



SEDE UNIVERSITARIA MUNICIPAL DE AGUADA DE PASAJEROS

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Especialidad: Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

*Título: Estrategia para disminuir el consumo de energía
en el proceso de fabricación de alcohol en la destilería
ALFICSA de Cienfuegos.*

AUTOR: Adalberto Acosta Castro.

TUTOR: MSc. Gabriel Orlando Lobelles Sardiñas.

ASESOR: MSc. Alexis Montano Morejón.

Cienfuegos. Cuba

2009.

PENSAMIENTO.



Fidel Castro.



Agradecimientos.

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres, mi hermana a mi hija por su apoyo gracias.

A mis amigos por su ayuda y apoyo gracias y que mi trabajo sea fuente de inspiración.

A mi familia, vecinos y amigos por confiar en mí.

I muy en especial a mi amigo Omar que sin él esto no hubiera sido posible

A todos con mucho corazón y amor gracias



DEDICATORIA.

De una vez y por siempre de todo corazón a mis padres, a mis amigos por ser todos una familia para mí, gracias por su tiempo a mi lado, por su apoyo y confianza, por el amor y el cariño que en este inolvidable momento me han brindado, a todos ellos les dedico este Trabajo de Diploma.

En especial a:

- *A mi Madre, por estar siempre a mi lado y hacer de mi vida una eterna felicidad.*
- *A mí, hija Jany por ocupar un lugar importante dentro de familia mi y dentro de mí.*
- *A todos mis amigos de verdad ocupando un papel importante Omar gracias a ti mi amigo.*
- *A todos mis compañeros de trabajo.*
- *A la memoria de mi abuela sé que le hubiera encantado verme graduado, donde quiera que estés les doy mil gracias.*

RESUMEN

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. En tal sentido es importante sentar las bases para la simplificación y optimización de aquellos procesos que mediante la mejora de su operación, contribuyan al logro de los objetivos de la organización.

En la fábrica de Alcoholes Finos de Caña S.A. (ALFICSA) de Aguada de Pasajeros, en las actuales condiciones de producción, existe un elevado consumo de energía eléctrica sin que se logren los índices de consumo de energía establecidos para este tipo de producción.

Es objetivo de este trabajo **proponer una estrategia de trabajo**, para lograr un uso racional de la energía en el proceso de fabricación de alcohol, con una reducción de los costos energéticos asociados y consigo mejorar la competitividad empresarial.

.La presente investigación cuenta con un capítulo inicial donde se analiza la literatura existente referida a las metodologías para minimizar el consumo de energía para diferentes procesos tecnológicos. Un segundo capítulo que incluye la caracterización del proceso tecnológico de la fábrica y la propuesta de una metodología para diagnosticar el proceso de fabricación de alcohol en ALFICSA. Finalmente se presenta la estrategia trazada como propuesta que permitirá confirmar la hipótesis planteada, así como especificar los aportes concretos al conocimiento, tanto en el orden teórico como práctico, al que se llega como consecuencia del proceso de investigación abordado. Por último las conclusiones demuestran el alcance de los objetivos investigativos trazados. Las recomendaciones permitirán conocer la factibilidad de la continuación de estudios en esta temática.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.	1
DESARROLLO	6
CAPÍTULO I: ESTADO ACTUAL DE LA ENERGÍA EN EL MUNDO Y EN CUBA.	6
1.1 El sistema energético mundial. Comportamiento de las fuentes comerciales de energía.	6
1.2 El petróleo como principal componente del sistema energético mundial: oferta y principales productores.	8
1.3 Principales productores y principales consumidores de petróleo.	10
1.4 Relación del consumo y el impacto medioambiental.	12
1.5 Situación de los mercados y precios. Factores que los condicionan.	15
1.6 Situación energética en Cuba.	16
1.7 Estado del Arte en los Modelos de Gestión Energética.	17
1.8 Análisis comparativo de los modelos de gestión.	25
CAPITULO II: PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA DIAGNOSTICAR EL PROCESO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN ALFICSA.	29
2.1 Caracterización la fábrica de producción de alcoholes finos de caña. ALFICSA. ...	29
2.2 Descripción del proceso a diagnosticar.	29
2.2.2 Fermentación.	30
2.2.3 Destilación – Rectificación.	31
2.3 Propuesta metodológica para la realización del diagnóstico.	32
2.4 Etapas para el diagnóstico.	34

2.4.1 Etapa I: Identificación.	34
2.4.2 Etapa II: procesamiento y análisis de la información.....	37
2.4.3 Etapa III: presentación de informe y toma de decisiones.	40
CAPÍTULO III. PROPUESTA DE ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LOGRAR UN USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALCOHOL EN LA DESTILERÍA ALFICSA DE CIENFUEGOS.....	43
3.1 Diagnóstico del proceso de consumo energético en la fabricación de alcohol.....	43
3.1.1 Primera etapa: Identificación.	44
3.1.2 Segunda etapa: análisis de la información.	45
3.1.3 Tercera etapa: Presentación del informe y Toma de decisiones.....	58
3.2 Estrategia para solucionar deficiencias detectadas según sus prioridades.....	62
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.	67
BIBLIOGRAFÍA.	68

INTRODUCCIÓN.

Históricamente, el desarrollo de la humanidad se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas primarias del tipo fósil: carbón, petróleo y gas natural. Producto de su uso indiscriminado se ha generado un deterioro ambiental en todos los ámbitos que puede llegar a niveles inadmisibles si no se toman correctivos oportunos. El deterioro ambiental global, el agotamiento de sus fuentes y los conflictos geopolíticos producto de su desigual distribución mundial, son los principales aspectos negativos del sistema energético actual basado en la utilización intensiva de los combustibles fósiles.¹

Poco a poco la humanidad va tomando conciencia de que la relación que ha venido manteniendo con la naturaleza durante los últimos ciento cincuenta años es equivocada. Esto se debe fundamentalmente, a que las fuentes de energía que ha escogido para su desarrollo socioeconómico, producen impactos ambientales de carácter local, regional y global que están amenazando con poner en peligro su propia existencia.² La salida a esta dramática situación, agravada por el eventual agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y nucleares, es el cambio hacia un paradigma basado en el uso eficiente de los recursos energéticos disponibles y el empleo cada vez más amplio de las fuentes renovables de energía. En tal sentido es preciso transitar hacia el uso de energías alternativas, más livianas y menos impactantes, en el marco de la construcción de sociedades sustentables. De lo contrario, la vida de todo el planeta estará cada vez más amenazada.³

En América Latina y el Caribe se dan pasos para transitar hacia un futuro energético sostenible. Con respecto a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, la contribución de América Latina y el Caribe al total mundial es poco relevante: su porte se ubica en un 5,2 %.⁴ En esta región, el nivel medio de emisiones de CO₂ per cápita se

¹Posso, F. Energía y Ambiente: pasado, presente y futuro. Parte tres: Sistema Energético basado en el hidrógeno. Universidad de Los Andes-Táchira. P.49-66

² Kapitsa, P. "Problemas globales y la energía", en Experimento, teoría y práctica, Editorial Mir, Moscú, 1985.

³ Roa Avendaño T.: "El cambio climático otra deuda ecológica". Colombia: CENSAT Agua Viva, F o E, 2002.

⁴ Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD): Informe sobre el desarrollo humano, Nueva York, 2000.

ubica alrededor del 60 % del promedio mundial y del 20 % del valor relativo al conjunto de países de alto índice de desarrollo humano.⁵

Los nuevos conceptos sobre el desarrollo sostenible⁶ y sustentable, establecen relaciones fundamentales entre la energía y el medio ambiente en un contexto de equidad y justicia social no solo para la sociedad actual sino también para la población futura, lo cual ha generado nuevos paradigmas en el manejo y aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y energéticos, en un enfoque preventivo que contribuye en lograr mayor eficiencia en la producción con el objetivo de alcanzar un ritmo sostenido y equitativo del crecimiento económico.

Investigaciones realizadas por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente de la universidad de Cienfuegos durante los últimos 10 años en numerosas empresas, en los que se ha caracterizado la capacidad técnico - organizativa existente en las mismas para controlar e incrementar la eficiencia energética, arrojaron los siguientes resultados.⁷

- La capacidad técnico - organizativa de las empresas no es similar, pero las que han avanzado en este sentido constituyen minoría respecto al resto.
- Existe interés y preocupación por la eficiencia energética, pero la gestión empresarial para lograrla ocupa un lugar secundario en las prioridades de las empresas industriales y de servicios y se limita generalmente a lo que le exigen sus organismos nacionales y provinciales. Posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro, para la conservación de la energía.
- Las eventuales necesidades prácticas de aumento de la eficiencia energética, determinadas por la propia empresa, aparecen generalmente por motivos diversos, tales como: ampliar la producción, la reducción del gasto de combustible o la electricidad asignado, modernizar la tecnología, mantener la disponibilidad o el funcionamiento de la industria, etc.

⁵ OLADE – GTZ.: Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Guía para la formulación políticas energéticas. Primera Edición, Naciones Unidas. Santiago de Chile, 2003.

⁶ Brundtland, G.H. “Nuestro futuro común”, 1987.

⁷ Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía. Propuesta Presentada en Opción al Premio de Innovación Tecnológica 2005. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos.

- La puesta en práctica de medidas de ahorro de energía, detectadas por las capacidades técnicas de la propia empresa o por la inspección Estatal Energética, depende de las prioridades que tenga la empresa o el ministerio a que pertenecen al decidir el uso del pequeño capital disponible.

Existe un alto potencial de incremento de la eficiencia energética a partir de la capacitación del personal en prácticas eficientes del consumo y técnicas de administración eficiente de la energía, la implantación de sistemas técnico - organizativos de gestión, el uso de programas de concientización, motivación (estimulación) y capacitación del personal involucrado en los índices de consumo y de eficiencia, el desarrollo de auditorías energéticas sistemáticas de diferentes grados, y otras que requieren de pequeñas inversiones y responden a cortos períodos de recuperación de la inversión.

Los estudios realizados en la fábrica de alcoholes ALFICSA, de la localidad de Antonio Sánchez, arrojó insuficiencias en inspecciones estatales que controlaran la eficiencia energética con la que se trabaja en empresas con estas características y déficit de impuestos por su uso incorrecto, lo que provocó que los directivos no tomaran conciencia de la importancia para el país al respecto y del beneficio que esta generaría para su propio negocio. Todos estos inconvenientes a superar formaron parte de la etapa inicial en que la gestión energética se encontraba, basándose en el cambio de la mentalidad de ahorro de los usuarios.

Hasta el momento, el problema de explotar el recurso eficiencia energética se ha visto de una forma muy limitada en la fábrica ALFICSA, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos energéticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas, y los sistemas de planeación y control de la administración de energía que se aplican hoy en la mayor parte de las empresas en Cuba. Lo planteado con anterioridad permite afirmar que en la fábrica ALFICSA existen deficiencias en la planificación y el control económico a partir del perfeccionamiento de la economía, lo que ha exigido mayor monitoreo y control.

Todo lo anterior permite afirmar que existen grandes posibilidades de reducir los consumos y costos energéticos mediante la creación en las empresas de las

capacidades técnicos organizativos para administrar eficientemente la energía, y que es ese el camino a seguir para que los resultados sean perdurables en el tiempo.

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

Sin embargo, la fábrica objeto de estudio 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 ejecución de procesos de mejora continua de la eficiencia energética.

Lo anteriormente planteado, evidencia la necesidad de dar solución al siguiente **problema científico**: ¿Cómo disminuir el consumo de ENERGÍA en el proceso de fabricación de alcohol en la destilería ALFICSA de Cienfuegos?

Es objetivo de este trabajo: proponer una estrategia metodológica para lograr un uso racional de la energía en el proceso de fabricación de alcohol en la destilería ALFICSA de Cienfuegos.

Además, **como objetivos específicos** será necesario tomar en cuenta los siguientes:

1. Proponer una metodología que permita realizar un adecuado diagnóstico del consumo de energía en el proceso.
2. Diagnosticar el comportamiento de los principales indicadores de gestión de energía durante el período de estudio.

Hipótesis: si se elabora una estrategia metodológica dirigida a lograr un uso racional de la energía en el proceso de fabricación de alcohol en la destilería ALFICSA de Cienfuegos, entonces se disminuirán los índices de consumo energéticos y por consiguiente los costos de producción.

Variables:

Dependiente: el consumo de energía en el proceso de fabricación de alcoholes.

Independiente: estrategia metodológica para lograr un uso racional de la energía en el proceso de fabricación de alcohol.

Tareas de investigación:

1. Valorar críticamente las principales teorías y concepciones existentes acerca del uso eficiente de la energía.
2. Sistematizar los conocimientos teóricos sobre las especificidades del consumo energético.
3. Análisis de las posibles relaciones existentes entre consumo energético y eficiencia en la producción de alcohol.
4. Elaboración de una estrategia metodológica para lograr un uso racional de la energía en el proceso de fabricación de alcohol en la destilería ALFICSA de Cienfuegos.

La presente investigación cuenta con un capítulo inicial donde se analiza la literatura existente referida a las metodologías para minimizar el consumo de energía para diferentes procesos tecnológicos. Un segundo capítulo que incluye la caracterización del proceso tecnológico de la fábrica y la propuesta de una metodología para diagnosticar el proceso de fabricación de alcohol en ALFICSA. Finalmente se presenta la estrategia trazada como propuesta que permitirá confirmar la hipótesis planteada, así como especificar los aportes concretos al conocimiento, tanto en el orden teórico como práctico, al que se llega como consecuencia del proceso de investigación abordado. Por último las conclusiones demuestran el alcance de los objetivos investigativos trazados. Las recomendaciones permitirán conocer la factibilidad de la continuación de estudios en esta temática del conocimiento. Se han incluido varios anexos para complementar la lectura y el análisis de los datos.

DESARROLLO

CAPÍTULO I: ESTADO ACTUAL DE LA ENERGÍA EN EL MUNDO Y EN CUBA.

1.1 El sistema energético mundial. Comportamiento de las fuentes comerciales de energía.

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 no renovables (como los combustibles fósiles: carbón mineral, petróleo y gas natural) irrumpieron con fuerza dominante al calor de la revolución industrial y todavía aportan la mayor parte de la energía comercial que se utiliza globalmente.

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 -1985 y más recientemente del 2006-2008.

En la siguiente tabla aparece reflejado el comportamiento del balance de energía comercial en diferentes períodos según datos reportados. ⁸

⁸ Fuente: British Petroleum, 2005.

Tabla 1.1 Dinámica del balance de energía comercial a nivel mundial entre 1973-2008 (en % del Total).

Fuentes	1973	1985	2006	2008
Petróleo	48	39	39	37
Gas Natural	18	21	24	24
Carbón	28	29	24	27
Hidroelectricidad	5	6	7	6
Nuclear	1	5	6	6
Total	100	100	100	100

Como puede apreciarse durante el período de 1973 -1985, caracterizado por los altos precios del petróleo:

- La participación de petróleo en el balance mundial de energía se redujo de 48 % a 39 %, como resultado de la sustitución de petróleo por fuentes alternativas.
- El resto de las fuentes aumentaron su participación, pero las más dinámicas fueron la energía nuclear y el gas natural.

En el período 1985 – 2000, en que predominaron niveles de precios relativamente estables y moderados:

- Se estancó la sustitución petrolera.
- El gas natural fue la fuente más dinámica.
- El carbón fue la fuente que más retrocedió.

El período de altos precios 2006 – 2008 se destaca:

- Un retroceso del petróleo, principalmente en el Tercer Mundo.
- Una recuperación del carbón, sobre todo en países subdesarrollados de Asia y particularmente en (China).

En general los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) representan el 88 % de la energía comercial que se consume en el mundo.

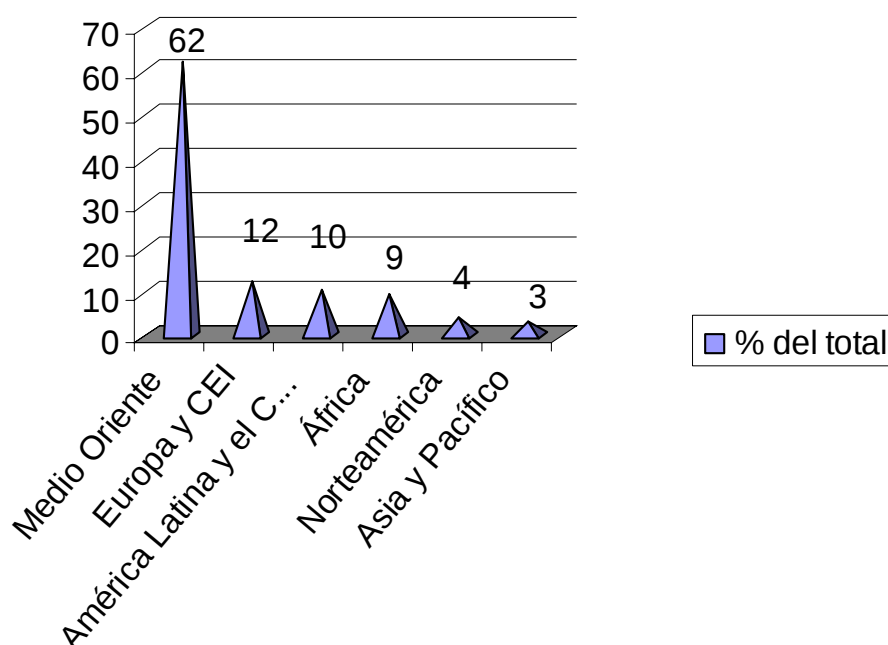
1.2 El petróleo como principal componente del sistema energético mundial: oferta y principales productores.

