



República de Cuba

Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente “CEEMA”

TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

Propuesta para la implementación de la Norma ISO 50001 en Centrales Azucareros, como Sistema de Gestión Eficiente de la Energía

Autor: Ing. Augusto González Santana

Tutor: Dr. Ing. Félix González Pérez

CENTRAL AZUCARERO
14 de Julio
CIENFUEGOS

Cienfuegos, 2016

“Año 58 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD



Hago constar que el presente trabajo de Maestría realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la Maestra de Eficiencia Energética; autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del Autor

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

Información Científico Técnica
Firma

Firma del Tutor

Firma del Tutor

Sistema de documentación de proyectos.
Firma

“...El viejo adagio de que la información es poder, muchas veces induce a acaparar conocimiento; de esta manera creen algunos que se hacen indispensables. Pero el poder no es una consecuencia del conocimiento guardado, sino del conocimiento distribuido...”

Bill Gates
Los negocios en la era digital

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a unas personas muy especiales, a las cuales quiero y admiro mucho; unos seres maravillosos que han sabido guiarme por el mejor de los caminos y se han esforzado sin límites para hacer realidad mis sueños.

- ✚ A mis hijos, **Randy Enrique y Liz**, por ser mis máximos inspiradores, la felicidad de mi vida y para servirles de ejemplo en su preparación futura.*
- ✚ A quien con palabras y ejemplo me ayudó y guió por los mejores caminos, Dulce M. Santana González, **“MI MADRE”**.*
- ✚ Alguien que siempre ha confiado en mí y a quien nunca defraudaré, Jaquelin Pereira Hernández **“MI ESPOSA”**.*
- ✚ A todos los profesores que contribuyeron al desarrollo y a la exitosa realización de este proyecto, en especial a la revolución que, guiada por Fidel, nos ha brindado la posibilidad de estudiar y formarnos como hombres de ciencia.*
- ✚ A mis compañeros de estudio y trabajo por el apoyo que me brindaron.*
- ✚ A mis vecinos y a todos aquellos que de una forma u otra han influido en mi formación.*

AGRADECIMIENTOS

-  *Agradezco en primer lugar a mis hijos Randy Enrique y Liz, mi madre Dulce María, mi esposa Jaquelin y mi cuñado Víctor Manuel, quienes me motivaron, impulsaron y apoyaron en todo momento.*
-  *A la máxima Dirección de la Revolución por darme la posibilidad de cursar estudios de Maestría.*
-  *A todos los profesores del CEEMA y de la Universidad Carlos Rafael Rodríguez que me impartieron sus conocimientos y habilidades en las diferentes asignaturas.*
-  *A Félix González Pérez que sin su ayuda y apoyo intelectual no hubiera resultado este trabajo.*
-  *A mis compañeros de estudios (todos hermanos), por los buenos y malos momentos.*
-  *A todos mis compañeros de trabajo (Gabriel y Alfredo), que me ayudaron en mi etapa de formación como master.*
-  *A todos aquellos que no hago mención pero que de una forma u otra influyeron en mi formación.*
-  *Al comandante en jefe por su desvelo en hacer de los hombres de hoy hombres de ciencia y de futuro.*

¡A Todos Muchas Gracias!

Resumen

Cualquier intento de mejoramiento de la eficiencia energética en un central azucarero requiere de un procedimiento para la gestión energética. Para la propuesta de gestión energética basado en la Norma ISO 50001, 2011, se realiza un estudio bibliográfico sobre el tema, dentro y fuera del entorno del sistema. Trazándose como objetivo la realización de una caracterización energética, y la elaboración de la propuesta de implementación de la norma al central, con el fin de lograr un uso eficiente de los recursos energéticos y un menor impacto ambiental. La caracterización energética, ayudó a definir los indicadores energéticos básicos del proceso, así como los índices de consumo de energía eléctrica por tonelada de caña molida en kWh/t y de consumo de bagazo por tonelada de caña molida en t_{bag}/t_{cm}. Se compara el comportamiento energético de los tres años en estudio, 2012, 2013 y 2014, tomándose como año base el 2014 por resultar el de mejor nivel de eficiencia energética y se traza como línea meta reducir un 8% el consumo de bagazo y energía eléctrica con relación al año base. Se valida el procedimiento propuesto en el Central Azucarero 14 de Julio de la Empresa Azucarera Cienfuegos, la valoración económica demuestra, que al aplicar el procedimiento propuesto por el autor se logra un efecto económico considerable, el monto de la inversión de la implementación del procedimiento se recupera en menos de un mes en la zafra 2015 y se reducen las emisiones de CO₂, NO_x, SO_x, en costos externos ambientales en \$ (526,45 y 808,12) con relación a línea base y línea meta respectivamente.

Palabras claves: eficiencia energética, gestión energética e impacto ambiental.

Índice	Pág.
Introducción.	1
Capítulo 1. Marco teórico referencial de la investigación.	3
1.1. Energía y sociedad.	3
1.2. Ámbito mundial.	5
1.2.1. Consumo de energía por tipo de combustible.	7
1.2.2. Generación de Energía Eléctrica.	8
1.2.3. Energías Renovables en el mundo.	9
1.2.3.1. Energía de biomasa en el mundo.	10
1.2.4. Emisiones Gaseosas.	11
1.2.5. La cogeneración y el medio ambiente.	13
1.3. Conceptos Básicos.	17
1.3.1. Principios y fundamentos de la eficiencia energética.	18
1.3.2. Bases termodinámicas de la eficiencia energética.	19
1.4. Pérdidas energéticas: categorías y causas.	20
1.5. Como promover la eficiencia energética.	22
1.6. Indicadores energéticos y control de objetivos.	26
1.6.1. Índice de energía específico.	26
1.7. Sistema de Gestión de la Energía (SMG).	27
1.7.1. Aspectos generales.	27
1.7.2. Objetivos del SGE.	27
1.7.3. Requisitos generales del SGE.	28
1.7.4. Normas del Sistema de Gestión Energética (SGE).	28
1.7.5. El desarrollo de la Norma ISO 50001.	29
1.7.6. La Norma ISO 50001. Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso.	31
1.7.6.1. Desempeño energético.	31
1.8. Experiencias en la implementación de sistemas de gestión energética.	33
1.9. Conclusiones parciales del capítulo I.	37
Capítulo 2: Caracterización energética del “Central Azucarero 14 de Julio” perteneciente a la Empresa Azucarera Cienfuegos.	38
2.1. Localización Geográfica.	38
2.2. Estructura Organizativa.	38
2.3. Caracterización del proceso de producción.	38
2.4. Análisis del comportamiento energético y sus principales indicadores de eficiencia.	38
2.4.1. Gastos energéticos y consumos energéticos.	40
2.4.2. Indicadores de Consumo.	40
2.5. Metodología para el establecimiento y seguimiento del indicador de eficiencia energética.	41
2.6. Estructura de consumo de los portadores energéticos del Central Azucarero 14 de Julio.	46
2.6.1. Análisis del consumo de Electricidad.	47
2.6.1.1. Comportamiento histórico de la producción y el consumo de electricidad durante las zafas 2012-2014.	47
2.6.2. Gráficos de consumo de electricidad y caña molida en el tiempo.	47
2.6.3. Gráficos de correlación-dispersión del consumo de electricidad vs caña molida.	49
2.6.4. Gráficos de control de la producción de azúcar y del consumo de electricidad de las zafas 2012-2015.	50
2.6.5. Gráficos de Índice de Consumo de electricidad (IC) vs caña molida.	52

2.6.6. Determinación del CUSUM, gráficos de tendencias del consumo de electricidad.	53
2.7. Comportamiento histórico del consumo de bagazo en la producción de azúcar y de electricidad por semanas durante las zafras 2012 - 2014.	54
2.7.1. Consumo de bagazo vs caña molida por semanas durante las zafras 2012 - 2014.	54
2.7.1.1. Gráficos de consumo de bagazo vs caña molida.	55
2.7.1.2. Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación – dispersión del consumo de bagazo vs caña molida.	56
2.7.1.3. Gráficos de control del consumo de bagazo durante las zafras 2012-2015.	57
2.7.1.4. Gráficos de Índice de Consumo de bagazo (I.C) vs caña molida.	58
2.7.1.5. Determinación del CUSUM, gráficos de tendencias de consumo de bagazo.	59
2.7.2. Generación de electricidad vs caña molida por semanas durante las zafras 2012 - 2014.	60
2.7.2.1. Gráficos de generación de electricidad vs caña molida.	60
2.7.2.2. Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación – dispersión de la generación de electricidad vs caña molida.	61
2.7.2.3. Gráficos de control de la generación de electricidad durante las zafras 2012-2015.	62
2.7.2.4. Gráficos de índice de generación de electricidad (I.G) vs caña molida.	63
2.7.2.5. Determinación del CUSUM, gráficos de tendencias de la generación de electricidad.	64
2.8. Oportunidades de Ahorro.	65
2.9. Conclusiones parciales.	66
Capítulo 3. Propuesta de implementación de la norma ISO 50001 a la unidad objeto de estudio.	67
3.1. Descripción del Procedimiento.	67
3.1.1. Fase I. Preparatoria inicial del estudio.	67
3.1.1.1. Paso 1. Definición de los objetivos del procedimiento.	67
3.1.1.2. Paso 2. Definición de las áreas que serán objeto de análisis para realizar el procedimiento.	67
3.1.1.3. Paso 3. Explicación a la alta dirección de los objetivos del procedimiento.	67
3.1.1.4. Paso 4. Selección del personal que va a realizar el estudio. Creación de la comisión energética.	67
3.1.1.5. Paso 5. Selección de los métodos para el registro de la información necesaria para el procedimiento y preparación del material de trabajo para el mismo.	69
3.1.1.6. Paso 6. Entrenamiento al grupo de expertos (comisión energética) en gestión energética.	69
3.1.1.7. Paso 7. Explicación a los trabajadores sobre las particularidades de la norma a implementar.	69
3.1.2. Fase II. Diagnosticar la situación energética actual del central.	70
3.1.2.1. Paso 1: Identificación y selección de los portadores energéticos.	70
3.1.2.2. Paso 2: Evaluar la situación energética.	70
3.1.2.3. Paso 3: Registrar la información.	70
3.1.3. Fase III: Ejecución y control.	71
3.1.3.1. Paso 1: Implementación Norma ISO 50001.	71
3.1.3.2. Evaluación técnica, ambiental y económica de la gestión energética del Central 14 de Julio.	88
3.1.3.2.1. Evaluación técnica siguiendo la metodología utilizada para el diagnóstico inicial del central.	88
3.1.3.2.2. Evaluación ambiental en el Central 14 de Julio debido a la implementación	96

del procedimiento propuesto.	
3.1.3.2.3. Evaluación económica de la inversión en el Central 14 de Julio por la implementación del procedimiento propuesto.	98
3.2. Conclusiones parciales.	100
Conclusiones generales.	101
Recomendaciones.	102
Bibliografía.	103
Anexos.	

Introducción.

La humanidad, desde tiempos inmemoriales, enfrenta numerosos problemas de carácter social, políticos, económicos y tecnológicos. Su desarrollo se ha basado en el aprovechamiento de los combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural. El uso indiscriminado de estos ha provocado el deterioro ambiental que puede llegar a niveles inadmisibles si no se toman medidas oportunas. Motivo del tema anterior es que hoy el desarrollo de la humanidad debe ser sustentado sobre la base de la eficiencia y la planificación precisa de sus necesidades energéticas. Para lograr este objetivo, es recomendable que las organizaciones empresariales e institucionales utilicen las normas internacionales en materia energética, modelos de sistemas de gestión energética o buenas prácticas que le permitan el uso y consumo eficiente de la energía. La gestión energética, se ha convertido en una parte cada vez más importante de la gestión empresarial, que comprende las actividades necesarias para satisfacer eficientemente la demanda energética, con el menor gasto y la mínima contaminación ambiental posible.

Las organizaciones ya establecidas en el mercado y que gozan de gran prestigio y respeto, atribuyen su éxito a la administración basada en sistemas de gestión por procesos; hoy el sector azucarero cubano centra sus mayores esfuerzos en lograr un sistema integrado de gestión por procesos, basados fundamentalmente en: (calidad, inocuidad, energía, medio ambiente, seguridad y salud del trabajo, economía y finanzas, mercadotecnia y logística entre otras.

El Central Azucarero 14 de Julio es una unidad que considera que tanto la contaminación ambiental como los costos energéticos pueden ser controlados y reducidos, implantando medidas que no requieren una inversión significativa. En muchos casos las mejoras se pueden llevar a cabo con un costo bajo o sin costo alguno, mediante la introducción de pequeños cambios en el funcionamiento de un proceso o un equipo para optimizar su desempeño. Existen en la unidad oportunidades de ahorro, por lo que se están tomando medidas dirigidas al mejoramiento de los índices de consumo y a la eliminación de pérdidas en el equipamiento, sobre la base de la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía; ya que lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice el mejoramiento continuo. (Colectivo de autores, 2006).

La existencia de una estructura organizativa, una comisión de ahorro de energía, así como de un administrador de energía capacitado, sin dudas contribuirá significativamente a la mejor gestión energética, pero la ausencia de un proceso formalizado para la administración de la energía impide

la evolución y el mejoramiento continuo de la misma, sobre la base de un programa estable y de largo plazo.

Los sistemas de gestión para conducir los programas de calidad y medio ambiente de las empresas, establecidos por las Normas ISO 9000 y 14000, han demostrado su efectividad y tienen una amplia y creciente difusión a nivel internacional.

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que de otros sistemas como el de gestión de calidad, requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad. Constituye la norma ISO 50001 una aspiración a implementar en dicha unidad.

Por tanto, constituye un **problema de investigación**.

La Unidad Empresarial de Base UEB Central Azucarero 14 de Julio posee un sistema para la gestión energética que no garantiza su explotación con la máxima eficiencia energética, los menores consumos energéticos y el menor impacto ambiental, no obstante de ser una unidad consolidada.

La identificación de este problema ha permitido formular la siguiente **Hipótesis**:

La propuesta para la implementación de la Norma ISO 50001 de reciente creación debe contribuir a un sistema de gestión energética que garantice, un uso eficiente de los recursos energéticos y un menor impacto ambiental.

Objetivo General.

Realizar la caracterización energética de la Unidad Empresarial de Base “Central Azucarero 14 de Julio” y elaborar la propuesta para la implementación de la Norma ISO 50001 a la misma.

Para el logro de este objetivo es necesario llevar a cabo los siguientes **Objetivos Específicos**.

1. Construir el marco teórico y práctico de la investigación derivado de la consulta de la literatura nacional e internacional actualizada y otras fuentes de referencia sobre el objeto de estudio.
2. Caracterizar energéticamente la Unidad Empresarial de Base Central Azucarero 14 de Julio.
3. Realizar la propuesta de implementación de la Norma ISO 50001 a la unidad objeto de estudio.
4. Validar la propuesta en el caso estudiado, a modo de ensayo piloto, para corroborar los resultados esperados.

Capítulo 1. Marco teórico referencial de la investigación.

1.1. Energía y sociedad.

La energía posibilita y facilita toda actividad humana. La energía no significa nada si no entrega lo que se necesita de ella: luz, frío, calor, fuerza y movimiento, transporte y comunicación. Es en el uso final donde se concreta el beneficio de la energía, antes no significa nada. (Colectivo de autores, 2006).

Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizadas por el hombre han marcado las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana, dependiendo el curso de éste de las elecciones energéticas realizadas en cada momento. En el transcurso del tiempo el hombre pasó del empleo de su fuerza muscular al uso de diversas fuentes para satisfacer sus necesidades, el empleo del fuego, la utilización de la tracción animal, y finalmente en rápida sucesión, el dominio de las tecnologías del carbón, del petróleo y el gas natural, la producción y uso del vapor y la electricidad.

Desde esta perspectiva, la historia de la humanidad no ha sido más que la historia del control de este sobre las fuentes y tecnologías energéticas, llegando al esquema energético global actual, el que descansa en la utilización de los combustibles fósiles; combustibles que no son renovables, que son contaminantes en alto grado, que están concentrados en pocas regiones de la tierra, en manos de grandes consorcios transnacionales y que son utilizados de forma muy ineficiente.

Los sistemas energéticos pueden estudiarse desde el ángulo económico social, a partir de su contribución a la satisfacción de las necesidades humanas, y como factor condicionante al desarrollo de la sociedad, sujetos a regularidades de carácter económico y social, conociéndose que un mismo objetivo energético será alcanzado de distinto modo según el grupo social que lo promueva. (Colectivo de autores, 2006).

Las necesidades del hombre no consisten en fuentes primarias de energía. No es carbón, petróleo, gas o uranio lo que requiere sino la satisfacción de cuatro servicios energéticos básicos, en los que pueden agruparse todas sus necesidades energéticas.

1. Calor / Frío.
2. Potencia Mecánica.
3. Iluminación.
4. Comunicaciones.

La satisfacción de estos servicios energéticos por una vía basada en los combustibles fósiles (cerca del 80.5 % del total mundial), conjuntamente con el desarrollo industrial, el crecimiento de la población y su concentración en grandes urbes, ha alterado significativamente algunos ciclos vitales en el planeta. Se ha aumentado la circulación del carbono en un 20%, del nitrógeno en un

50% y del azufre en un 100%. (Colectivo de autores, 2006), (IEO, 2007b).

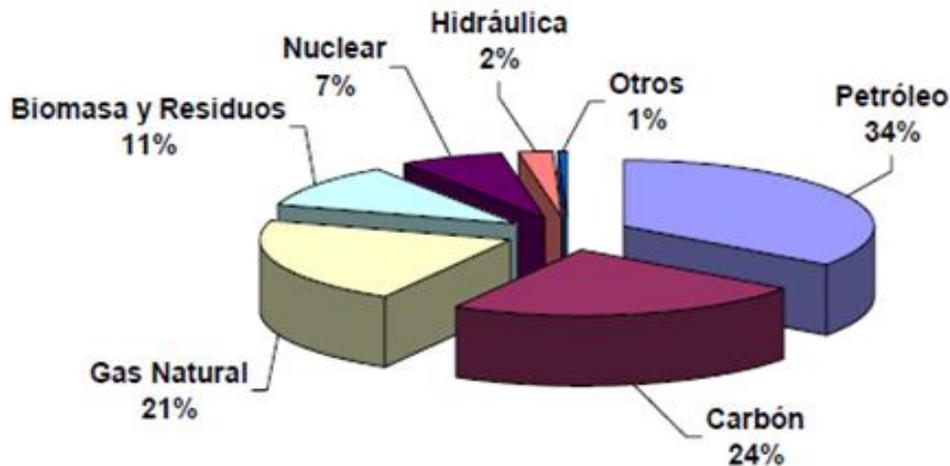


Figura 1.1. Estructura de producción de energía por fuentes a nivel mundial. Fuente: (IEA, 2014).

Los procesos de producción y uso de la energía constituyen unas de las causas fundamentales del deterioro ambiental. Sus impactos se producen en todas las fases, desde la extracción de combustible o la construcción de un embalse, hasta el uso final de la energía, pasando por los procesos de conversión, almacenamiento y distribución de los portadores energéticos.

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. En realidad, vivimos en una sociedad que se podía denominar como "energívora". En esta sociedad, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo, este escenario está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías. (IEO, 2007b).

El desarrollo económico, industrial y social experimentado en los últimos años ha generado un incremento en el consumo de combustibles fósiles, combustibles que no son renovables y que son en alto grado contaminantes, lo que ha provocado el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, trayendo consigo el cambio climático global. Las empresas actuales deben reducir el deterioro provocado por el hombre al medio ambiente, estando conscientes de todas sus fortalezas y debilidades. Por otra parte, el incremento continuo del precio de los combustibles y de la electricidad, ha provocado que los costos energéticos tengan cada vez un mayor peso dentro de los costos totales de operación de las empresas, en particular de aquellas llamadas energo-intensivas. (IEO, 2007a).

La experiencia demuestra que para lograr en una empresa una mejora continua de la eficiencia energética, que contribuya a la reducción de los consumos, costos energéticos y del impacto ambiental asociado al uso de la energía se requiere contar con un sistema coherente e integral de gestión energética.

1.2. **Ámbito mundial.**

La presión sobre el uso de los recursos, en especial los energéticos y los hídricos, obliga a utilizarlos cada vez de manera más racional y eficiente. La última tendencia al encarecimiento de la energía y al agotamiento de los recursos hídricos, está presionando social y económicamente a la sociedad. Siendo los más afectados los países con menos recursos, pues la presión no es proporcional al desarrollo económico. (Colectivo de autores, 2006).

En los países subdesarrollados se presenta un círculo vicioso entre subdesarrollo y deterioro ambiental, causado entre otras causas por la sobreexplotación de los recursos naturales, el alto índice de crecimiento poblacional, la falta de financiamiento, y el éxodo rural, provocando el desarrollo desmedido y anárquico de las ciudades.

Por supuesto, no son los países subdesarrollados los que ocasionan los mayores impactos ambientales; son los países desarrollados los que cargan sobre sus hombros una gran deuda ecológica, ya que con un 16% de la población mundial consumen el 52% de la energía, producen el 45% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, generan el 60% de los desechos industriales y el 90% de los desechos peligrosos altamente contaminantes. A esta deuda se suma el cargo por transferencia de tecnologías contaminantes y hasta el envío de desechos tóxicos a los países subdesarrollados.

Con mucha frecuencia, el incremento del consumo de energía ha sido tratado como parte integrante e inevitable del crecimiento económico, se manejan los índices de consumo per cápita de energía como indicadores básicos del nivel de vida, sin tomar en consideración lo irracional e ineficiente del modo en que esta se utilice, siendo los servicios energéticos y no la energía lo que el hombre necesita.

El previsible agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que se ocasiona al medio ambiente, exige la adopción de nuevas estrategias en materia de energía, como base de un modelo de desarrollo sostenible, que permita satisfacer las necesidades energéticas de la generación actual y preservar las posibilidades para que las futuras generaciones puedan encontrar también soluciones para satisfacer las suyas. Un modelo que posibilite mejorar la calidad de vida con más y mejores servicios energéticos, que distribuya más equitativamente los beneficios del progreso económico, pero de una forma racional que permita respetar y cuidar las

comunidades de seres vivos, no sobrepasar los límites de la capacidad del planeta para suplir fuentes de energía y asimilar los residuos de su producción y uso; un modelo que posibilite, en definitiva, integrar el desarrollo y la conservación del medio ambiente. (Colectivo de autores, 2006).

De modo que para lograr la sostenibilidad energética se deben satisfacer las necesidades de energías actuales, sin poner en riesgo la satisfacción futura de dichas necesidades. Es un estado de seguridad energética y equilibrio con el medio que lo sustenta.

El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 43% entre 2004 y 2035, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. Gran parte de este incremento será producido por el experimentado en los países con economías emergentes. En el informe " World Energy Outlook (IWE0 2013)" se prevé que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento medio de un 2,5% por año hasta 2035 en los países ajenos a la OCDE, mientras que en los países miembros será tan solo del 0,6%; así, durante este periodo, los países OCDE incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de países lo harán al 95%. En cifras, el uso total de energía en el mundo crecerá. (Biol, 2013).

Tabla 1.1. Consumo total de energía. Unidades: cuatrillones unidades térmicas inglesas. Fuente: (IEO, 2007a), (IEO, 2007b).

Años	2004	2010	2015	2020	2025	2030
Consumo	447	511	559	607	654	702

Las economías emergentes serán, con mucho, las responsables del crecimiento proyectado en el consumo de energía dentro del mercado en las dos próximas décadas. La actividad económica medida por el producto interno bruto como medida del poder adquisitivo, se espera que se incremente en un 5,3% por año en los mercados de los países fuera de la OCDE, frente al 2,5% de los países miembros. (Biol, 2013).

Como ya se ha apuntado, y en contraste con las economías emergentes, el incremento del consumo de energía de los países consolidados y de los mercados de transición se espera que sea bastante menor en todos los sectores: transporte, industria, residencial y comercial. (IEO, 2007b).



Figura 1.2. Mercado mundial del consumo de energía por regiones, 1970-2025. Fuente: (IEO, 2007a).

Las tendencias indican que el consumo de energía por sector puede estar sometido al ritmo de desarrollo económico por región. A nivel mundial, los sectores industriales y de transporte son los que experimentarán un crecimiento más rápido, del 2,1% por año, en ambos sectores. Crecimientos más lentos se producirán en el ámbito residencial y comercial, con un promedio anual de 1,5 y 1,9% entre 2002 y 2025. En los mercados consolidados, donde el crecimiento de la población se espera que sea muy pequeño o negativo, el sector comercial crece a un ritmo más rápido que en el resto de los sectores, y este incremento se basa en el desarrollo de las telecomunicaciones y equipamientos para oficinas, situación que pone en evidencia el desplazamiento de una sociedad industrial a una sociedad de servicios. (IEO, 2007a), (IEO, 2007b).

1.2.1. Consumo de energía por tipo de combustible.

De acuerdo con el caso de referencia de IEO 2007, el uso de todas las fuentes de energía aumentará durante el periodo 2004-2030. Figura 1.3.

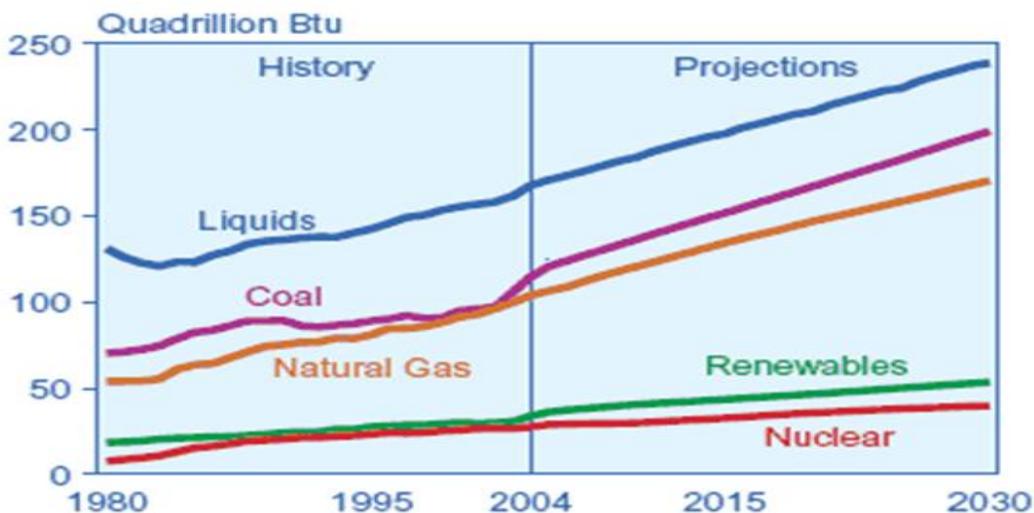


Figura 1.3. Mercado Mundial del consumo de energía, (histórico y proyección), por tipo de combustible, 1980-2030. Fuente: (IEO, 2007b).

La figura 1.3 indica que los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, básicamente por su importancia en el transporte y en el sector industrial. Para el resto, energía nuclear y energías renovables, también se espera que experimenten un aumento durante el mismo periodo, aunque mucho más suave. El empleo de estos dos recursos energéticos puede verse alterado por cambios en las políticas o leyes que limiten la producción de gases de combustión que, de acuerdo con los trabajos de muchos científicos, están siendo los responsables directos del cambio climático.

1.2.2. Generación de Energía Eléctrica.

La demanda de electricidad, de acuerdo con las últimas previsiones realizadas en 2007, crecerá fuertemente entre 2004 y 2030. La producción a escala mundial crecerá un 2,4% anual en este periodo, de los 16.424 billones de kWh a los 30.364 billones. La mayor parte de este crecimiento, como en el caso del carbón, se debe a las necesidades de las economías emergentes fuera de la OCDE. De hecho, para el año 2030 se prevé que las economías en desarrollo ya generen más electricidad que los países OCDE, mientras que la demanda crecerá a una tasa tres veces mayor en las primeras que en los segundos. (IEA, 2008).

Estas diferencias se establecen teniendo en cuenta la mayor madurez de las infraestructuras eléctricas en los países OCDE, así como las previsiones de un nulo -o incluso negativo- crecimiento demográfico en los mismos durante los próximos 25 años. Por otro lado, las progresivas mejoras en las condiciones de vida en muchos países en desarrollo conllevarán mayores demandas de electricidad.

En cuanto a las fuentes de producción de electricidad, se espera que el carbón siga siendo la principal materia prima utilizada, incluso en 2030, a pesar del crecimiento del gas natural. La generación de electricidad a partir del petróleo crecerá a un ritmo menor en los países de la OCDE debido al incremento de precios del crudo, mientras que en las economías menos desarrolladas llegará incluso a descender a un ritmo del 0,3% anual. Tan solo en Oriente Medio, donde las reservas son muy abundantes, se continuará usando el petróleo como fuente fundamental de provisión de electricidad, Figura 1.8.

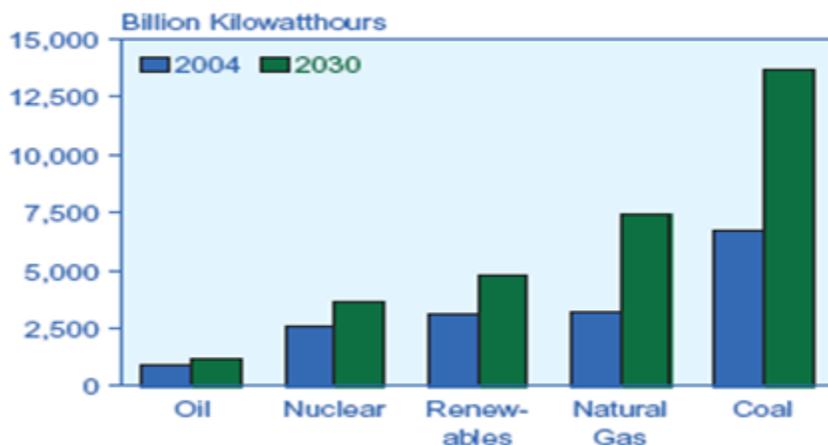


Figura 1.8. Generación de electricidad a nivel mundial por tipo de combustible. Sources: 2004. Derived from Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2004 (May-July 2006), Site Web WWW.eia.doe.gov/iea. 2030: EIA, System for the analysis of Global Energy Markets (2007). Fuente: (IEO, 2007a).

1.2.3. Energías Renovables en el mundo.

Ante el calentamiento global, la mayoría de los países del mundo se adscribieron al Protocolo de Kyoto que entre otras cosas busca la disminución de la cantidad de emisiones de CO₂ generadas por procesos industriales y demás actividades humanas contaminantes, ambos por hacer uso y consumo intensivo de energía. Desde entonces, se han realizado esfuerzos para la adopción de energías renovables y según la IEA se calcula que: (IEA, 2008), (IEA, 2014).

“Globalmente, la energía renovable continuó creciendo fuertemente en 2012 tanto en países de la OCDE como en países no miembros. Un análisis preliminar sugiere que existe una capacidad expandida en los sectores más dinámicos, solar (celdas fotovoltaicas), con un estimado de entre 29-30 GW (Giga watts) (+42%), y viento, con 44-45 GW (+19%). Esto supera un desempeño robusto en 2011, cuando el total de la generación (así como de la capacidad) mostró un crecimiento fuerte”. (IEA, 2014).

1.2.3.1. Energía de biomasa en el mundo.

De todas las energías renovables, el uso de biomasa es la única que ha generado cierta preocupación, pues en países como EUA el 10% de la producción de maíz es destinado para la producción de combustibles, lo que genera temores respecto al abasto de alimentos en el futuro (REN21, 2013).

A pesar de esto, la bioenergía creció casi 12% en 2012, alcanzando una capacidad de 83%, siendo Estados Unidos el país líder, seguido por Alemania, Brasil y China (REN21, 2014), mostrándose en la Figura 1.15, las posiciones mundiales en cuando a generación de bioenergía.

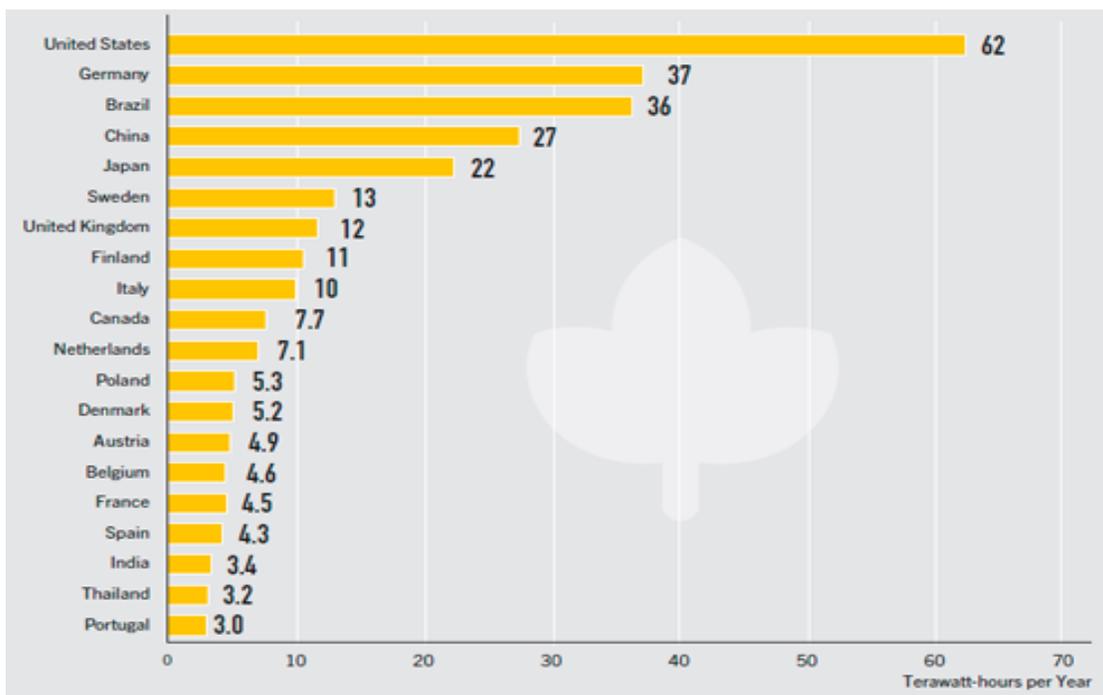


Figura 1.15. Generación de Bioenergía en el Mundo (Promedio Anual 2010-2012). Fuente: (REN21, 2014).

La previsión para el periodo 2004-2030 es que continúen creciendo a razón de 1,7% anual. Las renovables se beneficiarán, en principio, del mantenimiento de los altos precios de los combustibles fósiles, y de su atractivo como fuentes de energías poco contaminantes. De hecho, son muchos los gobiernos que están llevando a cabo políticas de fomento de las energías renovables, incluso en situaciones en las que no podrían competir con los combustibles fósiles debido a su rentabilidad.

No obstante, y a pesar de este crecimiento, las energías renovables perderán importancia relativa en la generación de electricidad a escala mundial: del 19% de 2004 al 16% de 2030, debido al mayor aumento en el uso del carbón y del gas natural. No obstante, el informe IEO 2007 solo recoge las renovables controladas comercialmente, y no otros usos no comerciales (por ejemplo,

el bio-fuel usado en las economías más primitivas) que proporcionan energía a 2.500 millones de personas en todo el mundo. (REN21, 2014a).

1.2.4. Emisiones Gaseosas.

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los gases invernadero que permanecen durante más tiempo en la atmósfera. Las emisiones de CO₂ causadas por el hombre provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía, siendo el centro del debate del cambio climático. De acuerdo con el IEO 2007, la emisión de CO₂ que están previstas para el periodo estudiado es que aumenten de 26,9 billones de toneladas en 2004 a 33,9 en 2015 y 42,9 en 2030. Figura 1.16.

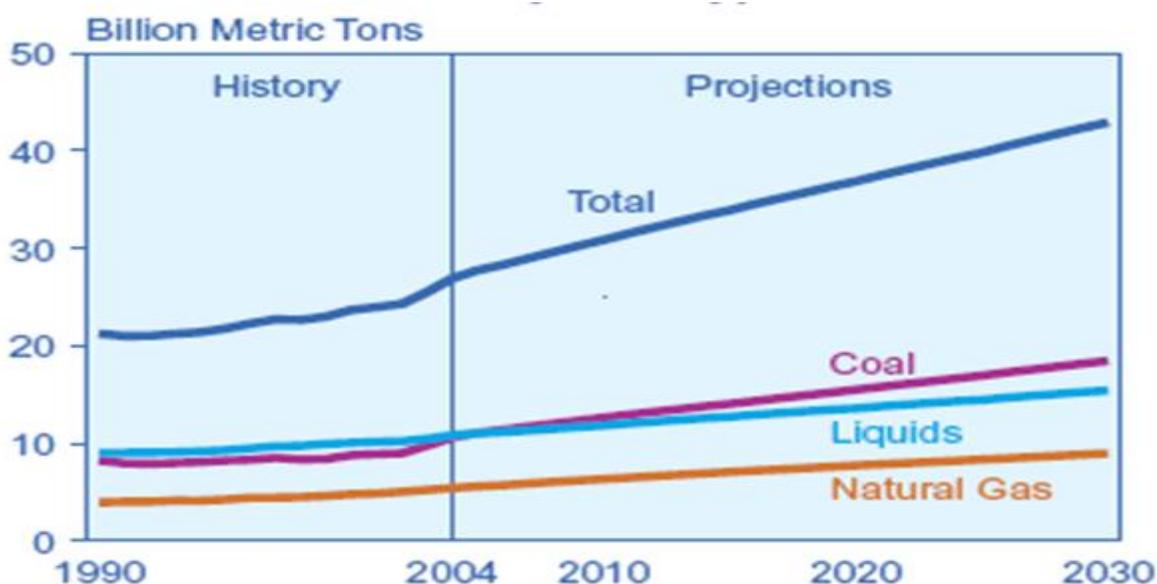


Figura 1.16. Emisiones de CO₂ Mundial por tipo de Combustible, 1990-2030. Sources: History: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2004 (May-July 2006), Site Web WWW.eia.doe.gov/iea. Projections, 2030: EIA, System for the analysis of Global Energy Markets (2007). Fuente: (IEO, 2007b).

Las previsiones del informe IEO 2007 marcan un promedio de crecimiento del 1,8% entre 2004 y 2030. El incremento será menor en los países de la OCDE (0,8%) que en los no pertenecientes (2,6%). Entre los primeros, será México el que experimente un crecimiento mayor (2,3%), mientras que el mayor crecimiento a escala mundial lo ostentará China, cuyas emisiones crecerán un 3,4% debido a su fuerte dependencia de los combustibles fósiles, especialmente el carbón. De hecho, en 2010 ya supera a Estados Unidos como principal emisor, y para el año 2030 ya superará el volumen emitido por los norteamericanos en un 41%. (IEA, 2014).

En el estudio del año 2005 también se analizó un estudio de caso teniendo en cuenta el Protocolo de Kyoto. En este caso, el pronóstico indicó que en los países que lo han ratificado, se reduciría un total de 593 millones de toneladas respecto a no considerar los acuerdos de Kyoto.

Una vez alcanzados los compromisos, se piden costes marginales para la reducción de emisiones procedentes de fuentes domésticas, en el rango de 36 dólares por tonelada de dióxido de carbón a 64 para el caso de Europa occidental. Debido a la dependencia de los mercados emergentes con el carbón y el petróleo, incluso si estos países estuviesen comprometidos con el tratado y por tanto redujeran sus emisiones de CO₂, el incremento de los gases procedentes de la producción de energía sería importante. De acuerdo con el estudio y asumiendo que los objetivos del tratado permaneciesen constantes durante el periodo pronosticado, las emisiones de dióxido de carbono en el mundo aumentarían de 29,8 millones de toneladas en 2010 a 38,2 millones de toneladas en 2035. (IEA, 2014), (IEO, 2007b).

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) presentó en Madrid su informe anual, el World Energy Outlook (WEO) 2013, que reúne los últimos datos disponibles en materia de política energética y hace un estudio sobre las previsiones de la demanda y la oferta de energía, coincidiendo con los datos del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas para el Cambio Climático (IPCC), que reúne a científicos expertos en el estudio del cambio climático, el informe de la Agencia Internacional de la Energía muestra que los ritmos de consumo energético mundiales actuales nos conducen hacia niveles desastrosos de CO₂ que nos llevarán a un calentamiento global irreversible y apunta que las subvenciones a los combustible fósiles continúan creciendo en lugar de disminuir. (AIE, 2014c).

Como de costumbre la organización, con sede en París, presenta tres escenarios para los líderes mundiales: uno que muestra lo que pasaría si seguimos haciendo lo mismo que hasta ahora (BAU = "business as usual"), otro que añade medidas adicionales ("nuevas políticas") y un tercero que incluye lo que se supone que habría que hacer para tener posibilidades de mantener el calentamiento global por debajo de 2 °C (escenario "450 ppm", llamado así porque esa es la concentración de gases de efecto invernadero que, si se supera, no sería posible evitar los 2 grados de subida de temperaturas). En el escenario de "nuevas políticas", que es el intermedio, las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía aumentarían en un 20%, a 37.200 millones de toneladas anuales (37,2 Gt) en 2035. Lo que supone un aumento de la temperatura a largo plazo de 3,6 °C. (AIE, 2014d).

