.5 Mw. por otro de 4 Mw.
3. Instalar banco de capacitores.
4. Instalar metro contadores en las subestaciones de cada área
5. Destinar financiamiento a la compra de instrumentos de mediciones de electricidad, vapores, gases, temperatura y agua
6. En la zafra no arrancar el central en horario pico.
7. Programar los Mantenimientos planificados a partir de las 3 AM, hora de bajo consumo, permitiendo reiniciar antes del horario pico.
8. Delimitar el bombeo del abasto de agua de la población y el de proceso tecnológico de la Fábrica.
9. Realizar los bombeos de agua fuera de los horarios picos.
10. Eliminar los salideros de agua y aire que hacen trabajar al motor y compresores en exceso.
11. Desconectar los transformadores y máquinas de soldar que no se estén utilizando.
12. Establecer un sistema de estimulación a los trabajadores y colectivos que contribuyan al ahorro y eficiencia energética.
13. Lograr la mayor compactación del proceso posible.

### **3.4 Propuesta de proyectos de mejora en al área de planta moledora.**

#### **Disminución del consumo de potencia en los molinos # 2, 3, 4 y 5.**

Los molinos consumen el 30 % de la energía del Central, estando demostrado que esto puede ser reducido considerablemente. Se analiza la incidencia de los diferentes consumidores de la planta de moler con vistas a obtener la máxima contribución al ahorro y se insta a tomar a la mayor brevedad, todas las medidas necesarias para que la Planta Eléctrica pueda disponer de la mayor cantidad de energía posible con el fin de destinarla al resto de la fabrica y dejar de

### Capítulo III.

---

comprarla de la Red Nacional o para entregar a esta una energía procedente de una fuente renovable existente en Cuba.

Apoyadas en las tecnologías más recientes (preparación intensiva de la caña, molinos desmenuzadores alimentados por tolvas, mazas alimentadoras, aspereza a las mazas por soldadura, las plantas de moler pueden hoy día enfrentar, alternativamente, dos novedosas situaciones:

- 1) Procesar razones de molidas muy superiores a las actuales con prácticamente el mismo equipamiento existente. (esto ya ha permitido desactivar varios tandems en el País)
- 2) Moler la misma cantidad de caña con velocidades tangenciales en las mazas muy inferiores a las que hasta ahora se habían considerado como necesarias.

#### **FACTORES QUE INCIDEN EN EL CONSUMO DE POTENCIA DE UN MOLINO.**

Factores externos o ajenos.

1. Preparación de la caña
2. Razón de molidas.
3. Composición de la materia prima.
4. Tolva de Alimentación del Primer Molino.

#### **Factores propios.**

1. Compresión del bagazo.

Es la energía requerida para moler bajo condiciones dadas de presión hidráulica y velocidad de las mazas, cumpliéndose la proporcionalidad entre la potencia consumida y el producto "Presión Hidráulica por Velocidad Tangencial". El consumo de potencia es afectado por las siguientes causas:

- Presión Hidráulica aplicada.
- Velocidad Tangencial de las mazas.
- Capacidad de drenaje en las mazas.
- Flotaciones superiores a lo establecido.
- Entradas de molinos muy cerradas o empleo de Relaciones Entrada/Salida pequeñas.

**Presión Hidráulica**

Determinación de la Carga Hidráulica Total aplicada (T)

$$T = \frac{p \times 2 \frac{\pi D^2}{4}}{2000} = \frac{p}{1273.2 / D^2}$$

Aquí: T = Carga Hidráulica Total aplicada sobre el molino, ton corta de 2000 lb inglesas.

p = Presión Manométrica del aceite, lb/pulg<sup>2</sup>.

D = Diámetro del cilindro de la presión hidráulica, pulg.

Si se hace  $1273.2 / D^2 = K$ , entonces:  $T = p / K$

**VALORES DE K SEGUN EL DIAMETRO DE LOS CILINDROS**

Diámetro Cilindro	Valores de K
10"	12.732
11"	10.522
12"	8.842
13"	7.534
14"	6.496
15"	5.659
390 mm	5.400
430 mm	4.442

**Velocidad Tangencial de las Mazas.**

Esta es la mayor fuente de consumo de energía. Una guía muy efectiva para determinar la velocidad más apropiada para operar un tandem es utilizando el Factor de Grueso del Colchón (G), cuyos valores, con los recursos de alimentación con que se cuenta hoy, han pasado de 6 – 7.5 a 11 – 12 @ de fibra por hora / pie cuadrado de maza por minuto. Nótese la proporcionalidad directa entre G y la Razón de Molida y la proporcionalidad inversa entre G y la Velocidad del Molino.