El petróleo sigue siendo el producto más comercializado a nivel internacional, tanto en términos de volumen (cantidad física), como en términos de valor. 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 %).⁹

Las reservas probadas de petróleo, al igual que las de otros recursos energéticos, están desigualmente distribuidas entre regiones y países. La mayor parte se encuentra en los países subdesarrollados. Como se observa en el gráfico 1.1 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.

⁹ González, P.F. y Colectivo de Autores. Energía y desarrollo sostenible Editorial Política/ La Habana, 2006.p.94.

Gráfico 1.1 Reservas probadas de petróleo, 2007 (% del total mundial).



El análisis de la distribución de las reservas petroleras por países revela, ante todo, la supremacía de Arabia Saudita, con algo más del 22 % de las reservas mundiales. Fuera de Medio Oriente, despunta Venezuela con alrededor del 7 % de la reserva. Ver tabla 1.2.

En estas cifras, reportadas por la **British Petroleum, 2007**, las correspondientes a Venezuela, no incluyen los 276 mil millones de barriles de reservas de la franja del Orinoco.

Tabla 1.2 Reservas probadas de petróleo en países seleccionados, 2004.

Países	% del Total	Duración (años)
<i>Medio Oriente</i>		
Arabia Saudita	22.1	67.8
Irán	11.1	88.7
Irak	9.7	>100
Kuwait	8.3	> 100
Estados Árabes Unidos	8.2	> 100
<i>Fuera del Medio Oriente</i>		
Venezuela	6.5	70.8
Rusia	6.1	21.3
Libia	3.3	66.5
Estados Unidos	2.5	11.1
Nigeria	3.0	38.4
China	1.4	13.4
OPEP	74.9	73.9

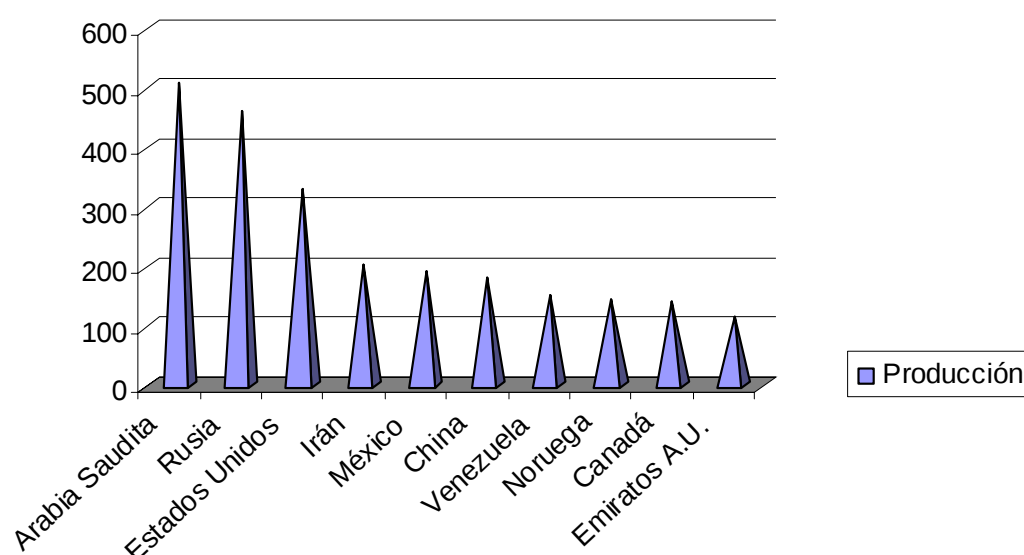
1.3 Principales productores y principales consumidores de petróleo.

La mayor parte de los principales productores de petróleo son países subdesarrollados, como Arabia Saudita, Irán, México, China, Venezuela y los Emiratos Árabes Unidos; pero algunos de los grandes productores son países desarrollados como Rusia, Estados Unidos, Noruega y Canadá.

Según la bibliografía consultada,¹⁰ la producción fuera de la OPEP alcanzaría su nivel máximo hacía el 2010. En estas condiciones se espera una mayor dependencia futura de la producción procedente de los países de la OPEP, sobre todo en aquellos situados en la cuenca del Golfo Árabe Pérsico.

Los principales exportadores de petróleo se encuentran básicamente en el área subdesarrollada (solo dos países desarrollados – Rusia y Noruega – se ubican entre los diez primeros exportadores).

Gráfico1.2 Principales productores y principales consumidores de petróleo.



Las regiones subdesarrolladas aportan alrededor de 80 % del crudo que se comercializa en el mundo; estas exportaciones se dirigen sobre todo hacia los países industrializados, mientras que los países subdesarrollados importadores netos de hidrocarburos solo reciben el 20 % restante.

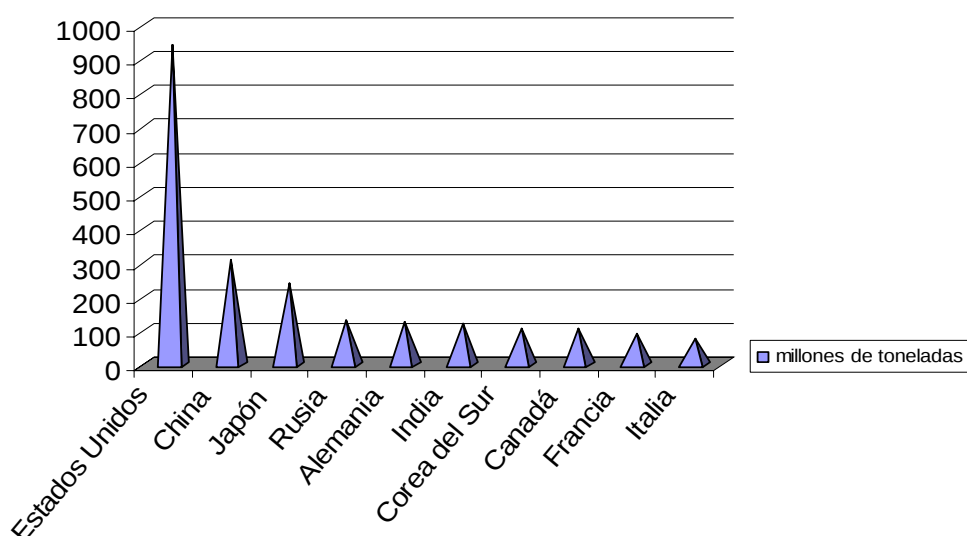
La mayoría de los principales consumidores de petróleo del mundo son países desarrollados como Estados Unidos, Japón, Rusia, Alemania, Corea del Sur, Canadá, Francia e Italia. Estados Unidos con un consumo de 937.6 millones de toneladas, representa el 24.9 % del consumo total mundial. Solo dos países subdesarrollados se

¹⁰ Fuente: Agencia Internacional de Energía (AIE), 2005

ubicaron en el 2004 entre los principales consumidores de petróleo del mundo: China e India.¹¹

Gráfico 1.3 Principales consumidores de petróleo, 2 004.

(millones de toneladas)



Es bueno señalar el rápido crecimiento del consumo petrolero en los últimos años en grandes consumidores como Estados Unidos, China y la India.

China recibió el 23 % del incremento del consumo petrolero entre 1984 y 2004 pasando a ocupar el segundo lugar entre los grandes consumidores,¹² mientras que Estados Unidos consumió el 22 % de dicho incremento y la India el 8 %.

1.4 Relación del consumo y el impacto medioambiental.

Hasta nuestros días, el consumo de energía ha sido valorado como un índice del progreso económico y social de los países, sin tener en cuenta las consecuencias ambientales que esos patrones irracionales de consumo han provocado en el planeta. Por ejemplo en Estados Unidos el consumo anual de energía es de 13000 kWh,

¹¹ Fuente: Elaborado a partir de British Petroleum 2005.

¹² González, P.F. y Colectivo de Autores. Energía y desarrollo sostenible Editorial Política/ La Habana, 2006.

mientras el promedio mundial de consumo es de 2429 kWh. En América Latina el consumo promedio es de 1601 kWh.¹³

Las fuentes no renovables de energía (los combustibles fósiles) han sido, en mayor o menor medida, el sostén de la economía energética mundial durante los últimos ciento cincuenta años. Ellos constituyen alrededor del 88 % y junto a la energía nuclear se identifican con el denominado “camino duro”¹⁴ en el empleo de los recursos energéticos. El modo irracional en que han sido utilizados estos recursos ha dañado considerablemente la naturaleza por las constantes emanaciones de gases tóxicos. Según se estima, las principales causas de esas emanaciones gaseosas son, la generación de electricidad y el transporte automotor, responsables del 80 % de las emisiones.

Mientras los países subdesarrollados emiten hoy como promedio cerca de 0.6 t de CO₂ por cada habitante al año, los países más industrializados expulsan a la atmósfera como promedio 3.1 t de tales gases por habitante anualmente.¹⁵ Estados Unidos es el causante del 20.6 % de la contaminación global.

Algunos gases, tales como el vapor de agua, el CO₂ y el metano (CH₄), son llamados “Gases de Efecto Invernadero” (GEI),¹⁶ pues atrapan la energía térmica proveniente del sol en las capas inferiores de la atmósfera. Sin ellos, el planeta se congelaría y la vida sería imposible en la tierra. El Efecto Invernadero es un término que quedó definido en 1827 por Fourier,¹⁷ al plantear la similitud que existe entre lo que ocurre en la habitación acristalada de un invernadero y la atmósfera terrestre. De modo que este es un fenómeno natural que beneficia la existencia de vida en la tierra.

El químico sueco Svante Arrhenius descubrió en 1896, que el equilibrio radiactivo de la tierra depende en gran medida de la capa protectora de CO₂. Durante 150 mil años el contenido de CO₂ en la atmósfera se mantuvo constante en un valor aproximado de unas 270 ppm. Pero este valor se ha incrementado desde 1850 hasta alcanzar 379

¹³ Fuente: Granma, martes 15 de mayo de 2007.

¹⁴ Turrini, E. El camino del Sol, Editorial de Cuba solar, Ciudad de La Habana, 1999.

¹⁵ Fuente: Climate Data: Insights and observations, PEW Center on Global Climate Change, diciembre de 2004.

¹⁶ “Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)”, Programa Argentina Ambiental, 2004

¹⁷ Jean-Baptiste Fourier, científico francés.

ppm. Otras fuentes ¹⁸ refieren concentraciones de 540-970 ppm hacia el 2100. Unido al dióxido de carbono (CO₂), se han registrado otros gases contaminantes que igualmente forman el smog atmosférico, ¹⁹ entre ellos se encuentran: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), metano (CH₄), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Todos estos gases emitidos por la actividad humana han provocado la elevación de la temperatura promedio de la tierra, efecto conocido como calentamiento global.

Los países con los niveles de vida más altos, han sido los principales responsables del aumento de las concentraciones de los GEI. Estos países y aquellos de las llamadas “Economías de transición”, son responsables del 70 % de las emisiones mundiales de GEI. ²⁰

La única defensa razonable ante el cambio climático es la reducción drástica de las emisiones de CO₂ transitando hacia un Nuevo Paradigma Energético que sustituya definitivamente al Sistema Energético Contemporáneo. ²¹

En tal sentido, el beneficio ambiental del actual programa energético cubano, basado esencialmente en el incremento de la eficiencia y el desarrollo de las Fuentes Alternativas de Energía (FAE), dentro de las cuales tienen un peso significativo las renovables, es considerable y además, evidente.

Las limitaciones en la importación de hidrocarburos han compulsado al país en un camino energético racional y ambientalmente sano que, por supuesto, ha de ser permanente. A continuación se muestran los resultados del inventario nacional realizado en Cuba en el 2004 sobre las emisiones emanadas a la atmósfera. ²²

¹⁸ Fuente: IPCC. 2001; Byers y Snowe et. al. 2005.

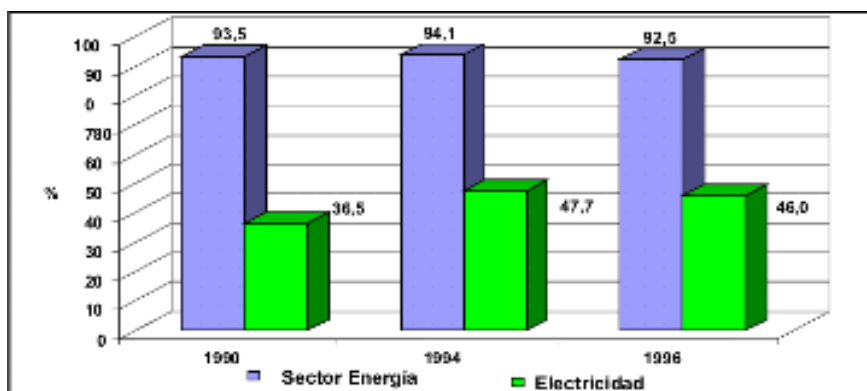
¹⁹ L. O. Hedin, G. E. Likens: Polvo atmosférico y lluvia ácida: menos polvo, más daños, Enciclopedia Microsoft Encarta, 2006.

²⁰ González, P.F. y Colectivo de Autores.: Ob. cit., p.47

²¹ “Cambio Climático: El Rol de la Argentina”, portal web: www.worldbank.org

²² Inventario Nacional medioambiental, Cuba, 2004.

Gráfico 1.4 Inventario Nacional medioambiental.



- Emisiones CO₂ (dióxido de carbono) del sector energía en totales del país.
- Emisiones CO₂ (dióxido de carbono) por la generación de electricidad en el sector energía.

1.5 Situación de los mercados y precios. Factores que los condicionan.

En enero de 1999, cuando nació la moneda única en Europa, el precio del crudo de referencia, el Brent, estaba en torno a los 10 dólares por barril, casi su nivel más bajo desde el primer gran choque del petróleo en 1973- 1974. A mediados de octubre de 2000, el barril de Brent estaba por encima de los 33 dólares. Sin embargo, en junio de 2005, el Brent volvió a los 55 dólares por barril y continuó subiendo hasta finales del año 2008. Para otros tipos de petróleo como el de referencia en EE: UU (el West Texas Intermediate), las cotizaciones llegaron a superar los 70 dólares el barril a finales de agosto de 2005. En solo un año –desde junio de 2004– el precio del crudo subió unos 20 dólares por barril, o casi un 50 %. ²³

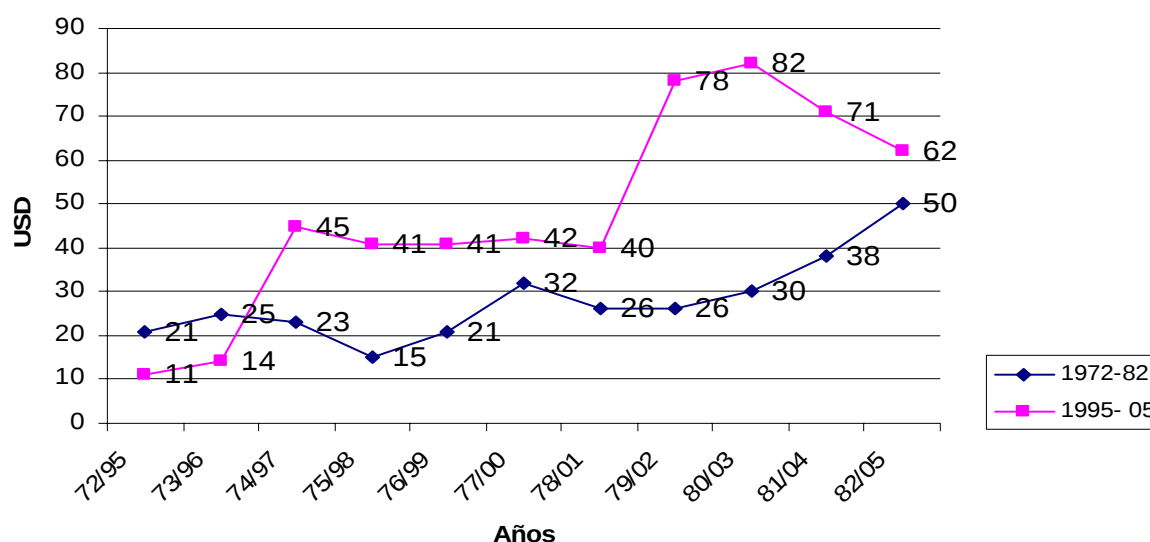
De todas formas, los últimos años de presión alcista en el precio del petróleo están lejos de ser un choque semejante al de los años 70. En términos reales, el precio actual tendría que subir más de un 30 % para llegar a los niveles de 1980 (ver gráfico 1.5). El Fondo Monetario Internacional (FMI), ²⁴ 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

²³ British Petroleum Statistical Review of World Energy, 2005

²⁴ World Economic Outlook del FMI, abril de 2005, cap. IV, “Will the Oil Market Continue to be Tight?”

de 1978 y noviembre de 1979. La evolución de estos precios a nivel internacional en el 2007, así como la evolución de los precios en los petróleos de referencia, pueden observarse en las tablas.