Por otra parte, a quien esté familiarizado con la idea de que las concentraciones de CO₂ deberán permanecer entre 350 y 450 ppm respecto de los niveles pre-industriales para alcanzar el objetivo

de no superar los 2 °C, no le gustará escuchar de la propia AIE que en el escenario medio de “nuevas políticas”, ¡se alcanzarán las 700 ppm a la vuelta del siglo que viene! (AIE, 2014a)

Así que parece claro que, de los tres escenarios planteados por la AIE, todos los esfuerzos deberían centrarse en seguir el tercero, es decir, aquel en el que se reduce el riesgo de un cambio climático catastrófico, para lo cual la demanda mundial de carbón y petróleo tendrá que caer hasta 2035 y la demanda de gas aumentará mucho menos de lo previsto. (AIE, 2014a).

Si queremos evitar la subida peligrosa del nivel del mar, los huracanes más fuertes y aquellos eventos de los que Naciones Unidas ha hablado en la última publicación del IPCC de este año, cerca de tres cuartas partes de las reservas de petróleo (que todavía no están en producción) en el mundo tendrán que permanecer sin explotar. (AIE, 2014b).

Por todo esto, si escuchamos a los expertos, resulta evidente la importancia de no buscar nuevas reservas de petróleo para explotar, siendo el ejemplo más claro el petróleo del Ártico, del que la propia AIE subraya los riesgos ambientales, así como sus altos costos.

Sin embargo, la AIE sí que destaca la importancia de apoyar a las Energías Renovables. Este informe es por tanto la última evidencia que verifica la importancia de centrarnos en políticas energéticas sostenibles de forma inmediata, con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂, potenciar la eficiencia y el ahorro energético y desarrollar las energías renovables. (AIE, 2014d).

1.2.5. La cogeneración y el medio ambiente.

La situación ambiental en el mundo es uno de los problemas de más importancia a resolver, esto ha dejado de ser una preocupación de grupos minoritarios, generalmente dirigían sus acciones a resolver situaciones concretas y se han convertido en un problema que exige soluciones coordinadas a nivel mundial por parte de los gobiernos y los distintos agentes sociales. (Acosta. I, 1995), (Castro. F, 1993).

La causa fundamental que influye en el deterioro del medio ambiente es el elevado consumo de energía que se produce en el planeta. El desarrollo industrial, la carencia de combustible y la pobreza de las poblaciones han traído graves consecuencias como son el envenenamiento de los mares y ríos, la contaminación del aire, el debilitamiento y perforación de la capa de ozono, ha saturado la atmósfera de gases que alteran las condiciones climáticas con efectos que ya empezamos a padecer, numerosas especies se extinguen y los bosques desaparecen. (Castro. F, 1993).

En los últimos años se ha comenzado a trabajar intensamente, en la búsqueda de soluciones a los principales problemas y en la organización de las estructuras necesarias, tanto a nivel político como técnico, que permita llevar a cabo el trabajo necesario para frenar el deterioro creciente del

medio ambiente. (Francisco, 1994).

La generación de energía es desafortunadamente una de las causas que constituyen de manera importante a aumentar los principales problemas, como el efecto invernadero y las lluvias ácidas.

Los sistemas de cogeneración son una de las grandes opciones para enfrentar el cambio climático, Roqueta, (Cataluña, 2001), señala que para producir un kW eléctrico, la contaminación y la eficiencia van paralelas, según aumenta la eficiencia de la planta de cogeneración, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

La energía renovable es la mejor opción de producir energía eléctrica con el mínimo de impacto ambiental. Por ello existe un interés creciente por su desarrollo, y en la mayoría de los países de nuestro entorno, se cuenta con programas tendientes a incrementar su aporte a los balances energéticos. (Borroto et al, 1997), (Francisco, 1994).

El balance energético mundial en noviembre del año 2000 por fuentes de energía muestra el siguiente comportamiento: Petróleo (36,8 %), carbón (23,7 %), gas (20,1%), es decir, 80,6 % los combustibles fósiles, energía nuclear (6,6 %) y las energías renovables (12,8 %).

Los combustibles fósiles todavía generan el 64 % de la producción mundial de energía eléctrica, el 17 % la energía nuclear y el 19 % las energías renovables. (Revolución de las N, E, 2000).

La biomasa en todas sus formas representa el 12,4 % de la energía mundial equivalente a 3736500 t de petróleo por día, es la mayor fuente de energía en países en vía de desarrollo (75 % de la población mundial y un estimado del 90 % para el 2050), abasteciendo el 35 % de toda la energía. (Revolución de las N, E, 2000), (Rosillo et al, 1992).

Una cualidad importante que se atribuye a la biomasa está referida a las emisiones de CO₂, ya que las emisiones producto de la combustión de la biomasa son muchas veces inferiores a la demanda de la planta que dio origen a esa biomasa. Sin embargo las emisiones de combustibles fósiles no pertenecen al ciclo atmosférico, sino al geológico. (Francisco, 1994). En el caso del bagazo, se puede decir, que las emisiones resultantes de su combustión son fundamentalmente partículas y bajas cantidades de óxido de azufre y nitrógeno.

Debemos tener en cuenta que la dispersión de los contaminantes emitidos por los sistemas de cogeneración con motores diésel, calderas de combustóleo o carbón, es más nociva para el medio ambiente que las de grandes centrales generadoras, que cuentan con chimeneas muy altas y con equipos anticontaminantes. (Rogel et al, 2012). Sin embargo, los esquemas de cogeneración pueden utilizar todas las tecnologías que minimicen los efectos contaminantes al medio ambiente, además la disminución del consumo de energía primaria que se logra en las plantas de cogeneración, constituyen en sí una forma de minimizar los efectos medioambientales de la generación de energía eléctrica. En un sistema de cogeneración que utilice gas se emiten 0,046

kg/100 kWh de sulfuros, 0,184 kg/100 kWh de NOx y 0,023 kg/100 kWh de partículas, en el caso de la cogeneración con el empleo de combustóleo o carbón se emiten 0.920 kg/100 kWh de SOx, 0.368 kg/100 kWh NOx y 0.069 kg/100 kWh de partículas. En el caso de los motores de combustión interna o diésel se emiten 0.138 kg/100 kWh de SOx, 0.966 kg/100 kWh de NOx, y 0,046 kg/100 kWh de partículas. Como se puede observar la cogeneración con gas supera al resto de los combustibles desde el punto de vista de las emisiones al medio ambiente. (Fábregas, 1996). A continuación puede apreciarse la generación de CO₂ y SOx comparando bagazo y petróleo. (Quintana, 1998)

Tabla 1.2. Nivel de emisiones de CO₂ y SOx del bagazo y el petróleo.

Combustible	Consumo (tm)	Generación de CO ₂ (tm)	Generación de SOx (tm)
Petróleo	3,7 x 10 ⁶	10,7 x 10 ⁶	1,85 x 10 ⁶
Bagazo	21 x 10 ⁶	18,5 x 10 ⁶	-

Como se aprecia la cantidad de bagazo consumida es mucho mayor que la de petróleo, lo cual está dado por el hecho de que el calor específico de combustión del bagazo es aproximadamente seis veces inferior al del petróleo equivalente, la generación de CO₂ cuando se quema bagazo es muy superior a la cantidad que se emitiría si se utilizara el hidrocarburo. Esta comparación puede ser engañosa, ya que mientras el petróleo hace un aporte neto de este gas, el bagazo como biomasa combustible, mantiene un equilibrio, ya que durante su crecimiento la planta de caña de azúcar absorbe una cantidad similar a la que aporta cuando se quema en los hornos, por lo que la ventaja, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, en especial en la contribución al calentamiento global producido por el efecto invernadero, es evidente.

En lo referente a la generación de SOx, la comparación es muy favorable para el bagazo, dada la muy escasa presencia de azufre en su composición elemental.

El NOx aumenta cuando las temperaturas sobrepasan los 1300 °C, esta temperatura no se alcanza en los hornos que existen en la industria azucarera cubana. Solo las diseñadas para la combustión en pila, bajo determinadas condiciones de operación, pueden lograr temperaturas de ese orden. Los hornos tradicionales en la generación de vapor a nivel nacional, en la actualidad, alcanzan un 40% de temperatura inferior a las de combustión en pilas.

La caldera RETAL, es reconocida por su baja temperatura en el hogar, lo que la hace muy ventajosa para evitar la contaminación atmosférica por emisiones de NOx.

Un aspecto negativo a tener en cuenta cuando se utiliza el bagazo como combustible es la emisión de partículas sólidas.

En Cuba, utilizar las amplias disponibilidades de energía renovable, constituyen la mejor forma de generar energía eléctrica sin grandes consecuencias ambientales. En este sentido la industria azucarera posee el potencial mayor, bagazo, el que al utilizarse para cogenerar permite obtener los siguientes índices de emisiones 18,6 lb/100 kW-h de CO₂, no emite sulfuros y 0,036 lb/100 kW-h de NO_x. Las grandes cantidades de CO₂ que se emiten son absorbidas por las plantas durante el crecimiento. (Fábregas, 1996).

Como se puede observar, al utilizar el bagazo u otra biomasa en comparación con los combustibles fósiles, se generan cantidades pequeñas de contaminantes. Las tecnologías de cogeneración con biomasa, poseen ventajas ecológicas muy importantes en comparación con las centrales convencionales de carbón o petróleo, como la de no dar lugar a emisiones de azufre, cantidades insignificantes de partículas, además es posible reducir los NO_x en un 90 % y el CO₂ un 60 %. (Acosta, 1995).

Frecuentemente, se dice que una de las desventajas de utilizar la biomasa para la producción de energía, es que esto puede contribuir a la deforestación ya que trae nuevos intensivos para la tala de bosques. Sin embargo el uso del bagazo no ocasiona este inconveniente ya que la caña se produce en ciclos anuales en áreas normalmente deforestadas.

Hoy en el mundo se trata de lograr un compromiso entre el incremento de la producción de energéticos y la cantidad de contaminantes generados, esto tiene que ver con lo que se ha llamado "Desarrollo sostenible", que no es más que mejorar el nivel de vida de las generaciones actuales, sin comprometer el de las generaciones futuras.

La cogeneración ofrece ventajas incuestionables en las emisiones al medio ambiente, al disminuir el consumo de energía primaria; si la cogeneración se logra con el uso de biomasa, existen ventajas adicionales al disminuir la emisión resultante de CO₂, SO_x y NO_x. En este sentido el uso del bagazo constituye una opción favorable al obtenerse de producciones cañeras, que anualmente se renuevan.

Esperamos y deseamos que los políticos que nos representan sepan escuchar a los expertos energéticos y climáticos y tengan en cuenta sus recomendaciones para evitar el cambio climático, lo que sería más perjudicial.

Evidentemente, en la actualidad se están produciendo cambios dramáticos en nuestro entorno, por lo que el hombre como único responsable, debe plantearse como tarea fundamental lograr la rentabilidad de los cambios producidos por las tecnologías energéticas, o al menos la atenuación a su mínima expresión de los impactos ambientales que ellas ocasionan. (Acosta, 1995).

Los análisis realizados en varias empresas por el Centro de Estudios de Energía y Medio

Ambiente (CEEMA), de la Universidad de Cienfuegos, ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente en muchas de ellas, así como las posibilidades de reducir los costos energéticos mediante la creación de las capacidades técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía. Esto puede ser logrado si se aplica con eficacia un sistema de gestión energética. (Lapido et al, n.d.).

Lograr un desarrollo energético sostenible es sin dudas el camino correcto, el único camino de la supervivencia humana, que requiere de acciones urgentes en las siguientes direcciones estratégicas: (Acosta, 1995).

1. Desarrollar programas de educación energética ambiental a todos los niveles.
2. Promulgar legislaciones que promuevan el incremento de la eficiencia energética, tanto en la generación como en los equipos de uso final de la energía.
3. Reflejar en las evaluaciones económicas los costos reales o totales de la producción de energía.
4. Ampliar y profundizar la legislación ambiental.
5. Establecer preferencias impositivas para las tecnologías energéticas renovables.
6. Ofrecer facilidades y apoyo financiero para la introducción de fuentes renovables y equipos de uso final, así como tecnologías de alta eficiencia.
7. Incrementar el financiamiento para las inversiones relacionadas con estas direcciones.

1.3. Conceptos básicos sobre Gestión Energética.

En este primer capítulo se detallan algunos conceptos e ideas básicas necesarias que se deben tener en cuenta para poder desarrollar la propuesta de ahorro de energía.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice el mejoramiento continuo.

Es más importante un sistema continuo de identificación de oportunidades que la detección de una oportunidad aislada.

Para el éxito de un programa de ahorro de energía resulta imprescindible el compromiso de la alta dirección de la empresa con ese propósito.

Debe controlarse el costo de las funciones o servicios energéticos y no el costo de la energía primaria.

El costo de las funciones o servicios energéticos debe controlarse como parte del costo del producto o servicio.

También se deben concentrar los esfuerzos en el control de las principales funciones energéticas, organizar el programa orientado al logro de resultados y metas concretas, y realizar el mayor esfuerzo dentro del programa a la instalación de equipos de medición.

El concepto de **gestión energética** se puede agrupar en dos visiones desde el punto de vista macro. La primera supone que es el mercado el instrumento mediante el cual se logra la gestión óptima y la segunda supone que es el estado como ente planificador que garantiza la optimización de los recursos energéticos.

Desde el punto de vista micro (empresa) la gestión energética se traduce en un programa de optimización de energía, con el cual se definen estrategias y se toman acciones para disminuir los consumos de energía, sin sacrificar calidad, buscando los niveles de máxima productividad. (Colectivo de autores, 2006), (Lambert, 2011).

1.3.1. Principios y fundamentos de la eficiencia energética.

Los sistemas energéticos modernos constituyen complejas redes de explotación de las fuentes primarias de energía (flujos energéticos naturales), mediante sucesivos procesos de conversión, almacenamiento y transporte de energía, siempre con un elevado nivel de pérdidas, hasta llegar a ser finalmente convertidos en calor útil, trabajo mecánico, iluminación, por mencionar algunos usos finales relevantes. A modo de ejemplo, en las lámparas convencionales alimentadas con electricidad generada en plantas termoeléctricas, alrededor del 2% de la energía contenida en los combustibles quemados es efectivamente convertida en luz visible, mientras en vehículos automotores, la parte realmente utilizada de la energía disponible en el combustible es del orden del 20%. De hecho, en la gran mayoría de los casos, solo una fracción del recurso energético primario tomado de la naturaleza realiza algún efecto útil en el punto de consumo. Sin embargo, de acuerdo con las tecnologías disponibles y con la adecuada concepción y empleo de los equipos y sistemas energéticos, las pérdidas de energía pueden y deben ser mantenidas en un nivel aceptable. (Colectivo de autores, 2006), (Lambert, 2011).

Eficiencia Energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético posible, y la menor contaminación ambiental por este concepto. (Colectivo de autores, 2006)

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía, necesaria para garantizar calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas o instituciones.

1.3.2. Bases termodinámicas de la eficiencia energética.

Las pérdidas energéticas, considerando que la energía no se crea ni se destruye, pueden ser sencillamente definidas como la diferencia entre los flujos energéticos consumidos y los flujos energéticos producidos como resultados deseables en un sistema energético cualquiera, sea una refinería, una línea de transmisión, un motor o una lámpara, en la forma de bienes o servicios. También de una manera general, se puede definir eficiencia energética de un equipo o sistema energético como el cociente entre los flujos energéticos útiles y deseables producidos y los flujos consumidos, como se indica genéricamente en la siguiente expresión.

$$\text{Eficiencia energética} = \left(\frac{\text{Efecto energético útil deseado}}{\text{Consumo energético}} \right) \text{ Equipo o proceso}$$

Obsérvese que en esta definición sólo se consideran los efectos simultáneamente útiles y deseables, ya que hay sistemas que producen flujos energéticos útiles que no son utilizados, como por ejemplo en sistemas termoeléctricos convencionales en que se pierde una significativa cantidad de calor, porción que podría ser utilizada mediante los sistemas de cogeneración. Así, una definición equivalente podría relacionar los flujos energéticos aprovechados y consumidos, como en la expresión abajo.

$$\text{Eficiencia energética} = \left(\frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía consumida}} \right) \text{ Equipo o proceso}$$

En la medida en que se evalúan sistemas más complejos, con fronteras no exactamente definidas y generalmente sometidos a regímenes variables de operación, con procesos simultáneos de acumulación, transferencia/transporte y conversión de energía, determinar la eficiencia puede ser una tarea algo más difícil, pero siempre esencial en la tecnología energética para el correcto diseño, operación y mantenimiento de esos sistemas.

Desde el punto de vista de la Termodinámica, ciencia fundamental para entender el mundo físico de la energía, los procesos energéticos naturales o artificiales, donde se observan cambios de propiedades de sustancias y sistemas, se deben analizar de acuerdo a su reversibilidad, o sea, la posibilidad de recuperar la situación inicial luego de esos cambios. Así, son definidos los procesos reversibles, en los cuales es posible restablecer perfectamente las condiciones iniciales del sistema y de su entorno y luego no hay pérdidas, representando la situación ideal, pero teórica, inalcanzable. Un péndulo perfecto, sin fricción, oscilando permanentemente en el vacío, podría ser un ejemplo de un sistema energético reversible.

Por el contrario, los procesos reales son irreversibles e implican pérdidas permanentes, con disipaciones de energía irrecuperables, haciendo imposible al sistema y al entorno volver al estado inicial. Como ejemplos de procesos irreversibles tenemos la combustión y la transferencia de calor, en los cuales la situación posterior no permite reproducir la configuración inicial. Si bien la reversibilidad no es posible en los procesos reales, los procesos reversibles pueden servir como referencia para su evaluación, o sea, mientras más alejado de un proceso reversible se está operando, peor será el proceso.

Este aspecto es interesante para el estudio de la eficiencia energética, pues permite esclarecer por qué, aunque aparentemente no tenga sentido preocuparse con la conservación de energía, ya que ella no se puede destruir, en verdad tiene mucho sentido buscar el uso racional de energía y la mitigación de las pérdidas debe ser una meta permanente. En este contexto, las pérdidas energéticas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: a) pérdidas reversibles (o inevitables), como parte del calor liberado en los condensadores de una central termoeléctrica, y b) pérdidas irreversibles (o evitables, frente a los procesos ideales), por ejemplo, las pérdidas térmicas observadas en motores eléctricos o en bombas centrífugas. Bajo este concepto, el único indicador correcto para pérdidas energéticas sería la entropía generada en los procesos energéticos, pero dificultades de orden práctico en la aplicación más amplia de este concepto todavía restringen la implementación de metodologías utilizando balances de entropía o balances exergéticos. (Colectivo de autores, 2006).

No obstante, cabe observar el notable desarrollo de esas metodologías avanzadas para el estudio de la eficiencia energética en los últimos años, lo que permitirá mediante su efectiva difusión reducir la comprensión aún limitada de situaciones tales como la engañosa “elevada eficiencia” de equipos eléctricos para generación de calor utilizando resistencias o la ilusoria “baja eficiencia” de motores térmicos. La percepción equivocada de la real magnitud de las pérdidas de energía en un balance energético, puede llevar a imaginar que en el sector de transporte (adonde predomina la conversión del calor de los combustibles en trabajo a través de motores térmicos) la eficiencia es más baja de lo que efectivamente es, o que en el sector residencial podría ser conveniente emplear energía eléctrica para fines térmicos en bajas temperaturas.

1.4. Pérdidas energéticas: categorías y causas.

Las principales causas que provocan pérdidas e ineficiencia por un bajo nivel en la gestión energética en las entidades son: (Borroto et al ,2005).

1. Baja efectividad e insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética.
2. Alto consumo de energía eléctrica.
3. Poco uso de las posibilidades de ahorro de la tecnología instalada.

4. Instrumentación insuficiente.
5. Poca conciencia de la necesidad de ahorro de energía eléctrica por el personal en general.
6. Existencia de múltiples salideros en la red externa e interna, implicando un funcionamiento adicional de las bombas de agua.
7. Insuficiente disciplina tecnológica.
8. Bajo nivel de inversiones en ahorro y conservación de la energía.
9. Inspecciones esporádicas sobre el uso de la energía.
10. Desconocimiento del costo de portadores energéticos secundarios.
11. Acciones aisladas y con seguimiento parcial.
12. La eficiencia energética no es problema de todos.
13. Los bancos de problemas no responden a diagnósticos.
14. Falta de atención y motivación al personal clave.
15. Planificación y control por datos históricos.
16. Inexistencia de indicadores de salida o producto final que refleje realmente la eficiencia en el consumo de energía.

Más allá del contenido teórico, en cualquier sistema energético real se observan pérdidas de origen técnico, impuestas por limitantes tecnológicas y consecuencias por las características de los materiales utilizados, imposiciones de escala y limitaciones de los procesos de fabricación, siendo así prácticamente inevitables, dentro de los límites de un determinado contexto de costos de equipos, energía y condiciones de operación.

A su vez y de modo similar, las pérdidas de origen económico son aceptables en la medida que su reducción implicaría costos elevados, superiores al beneficio de su recuperación, condicionando las dimensiones, las tasas de intercambio energético y la duración de los procesos reales. Como un ejemplo clásico, el espesor ideal del aislante en una tubería de vapor debe ser determinado en función del costo de la energía perdida en el transporte del vapor (causando la reducción de su temperatura, presión, condensación parcial, etc.), o sea, en el espesor recomendado como correcto existe siempre un nivel de pérdida. Como otro ejemplo de situación en que las pérdidas energéticas son aceptables y eventualmente impuestas por la legislación, en hornos y calderas la temperatura de salida de los gases de chimenea, en función del contenido de azufre de los combustibles utilizados, puede ser impuesta a valores elevados para evitar la condensación (punto de rocío) de dichos gases, imponiendo pérdidas de energía. De esa forma, alejándose de las concepciones energéticamente ideales y perfectas, sujetas solamente a las pérdidas reversibles, los sistemas energéticos reales presentan pérdidas irreversibles tolerables, por imposiciones de orden técnico, económico y ambiental, que naturalmente pueden y deben ser mantenidas en niveles mínimos.

Puesto que las pérdidas son intrínsecas a los sistemas energéticos, interesa clasificar las causas de las ineficiencias económicamente evitables, que se asocian esencialmente a tres grupos de causas: (Lambert, 2011).

- Proyecto y construcción deficientes:
- Operación ineficiente:
- Mantenimiento inadecuado:

En resumen, las pérdidas energéticas pueden ocurrir, de forma independiente, en el diseño, producción e instalación de los sistemas energéticos, asimismo en su operación y mantenimiento. Reducir las pérdidas energéticas a niveles aceptables implica necesariamente actuar en todos esos frentes, considerando naturalmente los limitantes económicos, a su vez determinados por los beneficios en los costos de operación (y eventualmente de mantenimiento), pudiendo incorporar beneficios ambientales y otras externalidades, frente a las inversiones requeridas en cada caso.

La eficiencia no es un objetivo auto-justificable y su factibilidad económica es siempre un requisito necesario, al mismo tiempo que costos crecientes de energía inducen al crecimiento monetario de las pérdidas de energía. Como se representa en la Figura 1.17, las pérdidas energéticas evitables bajo restricciones técnicas y económicas son una parte de las pérdidas energéticas totales.

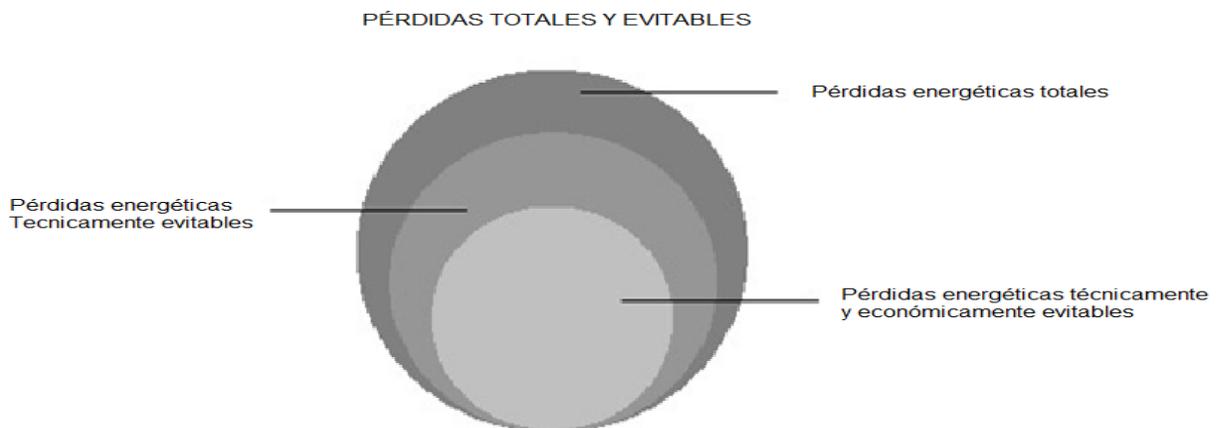


Figura 1.17. Pérdidas Energéticas Totales y Evitables. Fuente: (IEO, 2007b).

1.5. Como promover la eficiencia energética.

Muchas veces las posibilidades de mejorar el desempeño de los sistemas energéticos no son percibidas o adecuadamente valorizadas por los usuarios, correspondiendo de forma especial al estado, pero no exclusivamente, su promoción, por sus ventajas de índole estratégica, económica y ambiental. Las medidas para incrementar la eficiencia de los sistemas energéticos deben tomar en cuenta diferentes niveles de intervención, particularmente con referencia a las causas mencionadas anteriormente y, preservando la consistencia económica, articular acciones de forma

sinérgica y convergente para ampliar los resultados hacia la efectiva reducción de las pérdidas energéticas. Así, la difusión de equipos más eficientes no excluye recomendar su utilización de forma más eficiente, o sea, reducir su uso indebido. Bajo tales conceptos, es posible clasificar los mecanismos de fomento a la eficiencia energética en dos grandes familias: (Lambert, 2011).

1. Mecanismos de base tecnológica: apuntan a promover el uso de equipos más eficientes e implementar procesos innovadores que permitan reducir las pérdidas de energía básicamente mediante inversiones de capital.
2. Mecanismos de base conductual: fundamentado en cambios de hábitos, patrones de utilización y sistemas de gestión, reduciendo el consumo energético sin alterar el parque de equipos convertidores de energía ni el nivel de satisfacción en el uso de la energía.

Una visión simplificada de esas dos familias independientes y complementarias de la racionalización del consumo energético se presenta en la Figura 1.18, en que la reducción del área determinada por la potencia (mecanismo de base tecnológica) y el tiempo de uso (mecanismo de base conductual), correspondiente a la energía consumida, se puede alcanzar mediante reducciones de la potencia requerida o del tiempo de operación. En la realidad, en muchos sistemas puede haber algunas simultaneidades o efectos más complejos, por ejemplo, un usuario puede actuar sobre la potencia de un equipo, reduciéndola, o equipos automáticos pueden ajustar el tiempo de uso de sistemas energéticos, igualmente disminuyendo el consumo de energía. En verdad, es generalmente interesante promover la complementariedad de esos mecanismos, potencializando sus ventajas y logrando sinergias, como puede ser en la promoción de la gestión eficiente en asociación a la adopción de nuevas tecnologías. (Lambert, 2011).

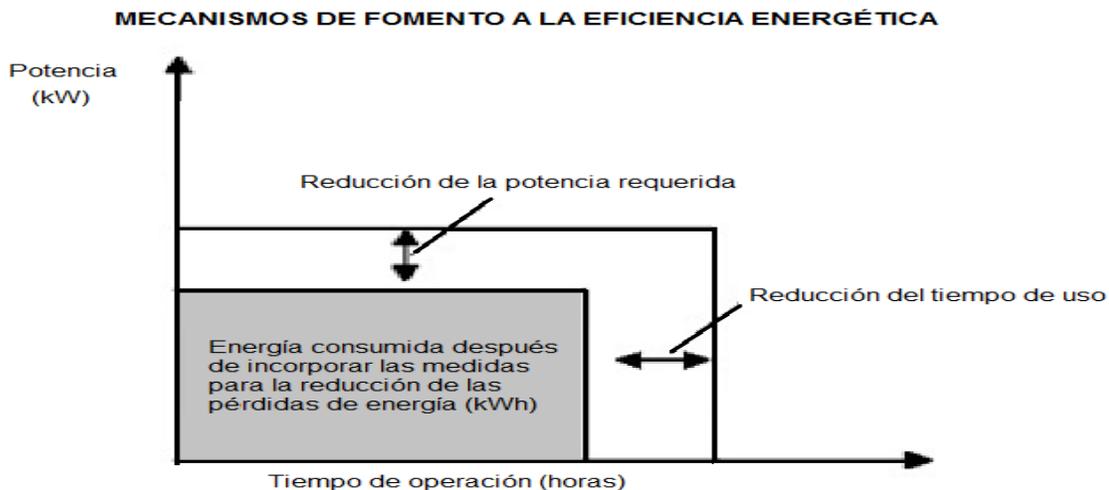


Figura 1.18. Mecanismos de Fomento a la Eficiencia Energética. Fuente: (Lambert, 2011).

La clasificación de las acciones para fomentar la eficiencia energética es importante en la medida que los costos asociados a los mecanismos de base tecnológica son generalmente más elevados,

pero usualmente permiten una evaluación de resultados más objetiva. Sin embargo, ambos mecanismos son igualmente relevantes y no excluyentes. En un estudio de los potenciales de reducción de consumo de energía en los más importantes sub-sectores industriales o comerciales de un grupo representativo de países, básicamente considerando las mejores prácticas disponibles en el mercado y sin grandes cambios de proceso, se estimó que el ahorro de energía podría alcanzar entre 18% y un 26%, respecto de la situación actual. (Turner, W.C, 2006). De hecho, la ejecución de programas de gestión energética, con auditoria de los usos de energía y monitoreo de los indicadores de consumo y productividad energética, sin necesariamente sustituir equipos y modificar procesos, ha permitido alcanzar economías entre 5 y 15% de los gastos energéticos, mediante acciones de implementación relativamente sencilla en los primeros años, con altas tasas de retorno económico, alcanzando cerca de 30% de ahorro en los programas mejor diseñados y a mediano plazo, de acuerdo a casos reales en diversas empresas comerciales e industriales (Turner W. C, 2006), (Martínez, 2013).

En otra dirección, suponiendo esencialmente cambios de comportamiento de los consumidores, en particular en el sector residencial, se observan reducciones de consumo energético típicamente entre 15% y 30%, por alteraciones de hábitos de impacto energético, tales como frecuencia de uso de planchas eléctricas y lavadoras, ajuste de termostatos en refrigeradores y acondicionadores de aire, atención al uso innecesario de iluminación, etc. En la Figura 1.19, se resume cómo operan estos mecanismos, actuando sobre el consumo directo de energía de la sociedad (como electricidad y combustibles) y reduciendo el consumo de energía primaria mediante la reducción de las pérdidas de energía en los sistemas energéticos de uso final, que pueden incluir transporte, almacenamiento y conversión de energía.



Figura 1.19. Acciones para promover la Eficiencia Energética. Fuente: (Colectivo de autores, 2006).

De manera transversal a los mecanismos de base tecnológica y conductual, deben ser considerados los procesos de entrenamiento y capacitación de recursos humanos, esenciales para

el efectivo cumplimiento de esos mecanismos. Tales procesos pueden ser conducidos en diferentes niveles de especialización y grados de madurez de las personas entrenadas, desde la enseñanza elemental hasta la universitaria, incluyendo programas de reciclaje y formación para profesionales activos en temas energéticos o relacionados. De manera similar, las actividades de desarrollo tecnológico e investigación contemplan frecuentemente ambos mecanismos. Cabría observar que el desarrollo tecnológico y los procesos de entrenamiento y capacitación de personal, como también los programas de financiamiento y cambios regulatorios, al fin y al cabo, actúan siempre en vertientes tecnológicas y/o conductuales en búsqueda de incrementos en la eficiencia energética y reducir las pérdidas de energía en los sistemas energéticos. (Lambert, 2011).

Es importante señalar que, como condición necesaria, las medidas recomendadas para reducir las pérdidas de energía no deben afectar los beneficios asociados al uso de los sistemas energéticos, pues la economía se consigue por la disminución de las pérdidas, no por reducción de la energía útil disponible efectivamente utilizada. Este punto debe ser resaltado en las campañas informativas de las actividades de promoción de la eficiencia energética, que necesitan casi siempre del apoyo y del compromiso de los usuarios de energía, pero que muchas veces consideran tales acciones como capaces de afectar negativamente su calidad de vida o las condiciones de productividad en las empresas. Además, considerando que los usos finales de energía representan el punto final de sucesivas etapas en las cadenas energéticas, siempre con pérdidas, en ahorro energético en las etapas finales, junto al consumidor, representa un ahorro aún más significativo en nivel de energía primaria.

Como se ha mencionado, la reducción de las pérdidas de energía no es un objetivo en sí mismo, pues está siempre subordinada a condicionantes de orden económico, que hacen de la factibilidad económica-financiera una exigencia de racionalidad para las medidas de promoción de la eficiencia energética. Por supuesto que la adopción de mejores prácticas energéticas puede requerir inversiones en capital físico y recursos humanos, que deben tomarse en cuenta en el análisis de factibilidad. En este sentido hay diversas alternativas a considerar, que van desde la contratación de especialistas y utilización de contratos de desempeño, cuyo costo está básicamente asociado a los resultados energéticos obtenidos, hasta la formación de grupos propios en las empresas y promoción de soluciones en el ámbito de las mismas empresas interesadas en reducir sus consumos de energía.

Es deseable que el cuadro de precios a ser considerado en la evaluación de factibilidad sea un reflejo de las efectivas disponibilidades y costos reales para el sistema socio-económico y el medio ambiente, que implica eventualmente la consideración de las externalidades, sea en la definición del marco impositivo, sea en los mecanismos de apoyo y financiamiento que podrán ser adoptados

para promover la eficiencia energética. Esta última consideración es especialmente relevante frente a las perspectivas de que la eficiencia energética sea una forma activa de combatir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consecuente cambio climático, y reducir los impactos locales de los sistemas energéticos sobre la calidad del aire, agua y suelo. (Colectivo de autores, 2006).

1.6. Indicadores energéticos y control de objetivos.

Los indicadores energéticos son elementos que permiten hacer una evaluación regular de los consumos históricos para encontrar la eficiencia energética de los procesos. Con ellos se pueden establecer las prioridades en el ahorro y observar cambios en los consumos de acuerdo con las mejoras que se hagan. Existen varios tipos de indicadores energéticos, pero en este caso se ha escogido como indicador el índice de energía específico.

1.6.1 Índice de energía específico.

El índice de energía específico se define como el consumo de energía sobre unidades producidas y es utilizado para referenciar los consumos globales en un proceso productivo. Las comparaciones que se hagan con este indicador deben corresponder a procesos del mismo sector productivo que utilicen una técnica de fabricación similar.

La Eficiencia Energética es la medida más efectiva, a corto y mediano plazo para lograr una reducción significativa de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Factores Claves en la estrategia propuesta por la Agencia Internacional de Energía para la Reducción de la Emisiones de CO₂ hasta el año 2030

1. Incremento de la Energía Nuclear: 10 %
2. Incremento de Energías Renovables: 12 %
3. Incremento de Eficiencia Energética: 78 %
 - en las Plantas Generadoras: 13 %
 - en el uso final de la electricidad: 29 %
 - en el uso final de los combustibles fósiles: 36 %

El incremento de la Eficiencia Energética podría contribuir a la reducción de más de las tres cuartas partes de las emisiones de CO₂ hasta el año 2030. (IEO, 2007b).

La experiencia indica que solo se podrán alcanzar resultados significativos y perdurables en la elevación de la eficiencia energética de una organización, cuando estos se obtienen como resultado de la implementación y el mejoramiento continuo de un Sistema de Gestión Energética.

1.7. Sistema de Gestión de la Energía (SGE).

La gestión energética o administración de energía, como subsistema de la gestión empresarial, abarca las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas, Un sistema de gestión energética se compone de la estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para su implementación. (Lapido et al (n.d).

1.7.1. Aspectos generales.

Es la administración eficiente de la adquisición, transformación, transporte y uso final de la energía en la empresa, bajo la supervisión de la gerencia, con el objetivo de reducir los costos de producción, sin que la empresa desvíe la atención y los recursos de su actividad principal productiva.

Se realiza mediante un proceso de reingeniería de la gestión energética, que instala en la empresa procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación elevando las posibilidades técnico-organizativas de la empresa en la gestión por la reducción de sus costos energéticos. (Borroto et al, 1997).

1.7.2. Objetivos del SGE.

- Formular una política energética empresarial y tomar decisiones estratégicas con relación a la energía.
- Formular metas viables con respecto al empleo y consumo de energía en la empresa y sus diferentes áreas.
- Planear y presupuestar la demanda energética.
- Diseñar, elaborar y desarrollar programas de ahorro de energéticos.
- Concebir e implementar programas de mantenimiento centrado en eficiencia.
- Desarrollar programas de capacitación y motivación del personal.
- Implementar y mantener un control energético continuo en la empresa.
- Desarrollar e institucionalizar una asesoría energética interna dentro de la empresa.
- Documentar el manejo de la energía en la empresa para garantizar permanencia de la eficiencia.

1.7.3. Requisitos generales del SGE.

- Responsabilidad de la alta dirección de la organización.
- Política Energética
- Planeación Energética

- Implementación y Operación
- Verificación de Desempeño
- Revisión de la alta Dirección

Los sistemas de gestión de calidad, ambiental, seguridad, etc. Se basan en estos mismos requisitos generales, lo que permitirá integrar los Sistemas de Gestión de Energía a los restantes. (Colectivos de autores, 2008).

1.7.4. Normas del Sistema de Gestión Energética (SGE).

Las normas de gestión de calidad, ambiental y energía comienzan a implementarse a inicio de la década del 80 y no logran su total consolidación hasta el 90. En la década del 80 comienzan en los países desarrollados la aplicación de normas del sistema de gestión energética. En la Tabla 1.2, se presentan las principales normas. (Colectivos de autores, 2008).

Tabla 1.2. Diferentes tipos de Normas del sistema de gestión energética.

No	Título de la norma	País	Año
1	JIS Z 9211	Japón	1982
2	JIS Z 9212	Japón	1983
3	B 0071	Corea del Sur	1985
4	DS 2403	Dinamarca	2001
5	IS 393	Irlanda	2005
6	SS 627750	Suecia	2003
7	ANSI/IEEE 739	Estados Unidos	1995
8	ANSI/MSE 2000	Estados Unidos	2005
9	BIP 2011	Reino Unido	2003
10	HB 10190 2001 739	Reino Unido	1995
11	PREN 16001	España	2007
12	UNE 216301	España	2008
13	AS3595	Australia	1990
14	AS 3596	Australia	1992
15	PLUS 1140	Canadá	1995
16	GB/T 5587	China	2003
17	-VDI 4602	Alemania	2008

En los últimos años ha existido una tendencia a elaborar normas internacionales de gestión por la Organización Internacional de Normas (sigla en inglés ISO) y los comités nacionales adoptarlas con las siglas nacionales e internacionales, así en Cuba se tiene la norma NC ISO 9000:2005 para el Sistema de Gestión de Calidad. Términos y Definiciones.

Desde el año 2007 se comenzó a gestar la norma del Sistema de Gestión de Energía, que por la repercusión que tiene para los países, no solo desde el punto de vista de implementación, sino de formación por los proyectos de investigaciones y de formación académica en los países Latinoamericanos y del Caribe; se debe la mayor atención posible al desarrollo de esta norma en el ámbito nacional e internacional.

1.7.5. El desarrollo de la NORMA ISO 50001.

Al darse cuenta de la importancia de la gestión de la energía, la International Standardization Organization (ISO) desarrolló en 2008 la ISO 50001 como la futura norma internacional de la gestión de la energía. Publicándose su primera edición el 15 de junio de 2011, se espera que involucre a más del 60% del consumo energético mundial y tiene el potencial de llegar a ser un catalizador global para la eficiencia energética industrial, del mismo modo que la ISO 9001 lo ha sido para la calidad. Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el consumo específico de energía en la región podría ser reducido entre 10% y 25% en el corto y mediano plazo a través de la implementación de planes de eficiencia energética. (Norma ISO 50001, 2011). El propósito de la ISO 50001 es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad. La implementación de este estándar debería conducir a una reducción en el costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales, a través de una gestión sistemática de la energía. (Norma ISO 50001, 2011).

La aplicación global de este estándar internacional contribuye al uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, aumentando la competitividad e impactando positivamente en el cambio climático. La ISO 50001 considera todos los tipos de energía, incluyendo energía renovable, no renovable y alternativa. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, incluyendo, donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas.

Sin embargo, la ISO 50001 no establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales y de otra índole que sean aplicables. Así, dos organizaciones llevando a cabo similares operaciones, pero teniendo diferente desempeño energético, pueden ambas cumplir con sus requisitos.

La clave para un Sistema de Gestión de la Energía exitoso es que éste sea asumido como propio y sea integrado completamente a los procesos de gestión dentro de la organización, es decir, que las implicaciones de la administración de la energía sean consideradas en todas las etapas del proceso de desarrollo de nuevos proyectos, y que esas implicaciones formen parte de cualquier cambio en el control de procesos.

Es una Norma Internacional que proviene de la ANSI/MSE 2000:2005 y ANSI/IEEE 739:1995 citada anteriormente, la cual comparte principios comunes del sistema de gestión con la serie de Normas ISO 9000 (conceptos y definiciones), ISO 14000 (medio ambiente) y compatible a su vez

con la norma cubana NC ISO 22000 (alimentación), cuyo propósito es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso, consumo e intensidad de la energía. La implementación de esta norma de llevar a reducciones en el costo de la energía, emisiones de gases con efecto invernadero y otros impactos ambientales, a través del manejo sistemático de la energía. Es aplicable a todos los tipos y envergaduras de organizaciones independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. El éxito de su implementación depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de su administración central.