**El factor G se calcula de la siguiente forma:**

$$G = \frac{M f}{24 L V}$$

Aquí: G = Factor de Grueso del Colchón, @ de fibra por hora / pie cuadrado de maza por minuto.

M = Razón de Molida del Tandem, @ / día.

f = Contenido de fibra en la caña.

L = Largo de las Mazas, pie.

V = Velocidad Tangencial de las Mazas, pie / min.

Fijando el valor de G deseado, se despeja en la ecuación para obtener el valor de V necesario.

### **Determinación de la Velocidad Tangencial de las Mazas (V)**

$$V = \pi D N / 12,$$

Donde: V = Velocidad Tangencial de las Mazas, pie/min.

D = Diámetro Medio Maza Superior = Diam. Ext. Maza - Prof. Rayado.

N = RPM de las Mazas.

#### **Formas de variar la Velocidad.**

Considerando los recursos actualmente existentes en nuestro País, la velocidad se puede variar utilizando motores de menor velocidad, reductores con una mayor razón de reducción o sustituyendo piezas en los trenes de engranes. Existen otros equipos motores mucho más modernos y con amplias posibilidades de variación de velocidad, pero no los consideraremos aquí porque se debe hacer el mayor esfuerzo por utilizar los recursos con que hoy se cuenta.

#### **Factores a considerar.**

2. Capacidad de Drenaje de las Mazas.
3. Entradas de molinos muy cerradas o empleo de Relaciones Entrada/Salida pequeñas.
4. Fricción entre los collarines de los guijos y sus chumaceras.
5. Fricción entre el bagazo y la cuchilla central.
6. Fricción entre las mazas, cuchillas centrales y raspadores.
7. Movimiento de las mazas alimentadoras.
8. Posición de los acoplamientos, entredós y extremos cuadrados de los ejes que se unen.
9. Tipo de Motores Primarios.

La expresión que a continuación aparece es para calcular el consumo de potencia de un molino. Es de carácter general, y resume por sí sola la incidencia de los factores que intervienen, los que se han tomado con valores promedio, representativos de la mayoría de las situaciones de nuestras plantas de moler.

#### **Determinación del consumo de potencia de un molino de tres mazas**

$$IHP = C \frac{V^{1.219} T^{0.918}}{71.888}$$

Aquí: HP = Potencia consumida por un molino, medida en las terminales de un motor eléctrico, HP.

C = Factor de Corteza (Valores en párrafo 1.3)

V = Velocidad Tangencial de las Mazas, pie/min.

### Capítulo III.

T = Carga Hidráulica Total aplicada, ton. corta inglesa.

Valores del Factor de Corteza "C".

<u>Unidad de Molida a Calcular Consumo</u>	<u>Precedida por:</u>	<u>Factor C:</u>
Desm. de 2 Mazas	Una Cuchilla	1.1 - 1.2
Desm. de 2 Mazas	Dos Cuchillas	0.9 - 1.1
Desm. de 3 Mazas	Una Cuchilla	1.8 - 2.0
Desm. de 3 Mazas.	Dos Cuchillas	1.5 - 1.8
Primer Molino	1 Cuch. + 1 Desm.	1.25
Primer Molino	2 Cuch. + 1 Desm	1.15
Otros Molinos	2 Cuch + 1 Desm	1.0

#### Nomograma para calcular el consumo de potencia de un molino.

El nomograma que se adjunta es la expresión gráfica de la ecuación del párrafo 1.2 para determinar el consumo de potencia. El resultado que se obtenga del nomograma debe ser afectado por el Factor de Corteza que corresponda. (ver anexo #3).

#### Consumo de potencia en molinos con mando combinado.

Cuando se tiene más de un molino movido por un mando conjunto, el estimado de consumo será como sigue

$IHP_C = f (IHP_1 + IHP_2 + IHP_3)$ , donde:

$IHP_C$  = HP demandados por el conjunto de todos los molinos.

f = Factor de corrección que considera los componentes de la transmisión comunes a varios molinos.

$IHP_N = IHP_1, IHP_2 \dots$  = Consumos de potencia individuales de cada molino, calculados según la fórmula y afectados por el Factor de Corteza correspondiente.