Gráfico 1.5 El precio del petróleo, (precios reales en dólares de 2007).



1.6 Situación energética en Cuba.

En el país, al inicio del 2006, existen 2 940 MW de potencia instalada en Termoeléctricas, gran parte de las cuales supera los 25 años de explotación, y tienen una disponibilidad promedio del 60 % y grandes consumos de combustible por kWh generado.²⁵

Este sistema está siendo sustituido paulatinamente por la nueva generación de grupos electrógenos y se le dedican los recursos mínimos necesarios para mantener la disponibilidad de las unidades más eficientes. Otras unidades serán conservadas y estarán listas para trabajar cuando se requiera, en tanto transcurra la primera fase de la transformación del actual sistema.

²⁵ Granma, 2007. Disponible en Internet: ma.julia@granma.cip.cu, 2007

Por otro lado, es sabido que la generación eléctrica más eficiente y conveniente para Cuba es la que tiene lugar a partir del gas acompañante del crudo, esto ha propiciado que actualmente haya 405 MW de potencia instalada para generar electricidad con ese recurso. De la cifra mencionada, 305 MW se producen en las plantas de Energías y 100 en la termoeléctrica de Santa Cruz del Norte, preparada tecnológicamente para la quema simultánea de gas y crudo.²⁶

Durante el 2006 fueron terminadas las inversiones correspondientes a 140 MW de potencia para asimilar la producción de gas. En el 2007 se debe crecer en unos 70 MW y continuar ese ritmo ascendente durante el 2008 en correspondencia con la extracción. La producción nacional de petróleo equivalente (crudo más gas) llegó en el 2006 a casi cuatro millones de toneladas. Ello representa un crecimiento de 5,15 veces en relación con lo que se obtenía en 1989, antes de iniciarse el periodo especial.

El Anuario Estadístico Cubano (AEC) 2004 muestra algunos resultados y datos económicos que por su importancia se muestran íntegramente.

No obstante estos resultados, en Cuba se dio la máxima prioridad también, por supuesto, al incremento de la eficiencia energética, a la aplicación de cuanta medida de ahorro que resultara posible en todos los centros de trabajo y actividades sociales, y a la búsqueda y aprovechamiento de Fuentes Alternativas de Energía.²⁷

Por tal motivo, y atendiendo a lo antes expuesto, es prioridad del presente trabajo la búsqueda y aplicación de soluciones y métodos de uso eficiente de la energía que contribuyan a reducir los índices de consumo energéticos en la fábrica, para lo cual se hará un análisis de las diferentes técnicas y metodologías de eficiencia energética que se reportan en la literatura mundial.

1.7 Estado del Arte en los Modelos de Gestión Energética.

Con el objetivo de establecer el estado del arte en la temática de gestión de la energía, y de encontrar aspectos comunes en los modelos de gestión relacionados con la eficiencia energética, se toma una muestra representativa, analizando ocho modelos de

²⁶ Lage, D. C.: Puede decirse que en menos de tres años el país alcanzó una capacidad de generación eléctrica suficientemente por encima de su demanda máxima. Granma, 7 de junio de 2007. p. 3

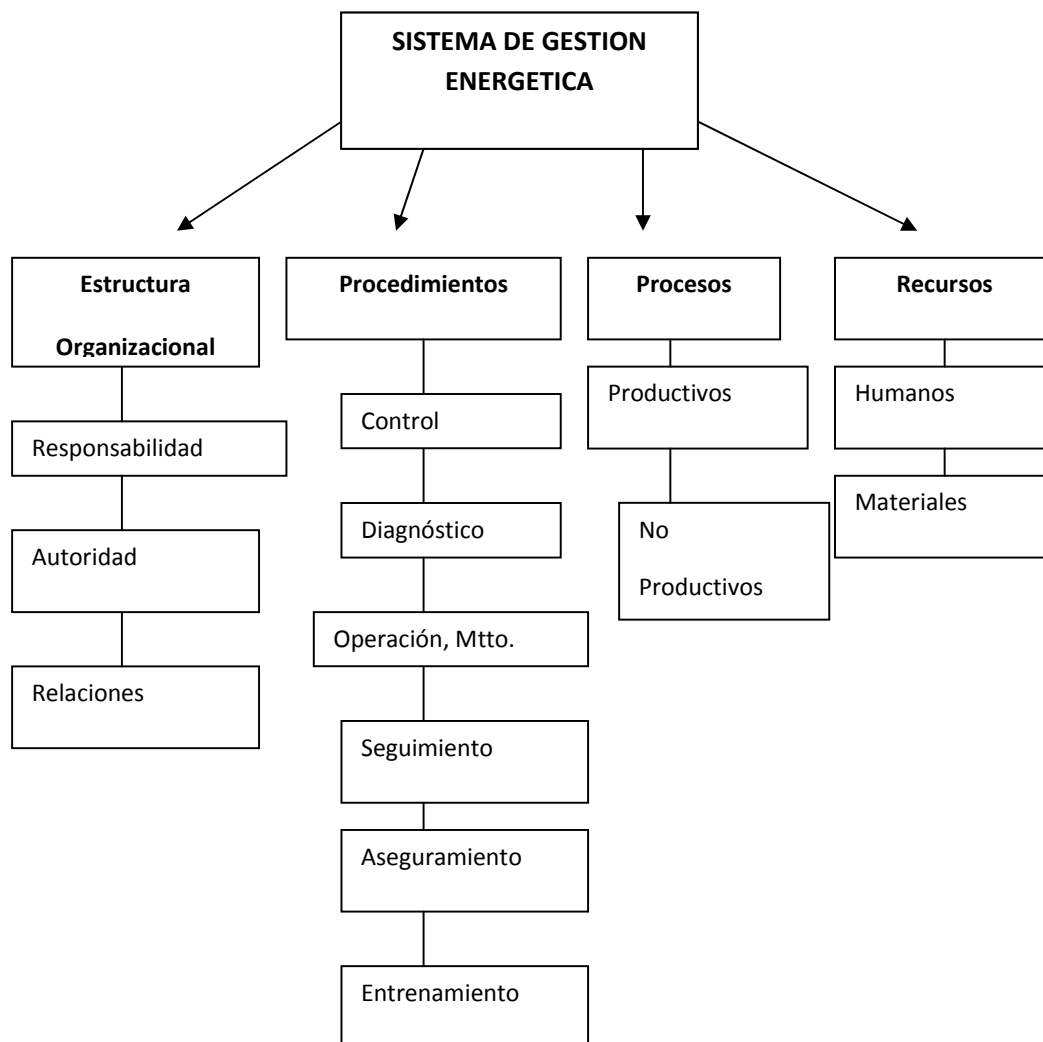
²⁷ Término introducido por la ONG cubana CUBASOLAR y que representa la vía opuesta al camino energético duro.

diferentes países (Cuba, España, USA, México, Colombia) para determinar las tendencias actuales en el Mundo sobre la gestión y administración de energía:

- 1. Gerencia de la energía (Victoria). España.**
- 2. Gestión energética integral. Ente Vasco de Energía (EVE).**
- 3. Gestión energética en la empresa. (CADEM) Centro para el ahorro desarrollo energético y minero, España.**
- 4. Pautas para la gerencia de la energía. (energy star) U. S. Environmental Protection Agency. U.I. Department of Energy, USA.**
- 5. Administración de la energía. (CONAE) comisión nacional de energía, México.**
- 6. Gestión energética. Herramientas para el control de variables por proceso. (UPB) Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.**
- 7. Optimizing Energy Efficiencies in Industry. G.G Rajan, USA.**
- 8. Tecnología de gestión total eficiente de la energía. CEEMA de la universidad de Cienfuegos, Cuba.**

Un sistema de gestión energética se compone de la estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para su implementación. Ver gráfico 1.6.

Gráfico 1.6 Sistema de Gestión Energética.



En general, en todos los sistemas de gestión energética o de administración de energía se pueden identificar tres etapas fundamentales:

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

Análisis preliminar de los consumos energéticos.

Esta etapa tiene como objetivo conocer el impacto en la empresa al implantar un sistema de gestión energética que le permitirá abatir costos por sus consumos de energía, alcanzar una mayor protección ante los problemas de suministro de la energía, reducir el impacto ambiental, mejorar la calidad de sus productos o servicios, y de esta forma elevar sus beneficios.

- El análisis preliminar abarca la información de las fuentes y consumos de portadores energéticos, como también de los relacionados con el proceso productivo, la distribución general de costos, la definición de indicadores globales de eficiencia y productividad, etc.; y posibilita la conformación de la estrategia para la implantación del sistema de gestión energética en la empresa considerando la estrategia general de desarrollo de la empresa, las previsiones sobre el entorno de la empresa (factores sociales, económicos, tecnológicos y políticos) y la capacidad de la empresa para el establecimiento de un sistema de gestión energética, que incluye: Recursos materiales y financieros, nivel de desarrollo tecnológico, capacidad del personal, experiencias anteriores.

Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción).

Una de las acciones iniciales para el establecimiento de un programa de ahorro de energía es el establecimiento de metas. Es importante, que al establecer estas metas por la alta gerencia, se cuente con el consenso del personal involucrado en la coordinación e implementación de las acciones. Las metas que se establezcan pueden ser a corto, mediano y largo plazo y deben ser retadoras, concretas y orientadas a resultados, con fechas específicas de inicio y terminación, acordadas con el personal involucrado para lograr compromiso de todos y finalmente deben ser evaluables, con claros y definidos criterios de medida.

Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

Para el diagnóstico energético se emplean distintas técnicas que permiten evaluar grados de eficiencia con que se produce, transforma y usa la energía. El diagnóstico o

auditoria energética constituye la herramienta básica para saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la energía dentro de la empresa, para establecer el grado de eficiencia en su utilización, para identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico, y para definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

Los objetivos del diagnóstico energético se orientan hacia la evaluación cuantitativa y cualitativamente del consumo de energía y determinación de la eficiencia energética, pérdidas y despilfarros de energía en equipos y procesos. Como también hacia la identificación de los potenciales de ahorro energético y económico que permita establecer indicadores energéticos de control y estrategias de operación y mantenimiento y finalmente definir posibles medidas y proyectos para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente.

Después de analizados los diferentes modelos de gestión que se conocen en el mundo de la energía se selecciona el modelo diseñado por algunos investigadores del CEEMA pues

Tecnología de gestión total eficiente de la energía. CEEMA, universidad de Cienfuegos, Cuba.

El Centro de estudios de energía y medio ambiente – CEEMA de la universidad de Cienfuegos, Cuba, define 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.²⁸

La gestión energética o administración de energía, como subsistema de la gestión empresarial abarca, en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. Entendido por eficiencia energética el logro de los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible

²⁸ Borroto, Aníbal, Colectivo de Autores CEEMA.: Ob. Cit. P. 21

y la menor contaminación ambiental por este concepto. Para 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.

Tiene la TGTEE una filosofía de trabajo y un carácter innovador al perseguir, no sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que ésta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética.

La TGTEE incorpora un conjunto de procedimientos y herramientas innovadoras en el campo de la gestión energética. Es particularmente novedoso el sistema de control energético, que incorpora todos los elementos necesarios para que exista verdaderamente control de la eficiencia energética.

La TGTEE ha tenido una amplia generalización en empresas del país, demostrando su efectividad para crear en las empresas capacidades permanentes para la administración eficiente de la energía, alcanzando significativos impactos económicos, sociales y ambientales, y contribuyendo a la creación de una cultura energética ambiental.

Según el modelo de gestión (TGTEE) propuesto por el CEEMA, ²⁹ el éxito de su aplicación depende, en gran medida, de la calidad del diagnóstico preliminar que se haga en la empresa. Para obtener los resultados deseados en el diagnóstico energético es necesario realizar las siguientes acciones y tareas:

1. Estratificación de los consumos energéticos por portadores y elaboración de la estructura de consumos por áreas y equipos mayores consumidores, determinación de los índices de correlación de consumo y de eficiencia energética principales de la Empresa.
2. Determinación de los tipos de normas a establecer y fundamentación técnica de la norma y establecimiento de los documentos necesarios para la formación (datos nominales, de diseño, prueba de control).

²⁹ Borroto, Aníbal, Colectivo de Autores CEEMA.: Ob. cit. P. 57.

-
3. Establecimiento de la información y flujo del sistema de contabilidad energética de la empresa y elaboración de los documentos de ordenamiento del sistema de contabilidad energética.
 4. Diagnóstico energético de equipos y áreas mayores consumidoras. Cálculo de las pérdidas energéticas por equipos y áreas mayores consumidoras. Valoración económica de las mismas y finalmente la selección del Banco de Problemas Energéticos de la fabrica (métodos, equipos, materiales, recursos humanos, régimen).
- En resumen el modelo de la TGTEE del CEEMA se observa en la figura siguiente.

Gráfico 1. 7 Modelo de la TGTEE del CEEMA.



Atendiendo a la descripción anterior de cada uno de los modelos escogidos, se procede a comparar aspectos relacionados con los enfoques y metodologías utilizadas, aspectos claves y herramientas y técnicas utilizadas, que nos permita identificar elementos comunes y diferenciadores; como también identificar componentes relacionados con la gestión de la tecnología y la gestión ambiental.

1.8 Análisis comparativo de los modelos de gestión.

Después de analizar, estudiar y comparar los ocho modelos de Gestión de Energía antes mencionados, Gabriel Orlando Lobelles³⁰ resumió y obtuvo un modelo característico que resume las etapas de mayor relevancia y equivalencia: Ver gráfico 1.8.

Estas etapas no necesariamente son realizadas en ese mismo orden de aparición. Sin embargo, ellas permiten un control continuo de los consumos y niveles de eficiencia con que opera una determinada empresa y se describen a continuación:

Los modelos refieren en todos los casos la **creación de un comité de energía** cuyo objetivo fundamental será transmitir su experiencia técnico y profesional en la aplicación de políticas energéticas relacionadas con el uso eficiente de la energía y su impacto ambiental.

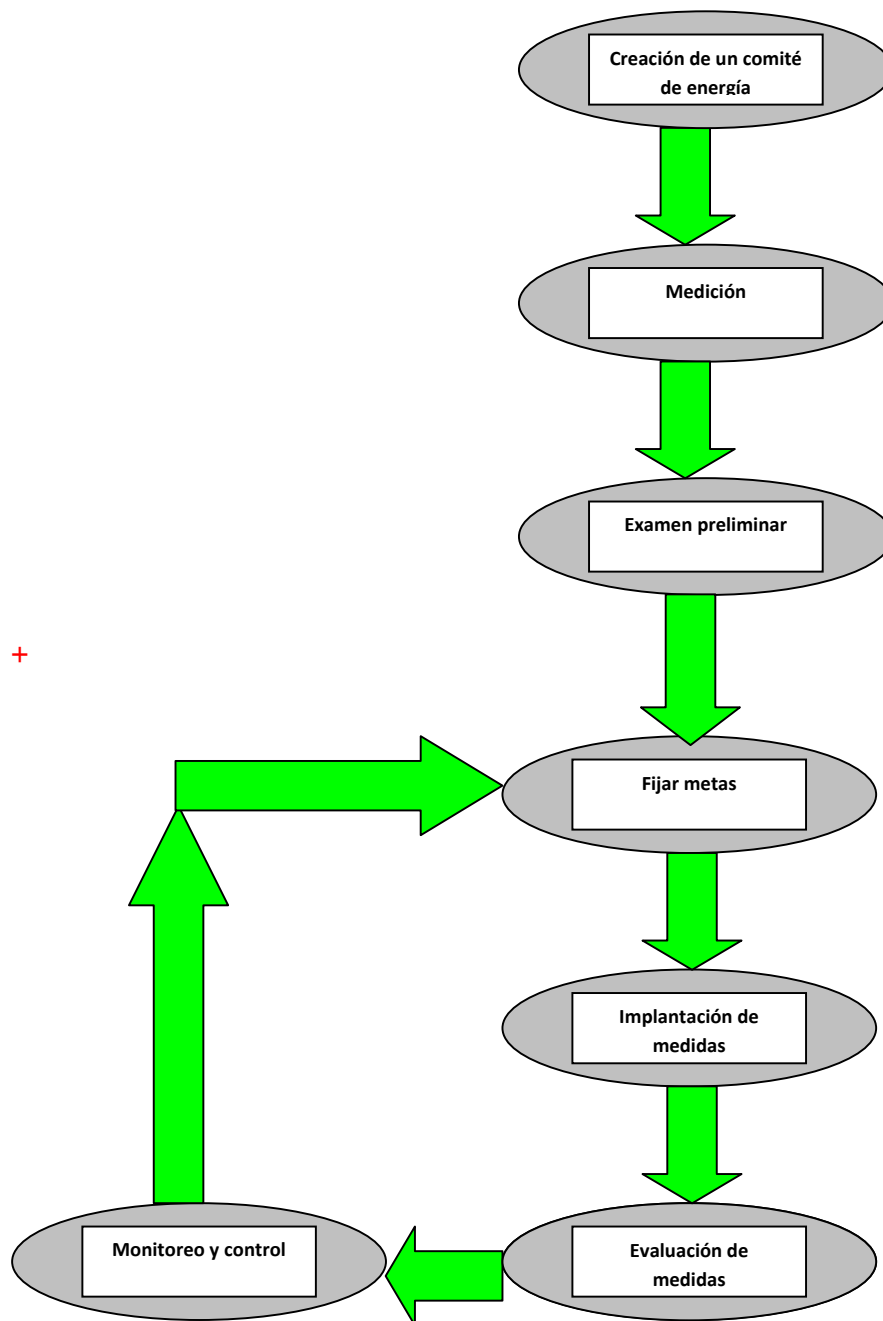
En todo modelo de gestión **la medición** de los consumos energéticos es muy importante pues permite definir los objetivos y prioridades, planificar con mayor seguridad, asignar recursos de acuerdo a los niveles exigidos y a las circunstancias del momento, explicar el comportamiento en los usos de la energía y permite analizar los datos pertinentes, pronosticar los resultados y eliminar apreciaciones subjetivas. Se debe tener en cuenta que no se puede controlar lo que no se mide.