Esta Norma Internacional especifica los requerimientos de un sistema de manejo de energía (SGE) para que una organización desarrolle e implemente una política energética, establezca objetivos, metas y planes de acción, los cuales tengan en cuenta requerimientos legales y la información referente al uso de la energía significativa. Un sistema de manejo de energía permite que una organización alcance sus objetivos establecidos, e implemente las acciones necesarias para mejorar su uso de la energía y demostrar la conformidad del sistema con los requerimientos de esta Norma Internacional. La aplicación de esta Norma Internacional puede ser adoptada a los requerimientos de una organización incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y recursos, y se aplica a las actividades controladas por la organización.

La aplicación global de esta Norma Internacional contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponible, mejora la competitividad y tiene un impacto positivo en el cambio climático, esta Norma Internacional considera todos los tipos de energía.

Esta Norma Internacional puede ser empleada para la certificación, registro y auto declaración del sistema de manejo de energía de una organización. No establece requerimientos absolutos para el uso de la energía, más allá de los estatutos de la política energética de la organización y su obligación a cumplir leyes aplicables y otros requerimientos, por tanto, dos organizaciones que lleven a cabo operaciones similares para que tengan usos de la energía diferentes pueden conformar sus requerimientos.

La organización puede escoger integrar la ISO 50001 con otros sistemas de manejo tales como de Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud en el Trabajo o Responsabilidad Social u otros. En el marco internacional y nacional se establecerá en la mayoría de las organizaciones la implementación de la ISO 50001. Por lo cual los especialistas de gestión y energía tienen que capacitarse para preparar los protocolos de gestión, para los que quieran certificarse con la ISO 50001 sepan exactamente lo que deben realizar. En este trabajo aplicando los métodos de comunicación (criterios de expertos y encuestas) con los especialistas se ha elaborado un

documento con los principales criterios sobre la implementación de dicha norma en organizaciones cubanas y la propuesta de un diseño de implementación de la ISO 50001.

La gestión energética es uno de los cinco campos principales dignos del desarrollo y la promoción que ofrecen las normas internacionales. La gestión eficaz de la energía es una prioridad, ya que cuenta con un potencial significativo en cuanto al ahorro de energía y la reducción de las emisiones de gases invernadero en todo el mundo. Se espera que una norma de sistemas de gestión energética logre un mayor incremento de la eficiencia energética a largo plazo: de un 20% o más en las instalaciones industriales.

La Norma ISO 50001 es la norma de Sistemas de Gestión de Energía que establece un marco internacional para la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición, por parte de las instalaciones industriales y comerciales, o de las compañías en su totalidad. La norma proporcionará a las organizaciones y empresas las estrategias técnicas y de gestión con las que incrementar su eficiencia energética, reducir costos y mejorar su desempeño ambiental.

La norma fortalecerá los mismos principios de los sistemas de gestión empleados en las normas ISO 9001 e ISO 14001, para lograr la compatibilidad e integración con otros sistemas de gestión y se prevé que la futura norma proporcione un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en las prácticas de gestión de las organizaciones y empresas.

1.7.6. La Norma ISO 50001. Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso.

1.7.6.1. Desempeño energético.

El concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético, por lo que las organizaciones pueden elegir entre un amplio rango de actividades de desempeño energético como muestra la Figura 1.20.

Por ejemplo, la organización puede reducir su demanda máxima, utilizar el excedente de energía, la energía desperdiciada o mejorar las operaciones de sus sistemas, sus procesos o su equipamiento.



Figura 1.20. Desempeño energético. Fuente: (Norma ISO 50001, 2011).

Esta Norma Internacional se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA), Figura 1.21 e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la Figura 1.22.

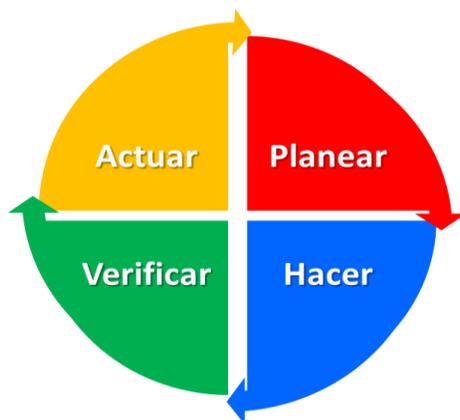


Figura 1.21. Ciclo (PHVA). Fuente: (Norma ISO 50001, 2011).

NOTA: en el contexto de la gestión de la energía, el enfoque PHVA puede resumirse de la manera siguiente: (Norma ISO 50001, 2011).

Planificar: llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;

Hacer: implementar los planes de acción de gestión de la energía;

Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;

Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE_n.

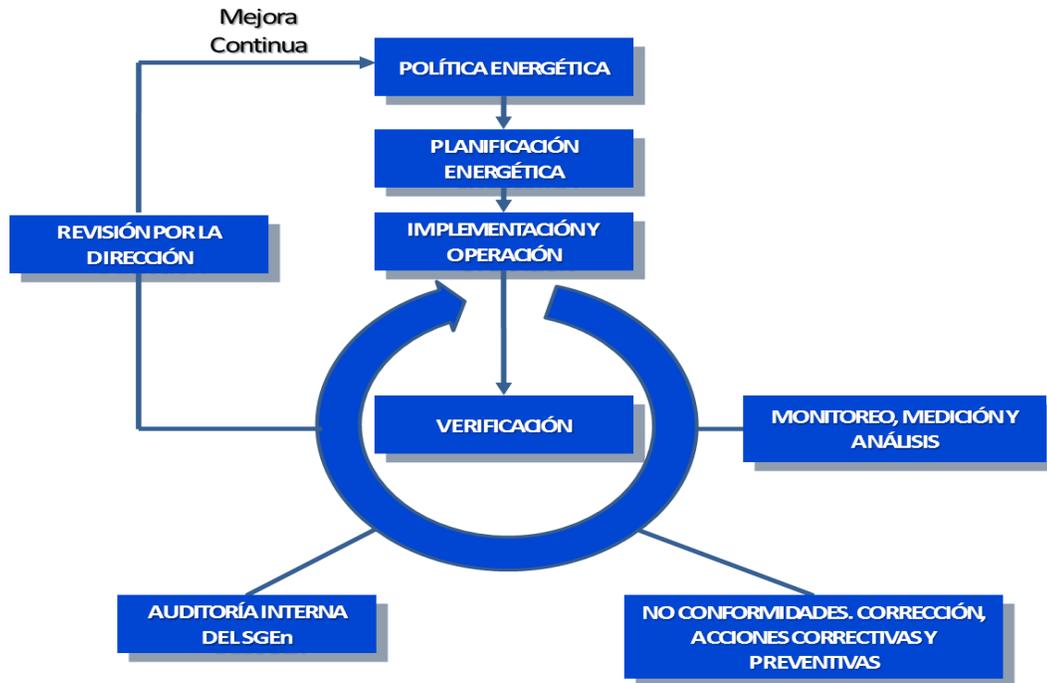


Figura 1.22. Modelo de sistema de gestión de la energía para la Norma Internacional ISO 50001 de 2011. Fuente: (Norma ISO 50001, 2011).

La nueva Norma ISO 50001 está constituida por términos y definiciones claves los cuales se definen en el Anexo 1.

1.8. Experiencias en la implementación de sistemas de gestión energética.

Según (Pérez Campo, A, 2012), en su tesis de maestría titulada, “Herramientas soporte para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001:2011”, plantea que un análisis de los requisitos de la fase planificación energética en los principales sistemas de gestión de la energía, normalizados y no normalizados, anteriores a la Norma ISO 50001, logrará identificar las herramientas que se han propuesto para su cumplimiento en cada uno de éstos. Del mismo modo, estudiándose los requisitos de esta fase en la ISO 50001 con el propósito de identificar sus objetivos dentro del sistema de gestión. Todo ello permitirá organizar las herramientas consideradas idóneas para su cumplimiento, de las cuales se obtendrá una descripción y una explicación de su procedimiento de aplicación para resaltar su utilidad.

Según (Roy Young, 2012) en su tesis de maestría titulada, “Caracterización energética y elementos para la propuesta de un sistema de gestión energética del hotel “Gran Bahía Príncipe”

Jamaica, plantea que una propuesta de elementos básicos para la implementación de un sistema de gestión de energía debe comprender las etapas de Responsabilidad de la Dirección, Política y Planificación Energética establecidas en la norma ISO 50001, así como la elaboración de modelos para el registro y monitoreo de información relevante, análisis de los mismos, cálculo de IDEn y establecimiento de líneas base y meta que posibiliten el posterior desarrollo e implementación de una política energética y el establecimiento de objetivos, metas y planes de acción referentes al uso racional y eficiente de la energía.

Según (Asitha Días, 2013), en su tesis de maestría titulada, “Sistema Informático para el Monitoreo y Control Energético en el Sector Industrial basado en la Norma ISO 50001: 2011”, plantea que un sistema informático basado en software libre para implementar las herramientas propuestas según dicha norma permiten instrumentar el monitoreo y control energético en el Sector Industrial, con el fin de lograr un uso más eficiente de sus desempeños energéticos, reduciendo sus gastos energéticos e impacto ambiental. Además, las organizaciones deben establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de las mismas. Para la evaluación la organización debe identificar los Indicadores de desempeño energético apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. También la Organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización.

Según (Díaz Yedra, 2012), en su tesis de maestría titulada, “Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa Productora de Alcoholes Hidratados”, plantea que las vías fundamentales para transformar el esquema energético actual y avanzar hacia el desarrollo sostenible son la introducción de fuentes renovables de energía y el incremento de la eficiencia energética en todos los sectores. La eficiencia constituye una herramienta rentable en la lucha por alcanzar un futuro energético sostenible y un medio ambiente más saludable. Las mejoras en la eficiencia energética pueden reducir la necesidad de inversión en la infraestructura energética, los gastos de combustibles, aumentar la competitividad y mejorar el bienestar de los consumidores. El sistema que se aplique (TGTEE, Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía), debe consistir en un paquete de procedimientos, herramientas técnicas organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía total de la gestión de calidad, permita establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa.

Según (Peláez Quintana, 2009), en su tesis de maestría titulada “Implementación del sistema de gestión total eficiente de la energía en la unidad empresarial de base de inyección y las bases para el monitoreo y control energético en las máquinas de inyección de plástico”, plantea que con un sistema de monitoreo y control energético efectivo en la maquinaria instalada es posible mantener un seguimiento durante todo el proceso de producción detectándose cualquier desviación o comportamiento fuera de parámetros de control, permitiendo realizar el diagnóstico inmediato y ejecutar las acciones correctivas en consecuencia para lograr y mantener un mejoramiento continuo de la eficiencia energética. Además plantea que establecer y definir la caracterización energética en las organizaciones basados en la implementación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía posibilita dar solución a problemas del diagnóstico energético preliminar, definir los índices de consumo para la maquinaria según sus producciones, dejando establecidos los valores normativos a partir de los valores históricos de los valores obtenidos en producciones controladas y no controladas, realizar una propuesta de los estándares a lograr, establecer las herramientas para el análisis del comportamiento de la eficiencia energética en la maquinaria sobre la base de valores normativos identificados para la detección de desviaciones y fallas, definir los factores claves que determinan la eficiencia energética de la organización, así como establecer las variables de control y su relación con los índices de consumo, sobre las cuales actuar para hacer coincidir los resultados con los valores normativos.

Según (Alpha Bah, 2012), en su tesis de maestría titulada “Etapas de la Planificación Energética en correspondencia con la NC-ISO 50001:2011 para Empresas Metalmecánicas CUBA” plantea que el establecimiento de requisitos legales, la caracterización energética y el comportamiento energético por determinados periodos (3 años) a través de una revisión energética con la utilización de las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, la valoración de la planeación energética con la determinación de la línea base energética e indicadores válidos, usando con este sentido la norma ISO 50001, la cual persigue la sistematización para la optimización del consumo y manejo de la energía a nivel corporativo, y que está basada en requisitos que pueden ser integrados a los sistemas de Gestión de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente en forma compatible; a la NC ISO: 50001:2011 la cual hace referencia a las políticas energéticas que se deben adoptar, la planificación energética, la creación de índices o indicadores energéticos, el monitoreo y control de procesos y procedimientos, entre otros, que generarán en la organización, un ciclo de mejora continua por medio de planificar, hacer, verificar y actuar, dentro de la misma. Además, se obtienen mayores beneficios con la implantación de estas etapas de planificación energética, como el de reducir los consumos energéticos y con ello el gasto energético a través de la planeación de energía

teniendo en cuenta las condiciones propias (tecnología, equipamiento, personal), para así dar cumplimiento a la política energética, además de realizar el mejoramiento continuo de los procesos y procedimientos que se generan en estos tipos de empresas.

Según (García Fernández, 2014), en su tesis de maestría titulada “Análisis de los indicadores de desempeño energético en los centros de educación superior en Cuba adscritos al MES”, trabajo enmarcado en la temática de la eficiencia energética referido a la aplicación de la NC ISO 50001 en el Ministerio de Educación Superior, con el objetivo de lograr un mayor desempeño energético en sus entidades, con el precedente de la utilización del Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía (SGTEE), el cual complementa la aplicación de la norma a partir de los procedimientos y herramientas desarrolladas como parte de la tecnología del mismo. Plantea que en el modelo de sistema de gestión de la energía de la norma ISO 50001, la planificación es la segunda etapa y dentro de esta constituye un punto fundamental la determinación de los indicadores de desempeño energético.

Según (Lambert, 2011), en su tesis de maestría titulada, Caracterización Energética y Propuesta de Implementación de la Norma ISO 50001 a la Empresa Corrugadora "Windward Island Packaging Company Ltd. (WINERA) Sta. Lucía", plantea que la realización de una caracterización energética, y la elaboración de la propuesta de implementación de la norma ISO 50001 permiten lograr un uso más eficiente del desempeño energético, reduciendo sus gastos energéticos e impacto ambiental, además la caracterización energética de la empresa, ayuda a definir los indicadores energéticos básicos de los procesos de la misma; así como los índices de consumo de energías por unidades de producción. Además, que la estructura de la norma ISO 50001 da lugar a la aplicación de la línea de base energética y la línea meta para el control y mejoramiento energético de las organizaciones.

Según (Guzmán, 2011), en su tesis de grado titulada “Norma de Gestión Energética para la Universidad de Cienfuegos a partir de la ISO 50001”, plantea que la introducción de algunas prácticas dirigidas a mitigar los efectos negativos que produce el consumo excesivo de portadores energéticos y su acción sobre el medio ambiente, reportan beneficios económicos y ambientales considerables. En correspondencia a lo anterior se diseña una Norma de Gestión Energética para la Universidad de Cienfuegos, utilizando la Norma ISO 50001 como norma de referencia, determinando índices de consumo con indicadores de salida o indicadores de producto final que le permitió a la dirección la toma de decisiones para lograr un uso más eficiente de los portadores energéticos. La existencia de una estructura organizativa, un comité o comisión de ahorro de energía, así como la de un administrador de la energía capacitado y certificado, sin dudas contribuye significativamente a la mejor gestión energética, sobre la base de un programa estable y de largo plazo. Además, que un sistema de gestión, por tanto, ayuda a

una organización a establecer los procedimientos, las responsabilidades, los recursos y las actividades que le permitan una gestión orientada hacia la obtención de esos buenos resultados que desea, o lo que es lo mismo, la obtención de sus objetivos definidos.

El sistema de gestión energética de la norma 50001: 2011 puede ser implementado en cualquier tipo de empresa que tenga un programa de mejora continua, ejemplo de ello lo constituye lo planteado por los autores de los diferentes estudios realizados aquí reflejado.

1.9. Conclusiones parciales.

1. La presión sobre el uso de los recursos, en especial los energéticos, obliga a utilizarlos cada vez de manera más racional y eficiente, la tendencia al agotamiento de estos recursos y su impacto ambiental, están presionando social y económicamente a la sociedad; siendo los más afectados los países con menos recursos, pues la presión no es proporcional al desarrollo económico.
2. La energía renovable es la mejor opción de producir energía eléctrica con el mínimo de impacto ambiental; por ello existe un interés creciente por su desarrollo, y en la mayoría de los países de nuestro entorno, se cuenta con programas tendientes a incrementar su aporte a los balances energéticos.
3. La necesidad de las organizaciones de elevar su competitividad empresarial, exige la creación de sistemas de gestión energética, los cuales constituyen la base para la mejora del desempeño energético; por lo que se requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad.
4. Un sistema de gestión energética basado en la norma 50001: 2011 puede ser implementado en cualquier tipo de empresa que tenga un programa de mejora continua. La introducción de algunas prácticas dirigidas a mitigar los efectos negativos que produce el consumo excesivo de portadores energéticos y su acción sobre el medio ambiente, reportan beneficios económicos y ambientales considerables.

Capítulo 2: Caracterización energética del “Central Azucarero 14 de Julio” perteneciente a la Empresa Azucarera Cienfuegos.

2.1. Localización Geográfica.

El Central Azucarero 14 de Julio perteneciente a la Empresa Azucarera Cienfuegos formando parte de AZCUBA, se localiza en el municipio cienfueguero de Rodas, se encuentra ubicada a tres Km. de la carretera que conduce al municipio de Abreu, situada en el centro sur de la provincia de Cienfuegos, al norte se encuentra el poblado de Rodas, al sur la refinería de petróleo Camilo Cienfuegos, al este el consejo popular Venta del Río, y al oeste el poblado de Abreu.

2.2. Estructura Organizativa.

La UEB Central Azucarero 14 de Julio se encuentra aplicando el Sistema de Dirección y Gestión Empresarial aprobado por acuerdo del Consejo de Ministros con fecha 17 de abril de 2007, “Año 49 de la Revolución”, la misma presenta una estructura de Dirección lineal funcional como se observa en Anexo 2.

2.3. Caracterización del proceso de producción.

El central azucarero posee una norma potencial de 2990 t/día, un bloque energético que opera a 18 kg/cm² y 310 °C, a partir de 3 calderas Evelma modificadas y una planta eléctrica con 6.5 MW instalados. La planta moladora posee un tándem completamente electrificado, compuesto por 5 molinos Fulton inclinados. El proceso de fabricación es capaz de producir por encima de las 374 t de azúcar cada día y para ello cuenta con una estación de calentadores que dan óptimo uso al vapor luego de las inversiones realizadas, cuentan con calentadores líquido a líquido, Vampiros y WEBER modificados, un Clarificador BTR, un Pre - evaporador de 305.821 m³, un Quíntuple de 588.880 m³, seis Tachos que funcionan al vacío, un Cristalizador rápido de 3^{ra}, dos Graneros, dos Cristalizadores Tradicionales de azúcar comercial y finalmente posee 4 Centrifugas Comerciales y otras 5 Polacas para masa cocida B y tres centrifugas de doble semilla, Con los trabajos realizados con relación a la compactación del proceso, el tiempo de retención disminuyó a 17.7 horas aproximadamente.

El Central 14 de Julio produce azúcar crudo (a granel y ensacada). Los insumos principales de este proceso son caña, bagazo, vapor y electricidad. Mostrándose el proceso energético-productivo del central en Anexo 3.

2.4. Análisis del comportamiento energético y sus principales indicadores de eficiencia.

Los indicadores de eficiencia energética cumplen una variedad de funciones que van desde el monitoreo de la eficiencia energética, el análisis y la evaluación de políticas energéticas hasta la valoración de nuevas tecnologías.

Sin una indicación de la eficiencia con que se usa la energía una instalación podrá avanzar muy poco en un programa de gestión de la energía ya que no puede: (Colectivo de autores, 2006).

- ✓ Determinar su estado actual y establecer una línea base.
- ✓ Determinar su éxito comparando el cambio con respecto a la línea base.
- ✓ Establecer metas realistas de mejora.
- ✓ Establecer presupuestos realistas de gastos energéticos.
- ✓ Asegurar fondos para inversión demostrando el éxito pasado y/o los ahorros anticipados de energía en futuros proyectos.
- ✓ Generar la participación eficaz del personal de la instalación en el programa de gestión energética ya que sus desempeños particulares no pueden ser medidos.
- ✓ Convertir los procedimientos operacionales y de mantenimiento para mantenerse en los niveles de eficiencia metas, en hábitos y cultura organizacional.

Un indicador de eficiencia energética es aquel que puede medir lo realmente consumido y compararlo con lo que se debería haber consumido para el servicio realizado. La eficiencia está en lograr consumir igual o menos de lo que debería consumirse para el servicio realizado. (Colectivo de autores, 2006).

Para que el indicador sea adecuado a este objetivo debe estar formado por dos variables: una que es el consumo real medido de energía y otra que es el consumo que debería existir. Ambos para un mismo servicio o producción realizada. (Colectivo de autores, 2006).

La primera variable es una medición de consumo que depende de la demanda de energía que procure el servicio realizado, es una variable porque depende de la cantidad o tipo de servicio realizado.

La segunda variable es un modelo capaz de describir cual debe ser el consumo de energía para el mismo servicio realizado.

El modelo es la línea base del consumo y para una misma instalación no depende de otros factores que no sea la cantidad o tipo de servicio realizado. Las diferencias entre el consumo real y el consumo que arroja el modelo se deben a todos aquellos factores diferentes a la cantidad y tipo de servicio realizado, ya que ambos han sido medidos o calculados para las mismas condiciones del servicio. Por igual razón tampoco influye en su diferencia la tecnología instalada, el tipo de instalación, la capacidad de la instalación etc. (Colectivo de autores, 2006).

Las únicas variables posibles que pueden producir la diferencia entre el consumo real y el del modelo, serán fundamentalmente los hábitos operacionales, de mantenimiento, de organización, planeación, administración y control del servicio, que dependen principalmente de la gestión de los recursos humanos por ser eficientes energéticamente en sus operaciones. Puede ser eficiente o ineficiente.

Se evaluará a continuación la capacidad de los indicadores existentes para cumplir la función de indicador de eficiencia energética según el objetivo anteriormente planteado.

2.4.1. Gastos energéticos y consumos energéticos.

Los indicadores relacionados con gastos energéticos y consumos energéticos son los más usados en la actualidad en el sector para medir el desempeño energético. La principal limitación de estos indicadores es que no pueden ser usados para gestionar la eficiencia energética por la vía de cambio de hábitos operacionales, de mantenimiento o de gestión del servicio, ya que dependen de factores no relacionados con estos como son: los costos energéticos externos, los precios del servicio, el nivel tecnológico del equipamiento instalado, la ubicación y tipo de instalación, la capacidad de la instalación etc.).

Este hecho condiciona a que la gestión energética sea desarrollada fundamentalmente hacia cambios tecnológicos o cambios evidentes de hábitos, pero sin indicadores bases que permitan hacer seguimiento de la variación de la eficiencia por el cambio de estos hábitos.

2.4.2. Indicadores de Consumo.

Un indicador de consumo para evaluar la eficiencia energética de una instalación puede ser muy peligroso para adoptar a partir de él decisiones o iniciativas de gestión energética.

En la medida que el nivel de producción se incrementa este índice baja y viceversa. Esto significa que el indicador puede cambiar no por la eficiencia con que se administre o se use la energía en la empresa sino solo por el nivel de producción de la misma, que no tiene ninguna relación con el mejoramiento o empeoramiento de los hábitos de eficiencia energética. Este aspecto también se puede observar matemáticamente al obtener el índice de consumo a partir de la expresión general:

$$E = mP + E_o,$$

$$IC = m + E_o / P., \text{ IC- índice de consumo de energía.}$$

En la medida que aumenta P se reduce el valor de IC y:

$\lim IC = a$, cuando P tiende a infinito, por tanto, el menor valor que puede tomar IC será el valor de "m".

Observe además que este índice de consumo puede inducir a la toma de decisiones equivocadas si es utilizado como indicador de eficiencia:

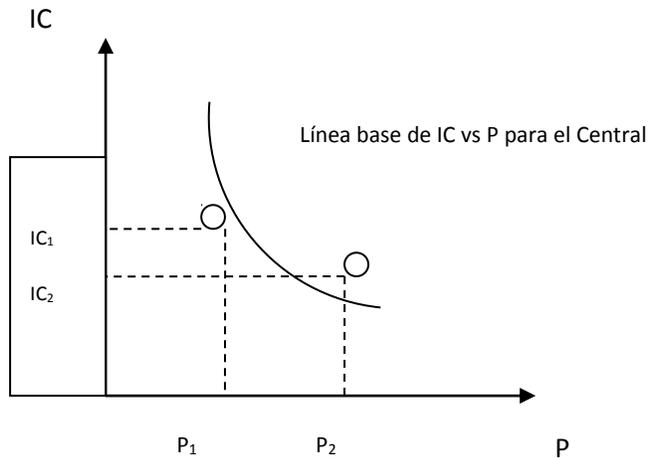


Figura. 2.2. Gráfico de Línea base de Índice de Consumo y Producción.

La Figura 2.2, representa una línea base del comportamiento de una empresa a través de IC vs P y dos desempeños de dos periodos donde existieron diferentes valores de P y de IC. Puede observarse que el par de valores correspondientes al periodo 1 genera un punto en la gráfica que se encuentra por debajo de la línea base y el par de valores correspondientes al periodo 2 genera un punto que se encuentra por encima de la línea base. Sin embargo, el $IC_1 > IC_2$.

Debido a que IC_1 se encuentra por debajo de la línea base de la empresa este periodo se fue más eficiente que el comportamiento promedio base para un nivel de producción P_1 y debido a que IC_2 se encuentra por encima de la línea base de la empresa, el periodo 2 se fue menos eficiente que el comportamiento promedio base para un nivel de producción P_2 . Sin embargo, debido a que $IC_1 > IC_2$ debiéramos haber concluido lo contrario, que el **periodo 1** fue menos eficiente que el **periodo 2**.

En caso que la dirección de una empresa realice seguimiento en el tiempo del valor del IC mensual llegará a la conclusión de que el **periodo 1** fue más ineficiente que el **periodo 2** y en consecuencia adoptará medidas para controlar la eficiencia energética, cuando en realidad lo que ocurrió fue lo contrario.

2.5. Metodología para el establecimiento y seguimiento del indicador de eficiencia energética.

Propuesta de indicador de eficiencia fundamentada en establecer un modelo lineal o línea base del comportamiento típico del consumo de energía para los niveles de operaciones del Central.

Existen varios métodos para establecer la línea de base energética, los cuales están basados en la premisa de que el año actual marca el inicio de la implementación del sistema de monitoreo y control del indicador de eficiencia energética. Para este caso ha conformado el siguiente método que se considera, se ajusta mejor a las condiciones de los procesos de la industria azucarera: (Department of Power, 2006).

1. Elección del período de toma de la muestra de datos teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Tomar el período que más se parezca al año actual.
- ✓ En caso de que en el período base seleccionado se halla instalado una unidad nueva de proceso o equipo y no exista información estadística suficiente disponible existen dos opciones: no tomar en cuenta ese período en la línea base y comenzar el monitoreo con ella hasta obtener suficiente información para rehacer la misma o estimar por datos de fabricante / proveedor los consumos de la nueva unidad e introducirlos en la línea de base.
- ✓ Adoptar períodos suficientemente largos que permitan una muestra de datos estadísticamente válidas (mínimo 20 datos confiables) conociendo que en la medida que la muestra sea menor la línea de base es menos representativa del comportamiento típico de la eficiencia energética.

2. Filtrado de datos de la muestra.

El objeto de este paso es extraer de la muestra aquellas observaciones atípicas o erróneas que pueden existir en el período seleccionado en el primer paso. Los métodos de filtrado estadístico que existen en la actualidad no pueden sacar de la muestra todos los datos atípicos o erróneos sino solo aquellos que siendo atípicos o erróneos tienen un comportamiento muy diferente al resto de la muestra. (Baird, D, 1991). Existen diversos métodos de detección como son los métodos basados en estadísticos, métodos basados en distancias y métodos basados en densidad local. (Escobar, M, 2000). En este caso el objeto es identificar los datos correspondientes a eventos extraordinarios o intermitentes por lo que utilizaremos el siguiente método estadístico. (Rial, 2001)

Toma de la muestra de datos:

- ✓ Análisis físico de la muestra de datos (marcar datos conocidos con comportamientos no frecuentes o normales).
- ✓ Determinación de la ecuación lineal de ajuste por el método de los mínimos cuadrados de la muestra de datos.
- ✓ Determinación para cada dato de la muestra de la variación explicada y no explicada respecto al valor medio. (Ross, 2001).
- ✓ Determinación para cada dato de la muestra del coeficiente de determinación R^2 .
- ✓ Extracción de la muestra de los datos con $R^2 < 0,49$ (impacto moderado-débil en el ajuste lineal de la muestra de datos).
- ✓ Determinación del nivel de calidad de la muestra (% de datos que quedaron en la muestra).

3. Determinar la ecuación de la línea base del comportamiento del consumo energético mediante el modelo lineal (por método de los mínimos cuadrados), de variación del consumo energético con respecto a la causa asociada del mismo (producción realizada o servicio realizado).

- ✓ En este punto se asume que el modelo de variación del consumo de energía es lineal al igual que varios trabajos que se han antecedido. (Neil, 2002).
 - ✓ El sentido físico del modelo lineal de variación del consumo de energía propuesto se basa en el supuesto de que el gasto total de energía de un proceso tiene una componente variable y una fija. La componente variable es aquel gasto que depende directamente de la cantidad de servicio o producto realizado y la cantidad fija es aquella que no depende directamente de esto. Esta concepción resulta muy útil ya que en la parte fija esta cuanto se puede reducir por eficiencia energética del consumo de energía total, ya que para reducir la parte variable habría que reducir el nivel de producción o servicio realizado.
4. Verificación del coeficiente de determinación del modelo R^2 .
- ✓ El valor del coeficiente de determinación de la muestra ajustada a una ecuación de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados nos indica; qué por ciento del consumo total de la energía varía con las variaciones de la producción o servicio realizado y asociado al consumo. Físicamente, en la medida que este por ciento sea mayor significa que existe menos gasto de energía no asociada a la realización del producto o proceso y que las variaciones del consumo energético son explicadas mayoritariamente por las variaciones en la producción y no por otros eventos.
5. Determinar la línea base de los mejores desempeños del consumo energético de la muestra a través del modelo lineal (por el método de los mínimos cuadrados) de variación del consumo energético con la producción o servicio asociado, utilizando solo los datos de la muestra cuyo consumo es inferior al consumo calculado según la ecuación de la línea base obtenida para todos los datos de la muestra.
- ✓ Este paso tiene como objetivo obtener un segundo modelo lineal de comportamiento del consumo con la producción o servicio, que permite determinar una segunda línea base alcanzable con desempeños similares al de los datos de la muestra que han sido correlacionados.
 - ✓ Debido a que esta segunda línea base ha sido determinada en iguales condiciones operacionales, la pendiente de la misma debe ser paralela a la primera línea base. De lo contrario, existen datos anormales que se encuentran dentro del intervalo de variación normal de la muestra y que estarían afectando el valor de la pendiente. (Birol, 2013)
 - ✓ Esta segunda línea base tendrá un coeficiente fijo en la ecuación lineal inferior a la primera línea base realizada con la totalidad de datos. Ello se debe a que representa las mejores operaciones en las cuales la parte de la energía no asociada a la producción o servicio realizado es inferior. La diferencia entre los coeficientes fijos de ambas ecuaciones de las

líneas base será el valor de la parte de energía no asociada que se podría reducir, al menos en las condiciones en que se tomó la muestra de datos.

- ✓ Debido a que la segunda línea base representa el comportamiento promedio del consumo de energía para las mejores operaciones, es lógico que un mayor por ciento de la variabilidad del consumo de energía sea explicado por las variaciones de la producción, con respecto a la primera línea base. Por tanto, el coeficiente R^2 de determinación para esta línea debe ser siempre mayor.

6. Establecimiento del Indicador de eficiencia energética.

- ✓ Una vez establecidas las líneas base de consumo es posible establecer el indicador de eficiencia que consiste en la relación que existe entre el valor de consumo estándar para una producción o servicio realizado y el valor consumido real para la misma producción o servicio realizado.

- ✓ La expresión matemática del indicador es:

$$IE = (\text{Consumo estándar (CE)} / \text{Consumo real (CR)}) * 100$$

Los casos que pueden presentarse son:

Si $CR > CE$, $IE < 100$. El valor por debajo de 100 significa el por ciento en que el consumo real ha superado del consumo estándar.

Si $CR < CE$, $IE > 100$. El valor por encima de 100 significa el por ciento que el consumo real ha disminuido respecto al estándar.

- ✓ El consumo estándar se determina por la ecuación obtenida para las líneas base y existen para la entidad dos posibilidades de evaluar su eficiencia, una con respecto al desempeño operacional promedio histórico y otra con respecto a las mejores operaciones del desempeño operacional promedio histórico. La ecuación de cualquiera de las dos líneas base tendrá la misma forma:

$$CE = m * P + E_0$$

m- Pendiente de la línea base, unidades de energía / unidades de producción o servicio

E_0 - Intercepto de la línea base, unidades de energía / tiempo

P- cantidad de la producción o servicio realizado asociado al consumo de energía, unidades de producción o servicio / tiempo.

7. Seguimiento del indicador de eficiencia energética.

- ✓ Es posible graficar el indicador de eficiencia en el tiempo. El gráfico tendrá una línea central en el valor 100. Por encima de 100 será la zona de sobrecumplimiento del estándar de eficiencia y por debajo la zona de incumplimiento del estándar de eficiencia. En la línea central el valor de 100, está es la línea de cumplimiento del estándar de eficiencia.

- ✓ El valor en por ciento determinado como (IE-100) representa cuanto se ha superado el indicador (si el valor es positivo) o cuanto falta para llegar al valor de la línea base (si es negativo).

8. Tendencia de la eficiencia energética.

- ✓ Además de registrar y monitorear el valor del indicador de eficiencia en el tiempo es muy útil también monitorear y registrar el valor de la tendencia de este indicador, ya que la misma nos indica si el comportamiento del desempeño en el uso eficiente de la energía se ha convertido en hábito o es variable. También un cambio de dirección o de sentido de la tendencia es causa de un cambio de alguna variable no asociada al nivel de producción que debe ser investigado para que pueda ser controlada.

- ✓ La tendencia del indicador se determina por la herramienta conocida de gráfico de tendencia. (Department of Power, 2006). El gráfico de tendencia se conforma como el registro en el tiempo de la suma acumulativa del valor de la diferencia del consumo real energético para una producción o servicio dado, del consumo estándar para el mismo valor de producción o servicio. Su expresión matemática puede ser la siguiente:

$$\text{Sumatoria (CRi - CEi)} = \text{Sumatoria (CRi - a * Pi + b)}$$

El gráfico se conforma sobre una línea de valor 0 registrando en el eje “Y” el valor de la sumatoria acumulada hasta la fecha del registro y en el eje “X” la fecha del registro.

- ✓ Una tendencia hacia arriba de pendiente positiva indica un incremento acumulado de la diferencia del consumo real respecto al consumo estándar y por tanto el mantenimiento de una tendencia a la pérdida de eficiencia. Una tendencia hacia abajo de pendiente negativa indica una disminución acumulada de la diferencia del consumo real respecto al estándar y por tanto una tendencia hacia el mantenimiento del incremento de la eficiencia. Una línea de tendencia que se mueva alrededor del eje “X” significa una estabilidad en el desempeño de la eficiencia alrededor de la línea base. Los cambios sostenidos en las pendientes de la línea de tendencia sean hacia arriba o hacia abajo indican mejoras o empeoramientos de la eficiencia de la fecha en que se registra con respecto a la tendencia acumulada.
- ✓ El valor último de registro de la línea de tendencia expresa cuantitativamente el valor de la cantidad de energía ahorrada o dejada de ahorrar por la empresa desde que se comenzó el monitoreo del indicador de eficiencia.
- ✓ La línea de tendencia tiene una aplicación muy importante y es en la determinación del impacto en la eficiencia de las medidas aplicadas para la reducción del consumo energético.
- ✓ Si realmente tuvo impacto en el consumo se refleja en un cambio sostenido de la pendiente de la línea de tendencia en el tiempo.

2.6. Estructura de consumo de los portadores energéticos.

En las siguientes Figuras se relacionan los principales portadores energéticos utilizados en este central y la representación gráfica que informa los de mayor consumo.

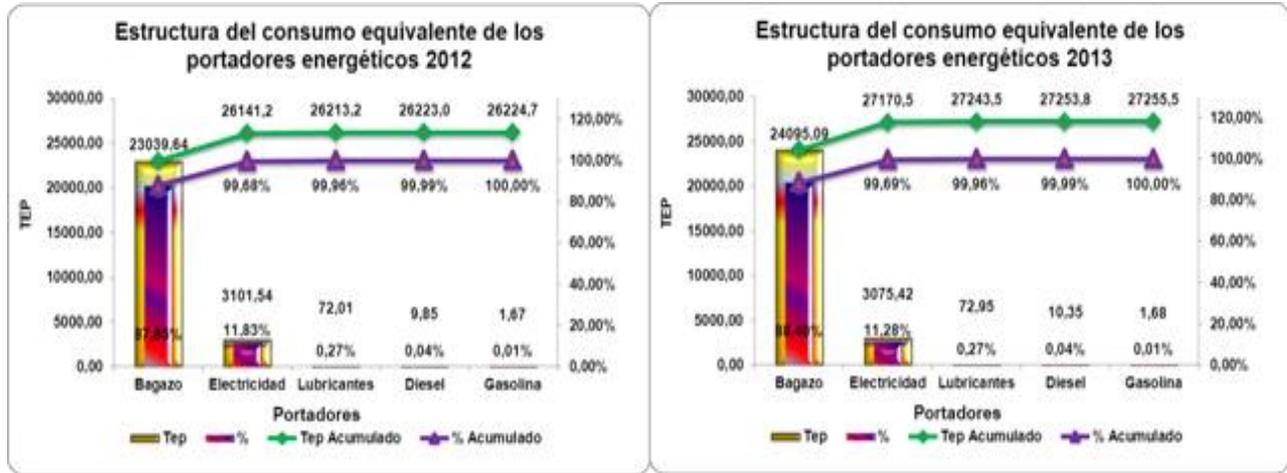


Figura 2.3. Diagramas de Pareto del consumo en TEP de los portadores energéticos en las zafras 2012 y 2013.

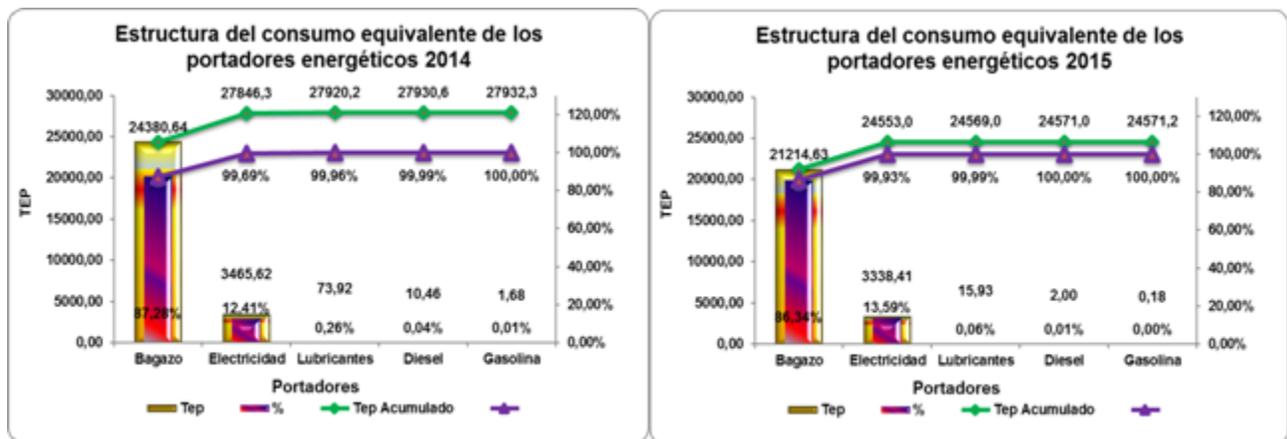


Figura 2.4. Diagrama de Pareto del consumo TEP de los portadores energéticos en las zafras 2014 y 2015.

El diagrama de Pareto es un gráfico especializado en barras que representa la información en orden descendente desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades de porcentaje. Este diagrama es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20, que identifica el 20 % de los portadores energéticos que producen el 80 % del consumo energético total equivalente.

Como queda demostrado en las Figuras 2.3 y 2.4, el bagazo y la electricidad representan más del 99.69% de todos los portadores energéticos por ser ellos las fuentes energéticas más usadas en el central. Los gráficos anteriores muestran los lugares que ocupan estos dos portadores energéticos en el consumo energético, no existiendo una gran diferencia entre sus valores recopilados durante el periodo 2012-2015, por lo que no se puede considerar uno más importante que el otro, siendo

así que se decide concentrar el trabajo sobre estos portadores. Este capítulo evaluará individualmente cada uno para un mejor análisis de los mismos. Los diagramas de Pareto son elaborados con los valores que se encuentran en las Tablas 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 del Anexo 4.