#### VALORES DE "f"

<u>Unidades que mueve el equipo motor</u>	<u>Valores de "f"</u>
2	0.95
3	0.90
Más de 3	0.85

### Capítulo III.

#### Proyecto para ahorrar potencia en el Tandem de la industria de Antonio Sánchez.

CONSUMO DE ENERGIA EN LA PLANTA DE MOLER					
Molino No.	1	2	3	4	5
<b>SITUACION ACTUAL</b>					
<b>MOTORES PRIMARIOS</b>					
Motores Eléctricos					
<b>Potencia</b>	Kw.	<b>400</b>	<b>630</b>	<b>630</b>	
<b>Velocidad</b>	RPM	<b>885</b>	<b>885</b>	<b>885</b>	
<b>Voltaje</b>	lpcm / Vol.	<b>6300</b>	<b>6300</b>	<b>6300</b>	
<b>REDUCTORES DE VELOCIDAD</b>					
<b>Fabricante</b>		Skoda	Skoda	Skoda	
<b>Tipo</b>		ZTC-710	ZTC-710/1120	ZTC-710/1120	
<b>Capacidad Nominal</b>	Kw.	662	1270	1270	
<b>Velocidad Nominal de Entrada</b>	RPM	885	885	885	
<b>Velocidad Real de Entrada</b>	RPM	885	885	885	
<b>Capacidad Real de Reductores</b>	Kw.	<b>662</b>	<b>1270</b>	<b>1270</b>	
<b>Razón de Reducción</b>		30.00	12.88	12.88	
<b>TREN DE ENGRANES</b>					
<b>No. de Dientes Piñón de Alta</b>		<b>47</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>28</b>
<b>No. de Dientes Catalina de Alta</b>		<b>103</b>	<b>145</b>	<b>145</b>	<b>80</b>
<b>No. de Dientes Piñón de Baja</b>		<b>27</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>25</b>

### Capítulo III.

No. de Dientes Catalina de Baja		126	126	126	124	126
<b>VELOCIDADES</b>						
Reducción Total Transmisión		306.81	249.44	212.49	198.32	185.40
<b>RPM Maza Superior</b>	RPM	<b>2.88</b>	<b>3.55</b>	<b>4.16</b>	<b>4.46</b>	<b>4.77</b>
Diámetro Exterior Maza Superior	pulg.	39.0000	41.0000	38.5000	39.5000	40.1250
Profundidad Rayado Maza Superior	pulg.	3.3190	3.3190	1.4400	1.4400	1.4400
Diámetro Medio Maza Superior	pulg.	35.68	37.68	37.06	38.06	38.69
<b>Velocidad Maza Superior</b>	pie/min.	<b>26.95</b>	<b>35.00</b>	<b>40.41</b>	<b>44.46</b>	<b>48.34</b>
<b>FACTORES DE GRUESO DEL COLCHON</b>						
<b>Razón de Molid</b>	TMD	<b>4400</b>	<b>4400</b>	<b>4400</b>	<b>4400</b>	<b>4400</b>
<b>Razón de Molid</b>	@/día	<b>382609</b>	<b>382609</b>	<b>382609</b>	<b>382609</b>	<b>382609</b>
Fibra en Caña		0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Largo de las Mazas	pie	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
<b>Factor de Grueso del Colchón</b>	(@f/h) / (PC/min.)	<b>11.83</b>	<b>9.11</b>	<b>7.89</b>	<b>7.17</b>	<b>6.60</b>
<b>POTENCIA</b>						
<b>Presión Hidráulica / pie de Maza</b>	ton corta / pie	<b>70</b>	<b>65</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>65</b>
Presión Hidráulica Total	ton corta	490	455	420	420	455
<b>Factor de Corteza</b>		<b>1.5</b>	<b>1.15</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
<b>Consumo por Molino</b>	Kw.	<b>254</b>	<b>251</b>	<b>241</b>	<b>271</b>	<b>323</b>
<b>Consumo por Motor</b>	Kw.	<b>254</b>	<b>492</b>		<b>594</b>	
<b>Potencia Instalada</b>	Kw.	<b>400</b>	<b>630</b>		<b>630</b>	