Una correcta medición, así como una adecuada observación de las deficiencias de cada área permite realizar un **examen preliminar** que posibilite la conformación de la estrategia general para la implementación del sistema de gestión energética de la empresa, este permite además determinar si efectivamente la empresa se beneficiará

³⁰ Lobelles, G.O. Tesis en opción al grado de máster. Experiencia en la generalización de la TGTEE en Aguada de Pasajeros, 2007.

con la implementación de un sistema de gestión de energía. Para establecer un sistema de gestión energética uno de los primeros pasos es llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos, caracterizar energéticamente la empresa y establecer una estrategia de arranque.

Gráfico 1.8 Etapas de los modelos de gestión.



Para esto se cuenta con una serie de herramientas que permiten evaluar y determinar la forma y nivel de eficiencia con que se está utilizando la energía.

Las empresas o establecimientos que estén implementando un sistema de gestión de energía deben **fijar metas** que les permitan ser activas en la planificación de su futuro, con objetivos alcanzables y verificables, de manera que se puedan tomar decisiones efectivas en circunstancias de incertidumbre cuando estas no logren alcanzarse.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis preliminar de los consumos energéticos y en las metas fijadas, se procede a la **implementación de las medidas** que conlleven a una utilización adecuada de los recursos energéticos. Teniendo en cuenta que las medidas adoptadas pueden requerir inversiones o no, hay que realizar un análisis económico para justificar adecuadamente la selección de estas.

Para verificar la eficiencia del sistema, será necesario hacer una correcta **evaluación de las medidas implementadas** y consigo determinar el impacto que han tenido en la organización dichas medidas.

Se deben establecer los períodos en los que se evaluarán las medidas adoptadas, con el propósito de tomar acciones correctivas cuando sea necesario, permitiendo así alcanzar las metas definidas en el sistema de gestión. En la evaluación de medidas es importante comparar los resultados obtenidos con los estándares de eficiencia fijados como referencia, esto facilitará determinar los logros alcanzados por el sistema.

Es importante un sistema adecuado de **monitoreo y control** del sistema, para detectar desviaciones en los objetivos trazados, de esta manera las fallas del proceso se detectan y los procesos se corrigen de forma inmediata.

Los modelos de gestión energética estudiados buscan un aumento en la competitividad de las empresas a través de una mejora en la eficiencia energética.

CAPITULO II: PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA DIAGNOSTICAR EL PROCESO DE CONSUMO DE ENERGÍA EN ALFICSA.

2.1 Caracterización la fábrica de producción de alcoholes finos de caña. ALFICSA.

El 21 de julio de 1997, se expide la certificación del Acuerdo No.3178 del Comité ejecutivo del concejo de Ministros que autoriza la creación de la empresa mixta alcoholes finos de caña S.A., ALFICSA. Esta empresa está conformada por las sociedades CUBALCOL S.A. VINUMAR S.A. de España, y THUNDERGUST LTD de Gibraltar. ALFICSA tiene su domicilio legal en el Consejo Popular de Covadonga, Municipio de Aguada de Pasajeros, Provincia de Cienfuegos y se constituye por un término de 15 años con el objetivo de producir alcoholes finos y de otras calidades y comercializarlos fundamentalmente en el mercado externo.³¹

ALFICSA es una empresa mixta cubano-española, ubicada en la región central del país, que combina los últimos avances tecnológicos y el cuidado del medio ambiente con la experiencia cubana en la producción de alcoholes a partir de las melazas de caña de azúcar, y su misión es ofertar materias primas de alta calidad a las industrias licoreras, farmacéuticas y de cosméticos de todo el mundo.

El 14 de octubre del 2000 se inaugura la destilería con una capacidad potencial superior a los 80000 lts/día de alcohol extrafino de 96.3º GL almacenados en depósitos de acero inoxidable y contando con un sistema de control automático para el proceso, aspectos que garantizan la calidad del producto y disminuyen el número de trabajadores en comparación con otras fábricas de similar capacidad de producción. El proceso general de producción de alcohol de esta fábrica, aparece reflejado en diagrama de bloque del **Anexo N° 1** de flujo general.

2.2 Descripción del proceso a diagnosticar.

2.2.1 Preparación de mostos. Las materias primas procedentes del almacenamiento, se mezclarán y diluirán hasta 24º Brix, controlando la proporción automáticamente con un medidor de densidad y válvulas automáticas. Se esterilizarán mediante

³¹ Alemán López, J. F. Gerente ALFICSA, Datos personales, 2007.

calentamiento hasta 100/105 °C y posteriormente se diluirán a 16 °Brix, con agua de proceso.

- Se mantendrá un pH de 4/4.5 mediante inyección de H_2SO_4 .
- El mosto de 24° Brix se utilizará en la fermentación y el de 16° Brix en las Cubas Madres.
- En la producción de mosto de 16° Brix se añade en continuo una solución de nutrientes necesarios para la regeneración de la levadura.

En el proceso de preparación de mosto se utiliza agua cruda procedente del depósito general de agua a razón de 56015 Kg./h, de ellos 54542 Kg./h son para la dilución y la diferencia en la preparación de los nutrientes.

Una vez preparado el mosto hacia las cubas hijas se envían 56972 Kg./h de mosto fuerte a 21° Brix y 4.5 pH mientras hacia la cuba madre se envía el mosto débil a razón 13480 hg/h 13° Brix y 5.2 de pH con una temperatura de 33.6 °C. Posteriormente ambos mostos son enviados al proceso de fermentación.

2.2.2 Fermentación.

La fermentación escogida es la semicontinua, es decir, cada cuba trabaja separadamente y desplazada en el tiempo de tal forma que continuamente se está alimentando con mosto fermentado de la sección de destilación, mientras que la cuba madre trabaja siempre en continuo simultáneamente.

Las cubas irán tapadas y estarán provistas de bomba de agitación y extracción de vino, así como de un sistema de enfriamiento exterior.

El proceso dispondrá de dos cubas Madres o de propagación de levadura autóctona.

Esta sección se complementa con un sistema de preparación, distribución de antiespuma y de sales nutritivas y lavado de gas CO_2 .

En el proceso de fermentación se utiliza agua cruda para la limpieza de los fermentadores a razón de 1974 Kg /h, pero para esta labor se trabaja 1h por cada fermentador, o sea 6 horas.

El producto de la fermentación pasa posteriormente a las torres de destilación.

2.2.3 Destilación – Rectificación.

El proceso de destilación-rectificación a vacío es el siguiente:

La materia prima se introduce en la columna C-510, unos platos por debajo de la cabeza, una vez precalentada en el E-525. Por el pie salen las vinazas, a través de una columna barométrica, y los vapores que se desprenden en la parte superior se desgasifican por medio del E - 515, y pasan a la columna C - 520, cuyos vapores pasan a su vez al conjunto E - 525, E - 526 y E - 527, donde se condensan.

El alcohol se concentra en esta columna hasta 80 °GL aproximadamente, y se lleva a la columna C-536, hidroselectora, donde se efectúa una depuración del alcohol por medio de un lavado con agua y vapor, con el fin de eliminar las impurezas volátiles a baja concentración alcohólica. Para esta operación se consumen 2771 Kg/h de agua.

Esta columna consta de dos partes diferenciadas: los primeros platos constituyen la columna de hidroselección propiamente dicha, le sigue un decantador en caliente de aceites de fusel, y los platos superiores constituyen la columna de cabezas, donde se producen los vapores alcohólicos, que se condensan en E-550 y E-552 (siendo E-550 el ebullidor de la columna C-550) y se dividen en dos partes: el reflujo y las cabezas respectivamente.

El alcohol centro sale por el pie de la columna a una concentración de 15° GL, gracias al abundante lavado proveniente de las vinazas de la rectificadora.

El alcohol centro llega a la rectificadora C-540 donde se concentra hasta 96,3° GL, extrayéndose lateralmente unos platos por debajo de la cabeza.

Los vapores alcohólicos producidos se condensan en el grupo E-510 y E-511, (siendo E-510 el ebullición de la columna C-510), y se divide en dos: el reflujo y las cabezas o primas, respectivamente.

El alcohol rectificado y pasteurizado penetra en la columna C-550 o columna de repaso final, donde se eliminan las impurezas volátiles a alta concentración alcohólica, tales como metanol, etc.

Finalmente el alcohol centro se extrae por el pie de la columna y después de pasar al refrigerante de alcohol E-551 y se almacena.

Las columnas funcionan a doble efecto de la siguiente forma:

La columna C-540, rectificadora, está a presión, y sus vapores al condensarse, calientan la columna C-510, destrozadora, que está bajo vacío, al igual que la columna C-520 o de alto grado.

La columna C-536 o hidroselectora, funciona a presión atmosférica y los vapores emitidos por esta columna calientan, por medio de un e bullición E-550, la columna C-550, o de repaso final, que funciona a vacío.

Sus principales ventajas son:

Consumo mínimo de vapor (del orden de 320 kg./Hl. de alcohol centro a 96,3° GL). Representa una economía del orden del 40-50% de vapor, frente al sistema a presión atmosférica convencional.

Como se aprecia en el anexo x, del depósito general de agua se utilizan 47688 Kg./h para otras facilidades del proceso, de ellos se pasan a la ósmosis inversa 22450 Kg./h, de donde salen en forma de rechazo 8419 Kg./h, mientras otros 14031 Kg./h se recogen en el depósito de condensados y 3038 Kg./h para los descarbonatadores y la torre de enfriamiento asimila 19 500 kg/h.

2.3 Propuesta metodológica para la realización del diagnóstico.

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. La mayoría han tomado conciencia de esto y por las normas ISO y EFQM se plantean cómo

mejorar los procesos y evitar algunos males habituales como: bajo rendimiento de los procesos, poco enfoque al cliente, barreras departamentales, subprocesos inútiles debido a la falta de visión global del proceso, excesivas inspecciones entre otras. En tal sentido es importante sentar las bases para la simplificación y optimización de aquellos procesos que mediante la mejora de su operación, contribuyan al logro de los objetivos de la organización.

Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, a partir de una o varias entradas de materiales o información, dan lugar a una o varias salidas también de materiales o información con valor añadido. En otras palabras, es la manera en la que se hacen las cosas en la organización.

El mejoramiento de un proceso se realiza con el propósito de incidir de manera significativa en la reorientación y/o mejora del mismo, hacia un mejor y más eficiente esquema de trabajo con resultados trascendentes que permitan iniciar un cambio en la forma de administrar los recursos.

Al analizar un proceso tecnológico se atienden las áreas de oportunidades vitales y las acciones de mejora que se generan a partir de este análisis, están encaminadas a modificar los métodos y procedimientos de trabajo actuales, con las que se obtendrán el mayor beneficio, al menor costo para la organización, con impactos significativos en la mejora del medio ambiente y en la seguridad de los trabajadores.

La entidad objeto de estudio define el consumo de energía como unos de sus procesos logísticos, en tal sentido es objetivo del presente trabajo diseñar una metodología que permita desarrollar un adecuado diagnóstico del mencionado proceso.

La propuesta de la metodología para ejecutar el diagnóstico del proceso del consumo de energía en ALFICSA descrito en el epígrafe anterior toma como base de referencia los aspectos teóricos acerca del desempeño de un proceso así como, resultados de investigaciones precedentes. La metodología plantea tres etapas cada una con un objetivo específico, sus pasos y las técnicas a utilizar para desarrollar esta metodología Como se presenta en la tabla 2.1, para obtener la información se aplicaran simultáneamente y de manera combinada las técnicas referenciadas a los trabajadores seleccionados de manera aleatoria

2.4 Etapas para el diagnóstico.

2.4.1 Etapa I: Identificación.

Esta etapa tiene el objetivo la creación del equipo de trabajo, su preparación y obtener toda la información necesaria para la ejecución de la investigación y cumplir adecuadamente con los objetivos previstos. La base del trabajo está en dividir el proceso en actividades y a partir de ahí buscar las insuficiencias y eliminar las que no agregan valor al proceso.

La capacitación está dirigida en lo fundamental a la aplicación correcta de las técnicas de búsqueda y análisis de información así como la búsqueda de soluciones.

El proceso de instrucción se desarrolla de manera individual con cada trabajador, con una explicación detallada de los objetivos que se persiguen con el trabajo y se aclaran todas las dudas que se presenten prestando especial atención al empleo de las herramientas seleccionadas.

Tabla 2.1 Etapas, pasos y técnicas de la estrategia metodológica.

Etapas	Pasos	Técnicas
I. Identificación	1.1 Creación del equipo de trabajo 1.2 Preparación de los trabajadores participantes 1.3 División del proceso en actividades 1.4 Aplicación de las técnicas de búsqueda de información.	1. Tormenta o lluvia de ideas. 2. Observación 3. Entrevista 4. Trabajo de grupo 5. Revisión documental
II. Procesamiento y Análisis de la información	2.1 Trabajo en equipo de los trabajadores, investigadores seleccionados. 2.2. Detectar problemas y causas	1. Análisis documental 2. Diagrama causa-efecto 3. Diagrama de Pareto. 4. Diagrama Consumo Vs Producción 5. Gráfico de Tendencia y de Correlación 6. Gráficos de Control.
III. Presentación de informe y toma de decisiones	3.1 Presentación del informe y propuestas de alternativas de mejora.	1. Trabajo de grupo 2. Selección Ponderada

El número de expertos a trabajar como miembros del equipo es de cinco, para esto no se tuvieron en cuenta los métodos estadísticos matemáticos conocidos ya que se utilizó expertos de la propia organización y fueron invitados todos los que reunían los requisitos de conocimiento sobre el tema.

Los trabajadores encuestados fueron 26 que representan el 60 % de la población A continuación se describen los objetivos de cada técnica y su algoritmo de aplicación

Herramientas para el diagnóstico.

Para el desarrollo del diagnóstico serán utilizadas las herramientas que a continuación se detallan.

Tormenta de Ideas (Brainstorming).

La tormenta de Ideas (Brainstorming) es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta fue creada en el año 1941 por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado de "lluvia de ideas" que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente.

Algoritmo para su utilización:

Cuándo se utiliza:

Se deberá utilizar la lluvia de Ideas cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos.
- Generar un número extenso de ideas.
- Involucrar a todos en el proceso.
- Identificar oportunidades para mejorar.

Cómo se utiliza:

No estructurada (flujo libre).

- Escoger a alguien para que sea el facilitador y apunte las ideas.

- Escribir en un rota folio o en un tablero una frase que represente el problema y el asunto de discusión.
- Escribir cada idea en el menor número de palabras posible. Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se esté repitiendo la idea. No interpretar o cambiar las ideas.
- Fomentar la creatividad. Construir sobre las ideas de otros. Los miembros del grupo de Lluvia de Ideas y el facilitador nunca deben criticar las ideas.
- Revisar la lista para verificar su comprensión.
- Eliminar las duplicaciones, problemas no importantes y aspectos no negociables. Llegar a un consenso sobre los problemas que parecen redundantes o no importantes.

Estructurada (en círculo): tiene las mismas metas que la lluvia de Ideas no estructurada. La diferencia consiste en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado, ejemplo: de izquierda a derecha, no hay problema si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante.

Cómo se utiliza:

Silenciosa (lluvia de ideas escritas): es similar a la lluvia de Ideas, los participantes piensan las ideas pero registran en papel sus ideas en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra hoja de papel. Este proceso continúa por cerca de 30 minutos y permite a los participantes construir sobre las ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes.