2.6.1 Análisis del consumo de Electricidad.

2.6.1.1. Comportamiento histórico de la caña molida y el consumo de electricidad durante las zafras 2012-2014.

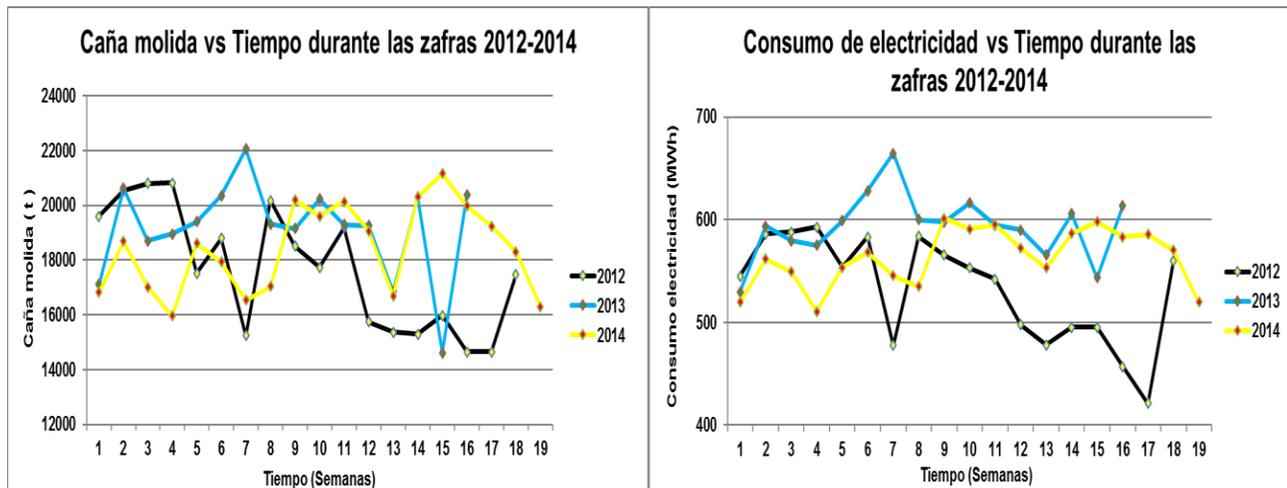


Figura 2.5. Gráficos de la caña molida y el consumo de electricidad vs tiempo por semanas durante las zafras 2012-2014.

Los gráficos muestran la variación simultánea de la caña molida y el consumo de electricidad respectivamente en el tiempo durante las zafras 2012-2014, esta es una de las herramientas necesarias que brinda información sobre el comportamiento de los mismos durante el periodo mencionado.

Analizando los dos gráficos anteriores se puede concluir que la zafra 2014 es la más eficiente de las tres zafras analizadas al mantener un consumo promedio semanal de energía eléctrica en correspondencia con la caña molida, de 532MWh. Se hace referencia a la Tabla 2.5 del Anexo 5.

Se puede tomar como zafra base para este trabajo la zafra 2014 por su comportamiento en la caña molida y consumo energético y se verá más adelante otras evidencias que permitirán llegar a esta conclusión.

2.6.2 Gráficos de consumo de electricidad y la caña molida en el tiempo.

A continuación, se presentan una serie de gráficos, en los que se muestra el comportamiento energético del central y la caña molida durante las zafras 2012-2014.

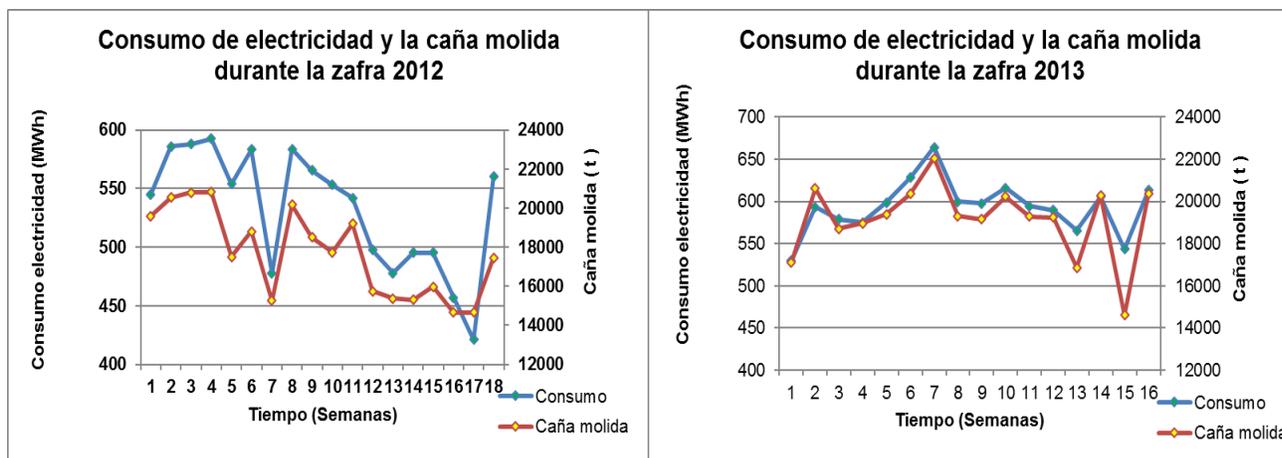


Figura 2.6. Gráfico de consumo de electricidad y la caña molida en el Tiempo por semanas (E-CM vs T), zafra 2012 y 2013.

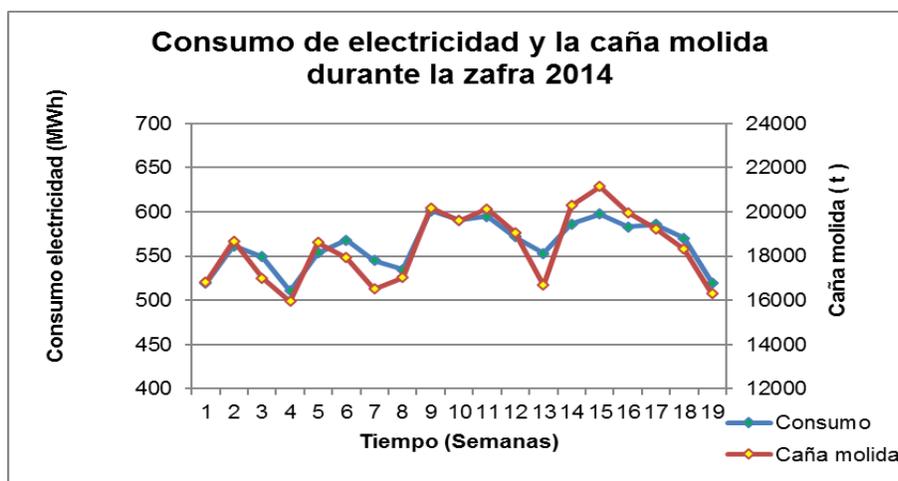


Figura 2.7. Gráfico de consumo de electricidad y la caña molida en el tiempo por semanas (E-CM vs T), zafra 2014.

Las Figuras 2.6 y 2.7 muestran la variación simultánea del consumo de electricidad y la caña molida en el tiempo, esta es una de las herramientas dentro de la prueba de necesidad que más información nos brinda, ya que a través del mismo se muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la caña molida, aunque en estos casos la relación es bastante normal. Para comprender un poco más este gráfico es necesario saber que generalmente debe ocurrir que un incremento de la caña molida da lugar a un incremento del consumo de energía asociada al proceso y viceversa. Se puede encontrar los valores de los gráficos (E-CM vs T) en la Tablas 2.6, 2.7 y 2.8, Anexo 5.

Comportamientos anormales que se pueden apreciar.

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

2.6.3. Gráficos de correlación-dispersión del consumo de electricidad vs caña molida.

Como se muestra en los gráficos anteriores el comportamiento de la producción de azúcar y consumo de electricidad por zafras en el período 2012-2014 es considerado positivo. En los siguientes gráficos se muestra el comportamiento de la energía contra la caña molida en un gráfico de correlación durante el período analizado.

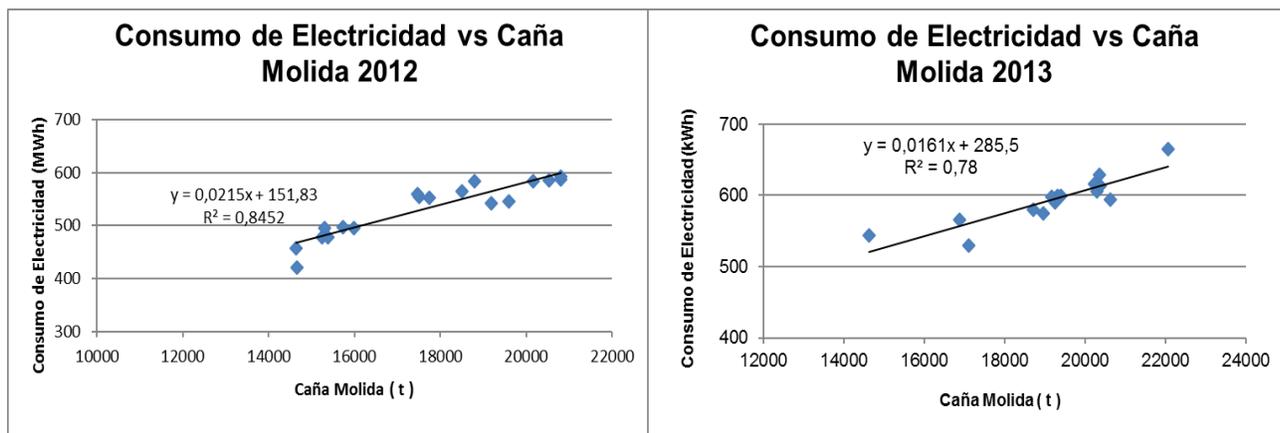


Figura 2.8. Gráficos de correlación del consumo de electricidad y la caña molida por semanas de las zafras 2012 y 2013.

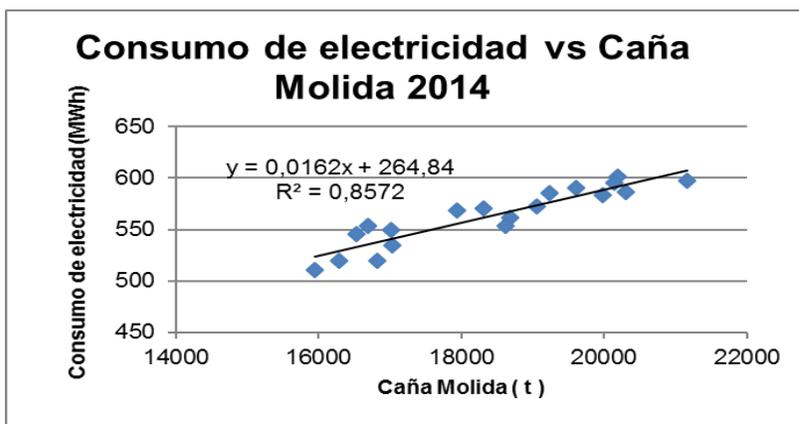


Figura 2.9. Gráfico de correlación del consumo de electricidad y la caña molida por semanas de las zafras 2014.

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

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

Los gráficos en las Figuras 2.8 y 2.9 muestran las ecuaciones obtenidas y sus valores de coeficientes de determinación R^2 , observándose en ellos que los grados de correlación son excelentes pues tienen una R^2 mayor que 0,75 en las zafras 2012-2014, con valores del

coeficiente de determinación R^2 de 0.8452, 0.7800 y 0.8572 respectivamente, por lo que hay que tratar que se mantengan o sean superados. En el Anexo 5, la Tabla 2.5 se muestran los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos.

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

- ✓ Consumo durante el proceso de arranque de las unidades.
- ✓ Consumo en áreas no productivas: oficinas administrativas, baños etc.

Como anteriormente mencionado, la zafra 2014 fue tomada como zafra base por su comportamiento uniformemente estable, esta conclusión también está apoyada por los gráficos de dispersión los cuales muestran que la zafra 2014 tiene un coeficiente de determinación, R^2 , más alto que las zafras 2012 y 2013.

2.6.4. Gráficos de control de la caña molida y del consumo de electricidad de las zafras 2012-2014.

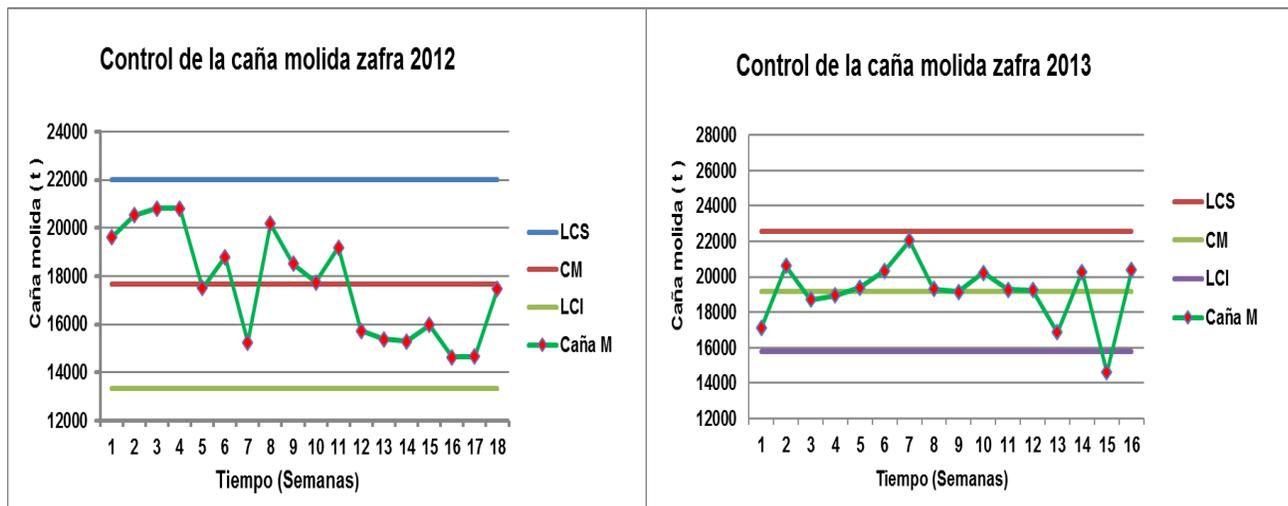


Figura 2.10. Gráficos de control de la caña molida por semanas de las zafras 2012 y 2013.

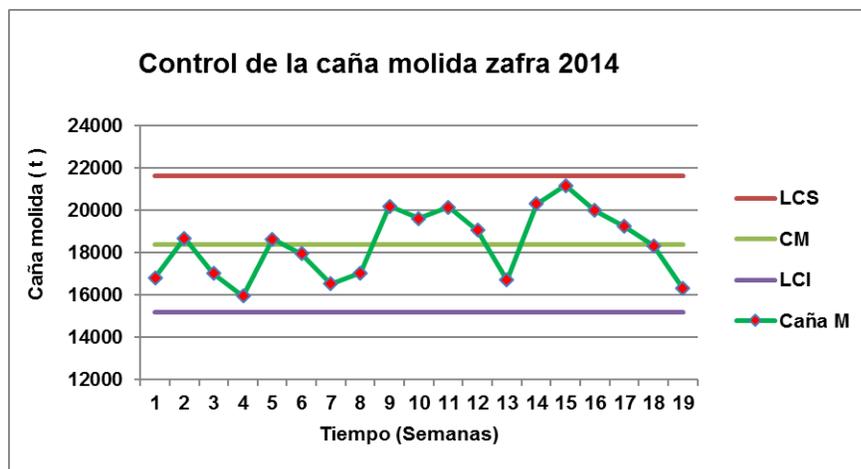


Figura 2.11. Gráfico de control de la caña molida por semanas de la zafra 2014.

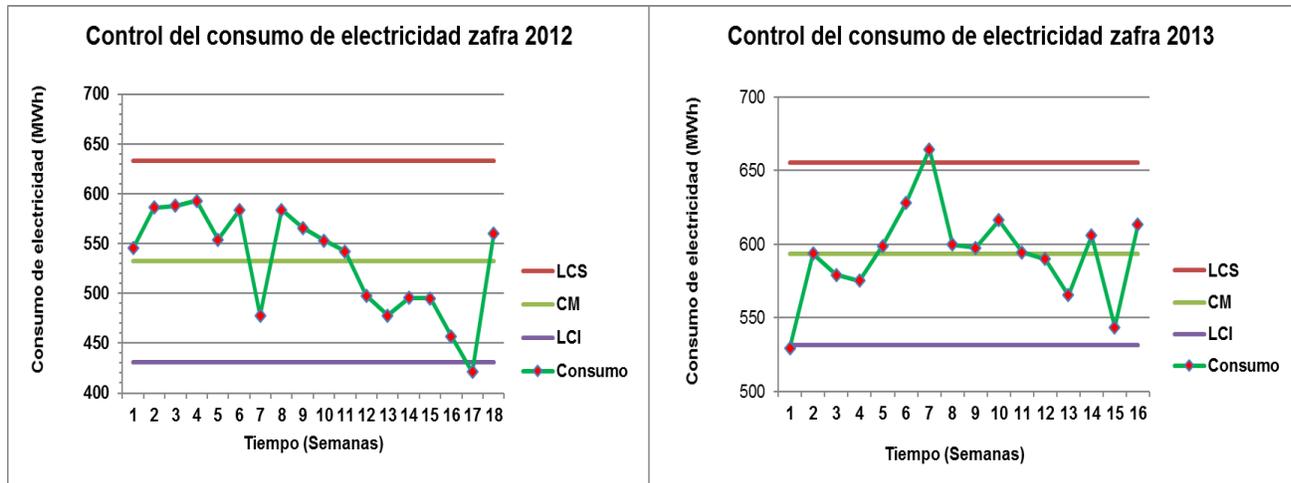


Figura 2.12. Gráficos de control del consumo de electricidad por semanas de las zafras 2012 y 2013.

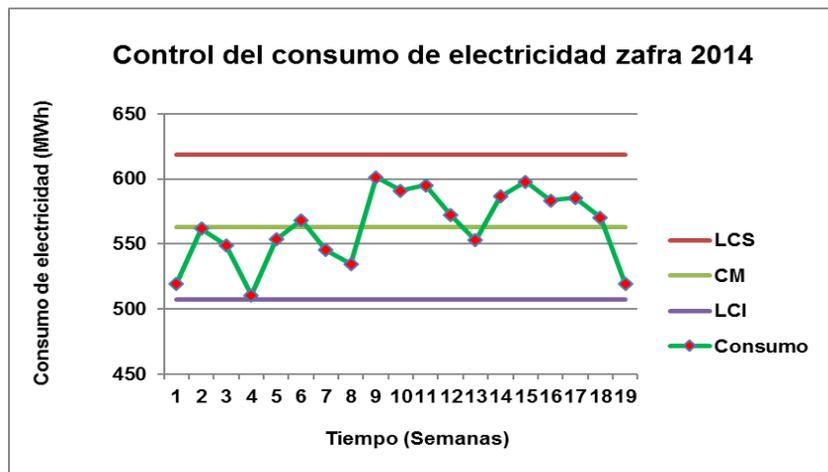


Figura 2.13. Gráfico de control del consumo de electricidad por semanas de la zafra 2014.

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

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

Según la campana de Gauss las desviaciones superiores aceptables son tres veces la desviación estándar del valor medio o menos. En este caso se utilizó el valor límite de dos veces del valor de

la desviación estándar del valor medio. En los gráficos de las Figuras 2.10, y 2.11 se observa que solo existen alteraciones en la caña molida durante la semana 15 de la zafra, por debajo del (LCI), comportándose dentro de los (LCS) y (LCI) respectivamente el resto de las semanas. En los gráficos de las Figuras 2.12 y 2.13 se observa que las alteraciones en el consumo de electricidad se producen en la semana 17 de la zafra 2012 fuera del (LCI) y las semanas 1 y 7 de la zafra 2013, fuera de los (LCI) y (LCS) respectivamente, comportándose dentro de los (LCS) y (LCI) el resto de las semanas de las tres zafras en análisis.

$$\text{LCS} = \bar{x} + 2\alpha$$

$$\text{LCI} = \bar{x} - 2\alpha$$

Donde: \bar{x} - es el promedio

α - es la desviación estándar

Esto quiere decir que el 95.4 % como mínimo de los valores tomados en una desviación normal están cerca o debajo del valor medio y la dispersión de valores son mínimos. Los valores de los promedios, desviaciones, límites de control superior y límites de control inferior se encuentran en la Tabla 2.10 en el Anexo 5.

2.6.5. Gráficos de Índice de Consumo de electricidad (IC) vs caña molida.

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

El Índice de consumo I.C= E/P

Donde $E = m \cdot P + E_0$, donde P representa la producción actual.

Cada año analizado tiene su propia ecuación $E = m \cdot P + E_0$, obtenidas de los gráficos de dispersión de cada zafra.

$$\text{I.C} = E/P$$

$$\text{I.C} = (m \cdot P + E_0) / P$$

$$\text{I.C} = (m \cdot P / P) + (E_0 / P)$$

$$\text{I.C} = m + E_0 / P$$

Para 2012: $E = 0.0125 \cdot P + 151.83$ ecuación (2.1)

$$\text{I.C} = 0.0125 + (151.83/P)$$
 ecuación (2.2)

Para 2013: $E = 0.0161 \cdot P + 285.5$ ecuación (2.3)

$$\text{I.C} = 0.0161 + (285.5/P)$$
 ecuación (2.4)

Para 2014 $E = 0.0162 \cdot P + 264.84$ ecuación (2.5)

$$\text{I.C} = 0.0162 + (264.84/P)$$
 ecuación (2.6)

La Tabla 2.9 del Anexo 5 muestra los valores de los índices de consumo de cada zafra utilizando las ecuaciones mencionadas previamente.

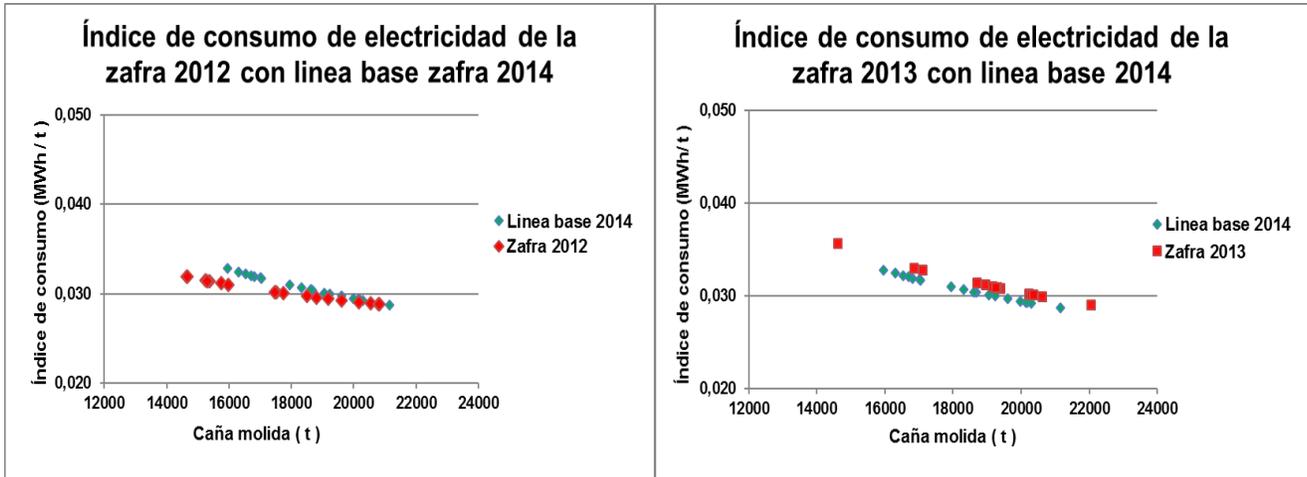


Figura 2.14. Gráfico de Índice de Consumo de electricidad vs caña molida por semanas de las zafras 2012 y 2013 con zafra base 2014.

Análisis de los gráficos de la Figura 2.14, los mismos presentan la correlación promedio del índice de consumo de las dos zafras analizadas. Como fue explicado anteriormente, la línea base está establecida por la ecuación de los índices de consumo de la zafra base 2014, están considerados como más eficientes que el comportamiento promedio base para un nivel de producción y viceversa. En las zafras 2012 existe tendencia a mejorar la eficiencia a medida que aumenta la producción, con respecto a la zafra 2014, no así en la zafra 2013, ya que el índice de consumo se encuentra por encima de la zafra base 2014.

2.6.6. Determinación del CUSUM, gráficos de tendencias del consumo de electricidad.

La ecuación que representa el año base 2014 (ecuación 2.5) guarda la mejor correlación en comparación con las ecuaciones de los otros años analizados y se tomó como referencia para la realización de la gráfica de tendencia de sumas acumulativas del consumo de electricidad.

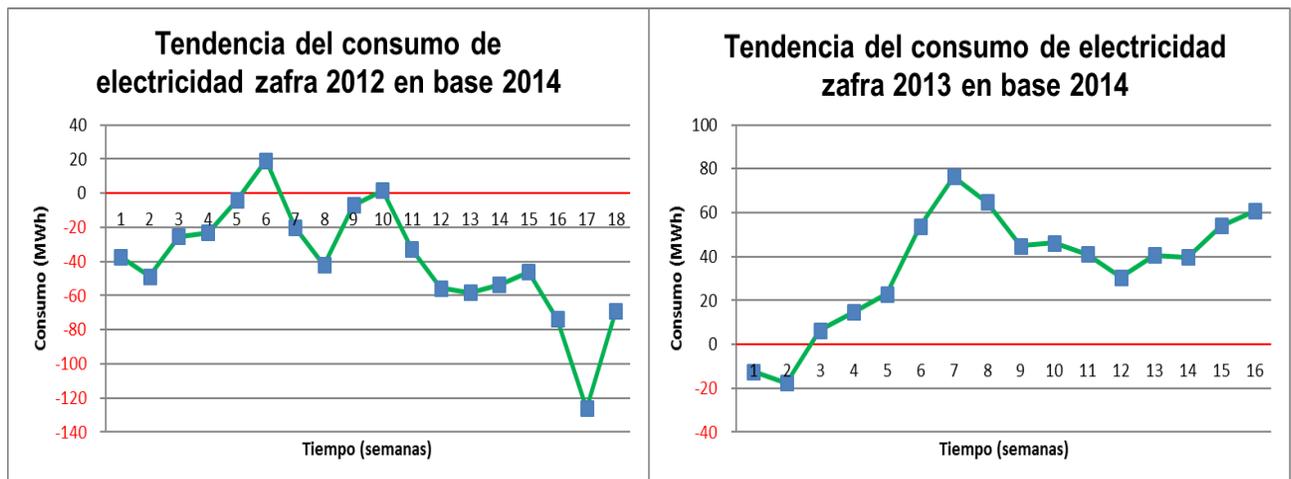


Figura 2.15. Gráfico de tendencias del consumo de electricidad por semanas de las zafras 2012 y 2013 en base 2014.

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

Las Figuras 2.15, muestra que durante las zafras 2012, con respecto al mismo periodo en la zafra 2014 como periodo base, disminuye el consumo de electricidad 69MWh, reduciendo la unidad sus costos con respecto al periodo base en \$24112.74, todo lo contrario durante la zafra 2013, es decir, hay un sobre consumo de electricidad con respecto al periodo de referencia, consumiendo 61MWh, en comparación con la zafra 2014. Incurriendo la unidad en un costo total de \$21317.06. Referido a tabla 2.21 en Anexo 6.

El sobre consumo de la zafra 2013 puede ser debido a varias causas, como las malas prácticas laborales, falta de instrumentos de mediciones, falta de capacitación de los trabajadores, falta de responsabilidad de la dirección de la unidad, falta de un procedimiento para la gestión energética, etc. Esta pérdida o sobre consumo de electricidad es más que evidencia para llegar a la conclusión de que hace falta la implementación de un sistema de monitoreo y control en el Central Azucarero 14 de Julio, utilizando la ISO 50001. Los valores de los gráficos CUSUM se encuentran en las Tablas 2.11 y 2.12 del Anexo 5.

2.7. Comportamiento histórico del consumo de bagazo vs caña molida y en la producción de electricidad por semanas durante las zafras 2012 - 2014.

2.7.1. Consumo de bagazo vs caña molida por semanas durante las zafras 2012 - 2014.

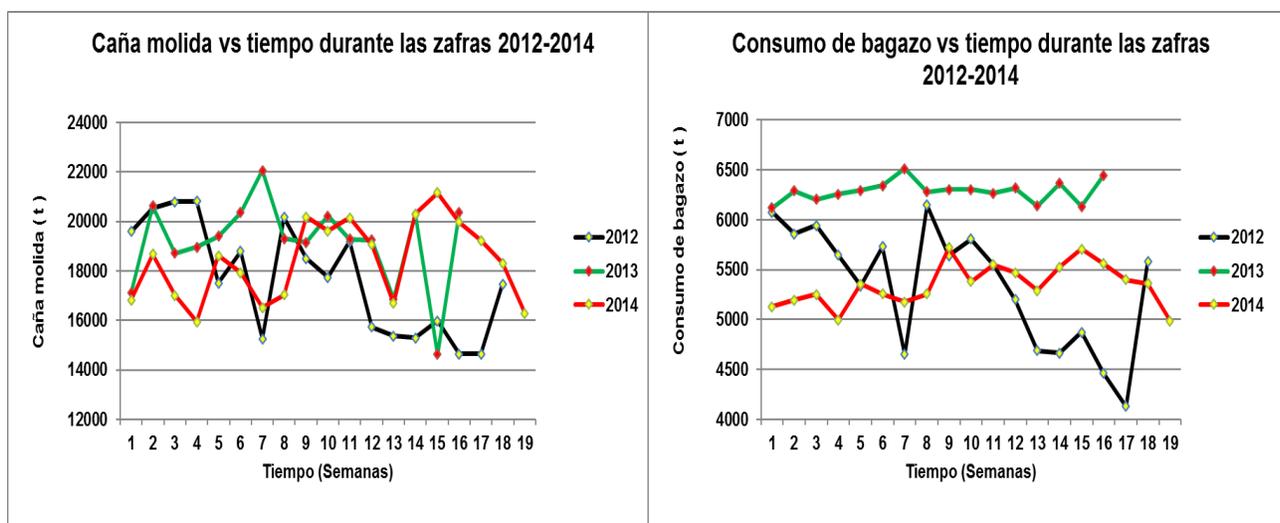


Figura 2.16. Gráficos de la caña molida y el consumo de bagazo por semanas durante las zafras 2012-2014.

La Figura 2.16, muestra el comportamiento histórico de la caña molida y el consumo de bagazo durante las zafras 2012-2014. Encontrándose sus valores en la Tabla 2.13, Anexo 6.

2.7.1.1. Gráficos de consumo de bagazo vs caña molida.

A continuación, se presentan una serie de gráficos, en los que se demuestra el comportamiento energético del central durante estas cuatro zafras 2012-2014.

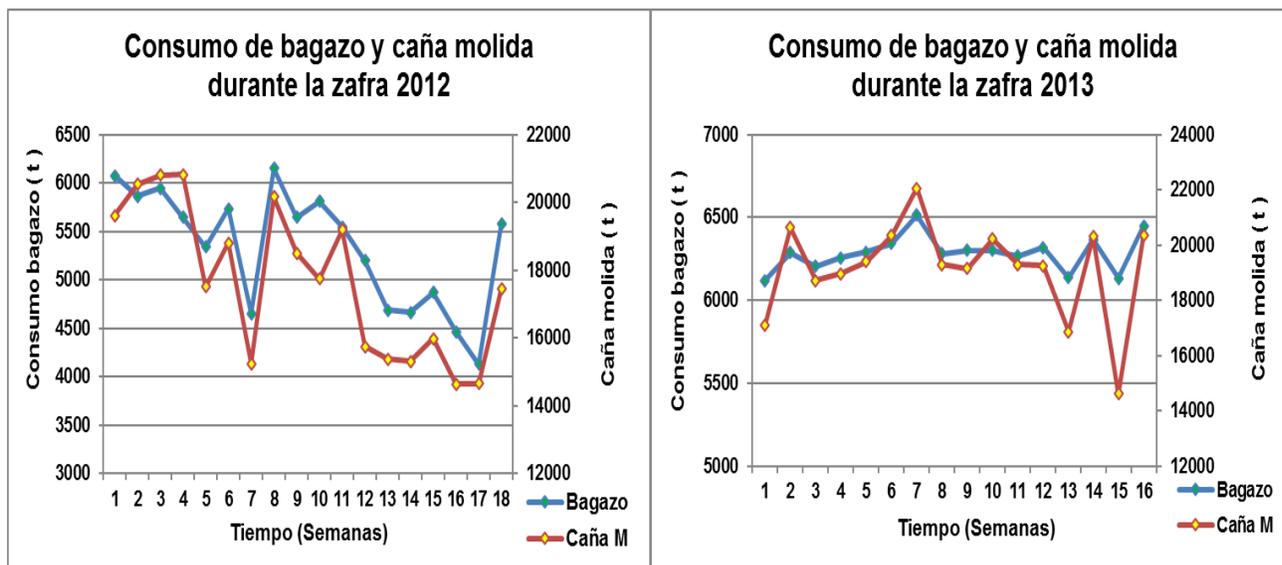


Figura 2.17. Gráficos de la caña molida y el consumo de bagazo por semanas (P-CM vs T), zafras 2012-2013.

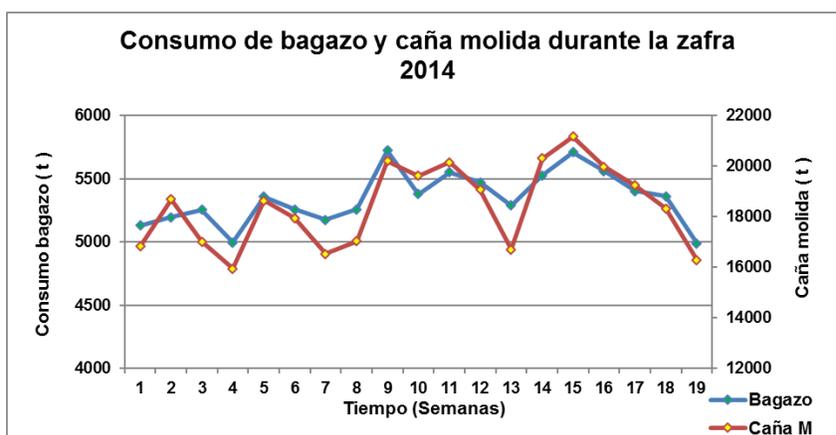


Figura 2.18. Gráfico de caña molida y el consumo de bagazo por semanas (B-CM vs T), zafra 2014.

Las Figuras 2.17 y 2.18 muestran los gráficos con la variación simultánea del consumo de bagazo y la caña molida en el tiempo, en estos casos la relación tiene un comportamiento normal. Para comprender más este gráfico es necesario saber que generalmente debe ocurrir que un incremento de la caña molida da lugar a un incremento del consumo de energía asociada al proceso y viceversa.

Como se muestra en las figuras anteriores el comportamiento de la caña molida y el consumo de biocombustible (bagazo) en el período 2012-2014 es considerado normal, encontrándose los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos en las Tablas 2.14, 2.15 y 2.16 del Anexo 6.

2.7.1.2. Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación - dispersión del consumo de bagazo vs caña molida.

En las siguientes Figuras 2.19 y 2.20 se muestra el comportamiento del consumo de biocombustible (bagazo) vs caña molida en un gráfico de correlación en igual período que las anteriores zafras (2012-2014).

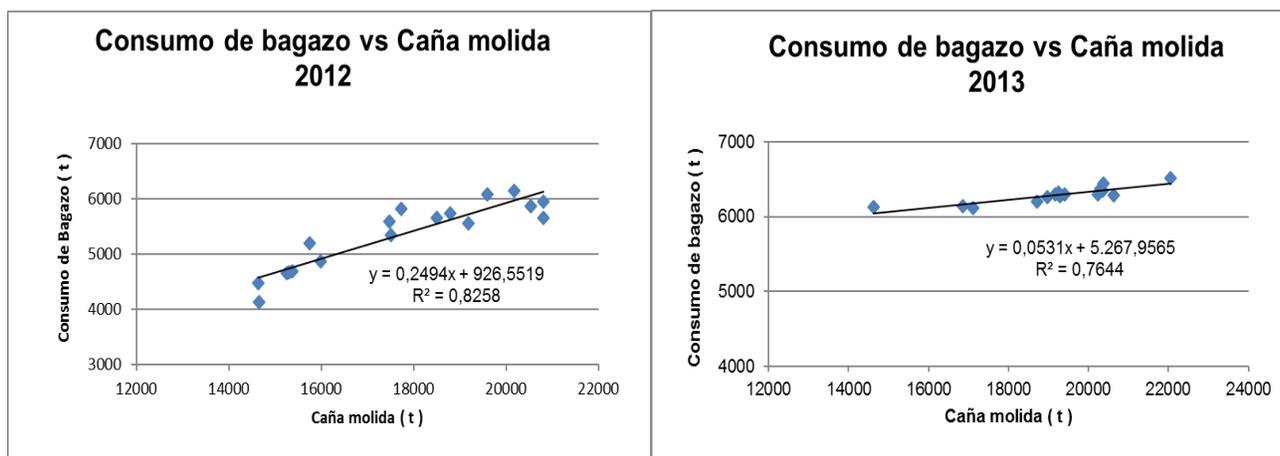


Figura 2.19. Gráficos de correlación del consumo de bagazo y la caña molida por semanas de las zafras 2012 y 2013.

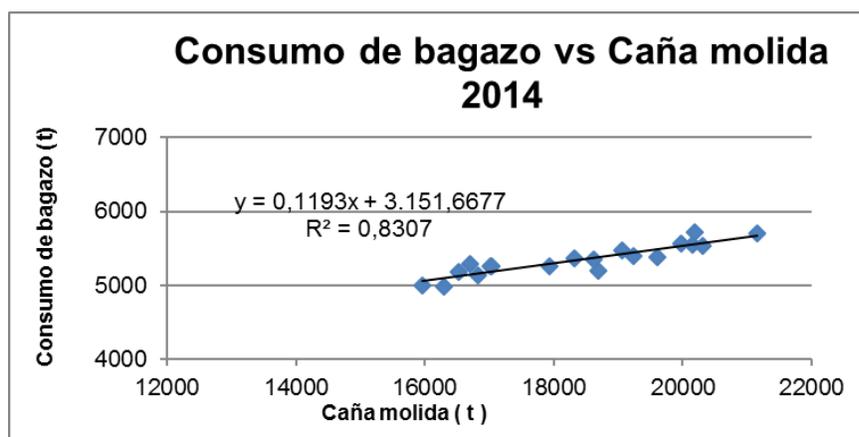


Figura 2.20. Gráficos de correlación del consumo de bagazo y la caña molida por semanas de las zafras 2014.

Las Figuras 2.19 y 2.20 en sus respectivos gráficos se muestran las ecuaciones obtenidas y sus valores de coeficientes de determinación, R^2 observándose en ellos que los grados de correlación son excelentes pues tienen una R^2 mayor que 0,75 durante las zafras 2012-2014, con valores del coeficiente de determinación R^2 de 0.8258, 0.7644 y 0.8307 respectivamente, por lo que se debe

tratar que se mantengan o sean superados. En el Anexo 6, la Tabla 2.13 muestra los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos.

En este tipo de gráfico es considerado el valor de la energía no asociada a la producción entre las cuales podemos mencionar:

- ✓ Consumo durante el proceso de arranque de las calderas.
- ✓ Fugas de vapor.
- ✓ Alto flujo de purgas.

Como anteriormente se ha mencionado, la zafra 2014 fue tomada como periodo base por su comportamiento uniformemente estable, basada esta conclusión en los gráficos de dispersión los cuales muestran que la zafra 2014 tiene un coeficiente de determinación más alto que las zafras 2012 y 2013.

2.7.1.3. Gráficos de control del consumo de bagazo durante las zafras 2012-2014.

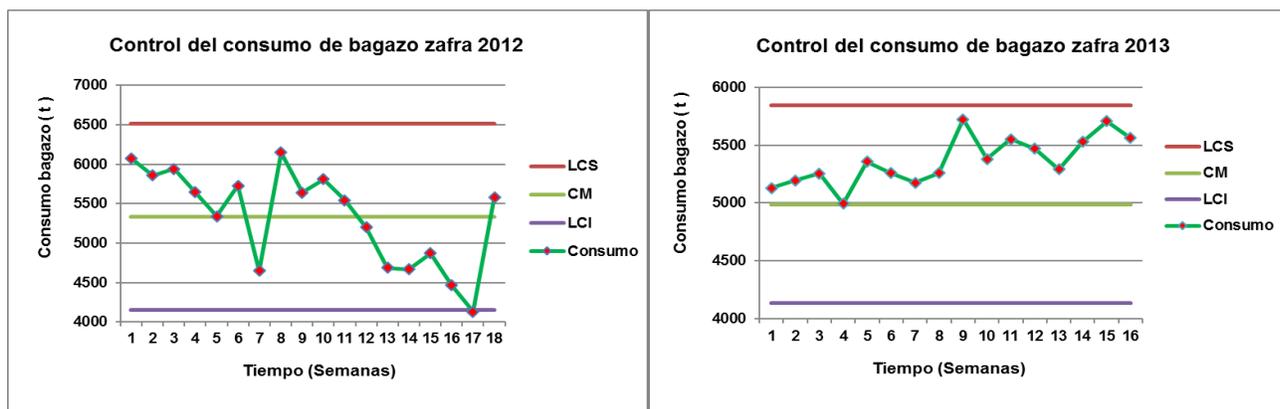


Figura 2.21. Gráficos de control del consumo de bagazo por semanas durante las zafras 2012-2013.