### Capítulo III.

<b>Aprovechamiento del Motor</b>	%	<b>63.6</b>	<b>78.1</b>	<b>94.3</b>
<b>Capacidad de los Reductores</b>	Kw.	<b>662</b>	<b>1270</b>	<b>1270</b>
<b>CONSUMO TOTAL DEL TANDEM</b>	Kw.	<b>1341</b>		

CONSUMO DE ENERGIA EN LA PLANTA DE MOLER						
Molino No.		1	2	3	4	5
<b>SITUACION FUTURA</b>						
<b>MOTORES PRIMARIOS</b>						
Motores Eléctricos						
<b>Potencia</b>	Kw.	<b>400</b>	<b>630</b>	<b>630</b>	<b>630</b>	<b>630</b>
<b>Velocidad</b>	RPM	<b>885</b>	<b>585</b>	<b>585</b>	<b>585</b>	<b>585</b>
<b>Voltaje</b>	lpcm / Vol.	<b>6300</b>	<b>6300</b>	<b>6300</b>	<b>6300</b>	<b>6300</b>
<b>REDUCTORES DE VELOCIDAD</b>						
<b>Fabricante</b>		Skoda	Skoda	Skoda	Skoda	Skoda
<b>Tipo</b>		ZTC-710	ZTC-710/1120	ZTC-710/1120	ZTC-710/1120	ZTC-710/1120
<b>Capacidad Nominal</b>	Kw.	662	1270	1270	1270	1270
<b>Velocidad Nominal de Entrada</b>	RPM	885	585	585	585	585
<b>Velocidad Real de Entrada</b>	RPM	885	585	585	585	585
<b>Capacidad Real de Reductores</b>	Kw.	<b>662</b>	<b>1270</b>	<b>1270</b>	<b>1270</b>	<b>1270</b>
<b>Razón de Reducción</b>		30.00	12.88	12.88	12.88	12.88
<b>TREN DE ENGRANES</b>						
<b>No. de Dientes Piñón de Alta</b>		47	41	41	28	28
<b>No. de Dientes Catalina de Alta</b>		103	145	145	80	80
<b>No. de Dientes Piñón de Baja</b>		27	27	27	23	23
<b>No. de Dientes Catalina de Baja</b>		126	126	126	126	126
<b>VELOCIDADES</b>						
<b>Reducción Total Transmisión</b>		306.81	212.49	212.49	201.52	201.52
<b>RPM Maza Superior</b>	RPM	<b>2.88</b>	<b>2.75</b>	<b>2.75</b>	<b>2.90</b>	<b>2.90</b>
<b>Diámetro Exterior Maza Superior</b>	pulg.	39.0000	41.0000	38.5000	39.5000	40.1250
<b>Profundidad Rayado Maza Superior</b>	pulg.	3.3190	3.3190	1.4400	1.4400	1.4400

**Capítulo III.**

Diámetro Medio Maza Superior	pulg.	35.68	37.68	37.06	38.06	38.69
<b>Velocidad Maza Superior</b>	pie/min.	<b>26.95</b>	<b>27.16</b>	<b>26.71</b>	<b>28.92</b>	<b>29.40</b>
<b>FACTORES DE GRUESO DEL COLCHON</b>						
<b>Razon de Molida</b>	TMD	<b>4400</b>	<b>4400</b>	<b>4400</b>	<b>4400</b>	<b>4400</b>
<b>Razón de Molida</b>	@/día	<b>382609</b>	<b>382609</b>	<b>382609</b>	<b>382609</b>	<b>382609</b>
Fibra en Caña		0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Largo de las Mazas	pie	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
<b>Factor de Grueso del Colchón</b>	(@f/h) / (PC/min.)	<b>11.83</b>	<b>11.74</b>	<b>11.94</b>	<b>11.02</b>	<b>10.84</b>
<b>POTENCIA</b>						
<b>Presión Hidráulica / pie de Maza</b>	ton corta / pie	<b>68</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>65</b>	<b>68</b>
Presión Hidráulica Total	ton corta	465	400	400	431	465
<b>Factor de Corteza</b>		<b>1.5</b>	<b>1.15</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
<b>Consumo por Molino</b>	Kw.	<b>242</b>	<b>163</b>	<b>139</b>	<b>164</b>	<b>180</b>
<b>Consumo por Motor</b>	Kw.	<b>242</b>	<b>303</b>		<b>344</b>	
<b>Potencia Instalada</b>	Kw.	<b>400</b>	<b>630</b>		<b>630</b>	
<b>Aprovechamiento del Motor</b>	%	<b>60.6</b>	<b>48.1</b>		<b>54.6</b>	
<b>Capacidad de los Reductores</b>	Kw.	<b>662</b>	<b>1270</b>		<b>1270</b>	
<b>CONSUMO TOTAL DEL TANDEM</b>	Kw.	<b>889</b>				
<b>BENEFICIO ENERGETICO</b>						
<b>AHORRO DE ENERGIA</b>	Kw.	<b>451</b>				
<b>Ahorro en 100 días a 20 hr/día</b>	Mw./h	<b>902</b>				
<b>Beneficio a 90 pesos / Mw.-HR</b>	Pesos	<b>81216</b>				
<b>Costo inversión</b>	Pesos	<b>92768.25</b>				
<b>Periodo recuperativo</b>	Zafras	<b>1.1422</b>				
<b>Sustituir los motores y los engranes sombreados en amarillo.</b>						