2.4.2 Etapa II: procesamiento y análisis de la información.

El objetivo de la etapa es el análisis de toda la información recopilada de manera tal que se puedan detectar las causas fundamentales que provocan el desvío de los indicadores del proceso, apoyado en las técnicas previstas. En esta metodología el autor del trabajo propone las siguientes herramientas generales y algunas herramientas específicas.

Herramientas generales.

- **Diagrama Causa – Efecto o Diagrama de Ishikawa.**

Esta herramienta representa de una forma ordenada todos los factores causales que pueden originar un efecto específico. Para su desarrollo deben realizarse los cinco pasos requeridos para el análisis de la causa.

1. Definir el efecto. Este debe ser claro, preciso y medible.
2. Identificar las causas. Mediante una lluvia de ideas con el personal que puede aportarlas.
3. Definir las principales familias de causas. Agrupar las causas y subcausas.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales.
5. Seleccionar la causa. Concluido el diagrama se obtienen todas las posibles causas y mediante una selección ponderada se determinan las de mayor importancia.

Después de trazar la línea central y agrupar las causas y subcausas, entonces se aplica la selección ponderada descrita anteriormente para seleccionar la causa fundamental que impide un mejor aprovechamiento de este recurso.

- **Diagrama de pareto.** Esta herramienta se selecciona porque permite observar de forma muy clara donde se encuentran las potencialidades de mayor eficiencia y predice o determina la efectividad de una mejora. Está basado en el principio de los pocos vitales y muchos útiles, o sea que permitirá conocer cuál es el 20 % de las causas que producen el 80 % o más de los efectos.

La utilidad del diagrama de pareto es:

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos claves de un problema o fenómeno como puede ser los mayores consumidores de electricidad, las mayores pérdidas o los mayores costos del recurso energía.
- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

- Para poder identificar los dispositivos de mayor consumo del recurso se recomienda hacerlo de la siguiente forma:
 1. Pareto general de los gastos del recurso electricidad y otros insumos energéticos de la industria.
 2. Pareto de los consumos del recurso electricidad por departamento o área de la industria.
 3. Pareto por dispositivos consumidores del recurso electricidad.

- **Diagrama de consumo vs. producción.**

Con la aplicación de esta herramienta al proceso se podrá analizar el comportamiento del consumo de electricidad respecto a la producción de alcohol en el tiempo, para lo cual se trazará un gráfico de consumo contra producción en el período analizado.

- **Diagrama de Dispersión:** este diagrama permite relacionar los consumos de electricidad referidos a la producción, en ellos se puede determinar la tendencia de ambos parámetros y determinar además su correlación. Además se podrá hacer un análisis de dicho comportamiento referido a la norma nacional.

Los gráficos de tendencia y de correlación pueden acercar el análisis a las condiciones reales de operación de la fábrica.

- **Gráfico de control de parámetros:** Los gráficos de control de parámetro son diagramas lineales que dan la posibilidad de observar el comportamiento del parámetro seleccionado, permitiendo determinar si el parámetro está controlado o no.

La Utilidad de los gráficos de Control es:

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no.
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos de la electricidad.

Herramientas específicas.

Para hacer una adecuada gestión de la energía en la industria se debe considerar un conjunto de herramientas más particulares a cada industria. A continuación se muestra una de las que más utilidad tiene para la gestión de la energía.

- **Balance de energía en la instalación:** esta herramienta es fundamental para hacer el diagnóstico, y análisis de datos. Ya que suministra los datos de consumo de energía por sección o si es necesario por equipo. No está de más decir que es de vital importancia tener tantos medidores como sea necesario, y aún más, tenerlos en los lugares correctos.

2.4.3 Etapa III: presentación de informe y toma de decisiones.

En esta etapa, una vez detectadas las causas que provocan el excesivo consumo de energía, mediante la técnica de votación ponderada se procede a la determinación de la causa fundamental que genera dicha ineficiencia y sobre ella se podrán generar varias alternativas de solución que puedan contribuir a la mejora del funcionamiento del proceso.

El objetivo de esta etapa es permitir que el equipo tome las decisiones que tributen de forma más directa a minimizar el consumo de energía, o sea mejorar el proceso energético y para esto se hará un análisis de las diferentes propuestas de posibles ahorros, tomando como base fundamental los conocimientos, las experiencias de los operadores y especialistas, siempre teniendo en cuenta la filosofía del mejoramiento continuo.

A continuación se explica el procedimiento para aplicar la técnica de selección ponderada.

Selección Ponderada (Multivoting).

La selección ponderada es una herramienta utilizada para la toma de decisión en base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un suceso.

Cómo se utiliza: Algoritmo.

Paso 1: listar el conjunto de factores sobre el que ha de tomarse la decisión.

- Escribir a la vista de todos los participantes la decisión a tomar.

- Listar todos los factores o hechos entre los que se quiere encontrar un factor o conjunto de factores prioritarios, atendiendo a la decisión a tomar.

Paso 2: identificar el criterio de priorización o selección.

- Definir el criterio básico que todos los participantes deben utilizar para evaluar cada factor.
- Escribir el criterio a la vista de todos los participantes

Paso 3: definir el sistema de puntuación a utilizar.

Se tendrán en cuenta dos aspectos:

- Número de factores a puntuar del total.
- Puntos a dar a cada factor.
- Priorización simple: Se evalúan correlativamente desde el 1 al número de factores a puntuar.
- Priorización destacada: Se evalúan de forma no correlativa los diferentes factores para destacar los más valorados.

Paso 4: puntuar los factores de forma personal.

- Cada participante debe evaluar de forma personal, sin conocer las puntuaciones del resto del grupo.

Paso 5: construir la tabla de puntuación e incluir las puntuaciones personales.

- Dibujar la tabla de puntuación a la vista de todos los participantes.
- Incluir las puntuaciones de cada participante.

Paso 6: determinar los valores cuantitativos para la toma de decisión.

- Sumar las puntuaciones otorgadas a cada factor (casilla suma).
- Obtener el número de personas que ha puntuado a cada factor (casilla frecuencia puntuación).

Paso 7: determinar el orden de prioridad.

- Criterio principal: el factor más importante es el que obtiene una puntuación más alta.
- Criterio secundario: En caso de que dos factores obtengan igual puntuación, el factor más importante es el que haya sido puntuado por más participantes (frecuencia de puntuación mayor).

Posibles problemas y deficiencias en la interpretación:

Las herramientas de selección proporcionan pautas para tomar decisiones. La bondad de dichas decisiones dependerá de la capacidad de valoración de los componentes del grupo y del seguimiento de la metodología propuesta.

1. La priorización o selección no será adecuada cuando los componentes del grupo no dispongan de la información necesaria para evaluar los factores o priorizar según el criterio seleccionado.
2. Así mismo, la priorización o selección estará sesgada cuando alguno de los componentes del grupo evalúe los factores atendiendo a criterios diferentes de los seleccionados.

Finalmente el equipo de trabajo presentará el informe a la dirección de la fábrica de ALFICSA, y este deberá ser discutido y aprobado por todos los trabajadores, con el fin de que todos sean partícipes del proceso de uso racional de la energía, que ganen en cultura de ahorro y de ser posible se podrá establecer un sistema de estimulación por brigadas, que contribuya a lograr los objetivos trazados.

CAPÍTULO III. PROPUESTA DE ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LOGRAR UN USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALCOHOL EN LA DESTILERÍA ALFICSA DE CIENFUEGOS.

3.1 Diagnóstico del proceso de consumo energético en la fabricación de alcohol.

La utilización de la energía en el proceso de fabricación de alcohol, como se describió en el capítulo anterior desempeña un papel fundamental en el logro de los objetivos del esquema tecnológico de la organización; en tal sentido es importante encontrar reservas que permitan su mejoramiento continuo. Para ello se realiza un diagnóstico general del proceso que incluye un conjunto de herramientas que facilitan detectar aquellas insuficiencias e irregularidades que existen en el proceso que limitan su buen desempeño.

Para la realización del diagnóstico el autor de este trabajo dedicó un período de su tiempo a su preparación in situ para enfrentar la tarea, lo cual consistió en conocer detalladamente el proceso, los parámetros de diseño, estándares y su funcionamiento real.

Para comenzar el estudio sobre el consumo energético en la fábrica de alcoholes finos de caña ALFICSA, primero se realizó una reunión con el Consejo de Dirección de la empresa para explicarles los objetivos del estudio a realizar y recabar del gerente su autorización para el desarrollo del mismo y el acceso a la información. Además se explicó la metodología diseñada para realizar el diagnóstico, cuya propuesta fue aprobada como documento rector del mismo. De esta reunión salió como acuerdo participar en una reunión de producción con todos los trabajadores, donde se les explicaría la necesidad del estudio, los objetivos que se persiguen, importancia del trabajo, necesidad de cooperación y participación de todos. A propuesta de la gerencia se seleccionaron dos trabajadores por brigada, que junto al autor del trabajo conformarían el equipo de investigación.

Como fue descrita en el capítulo anterior la metodología presentada comprende tres etapas para su ejecución, por lo que a continuación se describen las diferentes etapas, los pasos y principales técnicas aplicadas en cada una de ellas.

3.1.1 Primera etapa: Identificación.

Tormenta de ideas: Como acuerdo de la reunión con el Consejo de Dirección, la reunión de producción con todos los trabajadores se realizó el día martes 17 de octubre de 2009, donde se informó que el estudio se prolongaría por 45 días y en ella después de la rendición del informe de producción y su respectivo análisis, se llevó a cabo la tormenta o lluvia de ideas referidas al proceso energético en esta tormenta participaron 36 trabajadores que representan el 84 % del total.

Como resultado de esta técnica se recogen un grupo de ideas que son valoradas por el equipo de investigación, siendo seleccionadas las más viables e incorporándose al cuerpo del informe final de este estudio **Anexo N° 2**.

Observación: El período de observación fue acotado por el equipo de investigación para 21 días y en la reunión antes mencionada se explicó cómo se desarrollaría esa técnica y se estableció una guía de observación que aparece en el **Anexo N° 3**.

Como resultado de esta técnica se pudo determinar en qué forma, cómo y dónde se consume la energía por las diferentes áreas del proceso, en consecuencia en el siguiente listado se relacionan dichas áreas:

1. Área de generación de vapor.
2. Área de tratamiento de aguas.
3. Área de piscina de enfriamiento.
4. Sistema contra incendio.
5. Área de preparación de mosto:
6. Área de fermentación.
7. Área de destilación.
8. Área de laboratorio.
9. Pantry y cocina.
10. Área de oficinas.
11. Otros.

Como resultado de esta técnica se detectaron además varios problemas o deficiencias que son reflejadas en el cuerpo de informe final del diagnóstico.

Entrevista: para la realización de esta técnica se elaboró un modelo de entrevista que aparece reflejado en el **Anexo N° 4**. la misma se desarrolló de forma verbal y se hizo una selección aleatoria del personal que sería entrevistado, a cada uno individualmente se le explicaron los objetivos de la misma y la necesidad de la veracidad de la información. Para la selección se tuvo en cuenta que ese personal tuviera una relación con el proceso tecnológico para garantizar la calidad de las respuestas.

Como resultado de la aplicación de esta técnica se pudo conocer un grupo de valores positivos que demuestran la eficiencia del proceso de la fábrica, pero también un grupo de deficiencias que inciden en el exceso del consumo de energía y por consiguiente impiden que la fábrica sea más eficiente. En el informe final del diagnóstico aparecen los resultados de esta técnica.

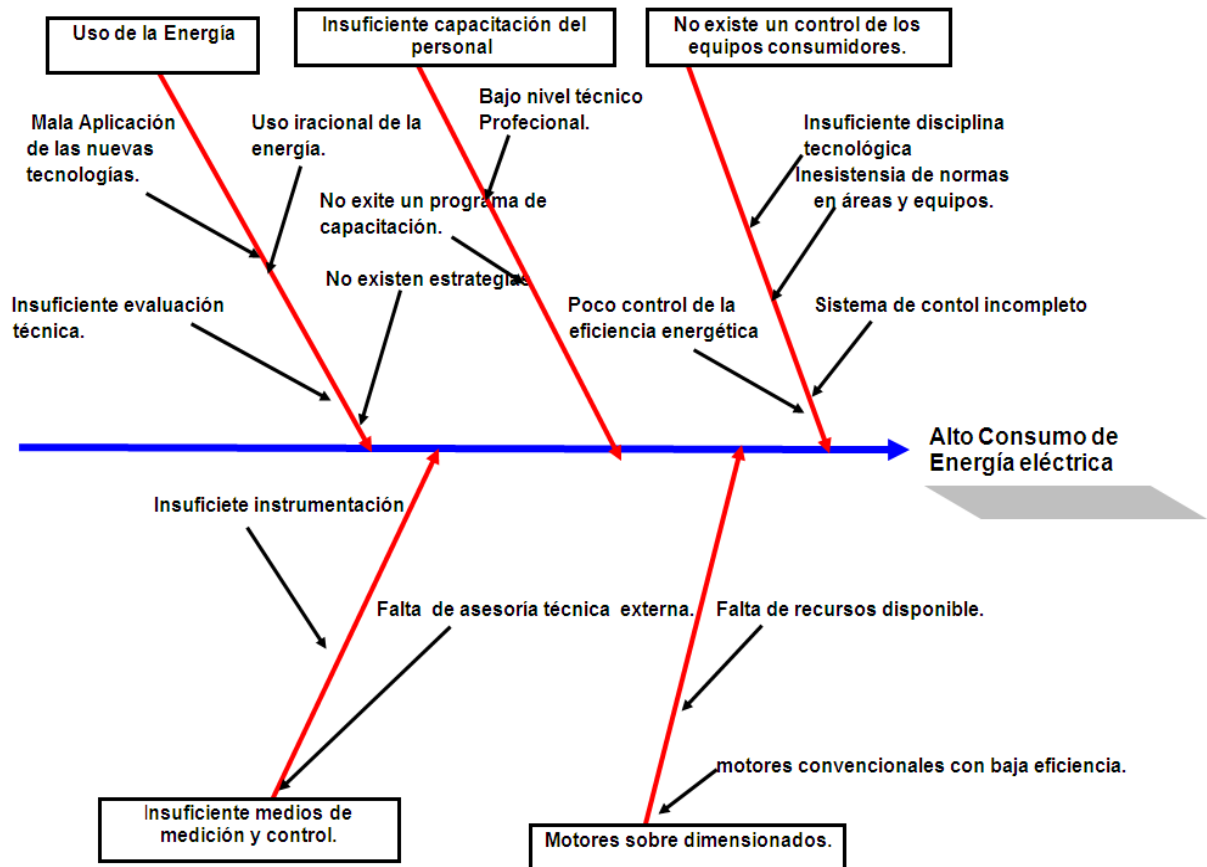
Después de recogida toda la información por las técnicas antes señaladas el equipo de investigación se dedicó al análisis de los mismos para tener una clara visión de los principales problemas detectados y poder proponer alguna medida que contribuya a la solución de los mismos. Para este análisis se desarrolló la segunda etapa de la metodología propuesta.

3.1.2 Segunda etapa: análisis de la información.

Con la información recogida en la etapa anterior y la búsqueda de datos estadísticos de la empresa se realiza un profundo análisis del proceso, que debe conducir a la mejor toma de decisiones. En la metodología propuesta se relacionan varias herramientas generales y el resultado de su aplicación se presenta a continuación:

Diagrama de Ishikawa o Causa-efecto: para la búsqueda de los causales fundamentales que inciden en el alto consumo energético se construye el diagrama de Ishikawa o Causa-efecto, según se muestra en el siguiente gráfico:

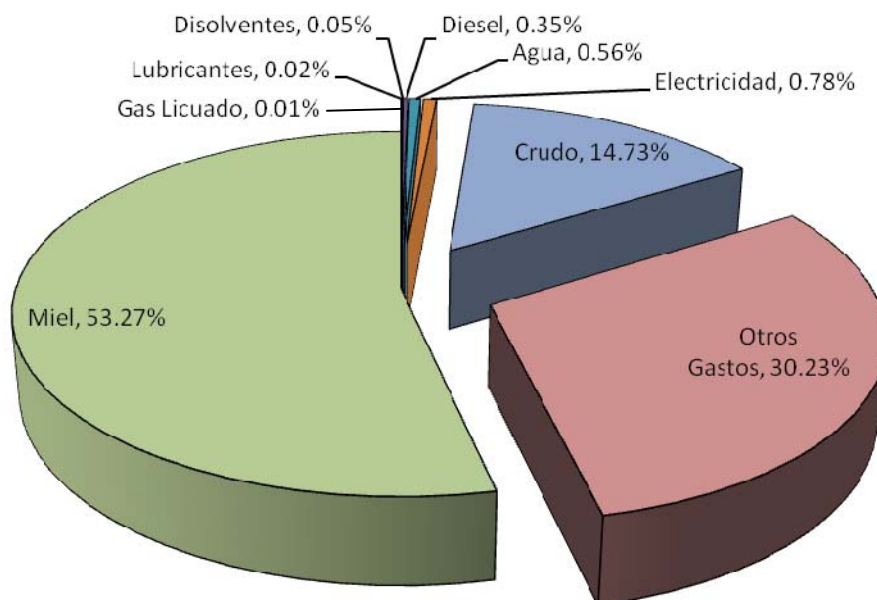
Diagrama N° 3.1 Principales causas que inciden en el proceso.