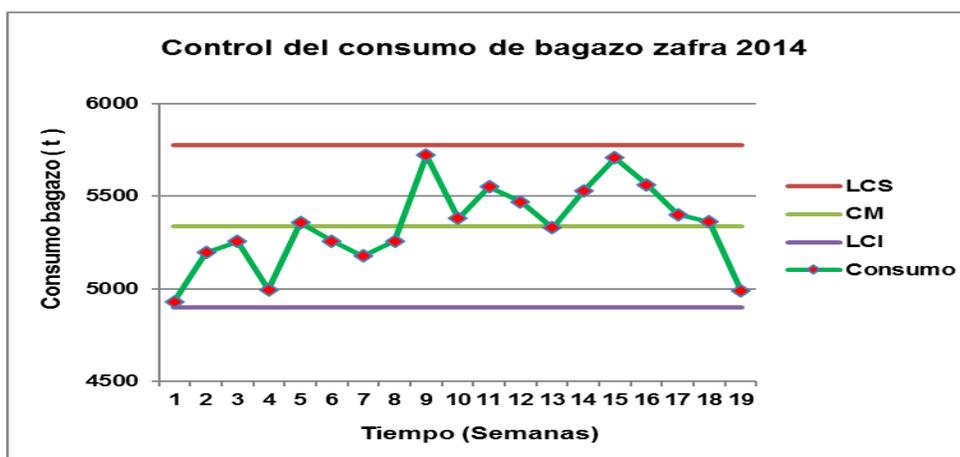


Figura 2.22. Gráficos de control del consumo de bagazo por semanas durante las zafras 2014-2015.

En los gráficos de las Figuras 2.21 y 2.22 se observa que el consumo de bagazo se encuentra fuera de los límites de control en la semana 17 de la zafra 2012, fuera del (LCI), en el resto de las semanas entre los límites establecidos en cada zafra respectivamente.

Los valores de los promedios, desviaciones, límites de control superior y límites de control inferior se encuentran en la Tabla 2.18 del Anexo 6.

2.7.1.4. Gráficos de Índice de Consumo de bagazo (I.C) vs Caña molida.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico de energía vs Caña molida (G vs. P) y la ecuación $G = m \cdot P + G_0$, con un nivel de correlación significativo ($R^2 > 0.75$).

El Índice de consumo $I.C = G/P$

Donde $G = m \cdot P + G_0$ y P es la producción actual.

Cada año analizado tiene su propio ecuación $G = m \cdot P + G_0$ y están sacadas de los gráficos de dispersión de cada año.

$$G = m \cdot P + G_0$$

$$I.C = G/P$$

$$I.C = (m \cdot P + G_0) / P$$

$$I.C = (m \cdot P / P) + (G_0 / P)$$

$$I.C = m + G_0 / P$$

Para 2012: $G = 0.2494 \cdot P + 926.5519$ ecuación (2.7)

$I.C = 0.2494 + (926.5519/P)$ ecuación (2.8)

Para 2013: $G = 0.0531 \cdot P + 5267.9565$ ecuación (2.9)

$I.C = 0.0531 + (5267.9565/P)$ ecuación (2.10)

Para 2014: $G = 0.1193 \cdot P + 3151.6677$ ecuación (2.11)

$I.C = 0.1193 + (3151.6677/P)$ ecuación (2.12)

La Tabla 2.17 del Anexo 6 muestra los valores de los índices de consumo de cada zafra utilizando las ecuaciones mencionadas previamente.

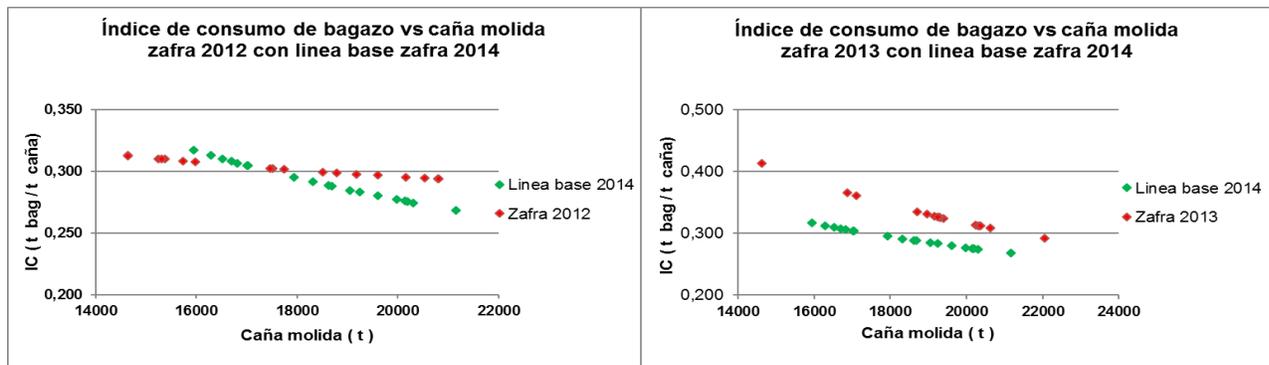


Figura 2.23. Gráficos de Índice de Consumo de bagazo vs caña molida por semanas de las zafras 2012 y 2013 con línea base zafra 2014.

Analizando los gráficos de las Figuras 2.23, se puede apreciar que la eficiencia durante la zafra 2012 y 2013 es inferior con relación a la zafra base 2014, donde se refleja un aumento en el consumo del portador energético, resultando la zafra de 2014 la más eficiente energéticamente. En el Anexo 6, la Tabla 2.17 muestra los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos.

2.7.1.5. Determinación del CUSUM, gráficos de tendencias de consumo de bagazo.

La ecuación que representa la zafra 2014 (ecuación 2.11) guarda la mejor correlación en comparación con las ecuaciones de las otras zafras analizadas por lo que se toma como referencia para la realización de las gráficas de tendencia de sumas acumulativas de consumo de bagazo.

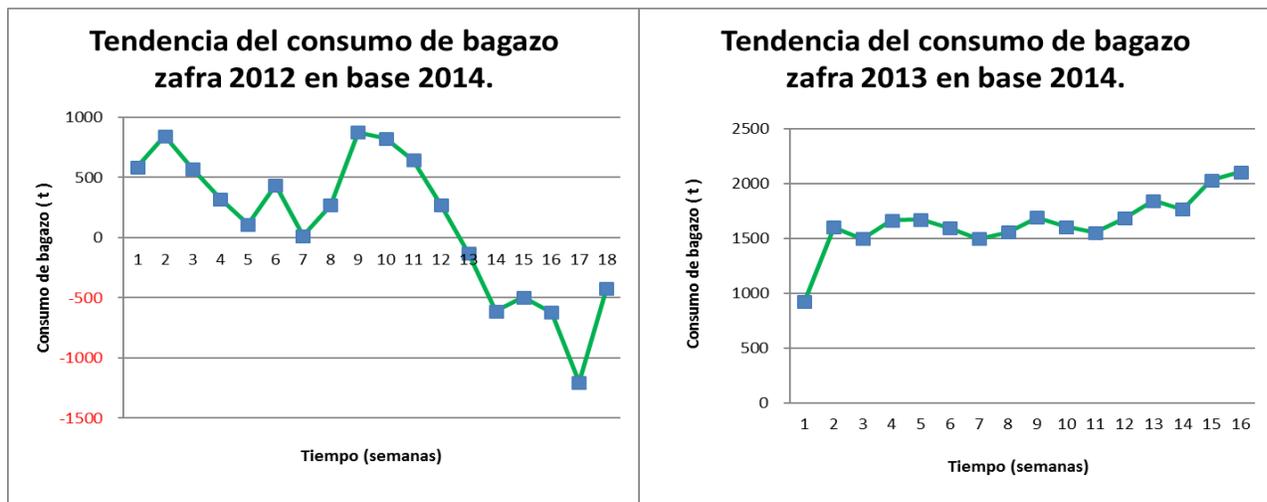


Figura 2.24. Gráficos de tendencia del consumo de bagazo por semanas durante las zafras 2012 y 2013 en base 2014.

La Figura 2.24 muestra en sus gráficos la tendencia del consumo de bagazo durante las zafras 2012 y 2013 en base a la zafra del 2014, observándose que la tendencia de consumo de bagazo de la zafra 2012 es favorable, eso significa una disminución del consumo de bagazo de 421Tn, representando una reducción en los costos de \$ 147122.66 en la producción de azúcar durante esta zafra en comparación con la zafra 2014, no así en la zafra 2013 en la que se incrementa el consumo de bagazo en 2104Tn, incrementando los costos en \$ 735263.84, los valores de CUSUM están representados en las Tablas 2.19 y 2.20 del Anexo 6. Los costos del consumo se determinan según Tabla 2.21 del Anexo 6.

2.7.2. Generación de electricidad y caña molida por semanas durante las zafras 2012 - 2014.

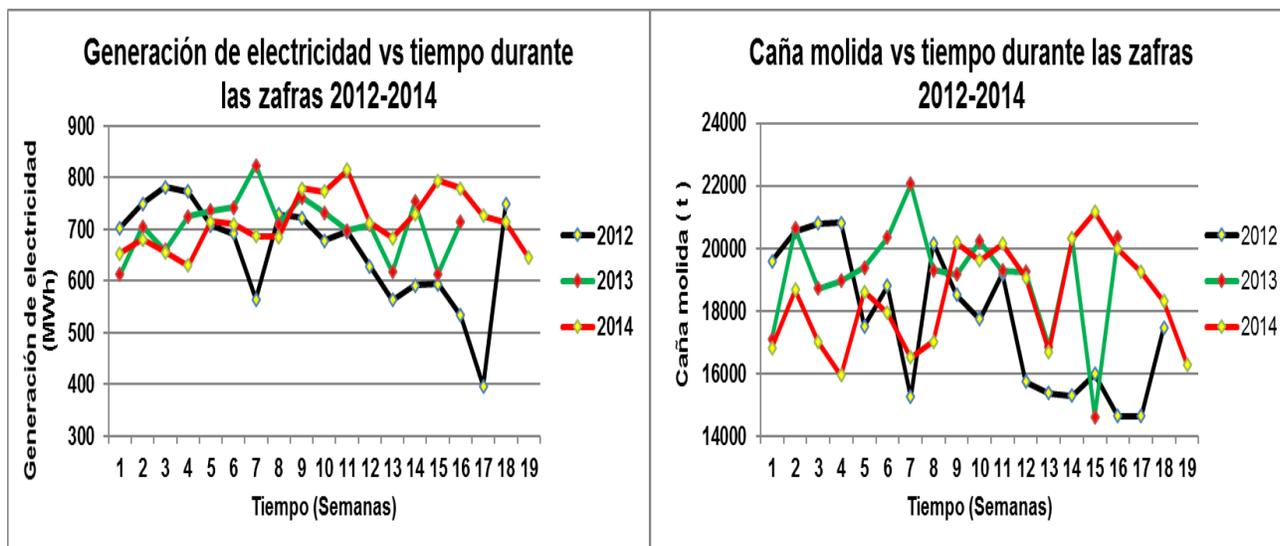


Figura 2.25. Gráficos de la generación de electricidad y la caña molida por semanas durante las zafras 2012-2014.

La Figura 2.25, muestra el comportamiento histórico de la generación de electricidad y la caña molida durante las zafras 2012-2014, encontrándose sus valores en la Tabla 2.22, Anexo 7.

2.7.2.1. Gráficos de generación de electricidad y caña molida.

A continuación, se presentan una serie de gráficos de control, en los que se muestra el comportamiento energético y la caña molida del central durante estas cuatro zafras 2012-2014.

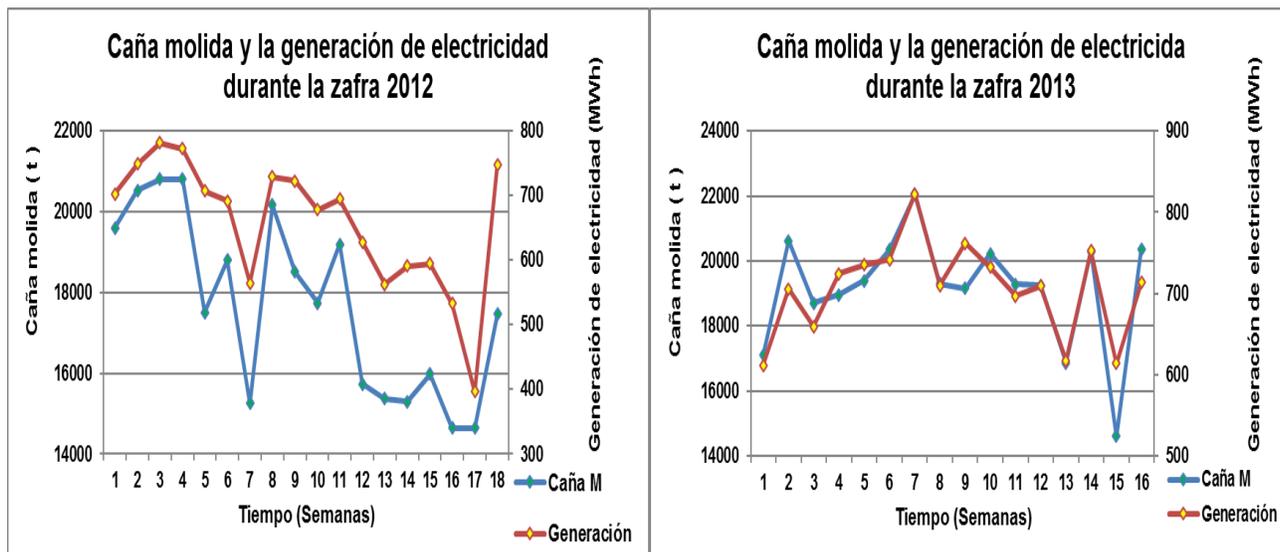


Figura 2.26. Gráficos de la generación de electricidad y caña molida por semanas (GE-CM vs T), zafras 2012-2013.

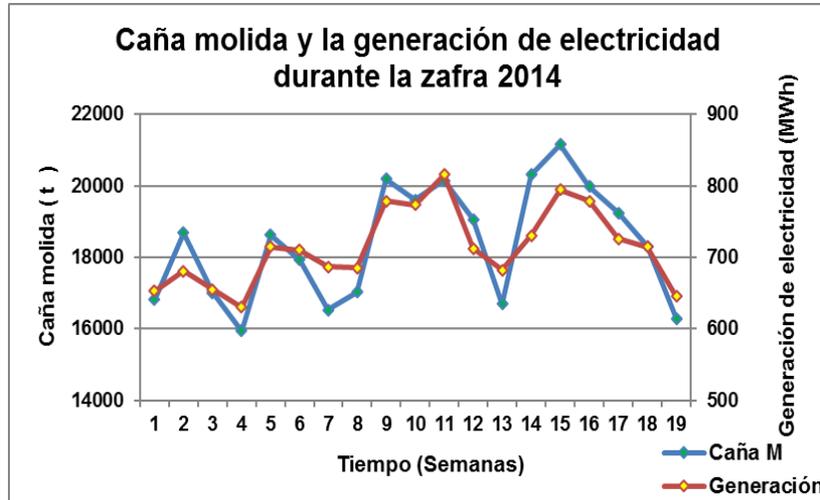


Figura 2.27. Gráfico de la genera de electricidad y la caña molida por semanas (GE-CM vs T), zafras 2014.

Las Figuras 2.26 y 2.27, muestran los gráficos con la variación simultánea de caña molida y la generación de electricidad realizada en el tiempo. Para comprender más este gráfico es necesario saber que generalmente debe ocurrir que un incremento de la caña molida da lugar a un incremento en la generación de electricidad asociada al proceso y viceversa.

Como se muestra en las figuras anteriores el comportamiento de la generación de electricidad y la caña molida en el período 2012-2014 es considerado normal, encontrándose los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos en las Tablas 2.23, 2.24 y 2.25 del Anexo 7.

2.7.2.2. Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación – dispersión de la generación de electricidad vs caña molida.

En las siguientes Figuras 2.28 y 2.29 se muestra el comportamiento de la caña molida vs generación de electricidad en un gráfico de correlación en igual período que las anteriores zafras (2012-2014).

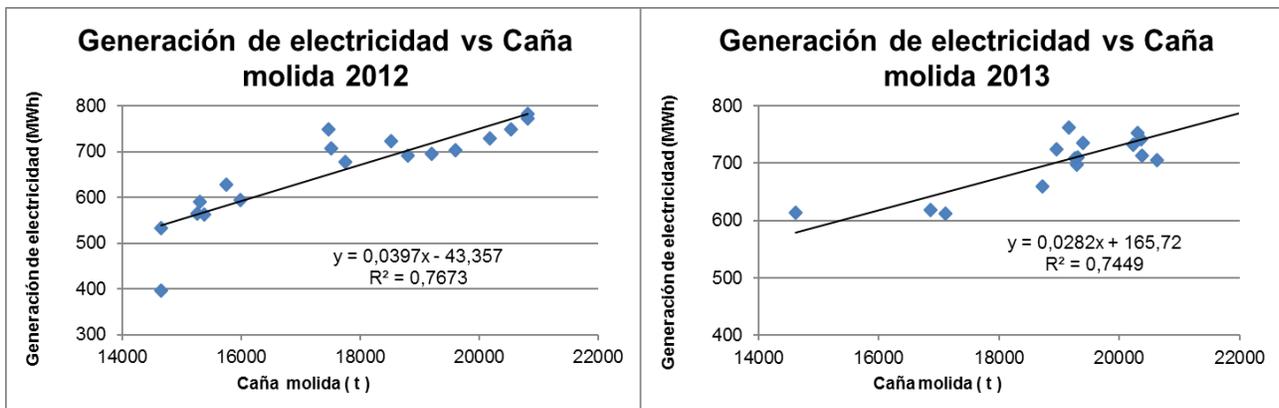


Figura 2.28. Gráficos de correlación de la caña molida y la generación de electricidad por semanas de las zafras 2012 y 2013.

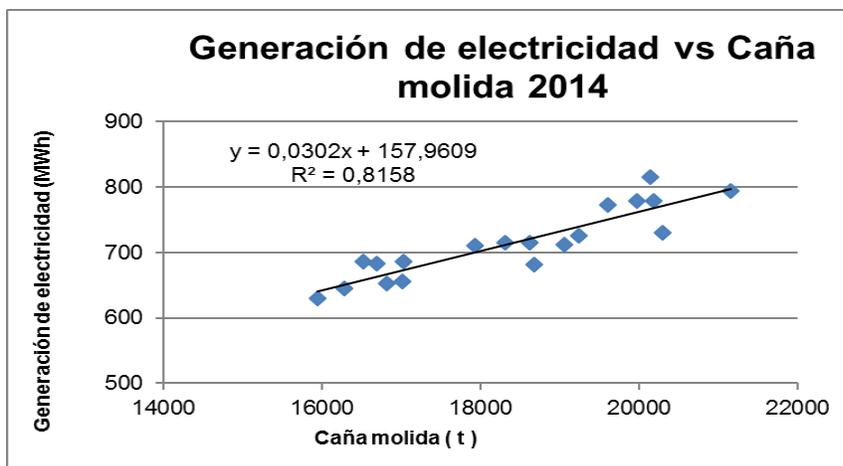


Figura 2.29. Gráficos de correlación de la caña molida y la generación de electricidad por semanas de la zafra 2014.

Las Figuras 2.28 y 2.29 en sus respectivos gráficos muestran las ecuaciones obtenidas y sus valores de coeficientes de determinación, R^2 observándose en ellos que los grados de correlación son excelentes pues tienen una R^2 mayor que 0,75 durante las zafras 2012 y 2014, con valores del coeficiente de determinación R^2 de 0.7673 y 0.88158 respectivamente, por lo que se debe tratar que se mantengan o sean superados. En el Anexo 7, la Tabla 2.22 muestra los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos.

Como anteriormente se ha mencionado, la zafra 2014 fue tomada como periodo base por su comportamiento uniformemente estable, basada esta conclusión en los gráficos de dispersión los cuales muestran que la zafra 2014 tiene un coeficiente de determinación más alto que las zafras 2012 y 2013.

2.7.2.3. Gráficos de control de la generación de electricidad durante las zafras 2012-2012.

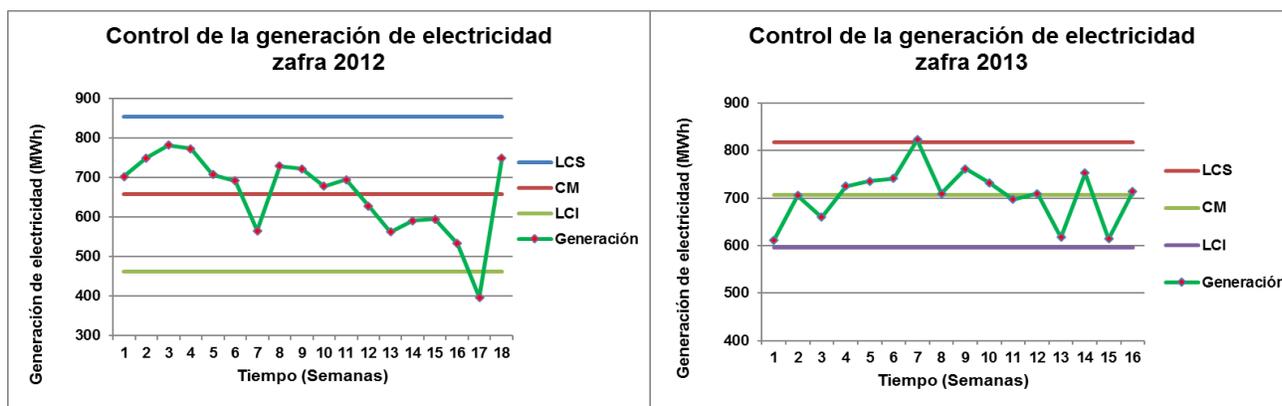


Figura 2.30. Gráficos de control de la generación de electricidad por semanas durante las zafras 2012-2013.

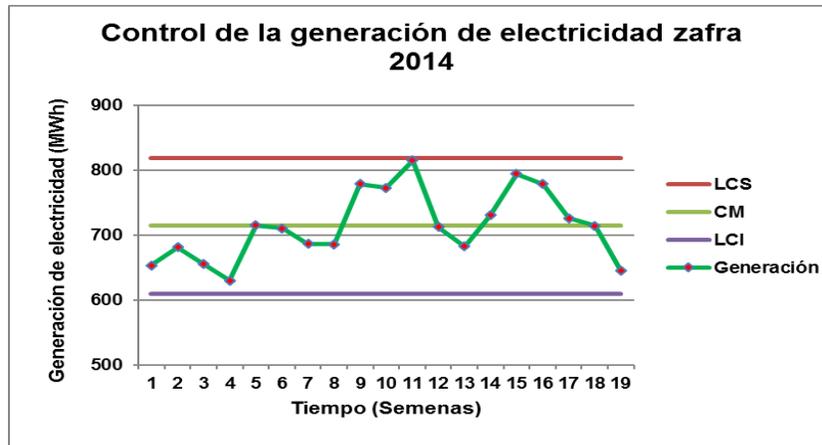


Figura 2.31. Gráfico de control de la generación de electricidad por semanas durante la zafra 2014. En los gráficos de las Figuras 2.30 y 2.31 se observa que la generación de electricidad se encuentra fuera de los límites de control en la semana 17 de la zafra 2012 y en la semana 7 de la zafra 2013, en el primer caso fuera del (LCI) y en el segundo del LCS, en el resto de las semanas; así como en la zafra 2014 entre los límites establecidos respectivamente.

Los valores de los promedios, desviaciones, límites de control superior y límites de control inferior se encuentran en la Tabla 2.27 del Anexo 7.

2.7.2.4. Gráficos de índice de generación de electricidad (I.G) vs caña molida.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico de energía vs caña molida (GE vs. CM) y la ecuación $G = m \cdot P + G_0$, con un nivel de correlación significativo ($R^2 > 0.75$).

El Índice de generación $I.G = G/P$

Donde $G = m \cdot P + G_0$ y P es la producción actual.

Cada año analizado tiene su propia ecuación $G = m \cdot P + G_0$ y están sacadas de los gráficos de dispersión de cada año.

$$G = m \cdot P + G_0$$

$$I.G = G/P$$

$$I.G = (m \cdot P + G_0) / P$$

$$I.G = (m \cdot P / P) + (G_0 / P)$$

$$I.G = m + G_0 / P$$

Para 2012: $G = 0.0397 \cdot P - 43.357$ ecuación (2.13)

$I.G = 0.0397 - (43.357/P)$ ecuación (2.14)

Para 2013: $G = 0.0282 \cdot P + 165.72$ ecuación (2.15)

$I.G = 0.0282 + (165.72/P)$ ecuación (2.16)

Para 2014: $G = 0.0302 \cdot P + 157.9609$ ecuación (2.17)

$I.G = 0.0302 + (157.9609/P)$ ecuación (2.18)

La Tabla 2.26 del Anexo 7 muestra los valores de los índices de generación de cada zafra utilizando las ecuaciones mencionadas previamente.

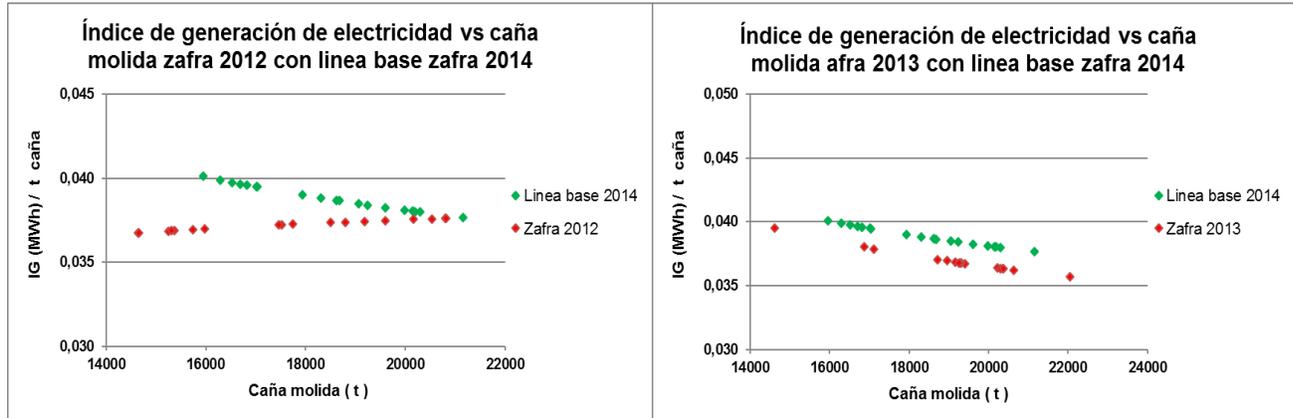


Figura 2.32. Gráficos de Índice de Generación vs caña molida por semanas de las zafras 2012 y 2013 con línea base zafra 2014.

Analizando los gráficos de la Figura 2.32, se puede apreciar que la eficiencia durante las zafras 2012 y 2013 es inferior con relación a la zafra base, resultando la zafra de 2014 más eficiente energéticamente que las zafras 2012 y 2013.

2.7.2.5. Determinación del CUSUM, gráficos de tendencias de generación de electricidad.

La ecuación que representa la zafra 2014 (ecuación 17) guarda la mejor correlación en comparación con las ecuaciones de las otras zafras analizadas por lo que se toma como referencia para la realización de las gráficas de tendencia de sumas acumulativas en la generación de electricidad.

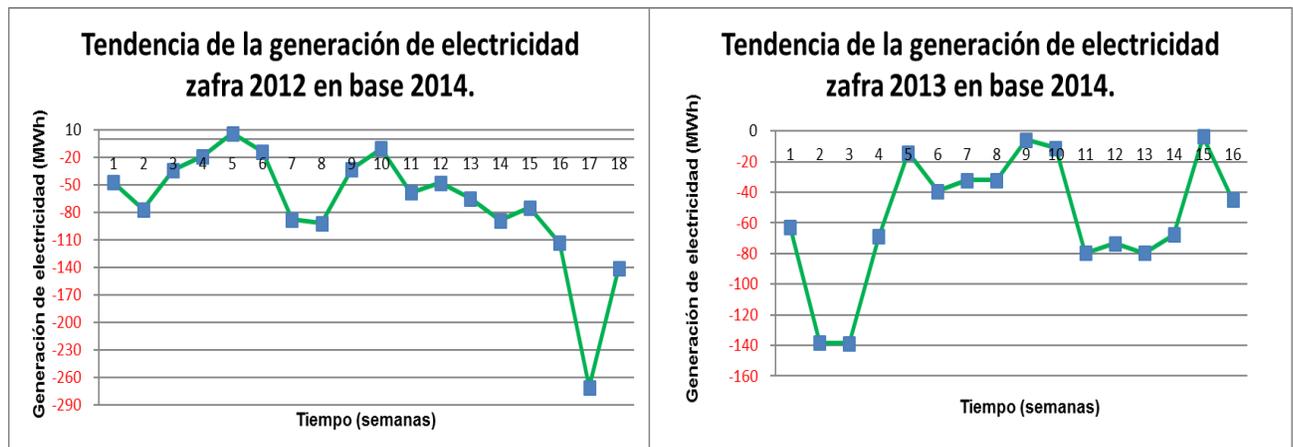


Figura 2.33. Gráficos de tendencia de la generación de electricidad por semanas durante las zafras 2012 y 2013 en base 2014.

La Figura 2.33 muestran en sus gráficos la tendencia de la generación de electricidad durante las zafras 2012–2014 en base zafra del 2014, observándose que la tendencia de la generación eléctrica de 2012 y 2013 es desfavorable, (toda negativa), eso significa una disminución en la

generación con respecto a la zafra base de 141 MWh y 45 MWh, representando una reducción en los ingresos de \$ 312545.51, no así en la zafra 2015 en la que se incrementa la generación en 7 MWh, incrementando los ingresos en \$ 93274.51, los valores de CUSUM están representados en las Tablas 2.28 y 2.29 del Anexo 7. Los Ingresos por concepto de generación de electricidad se determinan según Tabla 2.21 del Anexo 6.

2.8. Oportunidades de Ahorro.

En la caracterización energética se emplearon diversas técnicas como son (la observación, entrevistas al personal de mayor experiencia y la revisión documental); además se realizaron mediciones en los equipos mayores consumidores de energía por áreas, usando para dicho fin un analizador de redes. Una vez concluida la caracterización se aprecian oportunidades de ahorros en:

1. Área de generación de vapor

- ✓ Control de la combustión y regulación de exceso de aire.
- ✓ Recuperación de condensado superior al 60 % actual.
- ✓ Establecimiento de régimen adecuado de purgas.
- ✓ Garantizar la adecuada insulación de tuberías y otros accesorios.
- ✓ Redimensionamiento de tubería de vapor sobrecalentado a turbogeneradores.
- ✓ Instalación del sistema de condensado presurizado.
- ✓ Instalación de un deareador.
- ✓ Aumento de capacidad y mecanización de la casa de bagazo.
- ✓ Sustitución de la conductora de abasto de agua al central.

2. Sistemas eléctricos

- ✓ Realizar estudio de iluminación en áreas productivas y de servicios.
- ✓ Cambio de lámparas tradicionales por lámparas eficientes.
- ✓ Control automático de iluminación para periodos no productivos.
- ✓ Control de la eficiencia de los motores rebobinados.
- ✓ Disminución del tiempo de funcionamiento de los motores en vacío.
- ✓ Redimensionamiento de motores eléctricos.
- ✓ Sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia.
- ✓ Instalación de bancos de capacitores para corregir el factor de potencia.
- ✓ Aumento de la capacidad de los transformadores de la sub-estación de enlace.

2.9. Conclusiones parciales.

1. El bagazo y la energía eléctrica son los principales portadores energéticos identificados en la caracterización de la unidad objeto de estudio, representando estos la mayor incidencia en su ficha de costo.
2. Se proponen como indicadores de desempeño energéticos a la unidad objeto de estudio, (el consumo de bagazo por toneladas de caña molida, consumo de electricidad por toneladas de caña molida y la generación de electricidad por toneladas de caña molida).
3. Se establece como línea base la zafra 2014 por ser esta la de mejor comportamiento según los indicadores de desempeño energéticos analizados.
4. Los gráficos CUSUM, una de las nuevas herramientas empleadas, permiten la rápida detección de cambios pequeños en un indicador de desempeño energético y la toma oportuna de acciones preventivas, evitando la ocurrencia de no conformidades.
5. En la caracterización energética del central se detectaron valiosas oportunidades de ahorro en su sistema electro energético.

Capítulo 3. Propuesta de implementación de la norma ISO 50001 a la unidad objeto de estudio.

El presente capítulo tiene como objetivo establecer los elementos de integración del sistema de gestión energética al sistema de gestión del Central Azucarero 14 de Julio, partiendo del procedimiento descrito en la Figura 3.1, Anexo 8, como se puede apreciar para llevar a efecto la implementación de la Norma ISO 50001 en el central se parte de tres fases cada una de ellas con sus pasos, explicándose a continuación sus fases y pasos.

3.1. Descripción del Procedimiento.

3.1.1. Fase I. Preparatoria inicial del estudio.

Esta fase se desarrolló en 7 pasos fundamentalmente, los cuales se explican a continuación:

En esta fase, todo el procedimiento para la implementación de la Norma ISO 50001 fue cuidadosamente planeado. Desarrollándose en la fase de planeación los siguientes pasos:

3.1.1.1. Paso 1. Definición de los objetivos del procedimiento.

Se debe definir el objetivo o (los objetivos) que se pretende alcanzar con el procedimiento. Como se analizó anteriormente, un procedimiento de este tipo puede tener numerosas finalidades y objetivos, definiéndose como objetivos: lograr un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, a mejorar la competitividad y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales.

3.1.1.2. Paso 2. Definición de las áreas que serán objeto de análisis para realizar el procedimiento.

Antes de iniciar el procedimiento, resulta de vital importancia, determinar las áreas que van a ser analizadas, ya que, de ellas, dependerán las técnicas y métodos a utilizar.

En correspondencia con lo anterior y tomando como base el diagnóstico a realizar al central se determinó comenzar este estudio, específicamente en las áreas de (basculador y tándem, generación de vapor, fabricación, planta eléctrica, taller de maquinado y almacén de azúcar), por considerarse estas las de mayor peso energético del central.

3.1.1.3. Paso 3. Explicación a la alta dirección de los objetivos del procedimiento.

En este paso se realizó una sesión de trabajo con el consejo de dirección del central donde se les explicó a sus miembros los objetivos del procedimiento, las ventajas que reportaría al mismo y se les impartió además una panorámica general acerca del tema.

3.1.1.4. Paso 4. Selección del personal que va a realizar el estudio. Creación de la comisión energética.

Una cuestión que habrá que resolver en todos los casos en que se lleve a cabo este tipo de procedimiento es la de ¿quién contribuirá a lograr un mejor desempeño energético por área en el central? Pueden adoptarse diversas soluciones: el ocupante del puesto, su jefe inmediato

superior, un especialista del departamento técnico, un consultor externo, la comisión energética o una combinación de varios.

Cada opción tiene, evidentemente, sus ventajas y sus inconvenientes: el ocupante del puesto y su jefe inmediato superior conocen muy bien el área o puesto, pero no están familiarizados con la redacción para la información de (gestión energética) y probablemente, serán poco objetivos en la selección y transcripción de la información.

Con el consultor externo puede ocurrir justamente lo contrario. Lo más habitual suele ser acudir a algún especialista del grupo técnico y a un consultor externo para formar y entrenar al personal del propio central, en caso de ser necesario, apoyarse en los ocupantes de los puestos de trabajo. De esta forma, se aprovecha la experiencia y el conocimiento de los consultores internos y se evitan los costos que supone contratar a uno o varios consultores externos para llevar a cabo todo este procedimiento.

Este procedimiento se realizó por un equipo multidisciplinario (comisión energética), el cual está integrado por diversos especialistas del grupo técnico y dirección del Central Azucarero 14 de Julio.

La comisión energética fue seleccionada utilizando los siguientes criterios: (Cuesta, S. A, 2006).

- ✓ Experiencia y calificación profesional en la actividad que desempeña.
- ✓ Conocimiento profundo del puesto.
- ✓ 5 o más años de experiencia en la actividad.
- ✓ 5 o más años de experiencia en el central.

Una vez definidos los criterios de selección de la comisión energética se procedió al cálculo del tamaño de la muestra. Para el efectivo desarrollo de este paso primeramente se decidió la proporción del error deseado al realizar la inferencia con los (n) expertos (p), el nivel de precisión (i) y el nivel de confianza que se desee tomar. Seguidamente se pasa a calcular el tamaño de la muestra de expertos, auxiliándose de la fórmula que a continuación se expone:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad \text{ecuación (3.1)}$$

Donde:

K = Depende del nivel de confianza y adopta:

Cuando $1-\alpha=95\%$ un valor de $K = 2,6896$

$P = 0.05$.

$i \leq 0,12$

$i = 0,11984$

Sustituyendo en la fórmula:

$$n = \frac{0.05 (1 - 0.05) 2.6896}{(0.11984)^2} = 9$$

n = 9 expertos (comisión energética).

Después de realizado el cálculo se definió el número de expertos (9), (comisión energética) por cargos, años de experiencia y nivel de preparación. Ver Tabla 3.1 del Anexo 9.

3.1.1.5. Paso 5. Selección de los métodos para el registro de la información necesaria para el procedimiento y preparación del material de trabajo para el mismo.

En este paso, según la naturaleza y las características de los portadores energéticos que deben ser analizados, se seleccionan los métodos de análisis más adecuados.

En definitiva, no existe un método mejor o peor que los demás. Se suelen utilizar métodos mixtos, debido a que la combinación de varios métodos, brinda la posibilidad de atenuar los inconvenientes que se presentan al aplicar cada método de forma independiente.

Se utiliza para registrar la información la metodología para el establecimiento y seguimiento del indicador de eficiencia energética, auxiliándose de las siguientes herramientas: Gráficos de Pareto (Estructura de consumo de portadores energéticos), Gráficos de Consumo y Producción (Análisis de consumo y producción), Gráficos de Correlación-dispersión (ecuaciones y coeficientes de determinación R²), Gráficos de Índice de Consumo (Línea base), Gráficos de Control (producción y consumo), Gráficos de tendencia CUSUM (Consumo de electricidad y bagazo), entrevista, observación, dinámicas de grupo y el método de expertos (Delphi).

Además, en este paso se preparó todo aquello que iba a ser necesario para lograr los objetivos del procedimiento. Se definió además el contenido del método seleccionado para registrar la información necesaria. En el caso del método de expertos se planificó bien cada ronda y la forma de realizar el mismo.

3.1.1.6. Paso 6. Entrenamiento al grupo de expertos (comisión energética) en gestión energética.

En este paso a todos los expertos (comisión energética) seleccionados se les dio un entrenamiento sobre el sistema de gestión energética, aportándoles en esencia las principales concepciones de la Norma ISO 50001, así como también la explicación del proceder del método a utilizar.

3.1.1.7. Paso 7. Explicación a los trabajadores sobre las particularidades de la norma a implementar.

Una vez cumplidos los pasos anteriores, se explicó a todo el personal involucrado, qué se iba a implementar la Norma ISO 50001 para contribuir con el sistema de gestión energética del central, con el objetivo de que todos estuvieran informados y tratar de obtener así, la máxima colaboración.

Como parte de este paso se realizan sesiones de trabajo (como se explicó anteriormente) con el consejo de dirección del central para comunicarle a todos los directivos los objetivos, el alcance y contenido del procedimiento que se iba a realizar, así como las principales características de éste. Luego como segunda parte de este paso, se realizaron sesiones de trabajo con el resto del personal del central para informarles las características de la norma, los objetivos que se perseguían con ésta, por lo que fue necesario dar pequeñas cápsulas de capacitación y lograr así la activa participación y motivación de los trabajadores en la misma.

3.1.2. Fase II. Diagnosticar la situación energética actual del central.

En esta fase se lleva a cabo, el diagnóstico energético del central, en el cual se desarrollaron los pasos siguientes:

3.1.2.1. Paso 1: Identificación y selección de los portadores energéticos.

Para la identificación de los principales portadores energéticos del Central Azucarero 14 de Julio, se lleva a efecto utilizando diagramas de Pareto, ya que es un gráfico especializado en barras que representa la información en orden descendente desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades de por ciento. Este diagrama es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20, que identifica el 20 % de los portadores energéticos que representan el 80 % del consumo energético total equivalente, mostrándose estos en las Figuras 2.3, 2.4 y 2.5 del capítulo 2. Por lo que son seleccionados el bagazo y la electricidad, ya que estos representan más del 99.92 % del consumo de todos los portadores energéticos.

3.1.2.2. Paso 2: Evaluar la situación energética.

3.1.2.3. Paso 3: Registrar la información.

Los pasos (2 y 3), Evaluar la situación energética y Registrar la información respectivamente son reflejados de forma simultánea en el capítulo 2 y en las tablas desde la 2.1 hasta la 2.42 de los Anexos 3, 4, 5 y 6 respectivamente.

En el paso 3 se registró toda la información necesaria, referida a los principales portadores energéticos de la UEB objeto de estudio, a partir de los métodos seleccionados, en función de los cuales se preparó todo el material de trabajo.