Como ha quedado demostrado en tabla anterior el proyecto es totalmente viable debido a que los beneficios obtenidos son de \$ 81216 y permiten recuperar la inversión en un período de 1.14 zafras.

## **Conclusiones.**

---

### **CONCLUSIONES.**

1. La industria a pesar de medir algunos indicadores en el consumo de energía no cuenta con un sistema de gestión de la energía que permita evaluar la eficiencia energética.
2. Al caracterizar energéticamente la industria, se ratifica que los portadores energéticos de mayor impacto son el bagazo y la energía eléctrica con el 86 y 12 % respectivamente.
3. Se identifica a la planta moledora como área de mayor consumo de energía eléctrica de la fábrica.
4. La aplicación de medidas organizativas y de pequeñas inversiones para el ahorro de energía permitirá reducir el consumo total.
5. Quedo demostrado que los índices de consumo tanto de energía eléctrica y de bagazo no son buenos al apreciarse índices de correlación muy bajos.

## **Recomendaciones.**

---

### **RECOMENDACIONES.**

1. Implementar las medidas de ahorro, así como el sistema de monitoreo y control para mejorar la situación energética de la fábrica.
2. Validar el índice de consumo de energía por tonelada de caña molida.
3. Capacitación de la dirección y del personal clave en eficiencia energética.
4. Colocar metro contadores de electricidad por subestaciones que permitan establecer índices de consumo por áreas.
5. Gestionar y montaje de los bancos de capacitores que faltan.
6. Sustitución de los motores sobredimensionados.

## **BIBLIOGRAFIA**

Precio del petróleo. Available at: <http://www.precio-petroleo-2009.html>.

Teoría del pico. Available at: [http://es.wikipedia.org/wiki/Curva de Hubbert](http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_Hubbert).

Unidad en Cumbre del G-20, difícil tarea.

Aníbal Borroto & Colectivo de autores, 2001. *Gestión energética empresarial* Universidad de Cienfuegos., Cienfuegos.

Centro de estudios de las finanzas públicas, 2000. Base de datos.

Colectivo de autores, 1971. *Índices de capacidades para ingenios de crudo en Cuba*, La Habana: Instituto Cubano del Libro. Ciencia y Técnica.

Colectivo de autores, 1996. *Manual de operaciones de la planta moledora MINAZ.*, La Habana.

Colectivo de autores, 1955. Philadelphia gear works Inc. *Boletín G-555*, p.12.

Colectivo de autores, 1996. Realidades y perspectivas de las plantas de moler caña de azúcar con las tolvas de alimentación. En La Habana.

E. Hugott, 1986a. *Handbook of cane sugar engineering* Elsevier., Amsterdam.

E. Hugott, 1986b. *Handbook of cane suger engineering*, Amsterdam: Elseiver.

Economía y Energía, 2009. Precio del petróleo. Available at: <http://www.precio-petroleo.es/precio-petroleo-2009>.

F. Maxwell (último) & Norman Rodger, 1932. *Modern Miling of Sugar Cane*, Londres.

G. H. Jenkins, 1971. *Introducción a la tecnología del azúcar de caña*. Instituto cubano del libro., La Habana: Ciencia y Técnica.

Gian Carlo Delgado Ramos, *El mundo en el Siglo XXI*,

Ing. Lourdes Meriño, 2009. Gerencia de energía. Available at: <http://www.monografias.com/trabajos16/gerencia-de-energia.shtml>.