En el desarrollo de esta herramienta aparecen reflejadas las causas que provocan los excesos en el consumo de energía. Pero para un adecuado análisis y para poder buscar posibles vías de solución se hace necesario conocer el comportamiento de dicho consumo por áreas y equipos a fin de establecer prioridades de solución.

Diagrama de Pareto: para determinar dónde deben recaer esas prioridades se recomendó establecer el diagrama de Pareto, comenzando el análisis por los costos totales de la organización, de esta forma se podrá conocer como inciden los costos de los portadores energéticos para la economía de la misma, o lo que es lo mismo como influye en su competitividad.

Gráfico 3.1 Estructuras de costos totales, 2008.



La caldera o generador de vapor con que se trabaja en el proceso de la destilería de Alcohol ALFICSA fue diseñada para consumir Fiel Oíl, pero por problemas coyunturales del mercado, la disponibilidad del combustible y los precios de ese producto se elevaron considerablemente mientras se mantuvo el precio del alcohol, por consiguiente la rentabilidad y la competitividad de la fábrica se vio afectada durante el período. Todo esto motivó a realizar algunos ajustes técnicos en la caldera para consumir el petróleo o crudo nacional, que si bien es cierto tiene menor poder calórico, también es cierto que su precio es más asequible, en consecuencia desde entonces este se convirtió en el principal portador energético de la empresa. En aras de disminuir los costos se han realizado varias acciones que conducen al menor consumo de ese portador, pero ya los resultados no son notables. Esta situación justifica la propuesta de mejora que se propone en el tercer capítulo de este trabajo.

La electricidad representa dentro de los costos totales de la fábrica, gráfico 3.1 un valor poco significativo y esto se debe al incremento constante y progresivo del precio de la materia prima y otros productos de insumos. A pesar de la sustitución del consumo de

fuel oíl por el crudo nacional, los costos del mismo siguen siendo muy superior al resto de los portadores, pero no se puede prescindir del mismo y no existen posibilidades de mejora que permitan reducir su consumo, excepto que se realice la inversión que se propone en el tercer capítulo.

Sin embargo cuando analizamos su incidencia respecto a los costos de los portadores energéticos esta representa el segundo portador de mayor repercusión como se muestra en la tabla 3.1.

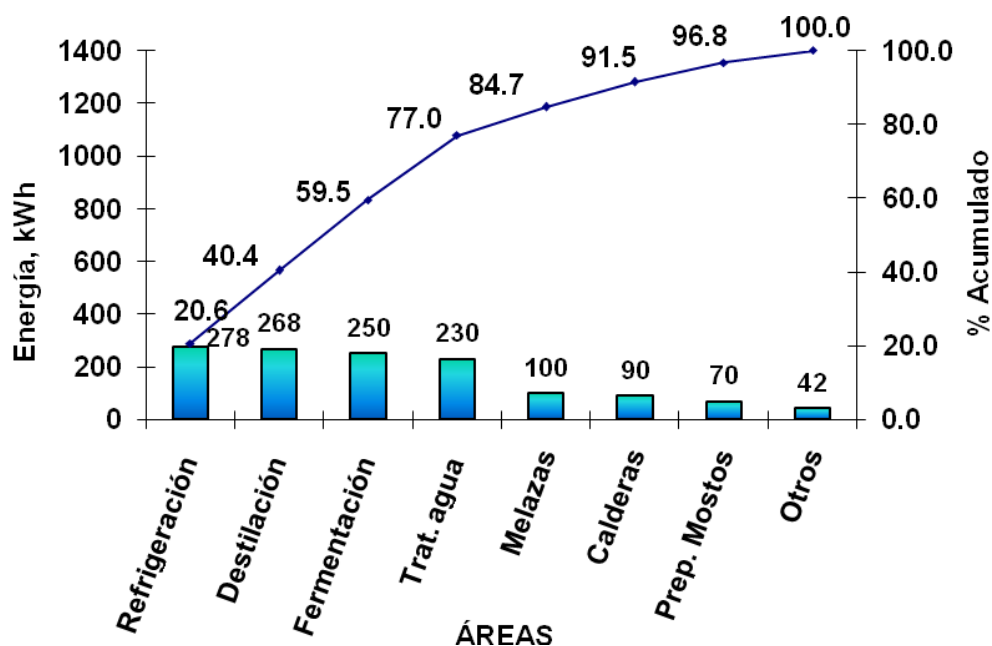
Tabla 3.1 Por cientos de costos energéticos, 2008.

Portadores energéticos	Costos %
Crudo	89.60
Electricidad	4.68
Agua	3,32
Diesel	2.01
Disolventes	0,23
Lubricantes	0,11
Gas Licuado	0,05
Total	100

Se debe significar que el costo de la electricidad, a que se hace referencia, está relacionado con la información estadística de la empresa, lo cual no incluye el consumo total y real de dicho portador, porque parte de la electricidad que se consume, se produce en la fábrica por cogeneración. Sin embargo el consumo real es mayor a lo reportado, lo que demuestra cuanto más necesario es trabajar sobre ese portador, que por demás tiene incidencia en todas las áreas de la fábrica.

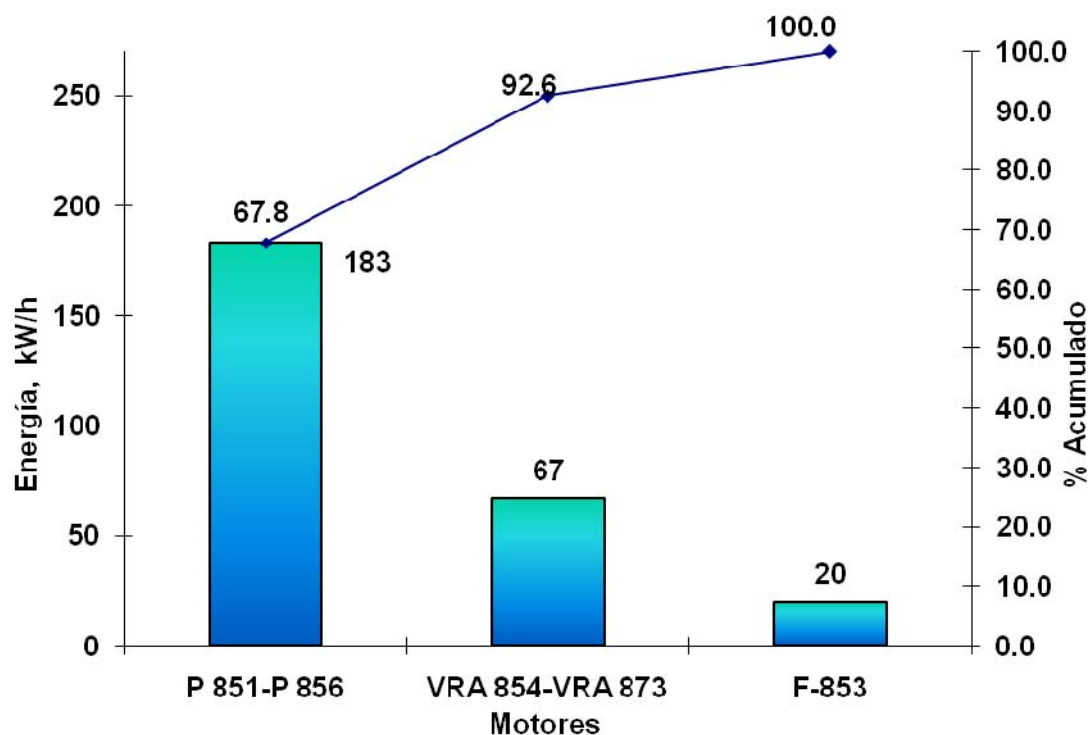
No obstante esta observación, se realiza el análisis de los consumos de energía eléctrica, cómo recurso independiente y se tendrá en cuenta su incidencia por áreas a fin de determinar aquellas áreas mayores consumidoras, lo cual aparece representado en el siguiente gráfico:

Gráfico 3.2 Estructura de consumo de energía eléctrica por áreas.



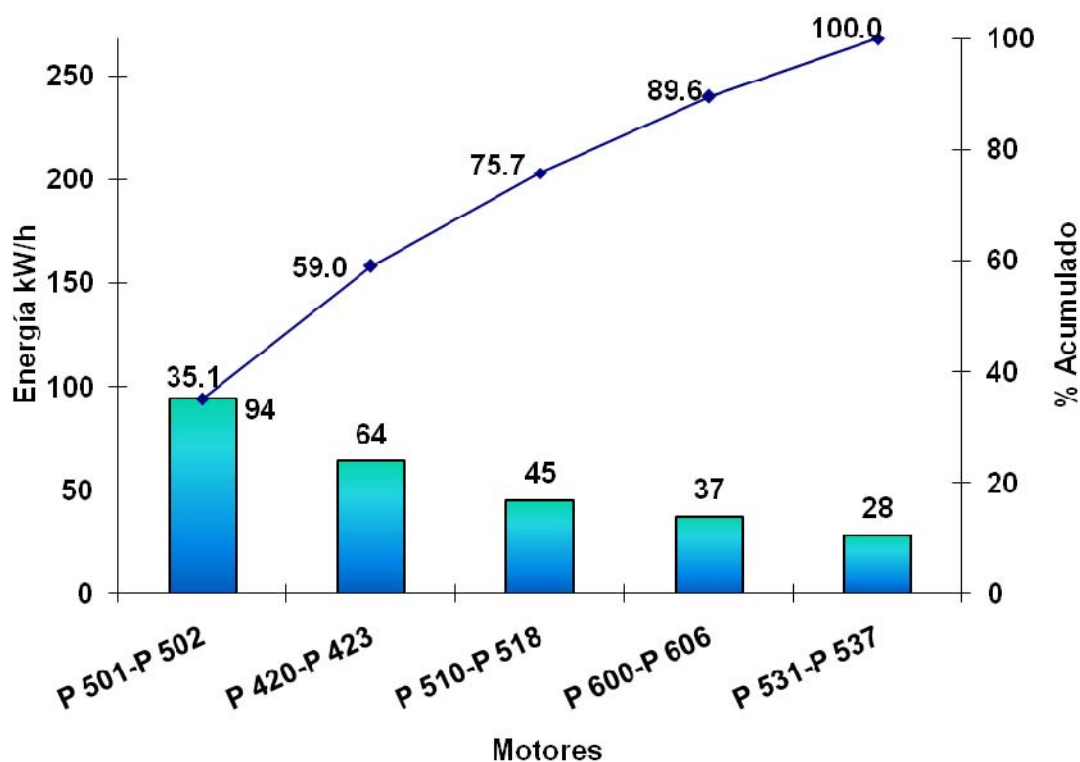
Con el análisis de este gráfico se puede comprobar que las cuatro primeras áreas suman el 77.0 % del total, sin embargo aún no están definidas las causas del cuánto, cómo y dónde se produce ese consumo, por lo tanto se hace necesario realizar una estratificación de esas áreas para conocer cuáles son los equipos que realmente son responsables de dicho consumo. Para este análisis se presenta el siguiente gráfico, con la estratificación por áreas.

Gráfico 3.3 Estratificación del consumo de energía eléctrica en torre de refrigeración.



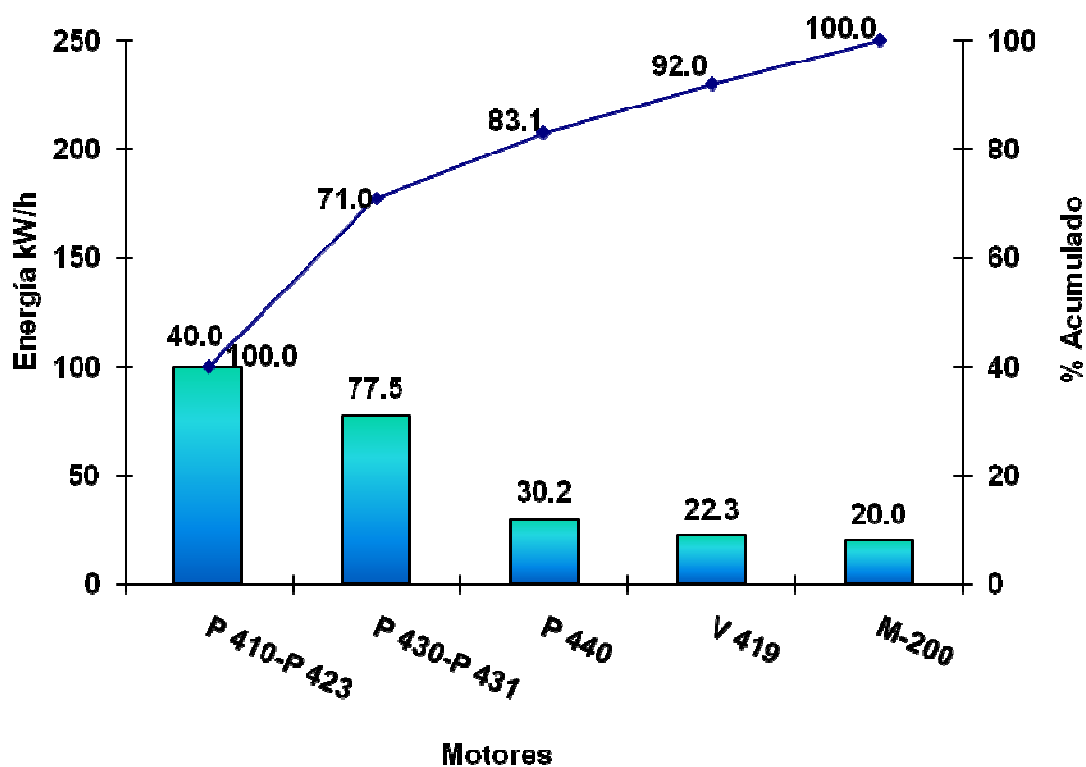
Del gráfico de consumo de energía eléctrica en el área de refrigeración se conoce que los primeros cinco motores P 851-P 856 consumen aproximadamente el 67.8 % del total de la electricidad, pero en la estratificación de toda el área se puede apreciar que en los motores VRA 854-VRA 873 se consume el 92.6 % de la energía eléctrica, por lo que es evidente que en ellos se deben buscar las mayores oportunidades de ahorro.

Gráfico 3.4 Estratificación del consumo de energía eléctrica en el área de destilación.



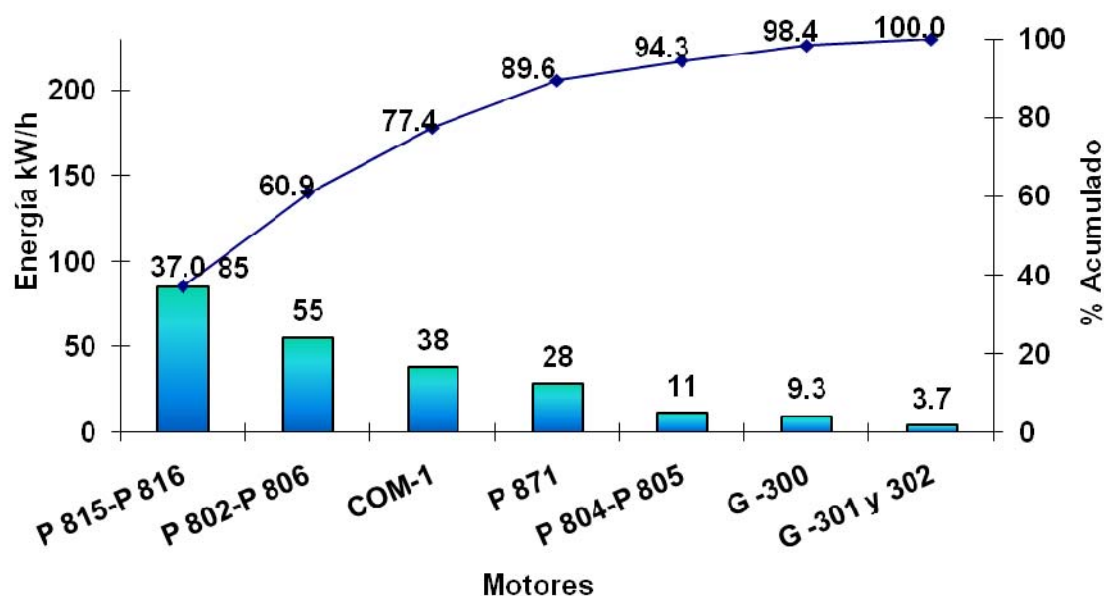
Del análisis de este gráfico se puede conocer que en el área de destilación el consumo es más balanceado. pero en la estratificación de la misma se aprecia que en los motores P 501-P502 , P 420-P 423, P 510-P518 se consume el 75.7 % de la energía del área. Esto nos da la oportunidad de buscar en ellos las mayores oportunidades de ahorro.