En la literatura consultada no se detectó un criterio unánime entre los autores para presentar estos resultados, existiendo una gran diversidad de criterios y formatos para estructurar la información registrada. Sin embargo, la mayor parte de los autores coinciden en clasificar la información en varias categorías. Teniendo en cuenta lo antes expuesto y dada la necesidad de garantizar que la presentación de la información contenida sobre los principales portadores energéticos de la UEB, esta fue determinada auxiliándose del grupo de expertos para llegar a una determinación más exacta de la misma.

3.1.3. Fase III: Ejecución y control.

➤ Objeto y campo de aplicación.

La implementación de un sistema de gestión de la energía, tal como se especifica en esta Norma Internacional, tiene por objeto la mejora del desempeño energético. Por lo tanto, esta norma se basa en la premisa de que la organización revisará y evaluará periódicamente su sistema de gestión de la energía para identificar oportunidades de mejora y su implementación, disponiendo de flexibilidad para implementar su SGEN, por ejemplo, la organización determina el ritmo de avance, la extensión y la duración del proceso de mejora continua. Además, puede tener en cuenta consideraciones económicas y de otra índole cuando determine el ritmo de avance, la extensión y la duración del proceso de mejora continua. (Norma ISO 50001, 2011).

Los conceptos de alcance y límites le dan flexibilidad a la organización para definir lo que se incluye en el SGEN.

➤ Referencias normativas.

Se citan algunas referencias normativas que contribuyen al sistema de gestión de la energía.

- ✓ Manual de aplicación del SGTEE.
- ✓ La Normalización y la Calidad.
- ✓ CEEMA. Gestión de Economía Energética
- ✓ Norma para la gestión de calidad ISO 9001. Referida por el central como 'Manual de Proceso y Calidad'.
- ✓ Norma para la gestión del medio ambiente ISO 14001.

➤ Ciclo de la Norma de Gestión Energética.

El seguimiento a los planes de implementación de la Norma de Gestión Energética será realizado, según la ISO 50001. El central primeramente establece una **Política** que es su compromiso para alcanzar una mejora en su desempeño energético. La **Planificación** conduce las actividades de un mejor desempeño energético que el central quiere **Implementar en sus operaciones**, como la competencia y formación, la comunicación, documentación, el diseño, la producción y la adquisición de servicios energéticos. La **Verificación** determina si el desempeño energético se sigue, se mide y se analiza según los intervalos planificados. La Revisión por la dirección revisa el sistema de gestión energética para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continua.

3.1.3.1. Paso 1: Implementación Norma ISO 50001.

Para el logro del mismo se toman como base los requisitos de la Norma ISO 50001: 2011 "Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso", y se les da respuesta mediante la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía al grado de adecuación de la documentación existente.

A través de esta norma se define la organización y funcionamiento de la Gestión Energética a la Unidad Empresarial de Base (UEB) Central Azucarero 14 de Julio con el objetivo de mejorar de forma continua su desempeño energético.

➤ **Requisitos del sistema de gestión de la energía.**

• **Requisitos generales.**

Según La Norma ISO 50001: 2011, la unidad debe:

- ✓ Establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGEN de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.
 - ✓ Definir y documentar el alcance y los límites de su SGEN.
 - ✓ Determinar cómo cumplirá los requisitos de esta Norma Internacional con el fin de lograr una mejora continua de su desempeño energético y de su SGEN.
- **Cumplimientos de los Requisitos de la Norma ISO 50001:2011.**
- ✓ La dirección del Central Azucarero 14 de Julio cumplirá con los requisitos establecidos por la Norma ISO 50001: 2011 para el desarrollo de su sistema de gestión energética, y determina cómo se satisfacen estos requisitos.
 - ✓ El alcance del SGEN se refiere al alcance de las actividades, instalaciones y decisiones que la unidad dirige a través de un sistema de gestión energética, el cual puede incluir varios límites. Estos últimos pueden ser físicos o de lugar y/o límites organizacionales definidos por una organización.

Los límites de la unidad inicialmente están establecidos en áreas de la fábrica bajo el control de la misma, como sigue:

- Basculador y tándem.
- Generación de vapor.
- Fabricación.
- Planta eléctrica.
- Taller de maquinado.
- Laboratorio.
- Almacén de azúcar.

Al revisar el alcance del sistema de gestión de la Calidad y medio ambiental de 14 de Julio, el cual aparece en los documentos ISO 9001: “Manual del Procesos y Calidad”, ISO 14001 “Sistema de Gestión Ambiental” respectivamente, se proponen que se les incluyan como normas aplicables a la norma ISO 50001: 2011.

Alcance: “El sistema será aplicado inicialmente a la producción de azúcar, destinada al consumo nacional y la exportación; así como a la producción de electricidad, destinada al auto-

abastecimiento y entrega al Sistema Electro energético Nacional (SEN). A las cuales son aplicables las normas ISO 9001 y 14001.”

Al incorporar el sistema de gestión energética al sistema de gestión de la Calidad y de Medio Ambiente del central 14 de Julio, el mismo tendrá como nuevo propósito, mejorar los resultados en la gestión energética.

- a) La dirección del Central Azucarero 14 de Julio establece, revisa periódicamente y perfecciona la política energética, base de todas las acciones de la gestión energética.

La política energética incluye:

- ✓ Definición de objetivos generales y alcance de la gestión energética.
- ✓ Establecimiento de metas.
- ✓ Elaboración del diagrama de flujo de energía y el protocolo de valoración (evaluación) energética.
- ✓ Definición de la estructura organizativa para la gestión energética, funciones y responsabilidades.
- ✓ Asignación de recursos humanos, responsabilidades y criterios para el uso de asesoría externa.
- ✓ Asignación de recursos financieros y provisión anual para la adopción de las medidas de ahorro energético y funcionamiento de la Comisión Energética.
- ✓ Definición de criterios financieros para las inversiones.
- ✓ Definición de bases y estrategia para el monitoreo y control energético.
- ✓ Definición de las instrucciones para el sistema de mantenimiento del central, así como su lista de chequeos por áreas.
- ✓ Proyección de las campañas y acciones de divulgación, sensibilización y capacitación del personal.
- ✓ Establecimiento de un esquema de motivación e incentivos.

➤ **Responsabilidad de la dirección.**

La alta dirección debe demostrar su compromiso de apoyar el SGE y de mejorar continuamente su eficacia.

• **El Director.**

- ✓ Es el máximo responsable de la gestión de energía en el Central 14 de Julio.
- ✓ Delega la responsabilidad ejecutiva de la organización y funcionamiento de la gestión de energía.
- ✓ El Director del central debe asegurar que la política energética:
 - Posibilite la mejora continua del sistema de gestión energética.
 - Cumpla con las normas internacionales vigentes con el cuidado del medio ambiente.

- Cumpla con las normas internacionales vigentes sobre el uso de los portadores energéticos.
- Ser el marco de referencia para la capacitación del personal y las labores investigativas del uso de los portadores energéticos.
- Defina los objetivos principales en cuanto al uso eficiente de los portadores energéticos.
- Exija el uso de los medios informáticos existentes en el central para la comunicación de los resultados locales y totales del uso de los portadores energéticos.
- Posibilite el uso de medios técnicos modernos y aptos para la medición y el control del uso de los portadores energéticos.
- Estimule la implantación de energías renovables.
- Estimule la participación del Fórum nacional e Internacional en la tarea de disminuir el consumo de portadores energéticos.

➤ **Representante de la dirección.**

La alta dirección debe designar un representante(s) de la dirección con las habilidades y competencia adecuadas, quien, independientemente de otras responsabilidades, tiene la responsabilidad y la autoridad del sistema de gestión energética.

Debe destacarse que el representante de la dirección puede ser actual, nuevo o contratado por la administración del central.

En 14 de Julio, para la designación del representante del SIG en materia de gestión energética, aprovechándose el marco de una reunión del Consejo de Dirección Ampliado, y como resultado de ello se aprueba que este sea el actual especialista en uso racional de la energía ya que dentro de sus funciones está la atención de la gestión energética en la unidad y ha demostrado tener las habilidades y competencias apropiadas. Teniendo en cuenta lo que establece al respecto la norma ISO 50001: 2011, el representante tendrá además la responsabilidad y autoridad para:

- ✓ Asegurarse de que el SGE en materia de gestión energética se establece, implementa, mantiene, y mejora continuamente de acuerdo con la norma ISO 50001: 2011.
- ✓ Identificar una o varias personas, autorizada por un nivel apropiado de dirección, para trabajar con él apoyándolo en las actividades de gestión energética (comisión energética).
- ✓ Informar a la alta dirección sobre el desempeño energético.
- ✓ Informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGE en materia de gestión energética.
- ✓ Asegurar que las planificaciones de las actividades de gestión energética estén diseñadas para apoyar la política de la unidad.
- ✓ Definir y comunicar a la comisión energética sus responsabilidades y autoridades con el fin de facilitar una gestión energética efectiva.

- ✓ Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar que tanto la operación como el control del SGEEn en materia de gestión energética sean efectivos.
- ✓ Promover la toma de conciencia de la política y objetivos energéticos a todos los niveles de la unidad.
- ✓ Logre el aumento continuo de la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.

➤ **Política energética.**

La política energética debe establecer el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético. La alta dirección debe definir la política energética de la unidad.

➤ **La Política energética del Central Azucarero 14 de Julio.**

La política energética es la que impulsa la implementación y mejora de un SGEEn, y el desempeño energético dentro de su alcance y límites. Puede ser un planteamiento breve que los miembros de la organización puedan fácilmente entender y aplicar a sus actividades de trabajo. La difusión de la misma puede ser usada como un impulso para dirigir el comportamiento organizacional de la unidad.

La política que posee la unidad en la actualidad está expresada en la Resolución N° 755/2005 del Ministro de Economía y Planificación y precisada por la Resolución N° 26/2003 del Ministro del Azúcar. “Política del Central Azucarero 14 de Julio.

Política: “Producir y comercializar azúcar de alta calidad para el mercado interno y la exportación, aportando energía eléctrica al sistema electro-energético nacional. Así como producir y comercializar mieles y alimento animal para el mercado interno”.

Esta política responde solamente al sistema de gestión de calidad como único sistema de gestión implantado en la unidad actualmente. Con el peso que lleva los gastos energéticos de casi 17% de los gastos totales empresariales, esta política no es apropiada a la naturaleza y magnitud de la organización porque no incluye su compromiso con el uso eficiente de los portadores energéticos, el agua y el medio ambiente.

Con la incorporación de la Norma ISO 50001: 2011 a la política establecida por la unidad anteriormente se hace una nueva propuesta para la política.

Política: “Producir y comercializar azúcar de alta calidad para el mercado interno y la exportación, aportando energía eléctrica al sistema electro-energético nacional, producir y comercializar mieles y alimento animal para el mercado interno; usando eficientemente los portadores energéticos y el agua, preservando el medio ambiente, elevando la capacitación de los trabajadores y mejorando la atención al hombre”.

➤ **Planificación energética.**

• **Generalidades.**

La unidad debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética. La planificación energética debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético.

La planificación energética debe incluir una revisión de las actividades de la unidad que puedan afectar su desempeño energético.

La planificación energética debe ser consistente con la política energética y dar lugar a actividades que mejoren continuamente su desempeño energético, mediante la revisión de las actividades de la unidad que puedan afectarlo, los cuales son mostrados en la Figura 1.20 del capítulo 1.

➤ **Requisitos legales y otros requisitos.**

La unidad debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la misma suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía, y su eficiencia energética.

La unidad debe determinar cómo se aplican estos requisitos a su uso y consumo de la energía, y a su eficiencia energética, y debe asegurar que estos requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener el SGen.

Los requisitos legales y otros requisitos deben revisarse a intervalos definidos.

➤ **Manejo de los requisitos legales en el Central Azucarero 14 de Julio.**

La unidad identifica, implementa y tiene acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos relacionados con su eficiencia energética. Los requisitos legales son aquellos requisitos internacionales, nacionales, regionales y locales que se aplican al alcance del sistema de gestión energética relacionados con la energía.

Las aplicaciones de estos requisitos están determinadas por la unidad teniendo en cuenta como establecer, implementar y mantener el SGen.

La unidad cuenta con el procedimiento ISO: 9001: 'Manual de Proceso y Calidad', Requisitos legales aplicables: el cual tiene por objetivo establecer las bases para la identificación de los requisitos legales y otro tipo de requisitos, aplicables a todas las actividades del Central Azucarero 14 de Julio. Este procedimiento establece la relación de los instrumentos jurídicos fundamentales que contienen los requerimientos aplicables, en el cual se identifican los requisitos legales y otros requisitos que debe cumplir la unidad, en él no se encuentran registrados los requisitos por los que se rige la gestión medio ambiental, por lo que se sugiere que se revise la vigencia de esta documentación y se incluya actualizada al procedimiento antes mencionado. Además, se recomienda que se incluyan las distintas regulaciones que les proporcionan la Dirección de Economía y Planificación.

➤ **Revisión energética.**

Para cumplir con los requisitos de la norma ISO 50001, la unidad debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. La metodología y el criterio utilizados para desarrollar la revisión energética deben estar documentados.

- **El Desarrollo de la Revisión Energética en el Central 14 de Julio.**

Para desarrollar la revisión energética, en el Central Azucarero 14 de Julio se actualiza la revisión energética semanal y mensualmente, así como en respuesta a cambios mayores en las instalaciones, equipamiento, sistemas o procesos. La comisión energética analiza el sistema de gestión al final de cada semana para detectar la existencia de algunas anomalías en sus procesos mediante los datos e información recogidos durante este periodo, decidiendo sus acciones correctivas y preventivas. Por lo que la comisión energética contará con mayores oportunidades en el transcurso de cada mes para hacer modificaciones necesarias a su sistema de gestión energética. La revisión mensual es para asegurar el cumplimiento durante el presente mes y para hacer planes para el siguiente.

Los planes de acción de la gestión energética incluyen las oportunidades de mejora del desempeño energético, identificadas en la revisión energética, que se establecen para cumplir con la política, objetivos y metas energéticas. El diagrama de flujo del proceso de revisión energética aparece en la Figura 3.2 del Anexo 9. Este diagrama muestra los pasos que la unidad debe seguir para el desarrollo de la revisión energética.

Las fuentes de energía principales del Central Azucarero 14 de Julio están identificadas como la electricidad y el bagazo, mostradas en las Figuras 2.3 y 2.4 del capítulo 2. Los gráficos de consumo en el tiempo es una buena representación del consumo de la energía del central están representados en las Figuras 2.5 y 2.18, en ello se muestra el consumo de electricidad y consumo de bagazo respectivamente.

- **Línea de base energética.**

La organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía del central. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética.

- **La determinación de la línea de base energética en el Central Azucarero 14 de Julio.**

El central establece una línea base energética utilizando la información de la revisión energética inicial para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía del central. Los cambios en el desempeño energético se miden con relación a la línea de base energética. Para el diagnóstico desarrollado en el capítulo 2 de este trabajo se consideró el uso de los datos recopilados durante las zafas 2012, 2013 y 2014.

Para el desarrollo de la línea de base energética del central, se hizo un análisis del comportamiento histórico energético con los datos de cada zafra. Con los resultados de este análisis, se concluyó que se utilizará la zafra 2014 como zafra base porque tuvo el mejor comportamiento energético. La zafra 2014 tuvo un coeficiente de determinación R^2 mayor que las zafras (2012 y 2013) analizadas. Se puede apreciar los valores de R^2 para cada zafra en las Figuras 2.8 y 2.9; así como en las Figuras 2.21 y 2.22 de electricidad y bagazo respectivamente, Capítulo 2. Con una línea base energética establecida, el Central Azucarero 14 de Julio puede aprovechar esta información en el desarrollo de su sistema de gestión energético basado en la norma ISO 50001: 2011. Cuando haya una mejora en el consumo energético, es decir que haya niveles de consumo por debajo de la línea base establecida, se puede establecer una nueva línea de base o línea meta para la producción. (Colectivo de autores, 2006).

➤ **Indicadores de desempeño energético.**

El central debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEns debe documentarse y revisarse regularmente.

• **Elementos necesarios para determinar los indicadores de desempeño energético.**

Los IDEns deben revisarse y compararse con la línea de base energética de forma apropiada.

En 14 de Julio, los indicadores que se toman en cuenta son los siguientes:

- ✓ Consumo de la energía eléctrica por unidad de caña molida MWh/t.

Se medirá:

- El consumo global del central,
- Instalar contadores eléctricos para medir el consumo de energía eléctrica en cada uno de los puestos claves de consumo de energía eléctrica definido por el central.

- ✓ Consumo de biocombustible (bagazo), por unidad de caña molida MWh/t.

El combustible se utiliza solo para la generación de vapor, pues se medirá:

- Flujo de combustible del generador de vapor.
- Flujo de agua de alimentación del generador de vapor.
- Presión de vapor.
- Flujo de vapor.
- La cantidad de combustible consumida diariamente.
- Porcentaje de recuperación de condensado.
- El flujo de purgar.
- Temperatura de los gases de salida.
- Contenido de los gases de salida.
- Flujo de aire.

- Exceso de aire.

También se analizará la calidad del agua para la generación de vapor para asegurar un mejor desempeño energético de las calderas e informar a todos los resultados.

- ✓ Generación de electricidad por toneladas de caña molida MWh/t.

Se medirá:

- Producción total de energía eléctrica.
- Consumo interno en el central de energía eléctrica.
- Entrega de energía eléctrica a la UNE.

➤ **Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.**

La Norma ISO 50001: 2011 requiere que la unidad establezca, implemente y mantenga objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la unidad. Deben establecerse plazos para el logro de los objetivos y metas. Los objetivos y metas deben ser coherentes con la política energética. Las metas deben ser coherentes con los objetivos.

➤ **Determinación de los objetivos, metas y planes de acción energéticos para el Central Azucarero 14 de Julio.**

El Central Azucarero 14 de Julio establecerá sus objetivos energéticos en base a su política energética, teniendo en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético, tal como se identifican en la revisión energética. Se considera también, sus condiciones financieras, operacionales y comerciales, así como las opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas. Sus planes de acción se establecen para alcanzar sus objetivos y metas.

La dirección de la unidad ha designado las responsabilidades al especialista en gestión energética:

- ✓ Los medios y los plazos previstos para lograr las metas individuales.
- ✓ Una declaración del método mediante el cual debe verificarse la mejora del desempeño energético.
- ✓ una declaración del método para verificar los resultados.
- ✓ El Central Azucarero 14 de Julio documentará y actualizará todos los planes de acción en los intervalos definidos.
- ✓ Para la situación actual del Central Azucarero 14 de Julio, la línea meta se establece a partir de la línea base, zafra 2014, proyectándose una reducción en el consumo de energía eléctrica y en el consumo de bagazo en un 8% y un incremento en la generación eléctrica de un 2%, con relación a la línea base respectivamente. Esto puede apreciarse en las

Figuras 3.3, 3.5, 3.8, 3.10, 3.13 y 3.15; así como sus datos en las Tablas 3.2, 3.3, 3.6, 3.7, 3.10 y 3.11 del Anexo 9.

- ✓ Lo planteado es solo una muestra de cómo desarrollar el trabajo para obtener la línea de base energética y la línea meta energética.

➤ **Implementación y Operación.**

- **Generalidades.**

- ✓ La unidad debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y la operación.

➤ **Competencia, formación y toma de conciencia.**

- ✓ La unidad debe asegurarse de que cualquier persona que realice: tarea para ella o en su nombre; relacionada con usos significativos de la energía, sea competente tomando como base una educación, formación, habilidades o experiencia adecuada.
- ✓ La unidad debe identificar las necesidades de formación relacionadas con el control de sus usos de energía significativos y con la operación de su SGEN.
- ✓ La unidad debe proporcionar la formación necesaria o tomar otras acciones para satisfacer estas necesidades.
- ✓ La unidad debe mantener los registros apropiados.

- **Recursos Humanos.**

El Central Azucarero 14 de Julio cuenta con el procedimiento ISO 9001: “Manual de Procesos y Calidad”, el cual establece y documenta la metodología para determinar las matrices de competencias para todos los cargos u ocupaciones de la plantilla, ya que las matrices de competencias constituyen registros del sistema de gestión.

- ✓ La unidad se asegurará que su personal y todas las personas que trabajan en su nombre sean conscientes de:
 - La importancia de la conformidad con la política energética, los procedimientos y los requisitos del SGEN.
 - Sus funciones, responsabilidades y autoridades para cumplir con los requisitos del SGEN.
 - Los beneficios de la mejora del desempeño energético.
 - El impacto, real o potencial, con respecto al uso y consumo de la energía, y de cómo sus actividades y comportamientos contribuyen a alcanzar los objetivos energéticos y las metas energéticas y de las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados.
- ✓ La unidad asegurará que todos los trabajadores inducidos reciben un cierto nivel de entrenamiento en dependencia de su puesto de trabajo.

➤ **Comunicación.**

La unidad debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético y a su SGEEn, de manera apropiada al tamaño de la organización.

La unidad debe comunicar internamente con respecto a su desempeño energético y SGEEn como sea apropiado para su tamaño.

➤ **La conexión informativa energética.**

En la unidad se realiza la comunicación interna del desempeño energético a través de las entregas de turno, en los matutinos que se realizan por departamentos, donde se llevan a cabo los análisis de los resultados, como, por ejemplo:

- ✓ Charlas de “cinco minutos” (charlas con cada turno de producción).
- ✓ Reunión del departamento técnico (análisis de los indicadores diarios).
- ✓ Reunión del consejo de la dirección de la unidad (análisis de los indicadores semanales).
- ✓ Juntas de seguimiento y Consejo de Dirección (análisis de la eficacia mensual de los procesos).

La unidad tiene una política muy rígida cuando trata la comunicación de su política energética y calidad externamente, el desempeño de su SGEEn y el desempeño energético. No se comunica externamente ninguna información que se considere “sensible”.

➤ **Documentación.**

• **Requisitos de la documentación.**

La unidad debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del SGEEn y su interacción.

- ✓ La documentación del SGEEn debe incluir:
 - El alcance y los límites del SGEEn.
 - La política energética.
 - Los objetivos energéticos, las metas energéticas, y los planes de acción.
 - Los documentos, incluyendo los registros, requeridos por esta Norma Internacional.
 - Otros documentos necesarios determinados por la unidad.
- ✓ El proceso principal del central es la producción de azúcar crudo y la energía eléctrica. Este proceso es realizado mediante el uso de la energía eléctrica y vapor.
- ✓ La competencia del personal depende mayormente de su puesto de trabajo.

• **Control de los documentos.**

Los documentos requeridos por esta Norma Internacional y por el SGEEn deben controlarse. Esto incluye la documentación técnica en los casos que sea apropiado.

- **Procedimientos para el control de documentos.**

- Los documentos requeridos por esta Norma Internacional y por el SGEN estarán controlados. Esto incluye la documentación técnica en los casos que sea apropiado.
- La unidad dispone del procedimiento ISO 9001: Manual de Procesos y Calidad, el cual establece la metodología para elaborar, revisar y controlar los procedimientos e instrucciones del SIG, así como los documentos de origen externo aplicables al Sistema Integrado de Gestión.
- ✓ El Director aprueba los documentos con relación a su adecuación antes de su emisión.
- ✓ La comisión energética revisa y actualiza periódicamente los documentos según sea necesario y se asegura de que se identifican los cambios y el estado de revisión actual de los documentos.
- ✓ La comisión energética asegura que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentren disponibles en los puntos de uso. El consejo también asegura que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables y que se identifican y se controla la distribución de los documentos de origen externo que la organización determine que son necesarios para la planificación y la operación del SGEN.
- ✓ La comisión energética prevé el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplica una identificación adecuada en caso de que se mantengan por cualquier razón.
- ✓ La unidad mantiene sus documentos protegidos, no permitiendo su movimiento externamente.

- **Control operacional.**

La Norma ISO 50001 requiere que la unidad identifique y planifique aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con el uso significativo de la energía y que son coherentes con su política energética, objetivos, metas y planes de acción, con el objeto de asegurarse de que se efectúan bajo condiciones especificadas.

- **Mantenimiento y operaciones.**

La unidad cumple con el primer aspecto que plantea la norma, debido a que cuenta con procedimientos que establecen los requisitos de operación de sus instalaciones.

Todos estos procedimientos cuentan con los parámetros de operación, garantizando que la misma se encuentre dentro de los límites de eficiencia establecidos por el ISO 9001 'Manual de procesos y la calidad' establecido en el Central Azucarero 14 de Julio; además, la unidad cuenta con instrucciones que plantean la manera correcta de brindarle mantenimiento a cada una de las partes de las instalaciones.

➤ **Diseño.**

La unidad debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden tener un impacto significativo en su desempeño energético.

Los resultados de la evaluación del desempeño energético deben incorporarse, cuando sea apropiado, al diseño, a la especificación, a las actividades de compras y a los proyectos pertinentes.

Los resultados de la actividad de diseño deben registrarse.

- **Oportunidades de mejoras.**

Se han visto en el Capítulo 2 irregularidades en los consumos energéticos de la unidad, será muy provechoso e importante que el Central Azucarero 14 de Julio considere las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional que puedan tener un impacto relevante en su desempeño energético.

Los resultados de la evaluación del desempeño energético deben ser incorporados donde sea apropiado en la especificación, el diseño y la contratación del proyecto pertinente.

La unidad cuenta con un Consejo de Dirección, el cual decide lo que se compra, este consejo tiene en cuenta el ahorro energético, la conservación del medio ambiente, sistemas de seguridad, eficacia comprobada. Por lo que se propone que se documente el procedimiento de planificación del diseño de las instalaciones, equipos, sistemas y procesos que tienen un impacto relevante en el desempeño energético, en el cual, la comisión de energía debe ser la responsable de emitir al Consejo de dirección un documento con las oportunidades de mejora del desempeño energético detectadas por la revisión energética, las sugerencias de los trabajadores y los resultados del seguimiento, medición y análisis del desempeño energético.

➤ **Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía.**

Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en el uso significativo de la energía, la organización debe informar a los proveedores que las compras serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético.

La organización debe establecer e implementar criterios para evaluar el uso y consumo de la energía, así como la eficiencia de la energía durante la vida útil planificada o esperada al adquirir productos, equipos y servicios que usen energía que puedan tener un impacto significativo en el desempeño energético de la organización.

La organización debe definir y documentar las especificaciones de adquisición de energía, cuando sea aplicable, para el uso eficaz de la energía.

➤ **Servicios y productos energéticos.**

La contratación es una oportunidad para mejorar el desempeño energético mediante el uso de productos y servicios más eficientes.

- **Fuente de energía eléctrica.**

La unidad cuenta con dos turbogeneradores con una capacidad de generación de 6,5 MW, por lo que se autoabastece de energía eléctrica, entregando al SEN la sobreproducción de la misma, en periodo de reparaciones le compra energía eléctrica a la Empresa Eléctrica de Cienfuegos

- **Combustible.**

Corporación CIMEX es el único proveedor de combustibles y lubricantes de la unidad.

- **Agua.**

El Central Azucarero 14 de Julio recibe el servicio de agua de Acueducto Rodas y del Complejo Hidráulico Damují.

Cuando se contratan los servicios, productos y equipos energéticos que tienen o pueden tener un impacto en el uso energético relevante, la unidad informará a los proveedores que la contratación es en parte evaluada sobre la base del desempeño energético.

➤ **Verificación.**

- **Seguimiento, medición y análisis.**

Está establecido en la Norma ISO 50001 que la unidad debe asegurar que las características claves de sus operaciones que determinan el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados.

- **Plan de medición y análisis.**

Es de gran importancia para la unidad asegurar que las características claves de sus operaciones que determinan el desempeño energético sean monitoreadas, medidas y analizadas a intervalos planificados. Las características claves deben incluir como mínimo:

- ✓ Los usos energéticos relevantes y otras salidas de la revisión energética.
- ✓ Las variables pertinentes relacionadas con el uso energético relevante.
- ✓ Indicadores de desempeño energético.
- ✓ Efectividad de los planes de acción en el logro de los objetivos y metas.
- ✓ La evaluación del consumo energético real contra el consumo energético esperado.

Los resultados del seguimiento y la medición de las características claves serán registrados.

Tomando como base lo anterior puede señalarse que la unidad objeto de estudio, lleva un seguimiento riguroso sobre el cumplimiento de los planes de acción, debido a que son parte de la política gerencial y por tener estos una marcada influencia en los resultados financieros.

Además, son registrados diariamente los valores de la producción (la cual es una variable que afecta considerablemente el desempeño energético de la unidad), y los consumos de electricidad,

combustible y agua, mientras que el registro de los demás portadores energéticos se realiza semanalmente. En la unidad se calculan los índices de consumo, pero no se analizan estadísticamente mediante gráficos de control, pero sí se verifica estrictamente si estos cumplen con la meta establecida.

Para el Central Azucarero 14 de Julio, un plan de medición energética estará definido e implementado, apropiado para su tamaño y complejidad, y sus equipos de seguimiento y medición. La unidad contará con un plan de mediciones donde se establece: el responsable, frecuencia, equipos, así como los tipos de análisis que se le realizan, además los registros de la calibración y otros medios de precisión y repetitividad deben ser mantenidos.

➤ **Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos.**

Es conveniente para la unidad evaluar, a intervalos planificados, el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos a los cuales suscriba que son pertinentes para su uso y consumo energético. Los registros de los resultados de las evaluaciones del cumplimiento deben ser mantenidos.

En la unidad se evalúan los requisitos legales y otros requisitos a través de las auditorías internas del sistema de gestión de la misma, y estos se registran, especificando en cada caso los artículos que se incumplen, así como las áreas en que se detectan estas no conformidades.

➤ **Auditoría interna del sistema de gestión de la energía.**

La unidad debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para asegurar que el SGE:

- ✓ cumple con las disposiciones planificadas para la gestión de la energía, incluyendo los requisitos de esta Norma Internacional.
- ✓ cumple con los objetivos y metas energéticas establecidas.
- ✓ se implementa, se mantiene eficazmente, y mejora el desempeño energético.

Debe desarrollarse un plan y un cronograma de auditorías considerando el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas.

La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría.

Deben mantenerse registros de los resultados de las auditorías e informar a la alta dirección.

- **Evaluación del sistema de gestión energética.**

La auditoría interna es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva para determinar la extensión en que se cumplen los requisitos.

Las auditorías internas del sistema de gestión energética se realizarán por el personal interno de la unidad y por personas externas seleccionadas. En ambos casos, las personas que realicen la

auditoría serán competentes y estarán en disposición de hacerlo en forma imparcial y objetiva. En las unidades más pequeñas, la independencia de la auditoría puede demostrarse al estar libre el auditor de responsabilidad por la actividad que se audita, que no es el caso del Central Azucarero 14 de Julio.

La unidad tiene definido un procedimiento en la ISO 9001: 2005 Manual de Los Procesos y Calidad, para la auditoría interna de su sistema de gestión de calidad, lo cual puede ser muy útil en la implementación de la nueva Norma ISO 50001: 2011.

➤ **No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva.**

Una organización debe abordar una no conformidad real o potencial haciendo correcciones, y tomando acciones correctivas y preventivas, las cuales deben ser apropiadas con relación a la magnitud de los problemas reales o potenciales y a las consecuencias del desempeño energético encontradas. Además, debe asegurarse de que cualquier cambio necesario se incorpore al SGen. El procedimiento está en correspondencia con la Norma ISO 9001: 2005, solo se propone que en él se tenga en cuenta que una no conformidad de tipo energética es el incumplimiento de las regulaciones emitidas por la Dirección y el Departamento de Economía y Planificación, además de los requisitos legales y otros requisitos que apliquen a las actividades de la unidad. Otras no conformidades serán los incumplimientos de los requisitos de la norma hasta que sea implementada la Norma Internacional ISO 50001 en la unidad y se considere que la frecuencia de análisis de la explotación del central sea semanal, lo cual permitirá cuatro controles en el mes como mínimo y el poder mantener los indicadores de desempeño en los rangos deseados, los cuales deben contribuir a reducir las no conformidades en el proceso producción.

➤ **Control de los registros.**

La unidad debe establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGen y de esta Norma Internacional, así como los resultados logrados en el desempeño energético.

La unidad debe definir e implementar controles para la identificación, recuperación y retención de los registros.

Los registros deben ser y permanecer legibles, identificables y trazables a las actividades pertinentes.

Un registro es un documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades realizadas.

Es de gran ayuda para una unidad establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGen y de la norma ISO 50001: 2011 y los resultados del desempeño energético logrados. El Central azucarero 14 de Julio definirá e

implementará controles para la identificación, recuperación y retención de los registros. Estos serán y permanecerán legibles, identificables y trazables para la actividad pertinente.

➤ **Revisión por la dirección.**

• **Generalidades.**

La alta dirección debe revisar, a intervalos planificados, el SGEEn de la unidad para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continua.

Deben mantenerse registros de las revisiones por la dirección.

En el Central azucarero 14 de Julio, el Director revisará el SGEEn de la unidad para asegurarse de su adecuación, conveniencia y eficacia continua dos veces al año, (al concluir la zafra y con cierre diciembre), manteniéndose todos registros de las revisiones por la dirección.

• **Información de entrada para la revisión por la dirección.**

La información de entrada para la revisión por la dirección debe incluir:

- ✓ Las acciones de seguimiento de revisiones previas por la dirección.
- ✓ La revisión de la política energética.
- ✓ La revisión del desempeño energético.
- ✓ Los resultados de la evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y cambios en los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba.
- ✓ El grado de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas.
- ✓ Los resultados de auditorías del SGEEn.
- ✓ El estado de las acciones correctivas y preventivas.
- ✓ El desempeño energético proyectado para el próximo período.
- ✓ Las recomendaciones para la mejora.

• **Resultados de la revisión por la dirección.**

Los resultados de la revisión por la dirección deben incluir todas las decisiones y acciones relacionadas con:

- ✓ Cambios en el desempeño energético de la unidad.
- ✓ Cambios en la política energética.
- ✓ Cambios en los IDEns.
- ✓ Cambios en los objetivos, metas u otros elementos del sistema de gestión de la energía, coherentes con el compromiso de la unidad con la mejora continua.
- ✓ Cambios en la asignación de recursos.

3.1.3.2. Evaluación técnica, ambiental y económica de la gestión energética del Central 14 de Julio.

La evaluación se fundamenta partiendo de la caracterización energética del central para la cual se tomaron las zafras 2012, 2013 y 2014, resultando la zafra 2014 la de mejor comportamiento energético por lo que es tomada como línea base, para la línea meta se traza lograr una reducción del 8% en el consumo de electricidad y de bagazo; en la generación de electricidad se traza una meta en incrementar la generación eléctrica en un 2%, con respecto a la zafra base 2014; comparando los resultados de la zafra 2015, en que se implementa el sistema con la línea base 2014 y línea meta respectivamente.

3.1.3.2.1. Evaluación técnica siguiendo la metodología utilizada para el diagnóstico inicial del central.

La evaluación técnica de la gestión energética en el central se realiza siguiendo la metodología utilizada para el diagnóstico, recogidos los datos en las Tablas 3.2 hasta la Tabla 3.13 del Anexo 9; así como en las Figuras 3.3 hasta la Figura 3.17.

Análisis del comportamiento del consumo de electricidad vs caña molida por semanas de la zafra 2015 con relación a la línea base zafra 2014 y línea meta.

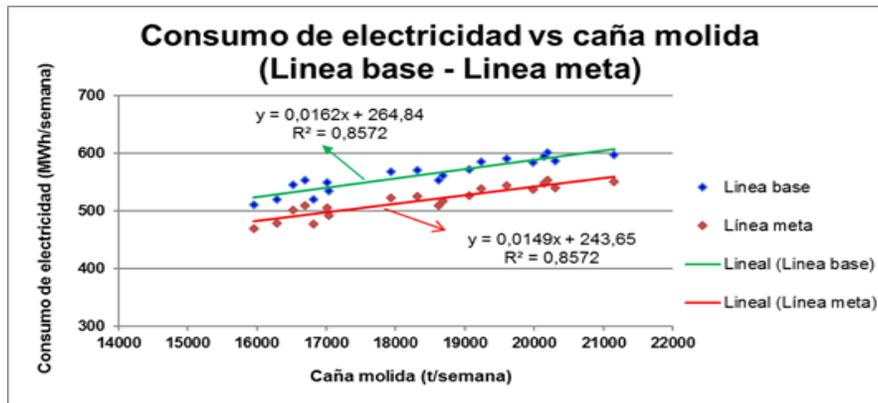


Figura 3.3. Consumo de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - línea meta).

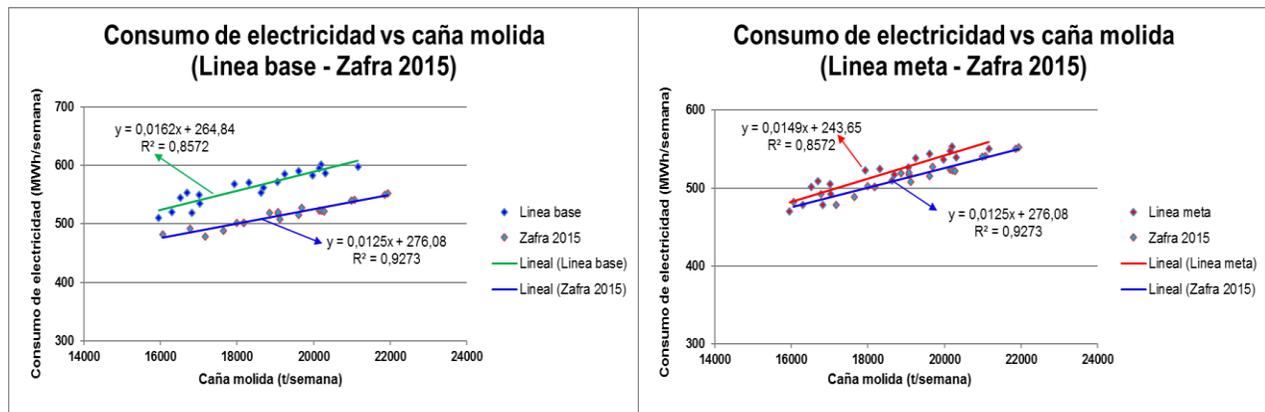


Figura 3.4. Consumo de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - zafra 2015), (línea meta - zafra 2015).

Como se puede apreciar en la Figura 3.4 el consumo de electricidad de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 y línea meta es favorable, ya que en ambos casos es inferior a las líneas trazadas.

Para determinar los índices de consumo de electricidad por toneladas de caña molida de la línea base 2014, línea meta y zafra 2015 mostrados en la Tabla 3.3 del Anexo 9, se parte de las ecuaciones obtenidas de los gráficos de dispersión de las Figuras 3.3 y 3.4, las cuales se muestran a continuación.

Para Línea meta $E = 0.0149 \cdot P + 243.65$ ecuación (3.2)

$I.C = 0.0149 + (243.65/P)$ ecuación (3.3)

Para zafra 2015 $E = 0.0125 \cdot P + 276.08$ ecuación (3.4)

$I.C = 0.0125 + (276.08/P)$ ecuación (3.5)

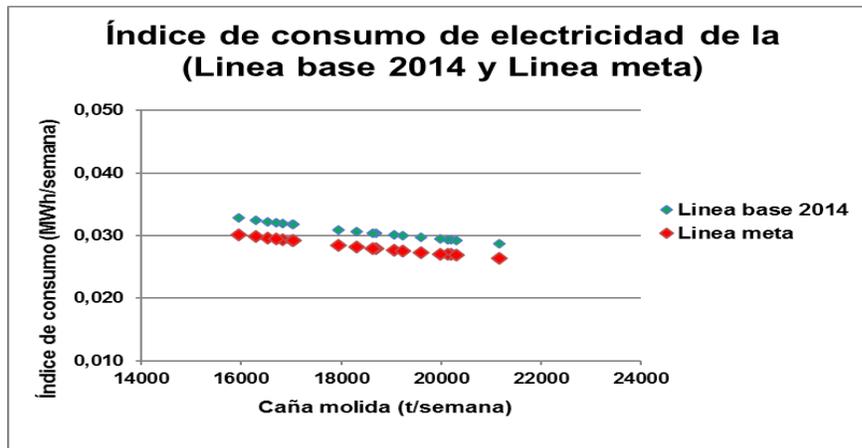


Figura 3.5. Índice de consumo de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - línea meta).

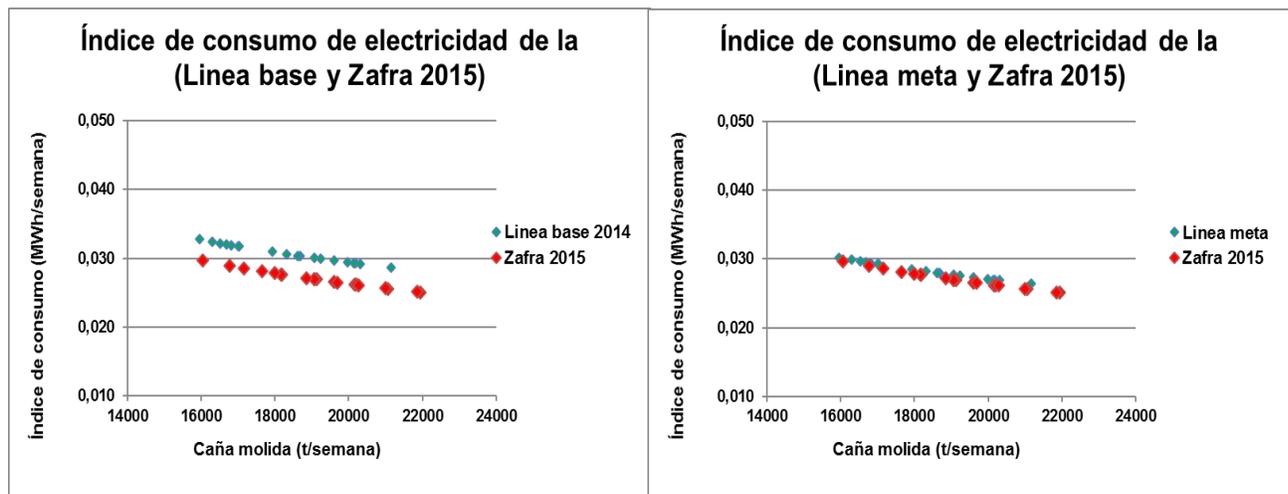


Figura 3.6. Índice de consumo de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base 2014 - zafra 2015) y (línea meta - zafra 2015).