J. Barreiro, 1997. Consecuencias de la disminución de las RPM de entrada a una caja reductora

## Bibliografía.

---

---

de velocidad para mover molinos de caña de azúcar.

J. Barreiro, 1976. Determinación del consumo de potencia de un molino de tres mazas para caña.

J.C. Campos Abella, R. Gómez Dorta & Leonardo Santos, 1995. *Eficiencia energética y competitividad de empresas*. Universidad de Cienfuegos., Cienfuegos.

John Mc Neill, 2003. Global environmental history of th Twentieth Century. *Encarta*, Biblioteca de consultas.

Juan Carlos Campos Avella, *PH. D Ingeniería energética*, Barranquilla, Colombia.

Luis Miguel Trejo, 2000. *Memorias del XV Congreso nacional de termodinámica.*, Méjico.

Margarita Lápido Rodríguez, *La gestión energética y la competitividad empresarial*,

Msc Ing. Edgar Figueroa Lora, *Energética*.

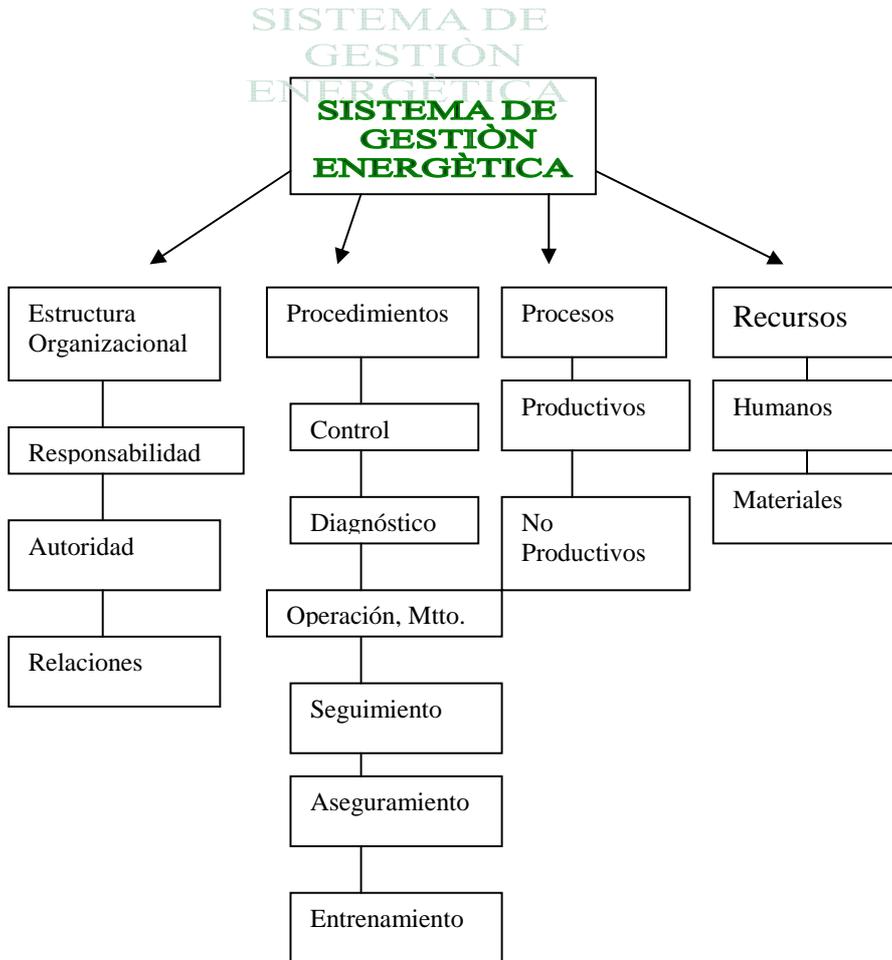
T. Martínez, 1971. *Guía del moedor MINAZ.*, La Habana.

V.M. Faires, 1955a. *Design of machine elements* 3° ed., New York: Mc Millan Co.

V.M. Faires, 1955b. *Design of machine elements* 3° ed., New York: Mc Millan Co.

**ANEXOS**

Anexo # 1 Sistema gestión energética CEEMA Fuente: Borroto 2001



Anexo # 2 En resumen el modelo del CEEMA se observa en la figura 1.1



**Anexo # 3** El nomograma para determinar el consumo de potencia.