Gráfico 3.5 Estratificación del consumo de energía eléctrica en el área de fermentación.



En el gráfico anterior de consumo de la energía se puede comprobar que los motores P 410 - P 423 y P 430 - P 431 representan el 71.0 % del consumo, de igual manera sobre ellos debe recaer todas las oportunidades de ahorro.

Gráfico 3.6 Estratificación del consumo de energía eléctrica en el área de tratamiento de agua.



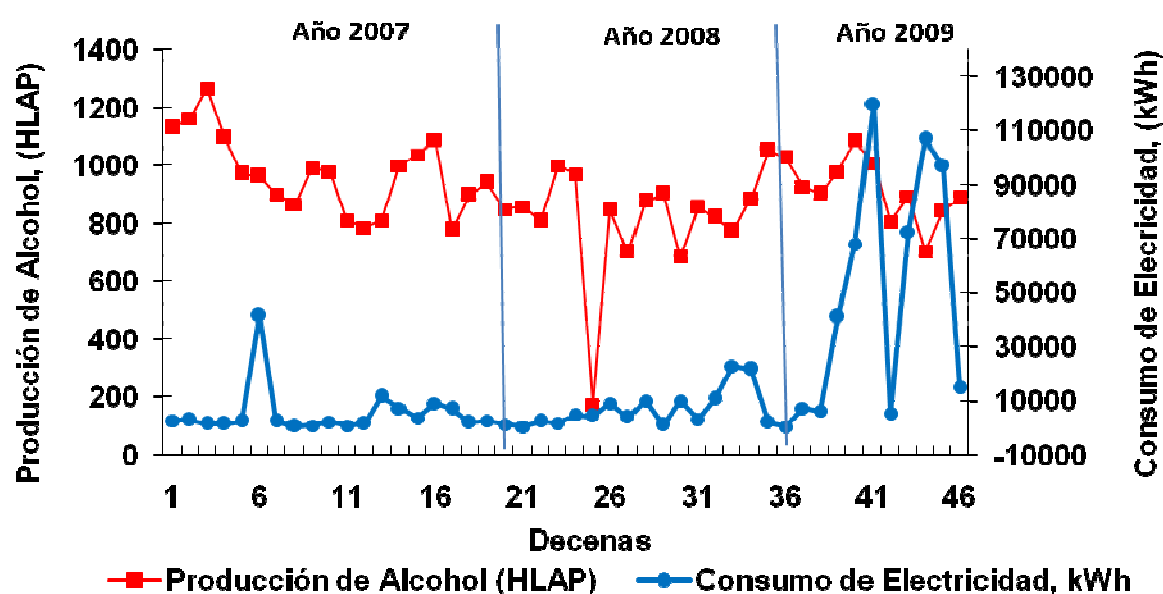
En el gráfico se aprecia que los motores P 815 - P 816, P 802 - P 806 y el Compresor - 1, consumen el 77.4 % del total de esta área. Después de analizar la estratificación de las áreas es evidente los elevados consumos de esos equipos, que no responden incluso a lo que indican sus chapillas, estas mediciones se realizaron puntualmente por equipos, para poder buscar los consumos reales, por lo tanto esa debe ser la primera búsqueda técnica que se desarrollará para una mejora rápida y eficiente.

A pesar de estos resultados aún no se sabe si esos consumos guardan relación con la producción, o si existen otros consumos no asociados a la misma que lo justifiquen, por consiguiente se aplicarán otras herramientas de análisis estadísticos, descritas en el capítulo anterior, que permitirán una mejor toma de decisiones por parte del equipo de trabajo. Para este análisis se abre el diagrama de consumo vs. producción.

Diagrama de consumo vs. producción: a pesar de los resultados anteriores no se conoce como se comportan los índices de consumo de energía con respecto a la producción y estos están establecidos como norma y no como consecuencia de un estudio energético realizado con anterioridad, por lo que se propone realizar un

diagrama de consumo vs. Producción para estudiar su comportamiento en el tiempo y poder determinar en qué medida se corresponden ambas variables. En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de esas variables en los años 2007, 2008 y 2009, los datos de referencia aparecen en la tabla del **Anexo N° 6**.

Diagrama N° 3.2 comportamiento del consumo de energía eléctrica vs. producción de alcohol.

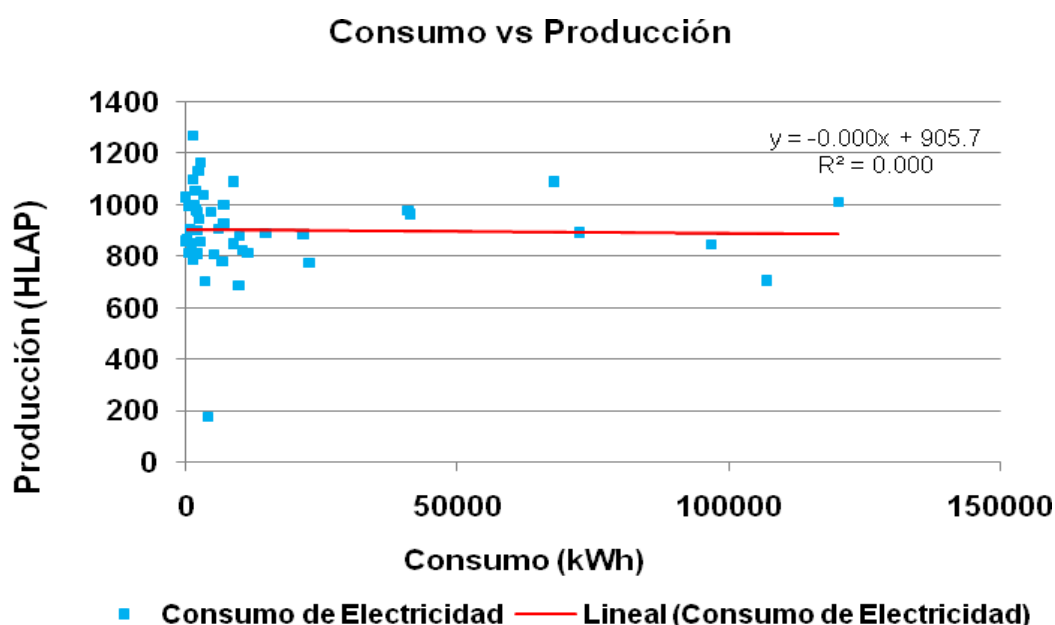


Al comenzar el análisis por el año 2007 se puede observar que en la primera mitad del año, a partir de las primeras decenas se produce una reducción apreciable de la producción, sin embargo los consumos de energía se mantienen estable excepto en las decenas 5 a la 7 donde el turbo generador estuvo fuera de servicio y se consumió energía de la red nacional. En la segunda mitad del año se observan incrementos en la producción de alcohol, manteniéndose estable el consumo eléctrico, es evidente que se manifiestan consumos no asociados a la producción que están deteriorando los índices de eficiencia. Pero al analizar el año 2008 la relación entre estas variables se hace menos proporcional, o sea no se justifican el decrecimiento de la producción, siendo más profundo en las decenas 25 a la 27 donde la planta estuvo con problemas de roturas, con los consumos referidos, así en la segunda mitad del año 2008 se observa

una recuperación de la producción mientras se ve un ligero aumento del consumo eléctrico. En el análisis del año 2009 se puede observar una mayor estabilidad en la producción en la primera mitad, observándose picos eléctricos elevados pues se estaba trabajando en la fábrica consumiendo directamente de la red nacional, este análisis demuestra que en ocasiones no se corresponden los consumos con la producción, por lo tanto existen desviaciones del consumo que deben ser analizadas detalladamente, a fin de poder proponer alguna medida de mejora.

Diagrama de dispersión, tendencia y correlación: para conocer el comportamiento de las variables involucradas es necesario hacer un gráfico de dispersión donde se pueda observar el comportamiento de ambos parámetros, seguir su línea de tendencia y comprobar con una fórmula matemática cuan acertada está la correlación entre ambas variables. El siguiente gráfico muestra el comportamiento correlacionar entre las variables consumo/producción durante los años 2007, 2008 y 2009.

Diagrama N° 3.3 Dispersión, tendencia y correlación entre los parámetros de consumo de energía eléctrica vs. producción de alcohol.

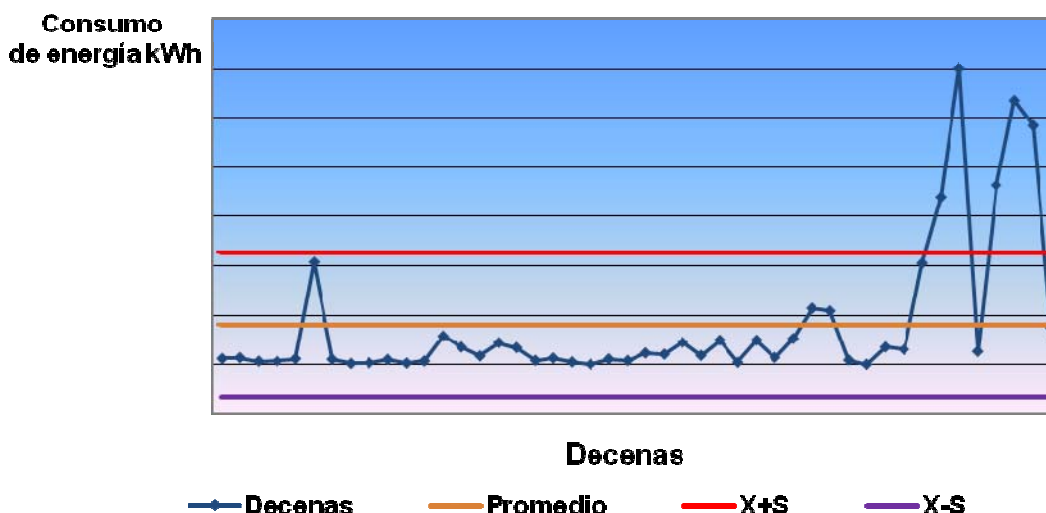


Con el análisis de este gráfico se puede comprobar cuan desacertada está la correlación entre el consumo de energía eléctrica y la producción de alcohol de la fábrica objeto de estudio. El gráfico muestra una gran dispersión en los puntos que representan la producción, mientras la línea de tendencia muestra que apenas aparecen puntos lógicos para este tipo de proceso, sobre todo para una fábrica nueva y eficiente, con tecnología de punta. La bibliografía consultada durante este estudio permitió conocer que una correlación cuadrática entre dos parámetros de producción es mala cuando oscila en un rango menor de 0.5 %. Se considera aceptable cuando oscila entre 0.5 a 0.7 y es considerada buena correlación cuando sobrepasa el valor de 0.7 %. De este análisis se puede concluir que apenas existe correlación entre estas variables, como indica la relación cuadrática $R^2 = 0.000$, que responde a la fórmula matemática $y = -ax + b$.

Diagrama de control: es necesario comprobar en qué medida se mantiene control del parámetro de consumo de energía y su oscilación dentro del proceso, para lo cual se recomienda la realización del gráfico de control de esa variable, tomando como datos de referencia los consumos y las producciones de los años 2007, 2008 y 2009.

Diagrama N° 3.4 Diagrama de control del consumo de energía.

Los gráficos de control de parámetro son diagramas lineales que dan la posibilidad de saber si el índice de consumo o el consumo analizado está o no bajo control.



Del gráfico de control para el consumo de energía se observa que:

- A penas existen aproximaciones al límite, salvo en las cinco ocasiones del 2009 que el consumo fue excesivo, porque en ese período estuvo roto el turbogenerador y todo el consumo se realizó de la red nacional, no obstante ese consumo no se correspondió a un incremento de la producción, como se pudo ver en el gráfico de consumo vs producción, donde la misma tuvo un decrecimiento.
- Existe una seguidilla de puntos durante el año 2008, en la cual la producción se comportó de manera inestable, lo cual no relaciona con los consumos reflejados en este gráfico.
- Al parecer esta variable se mantiene bajo control, pues su comportamiento oscila dentro de los límites de control inferior y superior establecidos para $x-s$ y $x+s$.

Con todos los elementos que proporcionó el análisis de los resultados estadísticos con la aplicación de las técnicas señaladas se procede a la elaboración del informe a la gerencia de la fábrica, como establece la metodología para la tercera etapa.

3.1.3 Tercera etapa: Presentación del informe y Toma de decisiones.

Con todas las condiciones creadas se realizó el referido diagnóstico y después de aplicar los diferentes instrumentos, el equipo investigador analizó la información recogida en los mismos y rindió un informe a la gerencia de la empresa, los resultados se resumen a continuación:

En la empresa no existe un metro contador donde se mida realmente la corriente que se cogedera en la fábrica, por lo que no evidencia toda la energía consumida.

Mediante la observación se detectaron varios salideros de agua, con su respectivo consumo de energía, sin que estos sean contabilizados.

Por la observación se pudo detectar además que existen motores sobre dimensionados.

Por el grupo de expertos se conoció que la empresa tiene un plan de contingencia energética, que se chequea habitualmente, que además son estimuladas las brigadas que proporcionan mayores ahorros. Sin embargo no existen estrategias para uso y reuso de la energía, por lo que su explotación resulta irracional.

Los trabajadores no tienen conocimiento de indicadores de eficiencia que relacionen el consumo de energía con la producción, aunque conocen de otros indicadores que reflejan cumplimiento o no de algunos renglones productivos, así como de los consumos de portadores energéticos.

En la empresa se conoce del cumplimiento de los planes de producción y se discuten los incumplimientos y se comparan los índices con las normas ramales, pero no se conocen ni se discuten los que guardan relación con el consumo de energía.

No se conoce de incentivos que propicien un uso racional de la energía eléctrica, como en el caso de la emulación referida al los ahorros energéticos.

Existen salideros de vapor en el proceso lo cual incide directamente en el consumo de agua y además se acentúan las perdidas energéticas.

Las entrevistas arrojaron que los indicadores que miden la eficiencia y eficacia del proceso no están identificados y no son del conocimiento de los trabajadores, no pudiéndose encontrar evidencias de su medición.

Por consultas con los operadores se supo que persisten malos hábitos en el consumo de la energía eléctrica, y no se controla por la administración.

La calificación y capacitación de los trabajadores y operarios no es adecuada y eso influye directamente en que no puedan asimilar nuevas formas de gestionar el uso de la energía eléctrica.

El estado técnico del sistema en general tiene numerosas deficiencias y no existe un buen programa de mantenimiento.

Se comprobó que no existe un documento que explique de manera general el proceso y su funcionamiento y de igual modo algunos subprocesos no están explícitamente documentados por lo que existen operaciones que se realizan de manera empírica.

Del total de deficiencias detectadas se realiza un detallado análisis para definir las de mayor impacto para la producción, por lo que se considera realizar una reducción de las causas a fin de aplicar la votación ponderada para determinar sobre cuales se debe trabajar con vistas a reducir los consumos de energía eléctrica. El listado de causas seleccionadas se presenta a continuación:

1. **No existe un gráfico de control, que permita analizar por áreas los respectivos usos de la energía.**
2. **No existen estrategias que contribuyan a la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional de la energía.**
3. **No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente de la energía.**
4. **Los motores están sobre dimensionados.**
5. **No existe un control riguroso sobre los equipos más consumidores.**
6. **Insuficiente existencia de medios de medición y control.**
7. **Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso energía.**

8. **El Sistema de mantenimiento preventivo del proceso, es poco efectivo. de eficiencia y eficacia del uso de la energía.**

9. **No están bien definidos los indicadores.**

Una vez conocidos los principales problemas causales del uso ineficiente de la energía se necesita determinar cuáles de aquellos, representan los de mayor impacto, para de esta forma establecer una estrategia de posibles soluciones, que permitan además identificar y proponer medidas de mejoras para el proceso. Con la técnica de votación ponderada que se muestra en la siguiente tabla se pueden establecer prioridades en el tratamiento posterior de las causas más relevantes. Para el desarrollo de esta técnica se realizó la votación de forma individual y secreta, asignándosele valores del 1 al 5 a aquellas causas que presentan mayor importancia, siempre dándole la mayor puntuación de 5 puntos a la que se estime tenga la mayor incidencia y de forma decreciente al resto por orden de prioridades. Para la selección final se sumaron las puntuaciones y se organizaron en orden decreciente, en el caso que hubo empate se definió por la cantidad de veces que se puntuó por los expertos.

Tabla 3.2 Votación Ponderada.

Deficiencias detectadas.									
Participantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Votante 1	1	5	1	1	4	2	4		
Votante 2		4	2	2	3	2	5	2	1
Votante 3	3	5	1	1	3	3	4		
Votante 4	1	3	2	3	2	4	3	2	1
Votante 5		5		2	1	1	2		
Suma	5	22	6	9	13	12	18	4	2
Frecuencia de puntuación	1	5	2	1	3	2	4	2	1
Orden de prioridad	7	1	6	5	3	4	2	8	9

Como puede observarse en la tabla anterior las causas 2,7 y 5 recibieron las puntuaciones más elevadas, por ese orden, le siguen las causas 6 y 4 el resto de las causas presentan menor puntuación y totales, por consiguiente la selección se plantea según el orden siguiente:

Según los resultados que se muestran en la tabla anterior los problemas prioritarios a tratar son:

1. No existen estrategias que contribuyan a la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional de la energía.

2. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso energía.
3. No existe un control riguroso sobre los equipos más consumidores.
4. Insuficiente existencia de medios de medición y control.
5. Los motores están sobre dimensionados.