Como se puede apreciar en la Figura 3.6 el índice de consumo de electricidad de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 y línea meta es favorable, ya que en ambos casos es inferior a las líneas trazadas.

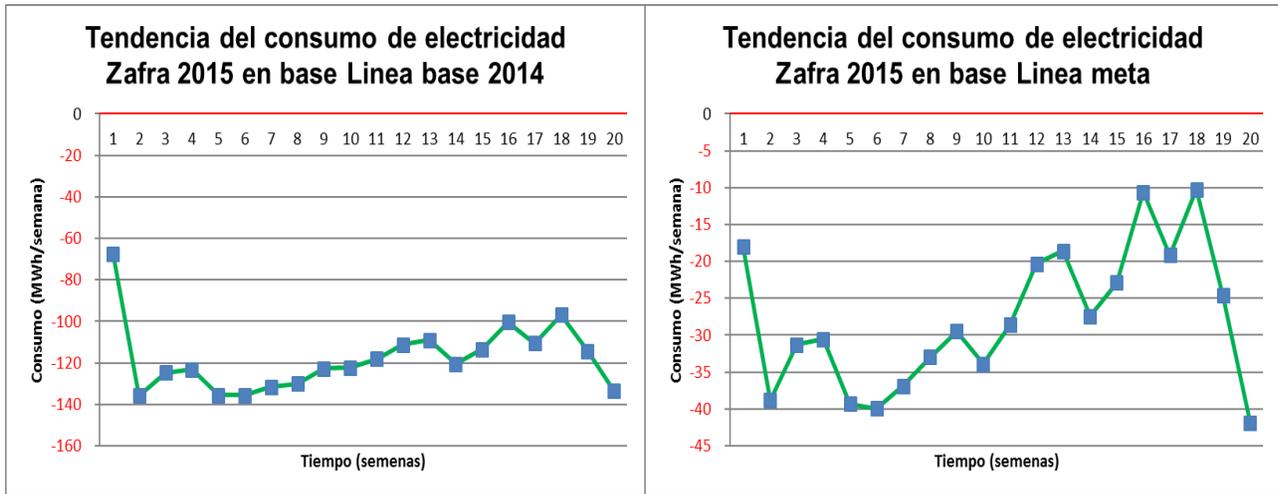


Figura 3.7. Tendencia del consumo de electricidad por semanas de la zafra 2015 en base a línea base 2014 y de la zafra 2015 en base a línea meta.

Como se puede apreciar en la Figura 3.7 la tendencia del consumo de electricidad de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 y línea meta es favorable, ya que en ambos casos la tendencia es a consumir menos que las líneas trazadas.

Análisis del comportamiento del consumo de bagazo vs caña molida por semanas de la zafra 2015 con relación a la línea base zafra 2014 y línea meta.

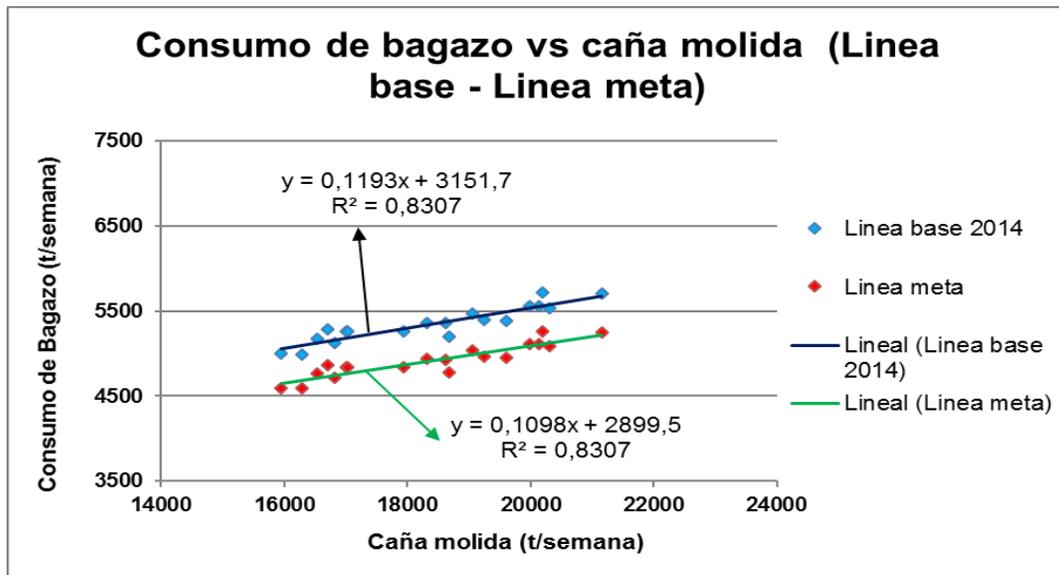


Figura 3.8. Consumo de bagazo vs caña molida por semanas de (línea base - línea meta).

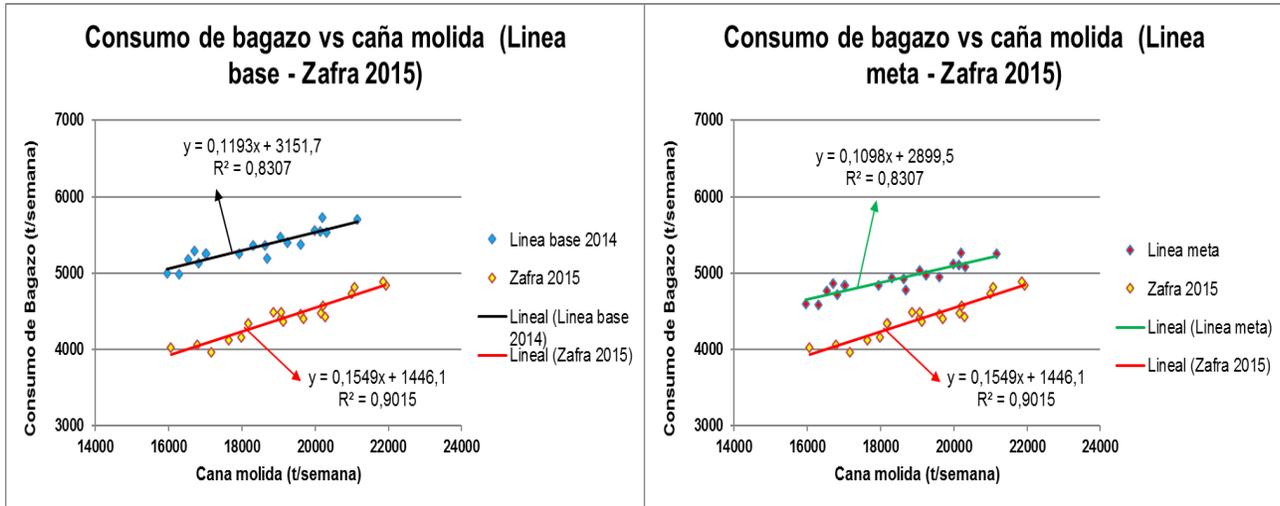


Figura 3.9. Consumo de bagazo vs caña molida por semanas de (línea base - zafra 2015) y (línea meta – zafra 2015).

Como se puede apreciar en la Figura 3.9 el consumo de bagazo de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 y línea meta es favorable, ya que en ambos casos es inferior a las líneas trazadas.

Para determinar los índices de consumo de bagazo por toneladas de caña molida de la línea base, línea meta y zafra 2015 mostrados en la Tabla 3.7, se parte de las ecuaciones obtenidas de los gráficos de dispersión de las Figuras 3.8 y 3.9 del Anexo 9, las cuales se muestran a continuación.

Para Línea meta $E = 0.1098 \cdot P + 2899.5$ ecuación (3.6)

I.C = $0.1098 + (2899.5/P)$ ecuación (3.7)

Para zafra 2015 $E = 0.1549 \cdot P + 1446.1$ ecuación (3.8)

I.C = $0.1549 + (1446.1/P)$ ecuación (3.9)

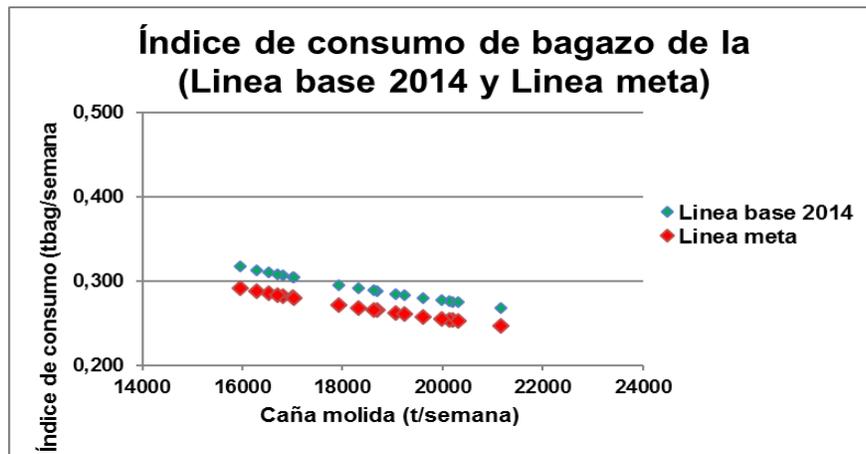


Figura 3.10. Índice de consumo de bagazo vs caña molida por semanas de (línea base - línea meta).

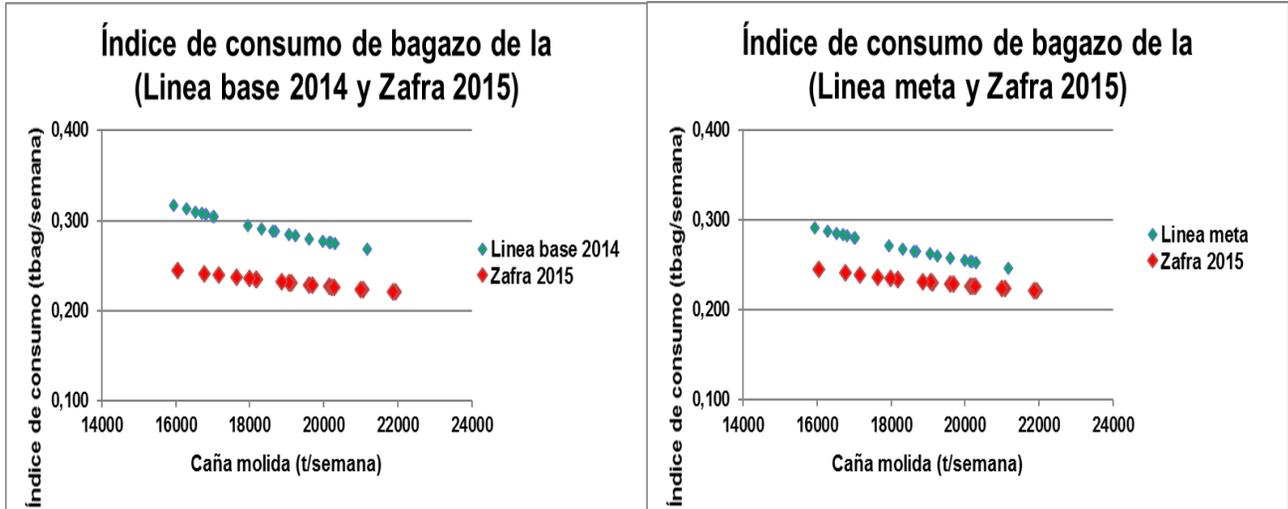


Figura 3.11. Índice de consumo de bagazo vs caña molida por semanas de (línea base - zafra 2015) y (línea meta – zafra 2015).

La Figura 3.11 muestra que el índice de consumo de bagazo de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 y línea meta es favorable, ya que en ambos casos es inferior a las líneas trazadas.

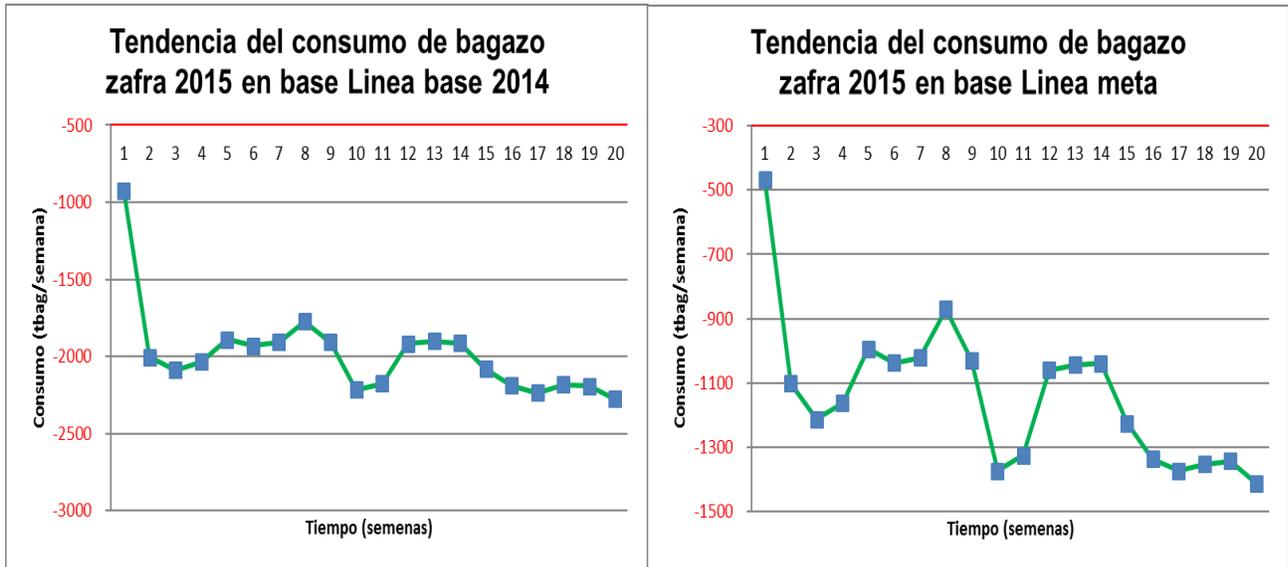


Figura 3.12. Tendencia del consumo de bagazo vs caña molida por semanas de la zafra 2015 en base a línea base 2014 y de la zafra 2015 en base a línea meta.

La Figura 3.12 muestra que la tendencia del consumo de bagazo de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 y línea meta es favorable, ya que en ambos casos tiende a consumir menos que las líneas trazadas.

Análisis del comportamiento del consumo de bagazo vs caña molida por semanas de la zafra 2015 con relación a la línea base zafra 2014 y línea meta.

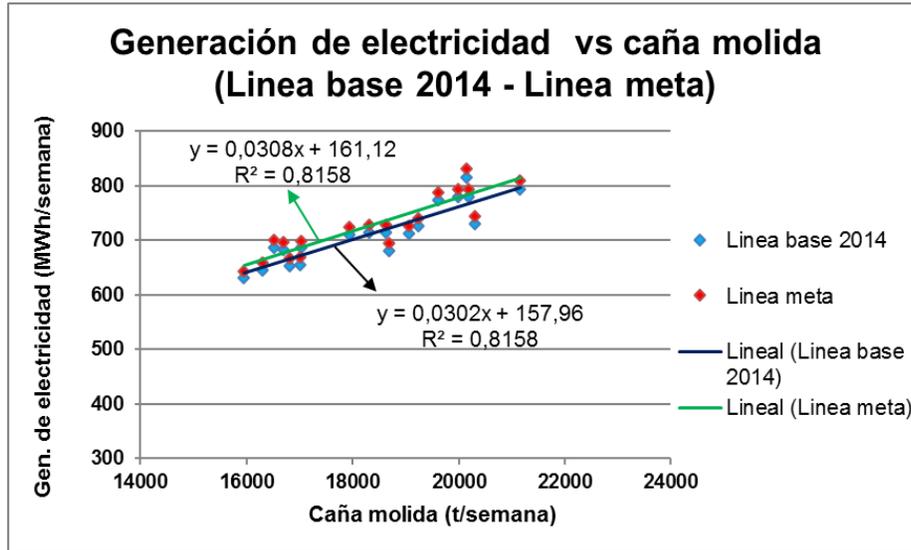


Figura 3.13. Generación de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - línea meta).

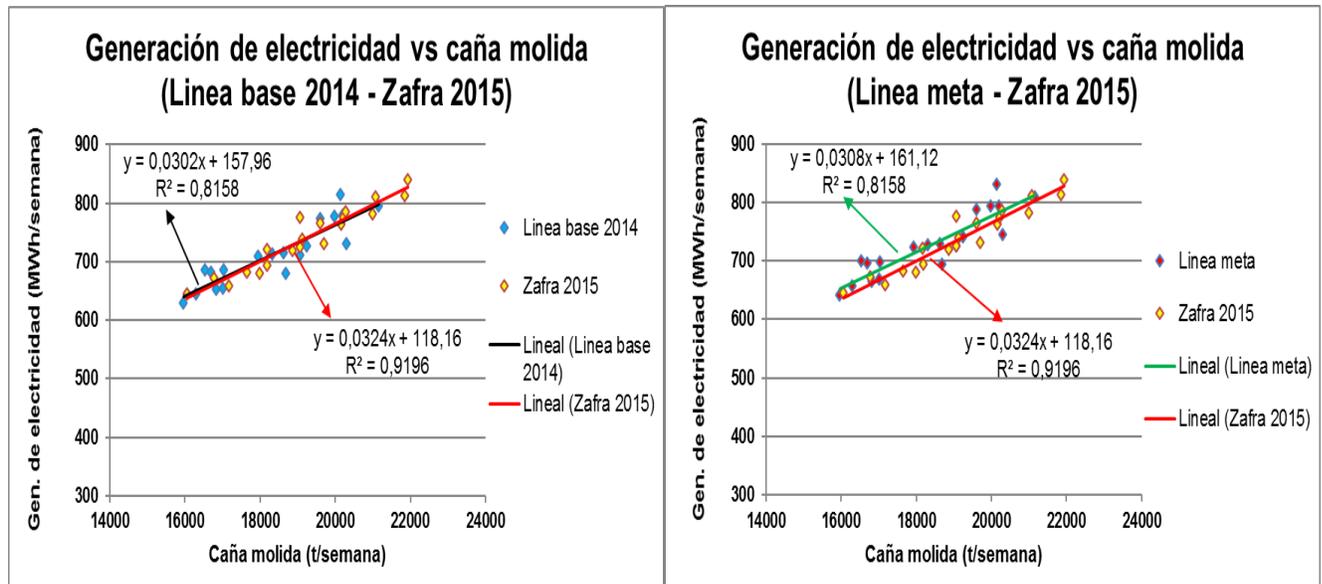


Figura 3.14. Generación de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - zafra 2015 y Línea meta - zafra 2015).

Como se puede apreciar en la Figura 3.14, la generación de electricidad en la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014, es ligeramente favorable y con relación a la línea meta es desfavorable, ya que en este caso no llega a superar el 2% proyectado como línea meta.

Para determinar los índices de generación de electricidad por toneladas de caña molida de la línea base, línea meta y zafra 2015 mostrados en la Tabla 3.11 del Anexo 9, se parte de las ecuaciones obtenidas de los gráficos de dispersión de las Figuras 3.13 y 3.14, las cuales se muestran a continuación.

Para Línea meta	$E = 0.0308 * P + 161.12$	ecuación (3.10)
	$I.C = 0.0308 + (161.12/P)$	ecuación (3.11)
Para zafra 2015	$E = 0.0324 * P + 118.16$	ecuación (3.12)
	$I.C = 0.0324 + (118.06/P)$	ecuación (3.13)

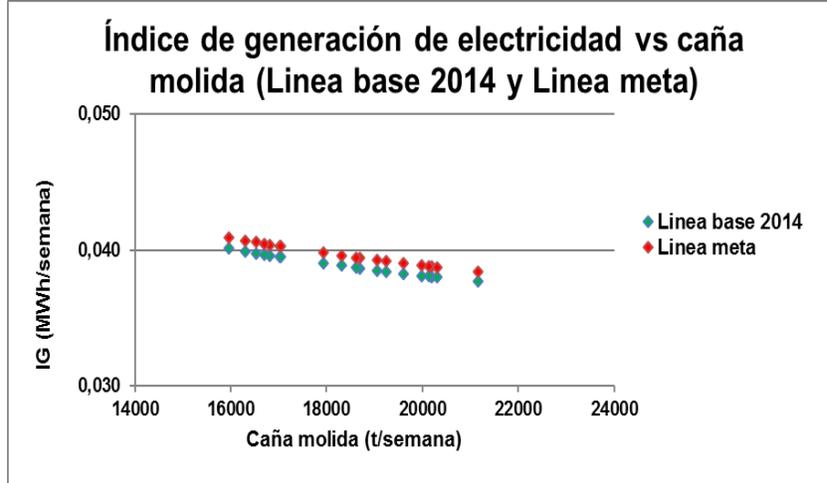


Figura 3.15. Índice de generación de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - línea meta).

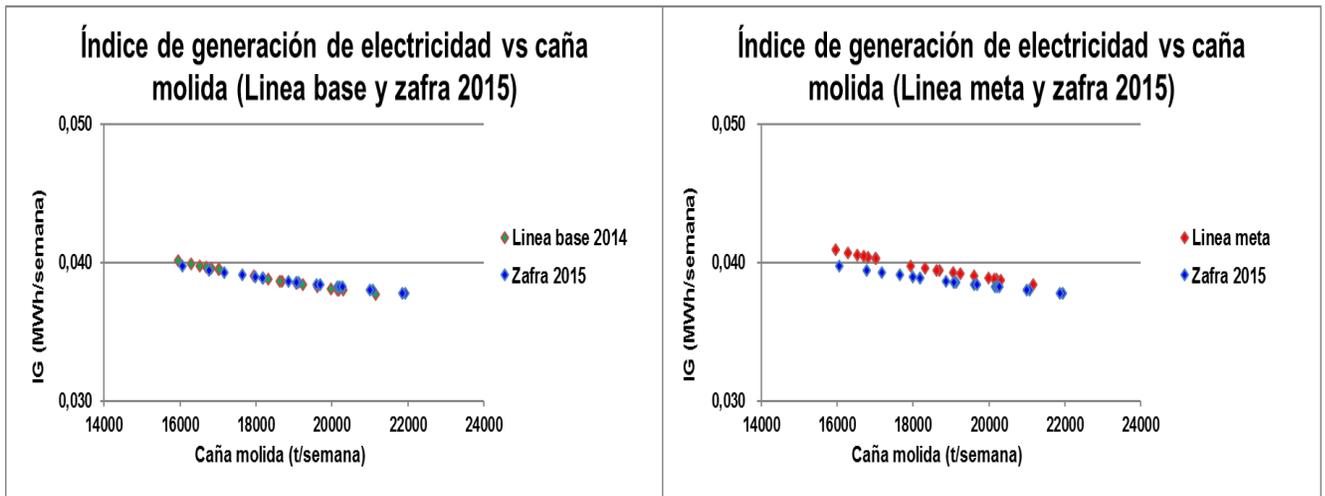


Figura 3.16. Índice de generación de electricidad vs caña molida por semanas de (línea base - zafra 2015) y (línea meta - zafra 2015).

La Figura 3.16 muestra que el índice de generación de electricidad de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014 es ligeramente favorable y con relación a la línea meta es desfavorable, ya que se comporta ligeramente por debajo del 2% trazado como línea meta.

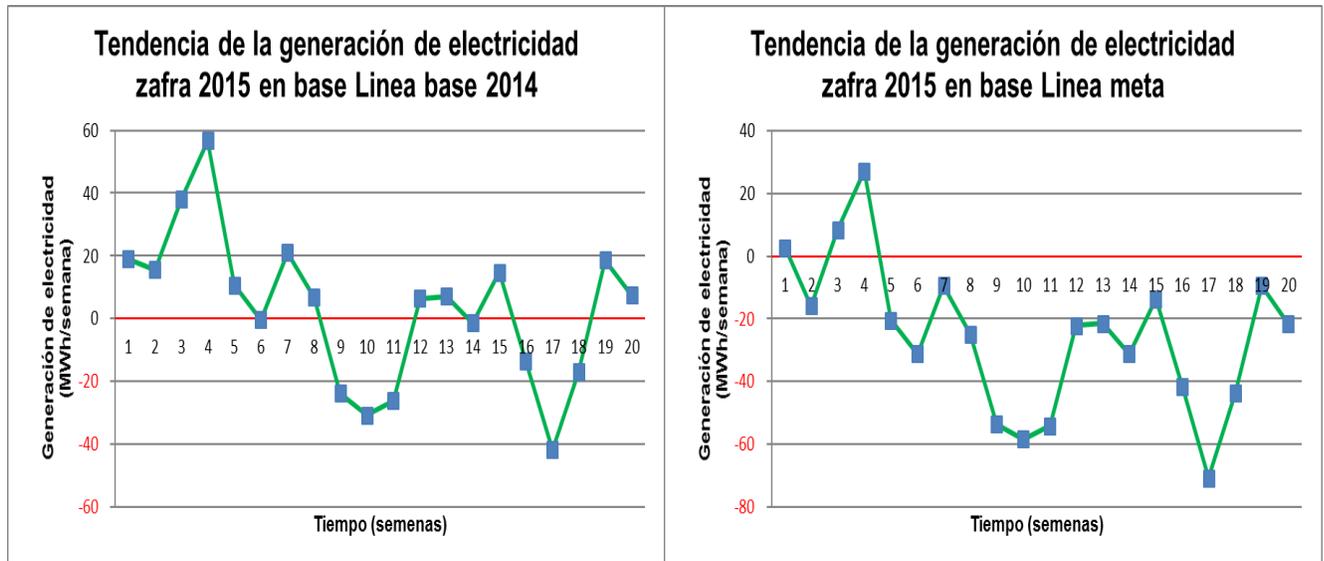


Figura 3.17. Tendencia de la generación de electricidad vs caña molida por semanas de la zafra 2015 en base a línea base 2014 y de la zafra 2015 en base a línea meta.

La Figura 3.17 muestra que la tendencia del índice de generación de electricidad de la zafra 2015 con respecto a la línea base zafra 2014, es favorable y con relación a la línea meta es desfavorable, ya que no logra superar el 2% proyectado por encima de la línea base.

Tabla 3.14. Resumen de la evaluación del consumo de electricidad vs caña molida, durante la zafra 2015, Línea base y Línea meta.

Concepto / Período	Línea base	Línea meta	Zafra 2015-LB	Zafra 2015-LM
Consumo de electricidad (MWh)	10699	9843	10306	10306
Caña molida (t)	349577	349577	383888	383888
Coefficiente de determinación R^2	0,8572	0,8572	0,9273	0,9273
IC promedio (MWh/tcaña)	0,031	0,028	0,027	0,027
Tendencia CUSUM (MWh)	-	-	-134	-42
Resultado (\$)	-	-	46827,64	14677,32

Tabla 3.15. Resumen de la evaluación del consumo de bagazo vs caña molida durante la zafra 2015, Línea base y Línea meta.

Concepto / Período	Línea base	Línea meta	Zafra 2015-LB	Zafra 2015-LM
Consumo bagazo (t)	101586	93459	88394	88394
Caña molida (t)	349577	349577	383888	383888
Coefficiente de determinación R^2	0,8307	0,8307	0,9015	0,9015
IC promedio (tbagazo/tcaña)	0,292	0,269	0,231	0,231
Tendencia CUSUM (t)	-	-	-2276	-1412
Resultado (\$)	-	-	383892,92	238162,04

Tabla 3.16. Resumen de la evaluación de la generación de electricidad vs caña molida durante la zafra 2015, Línea base y Línea meta.

Concepto / Período	Línea base	Línea meta	Zafra 2015-LB	Zafra 2015-LM
Producción de electricidad (MWh)	13567	13838	14782	14782
Caña molida (t)	349577	349577	383888	383888
Coeficiente de Determinación R ²	0,8158	0,8158	0,9196	0,9196
IG Promedio (MWh/tcaña)	0,0388	0,0396	0,0392	0,0392
Tendencia CUSUM (t)	-	-	7,00	-22,00
Resultado (\$)	-	-	2446,22	7688,12

Como se puede apreciar el comportamiento de los indicadores que se mostraron en las tablas anteriores son favorables, con la excepción en la tendencia de la generación de electricidad vs caña molida de la zafra 2015 con relación a la línea meta trazada, en la cual se deja de producir 22 MWh , provocando esto una reducción de \$ 7688.12; motivado fundamentalmente por problemas técnicos presentados por el turbo generador de 2.5 MWh, durante una parte considerable de la zafra.

La implementación de la norma al central es económicamente factible, ya que el ingreso por la reducción del consumo de los portadores energéticos en el período de análisis es de \$ 433 166.78 con relación al año base; reduciéndole el costo de la implementación de la norma por valor de \$ 21 000.00, resultaría un ingreso neto de \$ 412 166.78.

3.1.3.2.2. Evaluación ambiental en el Central 14 de Julio debido a la implementación del procedimiento propuesto.

Para evaluar el impacto ambiental del procedimiento propuesto por el autor, se tomaron en cuenta los siguientes elementos:

Reducción de las emisiones de CO₂, SO_x, NO_x al utilizar bagazo para generar energía eléctrica y para el proceso de producción de azúcar en lugar de energía eléctrica del SEN, que para su obtención se emplea fuel-oil.

Para determinar la reducción de las emisiones de CO₂ y SO_x al dejar de combustionar una cantidad de fuel-oil y usar bagazo en su lugar como combustible se utilizaron los índices de emisiones dados por (Quintana. A, 1998), los cuales aparecen en el Capítulo I.

Los costos externos ambientales según (Borroto et al, 1997), son:

Una tonelada de CO₂ = \$ 31,61

Una tonelada de SO_x = \$ 9101,50

Una tonelada de NO_x = \$ 13952.00

Los cálculos efectuados se reportan en las Tablas 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20 del Anexo 9, donde se puede observar la mejora ambiental que implicó la implementación del Sistema de Gestión Energética a través de la Norma ISO 50001, como sistema de gestión eficiente de la energía en el Central Azucarero 14 de Julio, empleando como combustible bagazo para la producción de azúcar y energía eléctrica, en lugar de energía eléctrica del SEN, que para su obtención se emplea fuel-oil.

Teniendo en cuenta las mejoras implementadas en el control de las operaciones, apreciándose un comportamiento favorable en la Tabla 3.21, donde se muestra disminución del costo ambiental en \$ 534.17 por las emisiones de CO₂ y SO_x en TEP y de \$ 7.71 en consumo de bagazo respectivamente de la zafra 2015 con relación a la línea base 2014; en la Tabla 3.22 el costo ambiental es de \$ 819.96 por las emisiones de CO₂ y SO_x en TEP y de \$ 11.84 en consumo de bagazo de la zafra 2015 con relación a línea meta; con relación al costo ambiental por la generación de electricidad se reduce ya que se emplea para su generación bagazo en lugar de fuel-oil ya que mientras el petróleo hace un aporte neto de este gas, el bagazo como biomasa combustible, mantiene un equilibrio, porque durante su crecimiento la planta de caña de azúcar absorbe una cantidad similar a la que aporta cuando se quema en los hornos, por lo que la ventaja, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, en especial en la contribución al calentamiento global producido por el efecto invernadero, es evidente.

Tablas 3.21. Resumen de la evaluación ambiental por consumo de bagazo en zafra 2015 con relación a Línea Base (zafra 2014).

Resumen de la evaluación ambiental, (zafra 2015) con relación a Línea base (zafra 2014)				
Periodos		Línea base	Zafra 2015	Diferencia
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)
TEP	CO ₂	8,25	7,18	-1,07
	SO _x	4105,16	3.572,06	-533,10
	NO _x	0,00	0,00	0,00
Subtotal		4113,40	3.579,24	-534,17
Bagazo	CO ₂	59,41	51,69	-7,71
	SO _x	0,00	0,00	0,00
	NO _x	0,00	0,00	0,00
Subtotal		59,41	51,69	-7,71
Reducción Total		4054,00	3.527,54	-526,45

Tablas 3.22. Resumen de la evaluación ambiental por consumo de bagazo en zafra 2015 con relación a Línea meta.

Resumen de la evaluación ambiental, (zafra 2015) con relación a Línea meta				
Periodos		Línea meta	Zafra 2015	Diferencia
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)
TEP	CO ₂	8,82	7,18	-1,64
	SOx	4.390,38	3.572,06	-818,32
	NOx	0,00	0,00	0,00
Subtotal		4.399,19	3.579,24	-819,96
Bagazo	CO ₂	63,53	51,69	-11,84
	SOx	0,00	0,00	0,00
	NOx	0,00	0,00	0,00
Subtotal		63,53	51,69	-11,84
Reducción Total		4.335,66	3.527,54	-808,12

Tablas 3.23. Resumen de la evaluación ambiental por generación de electricidad en zafra 2015 con relación a Línea base (zafra 2014).

Resumen de la evaluación ambiental, (zafra 2015) con relación a Línea base (zafra 2014)				
Periodos		Línea base	Zafra 2015	Diferencia
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)
TEP	CO ₂	1,48	1,62	0,13
	SOx	738,92	805,10	66,17
	NOx	0,00	0,00	0,00
Subtotal		740,41	806,71	66,31
Bagazo	CO ₂	59,41	51,69	-7,71
	SOx	0,00	0,00	0,00
	NOx	0,00	0,00	0,00
Subtotal		59,41	51,69	-7,71
Reducción Total		681,00	755,02	74,02

Tablas 3.24. Resumen de la evaluación ambiental en zafra 2015 con relación a Línea Meta.

Resumen de la evaluación ambiental, (zafra 2015) con relación a Línea meta				
Periodos		Línea meta	Zafra 2015	Diferencia
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)
TEP	CO ₂	1,51	1,62	0,10
	SOx	753,68	805,10	51,41
	NOx	0,00	0,00	0,00
Subtotal		755,20	806,71	51,52
Bagazo	CO ₂	54,65	51,69	-2,96
	SOx	0,00	0,00	0,00
	NOx	0,00	0,00	0,00
Subtotal		54,65	51,69	-2,96
Reducción Total		700,54	755,02	54,48

3.1.3.2.3. Evaluación económica de la inversión en el Central 14 de Julio por la implementación del procedimiento propuesto.

Para la evaluación económica se tiene en cuenta la ficha de costos de la zafra (2015), cuyos datos muestra la Tabla 3.25 del Anexo 9, según las normas establecidas por el organismo competente (Cuba: Ministerio de Economía y Planificación), con el máximo rigor técnico y económico, de forma tal que el presupuesto de la inversión y el resto de los supuestos asumidos, muestren desviaciones mínimas durante la fase de inversión y posterior explotación. Constituyendo una valiosa herramienta a utilizar por los diferentes sujetos del proceso inversionista. (González, 2008).

Tabla 3.26. Resumen de la Evaluación Económica zafra 2015, mayo 2015. Productos: Azúcar con alta pol, miel C a destilería y entrega de energía eléctrica al SEN.

Parámetros / Periodos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4 al 10
Proyección Producción, Mt	39,705	44,715	44,715	44,715
Precios Monto Total, \$/t	1251,60	1251,60	1251,60	1251,60
Precio USD/t	61	61	61	61
Electricidad a RED, MWh	4713	5208	5208	5208
Precio Electricidad, \$/kWh	0,10	0,10	0,10	0,10
MIEL C a destilería, Mt	9,597	9,981	9,981	9,981
Precio Miel C USD/t	80,00	80,00	80,00	80,00
Costo Unitario Monto Total	1001,67	1001,67	1001,67	1001,67
Precio promedio, \$/t	1286,51	1284,52	1284,52	1284,52

Se requiere un crédito por 76,0 M\$, 10% interés, con cero años de gracia y se repaga en un mes; por cambios en las infraestructuras para mejoras en los recursos humanos y capacitación de los mismos por \$55.000.00 y \$21.000.00 por gastos de implementación de la norma 50001.

Tabla 3.27. Resumen de los parámetros económicos durante la zafra 2015.

Parámetros Económicos	Monto Total 2015
TIR, %	No Tiene
VAN al 12%, Miles\$	50408.0
RVAN \$/\$	663.26
P. Recuperación. Inv. (Años)	0,00
Punto de Equilibrio. (Toneladas Producidas)	35628.8
Punto de Equilibrio (% Producción)	79,7
Costo Operación / Ingreso.	0,85
Costo Total / Ingreso.	0,85

Como se puede apreciar en la Tabla 3.27, la implementación del Sistema de Gestión Energética a través de la Norma ISO 50001, como sistema de gestión eficiente de la energía en el Central Azucarero 14 de Julio es económicamente factible durante las zafras 2015:

El valor adicional obtenido después de recuperado el valor de la inversión realizada y garantizando una tasa mínima de rentabilidad sobre la inversión (VAN) = \$ (50408.0).

La rentabilidad anual de la inversión o rentabilidad sobre la inversión viva de cada año (TIR) = (0) % en ambos años respectivamente, ya que la misma se recupera en menos de un mes.

El valor actual neto con el monto de la inversión o sea tasa de rendimiento actualizada (RVAN) = \$ (663.26).

El período de recuperación de la inversión (PRI) = menos de un año. Con un punto de equilibrio = (35628.8) t, lo que representa un (79.7) % de la producción.

Un costo de operaciones por pesos de ingreso y un costo total por peso de ingreso = \$ (0.85).

3.2. Conclusiones parciales.

1. Se realiza una propuesta para la implementación de la Norma ISO 50001 en la que se definen como indicadores de desempeño energético para el central 14 de Julio, (consumo de electricidad, consumo de bagazo y generación de electricidad) vs caña molida; así como la línea base y línea meta para medir el desempeño energético del mismo.
2. Se elabora un procedimiento para la revisión energética y el seguimiento, medición y análisis del desempeño energético, dándosele cumplimiento a parte de los requisitos establecidos por la norma ISO 50001: 2011.
3. El sistema de gestión de la calidad del central cuenta con un conjunto de procedimientos que son comunes con los requeridos por la norma ISO 50001: 2011, lo que facilitó la integración del sistema de gestión energético propuesto al mismo.
4. El procedimiento para la implementación de la Norma ISO 50001 en centrales azucareros tiene valor metodológico ya que permite dejar registrados de diferentes formas los pasos a seguir para la materialización de dicho proyecto, sirviendo como base para casos posteriores de este mismo tipo.
5. Los indicadores dinámicos de la inversión muestran que la implementación del procedimiento es económicamente factible.

Conclusiones Generales

1. La tendencia al incremento del consumo de portadores energéticos y por ende al aumento de la contaminación ambiental debido al acelerado desarrollo industrial a nivel mundial ha obligado a las organizaciones a desarrollar o adoptar sistemas de gestión de la energía con el fin de lograr un uso más eficiente de estos portadores energéticos, reducir los costos y reducir el impacto ambiental.
2. El sector azucarero no posee un sistema para la gestión energética que garantice su explotación con la máxima eficiencia energética, el menor consumo energético y el menor impacto ambiental.
3. A partir de la caracterización energética se definen los indicadores de desempeño energético, la línea base energética y línea meta; así como las herramientas, (gráficos de Pareto, de dispersión, de control, de índice de consumo y de tendencia) a utilizar para realizar la evaluación una vez implementado el procedimiento propuesto a la unidad en estudio.
4. La implementación del procedimiento propuesto como sistema de gestión energética garantiza a la unidad objeto de estudio un uso más eficiente de los recursos energéticos y un menor impacto ambiental; así como evolución en la administración de la energía y el mejoramiento continuo de la misma.

Recomendaciones

Por los resultados obtenidos en el año de aplicado el procedimiento propuesto en el Central Azucarero 14 de Julio, se sugieren las siguientes recomendaciones a la Empresa Azucarera Cienfuegos:

1. Establecer los elementos de integración del sistema de gestión energética al sistema de gestión de la empresa y centrales que la integran.
2. Sugerir a la dirección de la empresa la implementación y evaluación de la propuesta formulada y efectuar correcciones y adecuaciones como base de la filosofía de mejoramiento continuo de las normas ISO.
3. Estudiar el factor de potencia en fábrica y evaluar monto de inversión de bancos de capacitores.
4. Completar el sistema de medición de los parámetros básicos del proceso productivo por áreas.
5. Capacitación y evaluación del personal propio de la empresa y demás centrales vinculados a los procesos productivos y de control energético.

Bibliografía.