3.2 Estrategia para solucionar deficiencias detectadas según sus prioridades.

Problema N° 1: no existen estrategias que contribuyan a la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional de la energía.

Propuesta de estrategia: aprovechar de forma consecuente las posibilidades de aplicar nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia energética.

Acciones N° 1: el área técnica en coordinación con la gerencia de la empresa deberán garantizar la aplicación de la estrategia propuesta para lograr un uso racional del recurso energía.

Responsable: jefe de área técnica y gerente.

Fecha de cumplimiento: septiembre del año 2010.

Accione N° 2: el área técnica deberá continuar el estudio para identificar nuevas propuestas de mejora, que garanticen el continuo decrecimiento del consumo de energía.

Responsable: jefe de área técnica y jefe de producción.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Acciones N° 3: la gerencia deberá incluir dentro de sus prioridades todo lo relacionado con la energía.

Responsable: jefe de área técnica y gerente.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del 2010.

Problema N° 2: insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso energía.

Propuesta de estrategia: desarrollar programa de capacitación integral que posibilite el cambio de cultura en la organización relacionado con el uso racional de la energía, basado en la filosofía de mejora continua.

Acciones: N° 1: el área de capacitación diseñará un programa de conferencias sobre los diferentes aspectos relacionados con la energía, apoyado en la participación de especialistas externos.

Responsable: jefe de recursos humanos y capacitador.

Fecha de cumplimiento: 30 de octubre de 2010.

Acciones: N° 2: el área técnica en coordinación con capacitación diseñarán un curso para el personal de operaciones, que permita elevar los conocimientos teórico-prácticos en el uso eficiente de la energía.

Responsable: jefe de área técnica y capacitador.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2009.

Acciones N° 3: el área de recursos humanos en coordinación con capacitación elaborará un programa de evaluación al personal involucrado en el proceso donde se midan las habilidades y conocimientos imputables a sus funciones.

Responsable: jefe de área técnica, capacitador y jefes de brigada.

Fecha de cumplimiento: septiembre del año 2009.

Accione N° 4: el área técnica revisará y actualizará la base documental relacionada con el proceso, que incluye reglamento tecnológico, gráfico de control analítico, normas cubanas y ramales.

Responsable: jefe de área técnica y jefe de producción.

Fecha de cumplimiento: julio del año 2009.

Problema N° 3: no existe un control riguroso sobre los equipos más consumidores.

Propuesta de estrategia: elaborar y aplicar una estrategia para lograr un uso racional de la energía que posibilite reducir los consumos en el proceso de fabricación de alcohol.

Acciones N° 1: determinar las áreas de mayor consumo energético dentro de la fábrica de acuerdo a la clasificación de los equipos.

Responsable: jefe de área técnica y jefe de brigada.

Fecha de cumplimiento: marzo del año 2010.

Acciones N° 2: Identificar en cada área los motores que estén sobre dimensionado y viceversa de acuerdo al nivel que ocupan en la producción.

Responsable: jefe de área técnica y jefe de producción.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Acciones: N° 3: la gerencia deberá incluir dentro de sus prioridades todo lo relacionado con la energía.

Responsable: jefe de economía y gerente.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Acciones N° 4: el área de recursos humanos deberá diseñar un sistema de emulación entre brigadas, que contribuya a mejorar los usos de la energía.

Responsable: jefe de recursos humanos y sindicato.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Problema N° 4: insuficiente existencia de medios de medición y control.

Propuesta de estrategia: instalar medios de medición y control para verificar el consumo energía.

Accione N° 1: instalar dispositivos de medición para el control del consumo de energía.

Responsable: jefe de área técnica y gerente.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Acciones N° 2: el área técnica en coordinación con la gerencia deberán consultar o contratar asesoría técnica externa para la adecuación de nuevas tecnologías de medición y control.

Responsable: jefe de área técnica, económico y gerente.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Accione N° 3: el área de recursos humanos en coordinación con los técnicos deberán establecer normas o indicadores de eficiencia y eficacia para el control del proceso.

Responsable: jefe de área técnica y jefe de recursos humanos.

Fecha de cumplimiento: octubre del año 2010.

Problema N° 5: motores están sobre dimensionados en diferentes áreas de la planta.

Propuesta de estrategia: instalar motores que se ajusten a parámetros establecidos a los equipos receptores.

Acciones N° 1: determinar cuantos motores son necesario sustituir y su rápida ejecución.

Responsable: jefe de área técnica y especialistas.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

Acciones N° 2: el área de mantenimiento hará las modificaciones necesarias para la instalación de bombas de mayor eficiencia.

Responsable: jefe de área técnica y económico.

Fecha de cumplimiento: cuarto trimestre del año 2010.

CONCLUSIONES.

1. Según el análisis hecho del estado del arte de los modelos de gestión energética, en su mayoría se recogen elementos adicionales al energético, como el mejoramiento continuo, el comprometimiento de la dirección, la gestión de la calidad total, y la gestión ambiental, pero se deben contemplar más factores que interrelacionen la eficiencia energética con la productividad y la competitividad.
2. La metodología de diagnóstico diseñada en el segundo capítulo es viable para los procesos de fabricación de alcohol.
3. El diagnóstico realizado al proceso demostró el ineficiente uso de la energía, basado fundamentalmente en la carencia de sistemas de control y explotación.
4. Según las herramientas aplicadas se pudo comprobar que el área de torre de refrigeración es la que representa el mayor consumo, por lo tanto en ella se encuentra la mayor oportunidad de ahorro.
5. Los niveles de consumo de energía eléctrica registrados en la fábrica de alcohol ALFICSA no correlacionan con la producción, por lo que no son aceptables los indicadores de eficiencia que se toman como referencia.
6. La estrategia para uso racional de la energía presentada en el capítulo III confirma la validez de la hipótesis planteada en el trabajo.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda diseñar y aplicar un sistema de gestión eficiente de energía para el proceso de fabricación de alcohol en ALFICSA.
2. Se recomienda utilizar la metodología de diagnóstico presentada como una herramienta de trabajo basada en la filosofía de mejora continua.
3. Se recomienda a partir el diagnóstico, establecer nuevos índices de consumo que permitan mantener un eficiente control sobre el uso de la energía.
4. Se recomienda aplicar la estrategia diseñada para uso racional de la energía con el objetivo de minimizar los elevados consumos.

BIBLIOGRAFÍA.

(2004). *www. worldbank. Org Inventario Nacional medioambiental.* (n.d.). .

Alemán López, (2008). . Aguada.

Borroto, Aníbal, Colectivo de Autores. (n.d.). . CEEMA.

Borroto, Aníbal, Colectivo de Autores. (n.d.). . CEEMA.

Brundtland, G.H. (1987). “*Nuestro futuro común.*

Colectivo de aurtores. (2005). British Petroleum Statistical Review of World Energy,

Elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados con base en datos de. (2000). . : Secretaría de Energía y Reuters.

González, P.F. y Colectivo de Autores. (2006). *Energía y desarrollo sostenible.* La Habana: Política/.

González, P.F. y Colectivo de Autores. (n.d.). . Ob. cit.

González, Py Colectivo de Autores.F. (2006). . *Energía y desarrollo sostenible.* Editorial Política/ La Habana,

Kapitsa, P. (1985). *en Problemas globales y la energía”, Experimento, teoría y práctica.* Mir, Moscú.

L. O. Hedin, G. E. Likens. (2006). *Polvo atmosférico y lluvia ácida: menos polvo, más daños.*

Enciclopedia Microsoft Encarta.

Lage, D. C.: (2007, June 7). .

Lobelles,G.O. (2007). . *Experiencia en la generalización de la TGTEE.* Tesis en opción al grado de máster. Experiencia en la generalización de la TGTEE en Aguada de Pasajeros,, .

Lobelles,G.O. (n.d.). .

OLADE – GTZ. (2003). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Guía para la formulación políticas energéticas.* (. Primera Edición, Naciones Unidas.). Santiago de Chile,

Posso, F. (n.d.). : *pasado, presente y futuro* (Universidad de Los Andes-Táchira.).

Problema cargando la página. (n.d.). . Retrieved December 2, 2009, from <http://es-ar.start3.mozilla.com/firefox?client=firefox-a&rls=org.mozilla:es-AR:official>.

Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD. (2000). .



Bibliografía.

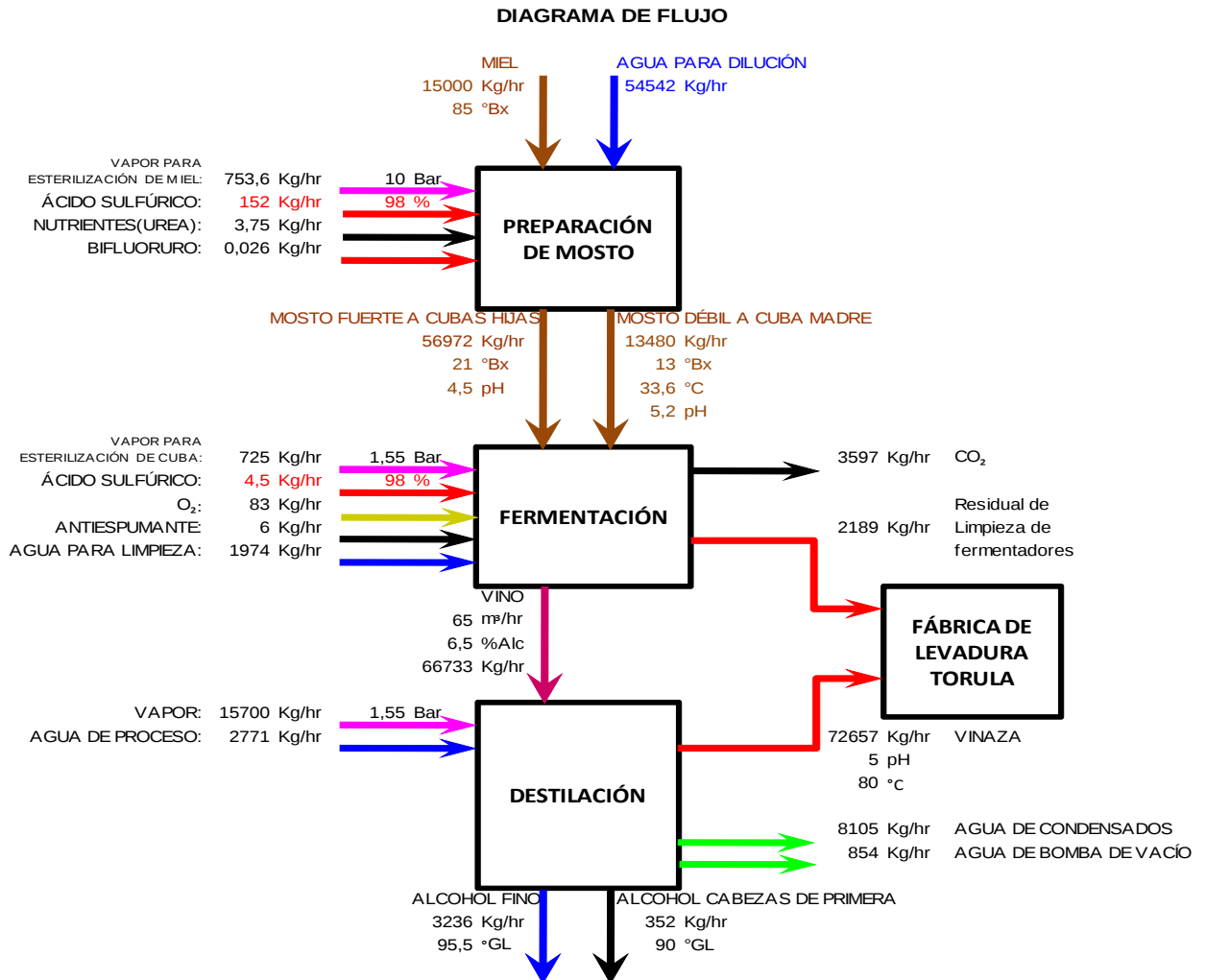
Roa Avendaño T. (2002). *“El cambio climático otra deuda ecológica*. Colombia:

Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía. (n.d.). . Maestria, . Universidad de Cienfuegos.

Turrini, E. (1999). *El camino del Sol*, Ciudad de La Habana: de Cuba solar.

ANEXOS.

Anexo 1: Diagrama de flujo general de la fábrica.



Anexo N° 2. Tormenta de Ideas

1. No existe un uso eficiente de la energía en la empresa.
2. Insuficiente existencia de medios de medición y control.
3. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso energía.
4. El Sistema de mantenimiento preventivo del proceso, es poco efectivo.
5. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso de la energía.
7. No existen estrategias que contribuyan a la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional de la energía.
8. No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente de la energía.

Anexo N° 3. Guía de Observación.

1. Determinar y definir lo que se va a observar: Se realizará observación del Proceso de fabricación de alcohol y sus subprocesos auxiliares con el objetivo de comprobar como se comporta el consumo energético en el proceso.
2. Obtener la autorización de la gerencia para llevar a cabo la observación: Para realizar la observación del proceso se contó con la aprobación del jefe del proceso Ing. José Fco. Alemán López.
3. Explicar a las personas que van a ser observadas lo que se va a hacer y las razones para ello: Individualmente se le explicó a cada trabajador entrevistado el objetivo de la misma solicitando su disposición y cooperación voluntaria.

Anexo N° 4. Modelo de Entrevista.

Como Usted conoce estamos realizando una entrevista informal, ya que se puede realizar en cualquier lugar que el entrevistado desee y se sienta cómodo, incluso realizando a ambos una actividad determinada. Para el desarrollo de la entrevista en profundidad se debe tener en cuenta que el entrevistado como ser humano tiene su punto de vista relacionada con el funcionamiento del proceso en el cual usted labora, fundamentalmente lo relacionado con la energía. En tal sentido le agradecemos nos dedique unos minutos de su preciado tiempo para responder algunas preguntas.

I. Cuestiones relacionadas con organización del proceso.

- 1.1 Conocimientos acerca de la organización del proceso
- 1.2 Conocimientos sobre el gráfico de control analítico, dígame: frecuencia de toma de la muestra, objetivos con que se realizan los análisis y estándares establecidos.
- 1.3 Conocimientos acerca de algún sistema de gestión.
- 1.4 Conocimientos acerca de posibilidades de ahorro de energía.

II. Respecto al funcionamiento del proceso.

- 2.1 Precisión de los equipos registradores
- 2.2 Asimilación del cambio tecnología
- 2.3 Relación con otros procesos y áreas funcionales
- 2.4 Sobre los indicadores de eficiencia y eficacia del proceso
- 2.5 Funcionamiento de los sistemas de control.

III. Respecto a las relaciones formales de comunicación e intercambio de información.

- 3.1 Medios y vías de comunicación existente. Efectividad
- 3.2 Sistemas de influencia

3.3 Formas de estimulación, incentivos, divulgación.

3.4 Capacitación sobre el tema.

Anexo N° 5. Comportamiento del consumo de electricidad vs. producción de alcohol, años 2007, 2008 y 2009

Año 2007			Año 2008			Año 2009		
Alcohol(hl)	Energía	Índice de consumo	Alcohol(hl)	Energía	Índice de consumo	Alcohol(hl)	Energía	Índice de consumo
1128.71	2407	2.13	856.74	160	0.186754	1026.94	100	0.097377
1161.85	2793	2.403925	806.84	2265	2.807248	925.57	7064	7.632054
1265.67	1352	1.068209	997.96	1636	1.639344	902.03	6067	6.72594
1094.64	1376	1.257034	967.75	4657	4.812193	976.96	41001	41.96794
969.58	2336	2.409291	173.2	4176	24.11085	1087.73	67848	62.37577
961.64	41434	43.08681	845.3	8960	10.59979	1006.2	120148	119.4077
899.69	2160	2.400827	700.2	3688	5.267067	805.43	5272	6.545572
864.67	432	0.499613	876.1	9910	11.31149	890.13	72620	81.58359
990.07	704	0.711061	902.46	888	0.983977	702.37	106970	152.2986
978.02	2016	2.061308	683.17	9842	14.40637	842.63	96764	114.8357
808.56	608	0.751954	854.68	2866	3.353302	885.06	14804	16.72655

784.14	1424	1.81600 2	819.58	10503	12.8151			
808.35	11520	14.2512 5	771.97	22760	29.4830 1			
999.04	7071	7.07779 5	880.18	21683	24.6347 3			
1037.08	3456	3.33243 3	1052.71	1848	1.75546 9			
1088.04	8860	8.14308 3						
776.82	6833	8.79611 8						
897.35	1696	1.89000 9						
940.47	2608	2.77308 2						
847.87	1068	1.25962 7						