- Acosta. I., Santos Macías, L. (1995). Análisis Bibliográfico para la Cogeneración. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- AIE. (2014a). Principales conclusiones de la Energía Mundial de Outlook. Recuperado de <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>.
- AIE. (2014b). Análisis detallado de la contribución de la energía al cambio climático durante muchos años. Recuperado de <http://www.worldenergyoutlook.org/energyclimatemap/>.
- AIE. (2014c). Tercer Foro sobre la Seguridad de nexos energía-clima. Recuperado de <http://www.worldenergyoutlook.org/energyclimatemap/>.
- AIE. (2014d). Informe anual sobre política energética y previsiones de la demanda y la oferta de energía. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/>.
- Alpha Bah, M, (2012). Etapas de la Planificación Energética en correspondencia con la NC-ISO 50001:2011 para Empresas Metalmeccánicas CUBA”. Cienfuegos.
- Asitha Días, M. P, (2013). Sistema Informático para el Monitoreo y Control Energético en el Sector Industrial basado ISO 50001. (SIMCEI 1.0). Cienfuegos.
- Borroto, A. (2002). Gestión Energética Empresarial. Universidad de Cienfuegos: Editorial Universo Sur.
- Borroto et al. (2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. Revista Energética. (33), 65-69.
- Borroto et al. (1997). Los Sistemas Energéticos y sus Costos Ambientales. CEEMA: Universidad de Cienfuegos.
- Borroto et al (n.d.). Gestión y Economía Energética. Universidad de Cienfuegos: Editorial Universo Sur.
- Castillo, M, L. (2007). Estrategia para el Ahorro de Energía en POLIPROPILENO DEL CARIBE S.A – PROPILCO. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Mecánica.
- Castro, Ruz, F. (1993). Conferencia en las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Mensaje de Fidel Castro. Río de Janeiro. Oficina de Publicaciones del Consejo de Estado.
- Cataluña Busca en la Cogeneración una Alternativa Ambiental y Viable Frente al Cambio Climático. Recuperado de www.expansiondirecto.com/edicion/noticia/
- Cleaner Production-Energy Efficiency manual for GERIAP, UNEP. (2001). National Productivity Council.
- Colectivo de autores. (2006). Gestión y Economía Energética. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos. Cuba: Editorial: Universidad de Cienfuegos.
- Colectivos de autores. (2008). Normalización en el Ámbito de la Gestión Energética.
- Colectivos de autores. (n.d.). Temas de eficiencia energética Recuperado de [www.iadb.org/es/temas/energia/eficiencia-energetica,](http://www.iadb.org/es/temas/energia/eficiencia-energetica)

- CONAE. (1995). Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. Esquemas de Cogeneración. Secretaría de Energía. México.
- Cuesta, S. A. (1999). Tecnología de los Recursos Humanos. La Habana: Ed. Academia.
- Cuesta, S. A. (2006). Tecnología de Gestión de los Recursos Humanos (segunda edición.). Ciudad Habana: Editorial Academia.
- Delgado Rivas, S H. (2007). La capacitación en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de México” en Observatorio de la Economía Latinoamericana. Recuperado de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/shdr.htm>.
- Department of Power. (2006). Energy Conservation - The Indian experience. NPC Publication.
- Díaz Yedra, H, (2012). Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa Productora de Alcoholes Hidratados. (Tesis de Maestría) Cabimas, Zulia. Venezuela.
- Doty, S. T. (2006). Energy Management Handbook. Lilburn. Estados Unidos: Fairmont Press.
- EIA. (2002). International Energy Annual. Sitio Web WWW.eia.doe.gov/iea/.
- EIA. (2007). System for the Analysis of Global Energy Markerts 2007.
- Escobar, M. (2000). Análisis Gráfico/Exploratorio Análisis Gráfico/Exploratorio. España: Editorial La Muralla.
- Fábregas Ríos, M.E. (1996). Análisis y Alternativas de la Cogeneración en un CAI con Destilería Anexa. (Trabajo de Diploma), UCLV, Santa Clara.
- Fatih Birol, (2013). Principales conclusiones de la energía mundial de Outlook. Recuperado de <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>.
- Francisco, S. M. (1994). Energías Renovables, Industria y Medio Ambiente. Economía Industrial. El Reto Industrial del Medio Ambiente. Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. (Tesis Doctoral) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- García Fernández, M. P, (2014). Análisis de los indicadores de desempeño energético en los centros de educación superior en cuba adscriptos al MES. Cienfuegos.
- González Morales, V. (2008). Procedimiento para la ejecución de estudios previos inversionistas en la industria de procesos químicos y fermentativos. (Tesis de Maestría) UCLV, Santa Clara.
- Granja, A. V. (2005). Mejoramiento del Sistema de Distribución de Vapor para el Proceso de Secado usado en la Planta “Profilac. S.A. Scientia et Technica XI (27), 94-96.
- Hernández, A. G. (2011). Norma de Gestión Energética para la Universidad de Cienfuegos a partir de la ISO 50001. (Tesis de Maestría) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Horta, L. A. (2010). Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Colección Documentos de Proyectos. New York: Naciones Unidas.
- IEA. (2005). Key World Energy Statistics from the Energy Information Administration (IEA).

- IEA. (2008). Renewables Information. Paris: Edition, OECD Publishing,
- IEA. (2014). Tracking Clean Energy Progress 2013, IEA Input to the Clean Energy Ministerial. Recuperado de http://www.iea.org/publications/TCEP_web.pdf.
- IEO. (2007a). Reservas Mundiales de petróleo.
- IEO. (2007b). Informes elaborados por la Energy Information Administration, del Gobierno de Estados Unidos. International Energy Outlook. Recuperado de <http://www.iea.org/topics/electricity/>.
- International Energy Agency, P. (2007). Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ emissions International Outlook (2005).
- International Energy Outlook. (2007). Mercado mundial del consumo de energía por regiones, 1970-2025.
- Lambert, I. (2011). Caracterización Energética y Propuesta de Implementación de la Norma ISO 50001 a la Empresa Corrugadora "Windward Island Packaging Company Ltd. (WINERA) Sta. Lucia.
- Lapido et al. (n.d.). La gestión energética y la competitividad empresarial. Cienfuegos: Universo Sur Universidad de Cienfuegos.
- Medina, A. D. (2008). Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa Oleohidráulica Cienfuegos. (Tesis de Maestría) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- México, S. (2013). Guías Empresariales. Recuperado de www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=8&guia=116&giro=7.
- Neil, F. T. (2002). Guía Ambiental ARPEL. Monitoreo y Seguimiento del Uso de Energía.
- Norma ISO 50001. (2011). Traducción oficial ©.
- Nuño Martínez, T. (2013). Responsable de la campaña de cambio climático de Greenpeace España. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/>.
- Oliver, T. J. (n.d.). Sistemas de Gestión Energéticos según la NORMA UNE 16001:2009 y Transición a la ISO 50001:2011, Una Eficaz Herramienta para Mejorar la Competitividad. Director de Desarrollo y de Unidad de Cambio Climático de AENOR.
- OMS. (2011). Information on global Health Observatory. Recuperado de <http://www.who.int/gho/phe/en/index.html>.
- Peláez Quintana, J. M, (2009). Implementación del sistema de gestión total eficiente de la energía en la unidad empresarial de base de inyección y las bases para el monitoreo y control energético en las máquinas de inyección de plástico. (Tesis de Maestría) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Pérez Campo, A, (2012). Herramientas soporte para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001:2011. (Tesis de Maestría) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Quintana. C. et. al. (1998). Impacto Ambiental Debido a la Combustión de la Biomasa Cañera en la Industria Azucarera Cubana. Revista Centroazúcar, 2,48-51.
- REN21. (2014a). Renewables 2014: Global Status Report. Recuperado de

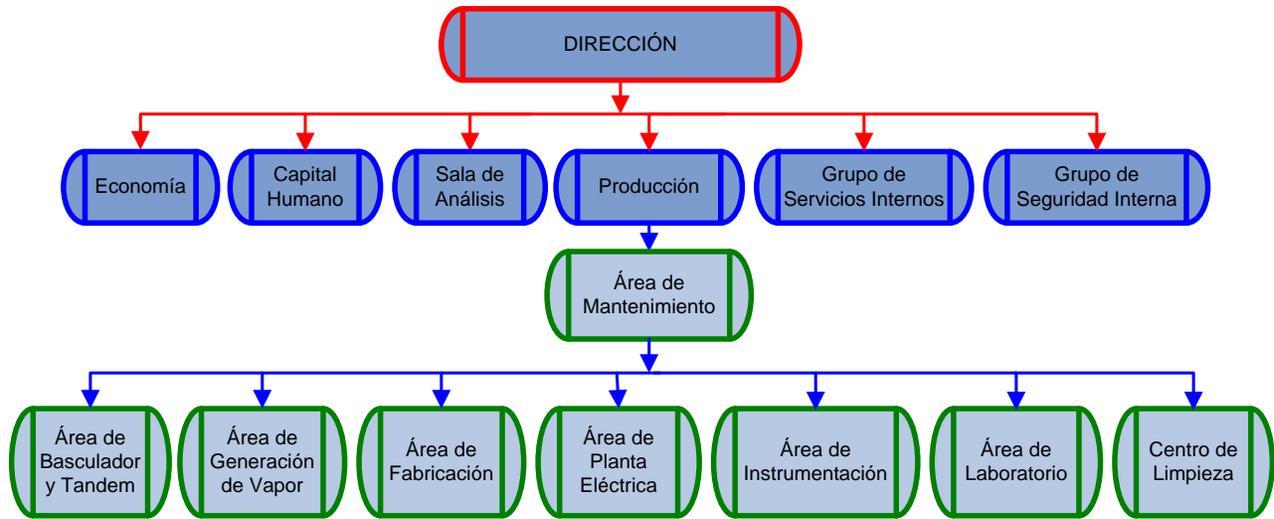
- http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_low res.pdf.
- REN21. (2014b). Renewables Interactive Map - Country Profile: Mexico. Recuperado de http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_low res.pdf.
- REN21. (2014c). Renewables 2014: Global Status Report. Recuperado de http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_low res.pdf.
- REN21. (2014d). Renewables Interactive Map - Country Profile. México. Recuperado de http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_low res.pdf.
- Revolución de las Nuevas Energías. (2000). DOSSIER INTERNACIONAL.
- Rial A., V. J. (2001). Depuración y Análisis preliminares de datos en SPSS. Sistemas Informatizados para la investigación del Comportamiento. Real Madrid.
- Rogel et al. (2012). El calentamiento global bajo los nuevos y los antiguos escenarios usando los rangos estimados por el IPCC. Recuperado de http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n4/fig_tab/nclimate1385_T2.html.
- Rosillo Calle. F. H. D. O. (1992). Biomass Energy, Forests and Global Warning. Información and Skills Centre. London: Kings College
- Ross, S. (2001). Probabilidad y estadísticas para ingeniería y ciencias. México: Mc Graw Hill.
- Roy Young, R. (2012). Caracterización energética y elementos para la propuesta de un sistema de gestión energética del hotel “Gran Bahía Príncipe” Jamaica. (Tesis de Maestría) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Sklyar Peña, O. (2011). Integración del Sistema de Gestión Energética al Sistema de Gestión de Cementos Cienfuegos S.A. (Trabajo de Diploma) Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Turner, W.C., Doty, S. (2006). Energy Management Handbook, Estados Unidos: Fairmont Press Lilburn.
- WEO. (2014). Más energías renovables y menos CO2. Estados Unidos: World Energy Outlook (WEO)

Anexo 1. Términos y definiciones de la Norma ISO 50001: 2011. (Norma ISO 50001, 2011).

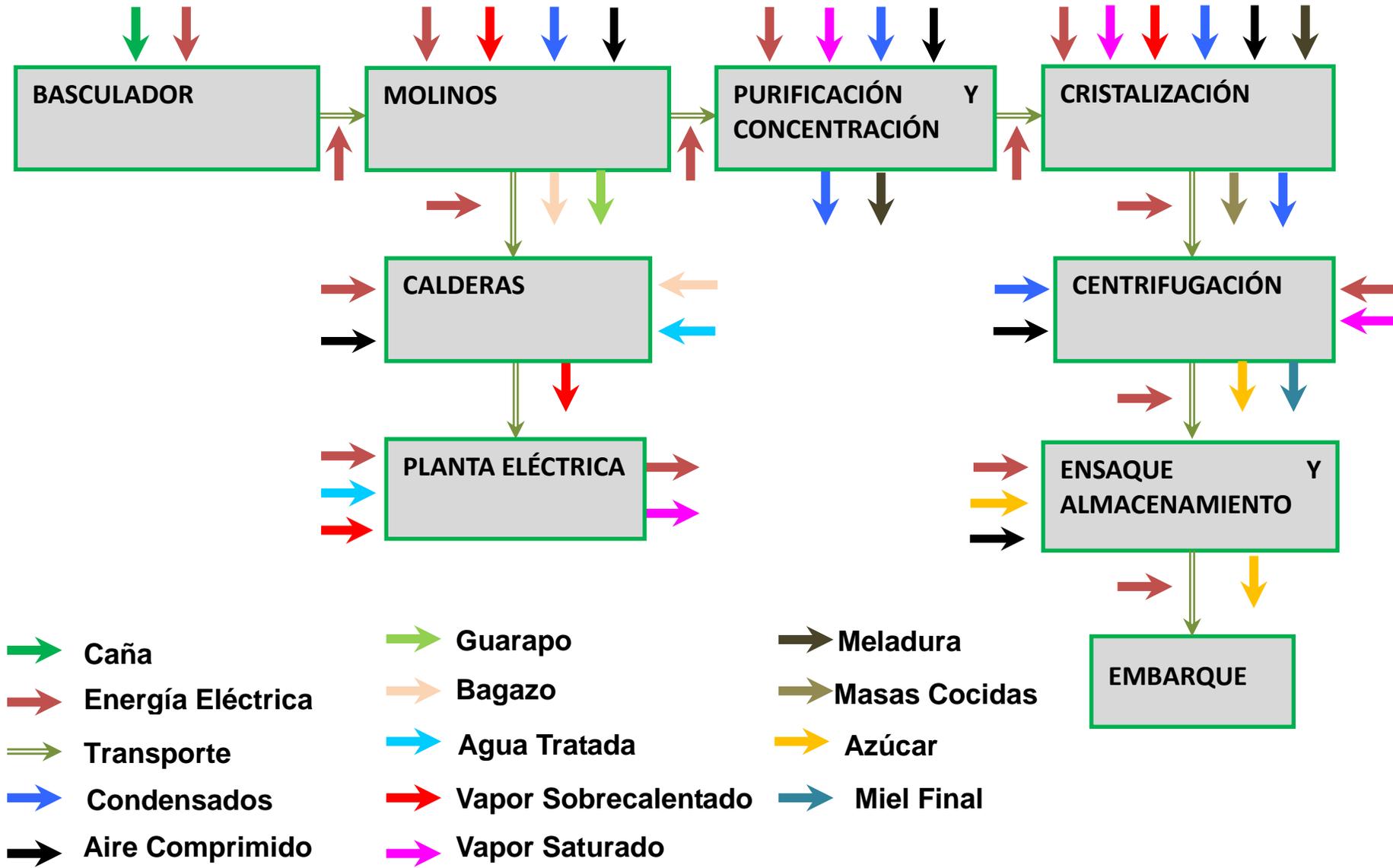
- ✓ **Límites:** límites físicos o de emplazamiento y/o límites organizacionales tal y como los define la organización.
- ✓ **Mejora continua:** proceso recurrente que tiene como resultado una mejora en el desempeño energético y en el sistema de gestión de la energía.
- ✓ **Corrección:** acción tomada para eliminar una **no conformidad** (u) detectada.
- ✓ **Acción correctiva:** acción para eliminar la causa de una **no conformidad** (u) detectada.
- ✓ **Energía:** electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares.
- ✓ **Línea de base energética:** referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.
- ✓ **Consumo de energía:** cantidad de energía utilizada.
- ✓ **Eficiencia energética:** proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.
- ✓ **Sistema de gestión de la energía SGE_n:** conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.
- ✓ **Equipo de gestión de la energía:** persona(s) responsable(s) de la implementación eficaz de las actividades del sistema de gestión de la energía y de la realización de las mejoras en el desempeño energético.
- ✓ **Objetivo energético:** resultado o logro especificado para cumplir con la política energética de la organización y relacionado con la mejora del desempeño energético.
- ✓ **Desempeño energético:** resultados medibles relacionados con la **eficiencia energética** (h), el **uso de la energía** (r) y el **consumo de la energía** (g).
- ✓ **Indicador de desempeño energético IDE_n:** valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización.
- ✓ **Política energética:** declaración por parte de la organización de sus intenciones y dirección globales en relación con su desempeño energético, formalmente expresada por la alta dirección.
- ✓ **Revisión energética:** determinación del desempeño energético de la organización basada en datos y otro tipo de información, orientada a la identificación de oportunidades de mejora.
- ✓ **Servicios energéticos:** actividades y sus resultados relacionados con el suministro y/o uso de la energía.

- ✓ **Meta energética:** requisito detallado y cuantificable del desempeño energético, aplicable a la organización o parte de ella, que tiene origen en los objetivos energéticos y que es necesario establecer y cumplir para alcanzar dichos objetivos.
- ✓ **Uso de la energía:** forma o tipo de aplicación de la energía, ejemplo: Ventilación; iluminación; calefacción; refrigeración; transporte; procesos; líneas de producción.
- ✓ **Parte interesada:** persona o grupo que tiene interés, o está afectado por, el desempeño energético de la organización.
- ✓ **Auditoría interna:** proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia y evaluarla de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los requisitos.
- ✓ **No conformidad:** incumplimiento de un requisito (ISO 9000: 2005).
- ✓ **Organización:** compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedades, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración y que tiene autoridad para controlar su uso y su consumo de la energía.
- ✓ **Acción preventiva:** acción para eliminar la causa de una **no conformidad (r)** potencial.
- ✓ **Procedimiento:** forma especificada de llevar a cabo una actividad o proceso.
- ✓ **Registro:** documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.
- ✓ **Alcance:** extensión de actividades, instalaciones y decisiones cubiertas por la organización a través del SGEN, que puede incluir varios límites.
- ✓ **Uso significativo de la energía:** uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético.
- ✓ **Alta dirección:** persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel.

Anexo 2. Estructura organizativa de la UEB Central Azucarero “14 de Julio”. Fuente: (Elaboración propia).



Anexo 3. Diagrama de Flujo energético productivo del Central 14 de Julio. Fuente: Elaboración propia.



Anexo 4. Estructuras de consumo de los portadores energéticos durante las zafras 2012-2015.

Tabla 2.1. Estructura de consumo de los portadores energéticos durante la zafra 2012.

2012							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	TEP	%	% acumulado
1	Bagazo	t	95998,49	0,240000	23039,637	88,07	88,07
2	Electricidad	MWh	9575,063	0,323918	3101,535	11,86	99,93
3	Lubricantes	t	72,005	1,000000	15,934	0,06	99,99
4	Diesel	t	9,351	1,053400	2,003	0,04	100,03
5	Gasolina	t	1,521	1,097100	0,179	0,00	100,03
Total					26159,288		

Tabla 2.2. Estructura de consumo de los portadores energéticos durante la zafra 2013.

2013							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	TEP	%	% acumulado
2	Bagazo	t	100396,2	0,240000	24095,091	88,62	88,62
1	Electricidad	MWh	9494,433	0,323918	3075,418	11,31	99,93
4	Lubricantes	t	72,945	1,000000	15,934	0,06	99,99
3	Diesel	t	9,826	1,053400	2,003	0,01	100,00
5	Gasolina	t	1,532	1,097100	0,179	0,00	100,00
Total					27188,625		

Tabla 2.3. Estructura de consumo de los portadores energéticos durante la zafra 2014.

2014							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	TEP	%	% acumulado
1	Bagazo	t	101425,932	0,240000	24342,224	87,48	87,48
2	Electricidad	MWh	10699,064	0,323918	3465,619	12,45	99,93
3	Lubricantes	t	73,921	1,000000	15,934	0,06	99,99
4	Diesel	t	9,933	1,053400	2,003	0,01	100,00
5	Gasolina	t	1,533	1,097100	0,179	0,00	100
Total					27825,959		

Tabla 2.4. Estructura de consumo de los portadores energéticos durante la zafra 2015.

2015							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	TEP	%	% acumulado
1	Bagazo	t	88394,277	0,240000	21214,626	86,34	86,34
2	Electricidad	MWh	10306,339	0,323918	3338,4087	13,59	99,93
3	Lubricantes	t	15,9344	1,000000	15,9344	0,06	99,99
4	Diesel	t	1,90117	1,053400	2,0026925	0,01	100,00
5	Gasolina	t	0,1633	1,097100	0,1791564	0,00	100,00
Total					24571,151		

Anexo 5. Comportamiento histórico del consumo de electricidad vs caña molida durante las zafras 2010-2014

Tabla 2.5. Consumo de electricidad y la caña molida por semanas en las zafras 2012-2014.

Zafra / Semanas	2012		2013		2014	
	Consumo Elec (MWh)	Caña M (t)	Consumo Elec (MWh)	Caña M (t)	Consumo Elec (MWh)	Caña M (t)
1	545	19602	530	17115	520	16819
2	586	20536	594	20627	562	18686
3	588	20803	579	18712	549	17015
4	593	20814	575	18961	511	15953
5	554	17515	599	19397	554	18623
6	583	18795	628	20354	568	17935
7	478	15251	664	22057	545	16526
8	584	20169	600	19306	535	17034
9	566	18508	598	19161	601	20190
10	553	17738	616	20232	591	19608
11	542	19189	595	19293	595	20144
12	498	15741	590	19256	572	19059
13	478	15374	565	16866	553	16696
14	495	15305	606	20304	587	20303
15	495	15981	544	14622	598	21158
16	457	14643	613	20369	583	19980
17	421	14651			586	19240
18	560	17467			570	18314
19					520	16294
20						
Total	9575	318082	9494	306632	10699	349577
Promedio	532	17671	593	19164	563	19421

Tabla. 2.6. Variación del consumo de electricidad y de la caña molida zafra 2012.

Zafra / Semanas	2012						
	Consumo Elec (MWh)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	545			19602			
2	586	-41	-7,5	20536	-934	-4,8	
3	588	-2	-0,3	20803	-267	-1,3	
4	593	-5	-0,8	20814	-11	-0,1	
5	554	39	6,6	17515	3299	15,8	
6	583	-29	-5,3	18795	-1280	-7,3	
7	478	106	18,1	15251	3544	18,9	
8	584	-106	-22,2	20169	-4918	-32,2	
9	566	18	3,1	18508	1661	8,2	
10	553	13	2,2	17738	770	4,2	
11	542	11	2,0	19189	-1451	-8,2	Anormal
12	498	44	8,2	15741	3448	18,0	
13	478	20	4,0	15374	367	2,3	
14	495	-17	-3,7	15305	69	0,4	Anormal
15	495	0	0,0	15981	-676	-4,4	Anormal
16	457	38	7,7	14643	1338	8,4	
17	421	36	7,9	14651	-8	-0,1	Anormal
18	560	-139	-33,1	17467	-2816	-19,2	

Tabla. 2.7. Variación del consumo de electricidad y de la caña molida zafra 2013.

Zafra / Semanas	2013						
	Consumo Elec (MWh)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	530			17115			
2	594	-64	-12,1	20627	-3512	-20,5	
3	579	14	2,4	18712	1915	9,3	
4	575	4	0,7	18961	-249	-1,3	Anormal
5	599	-24	-4,1	19397	-436	-2,3	
6	628	-30	-4,9	20354	-957	-4,9	
7	664	-36	-5,7	22057	-1703	-8,4	
8	600	65	9,7	19306	2751	12,5	
9	598	2	0,4	19161	145	0,8	
10	616	-19	-3,1	20232	-1071	-5,6	
11	595	22	3,5	19293	939	4,6	
12	590	5	0,8	19256	37	0,2	
13	565	24	4,1	16866	2390	12,4	
14	606	-40	-7,1	20304	-3438	-20,4	
15	544	62	10,3	14622	5682	28,0	
16	613	-70	-12,8	20369	-5747	-39,3	

Tabla. 2.8. Variación del consumo de electricidad y de la caña molida zafra 2014.

Zafra / Semanas	2014						
	Consumo Elec (MWh)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	520			16819			
2	562	-42	-8,1	18686	-1867	-11,1	
3	549	12	2,2	17015	1671	8,9	
4	511	39	7,0	15953	1062	6,2	
5	554	-43	-8,4	18623	-2670	-16,7	
6	568	-15	-2,6	17935	688	3,7	Anormal
7	545	23	4,0	16526	1409	7,9	
8	535	11	1,9	17034	-508	-3,1	Anormal
9	601	-66	-12,4	20190	-3156	-18,5	
10	591	10	1,7	19608	582	2,9	
11	595	-4	-0,7	20144	-536	-2,7	
12	572	23	3,8	19059	1085	5,4	
13	553	19	3,3	16696	2363	12,4	
14	587	-34	-6,1	20303	-3607	-21,6	
15	598	-11	-1,9	21158	-855	-4,2	
16	583	15	2,4	19980	1178	5,6	
17	586	-2	-0,4	19240	740	3,7	Anormal
18	570	15	2,6	18314	926	4,8	
19	520	51	8,9	16294	2020	11,0	

Tabla 2.9. Índice de consumo de electricidad vs caña molida de las zafras 2012-2014.

Zafras / Semanas	2012		2013		2014	
	Caña (t)	IC	Caña (t)	IC	Caña (t)	IC
1	19602	0,029	17115	0,033	16819	0,032
2	20536	0,029	20627	0,030	18686	0,030
3	20803	0,029	18712	0,031	17015	0,032
4	20814	0,029	18961	0,031	15953	0,033
5	17515	0,030	19397	0,031	18623	0,030
6	18795	0,030	20354	0,030	17935	0,031
7	15251	0,031	22057	0,029	16526	0,032
8	20169	0,029	19306	0,031	17034	0,032
9	18508	0,030	19161	0,031	20190	0,029
10	17738	0,030	20232	0,030	19608	0,030
11	19189	0,029	19293	0,031	20144	0,029
12	15741	0,031	19256	0,031	19059	0,030
13	15374	0,031	16866	0,033	16696	0,032
14	15305	0,031	20304	0,030	20303	0,029
15	15981	0,031	14622	0,036	21158	0,029
16	14643	0,032	20369	0,030	19980	0,029
17	14651	0,032			19240	0,030
18	17467	0,030			18314	0,031
19					16294	0,032
Total	318082	0,544	306632	0,498	349577	0,583
Promedio	17671	0,030	19164	0,031	18399	0,031

Tabla 2.10. Control de la caña molida y consumo de electricidad en las zafras (2012-2015).

Zafras	Caña Molida (t)			Electricidad (MWh)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Promedio	17671	19164	18399	532	593	563
Desviación	2158	1701	1598	50	31	28
LCS	21987	22566	21595	633	655	618
LCI	13356	15763	15203	431	532	508

Tabla 2.11. Tendencias de consumo de electricidad semanal de la zafra 2012 en base 2014.

Zafra / Semanas	2012				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	545	19602	582	-37	-37
2	586	20536	598	-11	-49
3	588	20803	602	-14	-25
4	593	20814	602	-9	-23
5	554	17515	549	5	-4
6	583	18795	569	14	19
7	478	15251	512	-34	-20
8	584	20169	592	-8	-42
9	566	18508	565	1	-7
10	553	17738	552	1	2
11	542	19189	576	-34	-33
12	498	15741	520	-22	-56
13	478	15374	514	-36	-58
14	495	15305	513	-18	-54
15	495	15981	524	-29	-46
16	457	14643	502	-45	-74
17	421	14651	502	-81	-126
18	560	17467	548	12	-69

Tabla 2.12. Tendencias de consumo de electricidad semanal de la zafra 2013 en base 2014.

Zafra / Semanas	2013				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	530	17115	542	-12	-12
2	594	20627	599	-5	-18
3	579	18712	568	11	6
4	575	18961	572	3	15
5	599	19397	579	20	23
6	628	20354	594	34	54
7	664	22057	622	42	76
8	600	19306	577	22	65
9	598	19161	575	22	45
10	616	20232	592	24	46
11	595	19293	577	17	41
12	590	19256	577	13	30
13	565	16866	538	28	41
14	606	20304	594	12	40
15	544	14622	502	42	54
16	613	20369	595	19	61

Anexo 6. Comportamiento histórico del consumo de bagazo vs caña molida durante las zafras 2012-2014

Tabla 2.13. Consumo de bagazo y la caña molida semanal durante las zafras 2012-2014.

Zafras	2012		2013		2014	
Semanas	Consumo Bag (t)	Caña M (t)	Consumo Bag (t)	Caña M (t)	Consumo Bag (t)	Caña M (t)
1	6077	19602	6119	17115	5130	16819
2	5861	20536	6289	20627	5196	18686
3	5943	20803	6204	18712	5255	17015
4	5646	20814	6256	18961	4996	15953
5	5340	17515	6293	19397	5358	18623
6	5731	18795	6343	20354	5257	17935
7	4650	15251	6514	22057	5176	16526
8	6149	20169	6280	19306	5258	17034
9	5643	18508	6303	19161	5722	20190
10	5808	17738	6302	20232	5379	19608
11	5546	19189	6268	19293	5551	20144
12	5199	15741	6318	19256	5470	19059
13	4687	15374	6138	16866	5290	16696
14	4666	15305	6366	20304	5527	20303
15	4873	15981	6133	14622	5708	21158
16	4465	14643	6448	20369	5562	19980
17	4132	14651			5401	19240
18	5583	17467			5361	18314
19					4989	16294
20						
Total	95998	318082	100575	306632	101586	349577
Promedio	5333	17671	6286	19164	5347	18399

Tabla. 2.14. Variación del consumo de bagazo y de la caña molida en la zafra 2012.

Zafra / Semanas	2012						
	Consumo Bag (t)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	6077			19602			
2	5861	215	3,5	20536	-934	-4,8	Anormal
3	5943	-81	-1,4	20803	-267	-1,3	
4	5646	297	5,0	20814	-11	-0,1	Anormal
5	5340	306	5,4	17515	3299	15,8	
6	5731	-390	-7,3	18795	-1280	-7,3	
7	4650	1081	18,9	15251	3544	18,9	
8	6149	-1499	-32,2	20169	-4918	-32,2	
9	5643	506	8,2	18508	1661	8,2	
10	5808	-165	-2,9	17738	770	4,2	Anormal

11	5546	262	4,5	19189	-1451	-8,2	Anormal
12	5199	346	6,2	15741	3448	18,0	
13	4687	512	9,8	15374	367	2,3	
14	4666	21	0,4	15305	69	0,4	
15	4873	-206	-4,4	15981	-676	-4,4	
16	4465	408	8,4	14643	1338	8,4	
17	4132	333	7,5	14651	-8	-0,1	Anormal
18	5583	-1451	-35,1	17467	-2816	-19,2	

Tabla. 2.15. Variación del consumo de bagazo y de la caña molida en la zafra 2013.

Zafra / Semanas	2013						
	Consumo Bag (t)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	6119			17115			
2	6289	-170	-2,8	20627	-3512	-20,5	
3	6204	85	1,3	18712	1915	9,3	
4	6256	-52	-0,8	18961	-249	-1,3	
5	6293	-37	-0,6	19397	-436	-2,3	
6	6343	-50	-0,8	20354	-957	-4,9	
7	6514	-171	-2,7	22057	-1703	-8,4	
8	6280	234	3,6	19306	2751	12,5	
9	6303	-23	-0,4	19161	145	0,8	Anormal
10	6302	0	0,0	20232	-1071	-5,6	Anormal
11	6268	35	0,6	19293	939	4,6	
12	6318	-50	-0,8	19256	37	0,2	Anormal
13	6138	180	2,9	16866	2390	12,4	
14	6366	-228	-3,7	20304	-3438	-20,4	
15	6133	233	3,7	14622	5682	28,0	
16	6448	-315	-5,1	20369	-5747	-39,3	

Tabla. 2.16. Variación del consumo de bagazo y de la caña molida en la zafra 2014.

Zafra / Semanas	2014						
	Consumo Bag (t)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	5130			16819			
2	5196	-66	-1,3	18686	-1867	-11,1	
3	5255	-59	-1,1	17015	1671	8,9	Anormal
4	4996	259	4,9	15953	1062	6,2	
5	5358	-362	-7,2	18623	-2670	-16,7	
6	5257	100	1,9	17935	688	3,7	
7	5176	81	1,5	16526	1409	7,9	
8	5258	-82	-1,6	17034	-508	-3,1	
9	5722	-464	-8,8	20190	-3156	-18,5	

10	5379	342	6,0	19608	582	2,9	
11	5551	-172	-3,2	20144	-536	-2,7	
12	5470	82	1,5	19059	1085	5,4	
13	5290	180	3,3	16696	2363	12,4	
14	5527	-238	-4,5	20303	-3607	-21,6	
15	5708	-180	-3,3	21158	-855	-4,2	
16	5562	146	2,6	19980	1178	5,6	
17	5401	161	2,9	19240	740	3,7	
18	5361	39	0,7	18314	926	4,8	
19	4989	373	6,9	16294	2020	11,0	

Tabla 2.17. Índice de consumo de bagazo vs caña molida semanal en las zafras 2010-2014.

Zafra / Semanas	2012		2013		2014	
	Caña M (t)	IC	Caña M (t)	IC	Caña M (t)	IC
1	19602	0,297	17115	0,361	16819	0,307
2	20536	0,295	20627	0,308	18686	0,288
3	20803	0,294	18712	0,335	17015	0,305
4	20814	0,294	18961	0,331	15953	0,317
5	17515	0,302	19397	0,325	18623	0,289
6	18795	0,299	20354	0,312	17935	0,295
7	15251	0,310	22057	0,292	16526	0,310
8	20169	0,295	19306	0,326	17034	0,304
9	18508	0,299	19161	0,328	20190	0,275
10	17738	0,302	20232	0,313	19608	0,280
11	19189	0,298	19293	0,326	20144	0,276
12	15741	0,308	19256	0,327	19059	0,285
13	15374	0,310	16866	0,365	16696	0,308
14	15305	0,310	20304	0,313	20303	0,275
15	15981	0,307	14622	0,413	21158	0,268
16	14643	0,313	20369	0,312	19980	0,277
17	14651	0,313			19240	0,283
18	17467	0,302			18314	0,291
19					16294	0,313
20						
Total	318082	5,447	306632	5,287	349577	5,545
Promedio	17671	0,303	19164	0,330	18399	0,292

Tabla 2.18. Control de la caña molida y el consumo de bagazo en las zafras (2012-2014).

Zafras	Caña molida (t)			Consumo de bagazo (t)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Promedio	17671	19164	18399	5333	4989	5338
Desviación	2158	1701	1598	592	427	219
LCS	21987	22566	21595	6517	5842	5776
LCI	13356	15763	15203	4149	4136	4900

Tabla 2.19. Tendencias de consumo de bagazo semanal de la zafra 2012 en base 2014.

Zafra	2012				
Semanas	Ea	Pa	Et = m*Pa + Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	6077	19602	5490	586	586
2	5861	20536	5602	260	846
3	5943	20803	5633	309	569
4	5646	20814	5635	11	321
5	5340	17515	5241	99	110
6	5731	18795	5394	337	436
7	4650	15251	4971	-321	15
8	6149	20169	5558	592	270
9	5643	18508	5360	283	875
10	5808	17738	5268	540	824
11	5546	19189	5441	105	645
12	5199	15741	5030	170	275
13	4687	15374	4986	-298	-129
14	4666	15305	4978	-311	-609
15	4873	15981	5058	-186	-497
16	4465	14643	4899	-434	-620
17	4132	14651	4900	-768	-1202
18	5583	17467	5236	347	-421

Tabla 2.20. Tendencias de consumo de bagazo semanal de la zafra 2013 en base 2014.

Zafra	2013				
Semanas	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	6119	17115	5193	926	926
2	6289	20627	5612	676	1602
3	6204	18712	5384	820	1497
4	6256	18961	5414	843	1663
5	6293	19397	5466	827	1670
6	6343	20354	5580	764	1591
7	6514	22057	5783	731	1495
8	6280	19306	5455	825	1556

9	6303	19161	5438	865	1690
10	6302	20232	5565	737	1602
11	6268	19293	5453	814	1551
12	6318	19256	5449	869	1684
13	6138	16866	5164	974	1843
14	6366	20304	5574	792	1766
15	6133	14622	4896	1237	2029
16	6448	20369	5582	867	2104

Tabla 2.21. Costo por unidad de los portadores energéticos.

	Años	2012	2013	2014	2015
Portadores	UM	Costo/unidad en (\$)			
Bagazo	t			168.67	168.67
Electricidad	MWh	261.27	312.30	349.46	349.46
Diésel	t			1018.80	1018.80
Lubricantes	t	2100.00	2900.00	2900.00	2900.00
Gasolina	t	1237.30	1246.90	1020.60	1020.60

Anexo 7. Comportamiento histórico de la generación de electricidad vs caña molida durante las zafras 2012-2014.

Tabla 2.22. Caña molida y generación de electricidad por semanas durante las zafras 2012-2014.

Zafras	2012		2013		2014	
Semanas	Caña M (t)	G. Elec (MWh)	Caña M (t)	G. Elec (MWh)	Caña M (t)	G. Elec (MWh)
1	19602	703	17115	612	16819	653
2	20536	749	20627	706	18686	681
3	20803	782	18712	660	17015	655
4	20814	772	18961	725	15953	630
5	17515	707	19397	735	18623	715
6	18795	691	20354	742	17935	710
7	15251	565	22057	823	16526	686
8	20169	729	19306	710	17034	686
9	18508	722	19161	762	20190	779
10	17738	678	20232	732	19608	773
11	19189	695	19293	697	20144	815
12	15741	628	19256	709	19059	712
13	15374	563	16866	618	16696	682
14	15305	591	20304	753	20303	730
15	15981	595	14622	614	21158	794
16	14643	533	20369	713	19980	779
17	14651	397			19240	726
18	17467	748			18314	714
19					16294	645
Total	318082	11848	306632	11312	349577	13567
Promedio	17671	658	19164	707	18399	714

Tabla. 2.23. Variación de la generación de electricidad y la caña molida en la zafra 2012.

Zafra / Semanas	2012						
	G. Elec (MWh)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	703			19602			
2	749	-46	-6,6	20536	-934	-4,8	
3	782	-33	-4,4	20803	-267	-1,3	
4	772	9	1,2	20814	-11	-0,1	Anormal
5	707	65	8,4	17515	3299	15,8	
6	691	16	2,2	18795	-1280	-7,3	Anormal
7	565	127	18,3	15251	3544	18,9	
8	729	-164	-29,1	20169	-4918	-32,2	
9	722	7	0,9	18508	1661	8,2	
10	678	44	6,1	17738	770	4,2	
11	695	-17	-2,5	19189	-1451	-8,2	
12	628	67	9,6	15741	3448	18,0	
13	563	65	10,4	15374	367	2,3	
14	591	-28	-5,0	15305	69	0,4	Anormal
15	595	-4	-0,6	15981	-676	-4,4	
16	533	62	10,4	14643	1338	8,4	
17	397	136	25,6	14651	-8	-0,1	Anormal
18	748	-351	-88,6	17467	-2816	-19,2	

Tabla. 2.24. Variación de la generación de electricidad y la caña molida en la zafra 2013.

Zafra / Semanas	2013						
	G. Elec (MWh)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	612			17115			
2	706	-94	-15,3	20627	-3512	-20,5	
3	660	46	6,5	18712	1915	9,3	
4	725	-65	-9,9	18961	-249	-1,3	
5	735	-11	-1,5	19397	-436	-2,3	
6	742	-6	-0,8	20354	-957	-4,9	
7	823	-81	-11,0	22057	-1703	-8,4	
8	710	113	13,7	19306	2751	12,5	
9	762	-52	-7,3	19161	145	0,8	Anormal
10	732	30	3,9	20232	-1071	-5,6	Anormal
11	697	35	4,8	19293	939	4,6	
12	709	-12	-1,7	19256	37	0,2	Anormal
13	618	92	12,9	16866	2390	12,4	
14	753	-135	-21,9	20304	-3438	-20,4	
15	614	139	18,4	14622	5682	28,0	
16	713	-99	-16,2	20369	-5747	-39,3	

Tabla. 2.25. Variación de la generación de electricidad y la caña molida en la zafra 2014.

Zafra / Semanas	2014						
	G. Elec (MWh)	Diferencia	% Variación	Caña M (t)	Diferencia	% Variación	Comportamiento
1	653			16819			
2	681	-28	-4,3	18686	-1867	-11,1	
3	655	26	3,8	17015	1671	8,9	
4	630	25	3,9	15953	1062	6,2	
5	715	-85	-13,4	18623	-2670	-16,7	
6	710	4	0,6	17935	688	3,7	
7	686	24	3,4	16526	1409	7,9	
8	686	1	0,1	17034	-508	-3,1	Anormal
9	779	-93	-13,6	20190	-3156	-18,5	
10	773	6	0,7	19608	582	2,9	
11	815	-42	-5,5	20144	-536	-2,7	
12	712	103	12,6	19059	1085	5,4	
13	682	30	4,2	16696	2363	12,4	
14	730	-48	-7,0	20303	-3607	-21,6	
15	794	-64	-8,8	21158	-855	-4,2	
16	779	16	2,0	19980	1178	5,6	
17	726	53	6,8	19240	740	3,7	
18	714	12	1,6	18314	926	4,8	
19	645	69	9,7	16294	2020	11,0	

Tabla 2.26. Índice de generación de electricidad vs caña molida por semanas en las zafras 2012-2014.

Zafra / Semanas	2012		2013		2014	
	Caña M (t)	IG	Caña M (t)	IG	Caña M (t)	IG
1	19602	0,037	17115	0,038	16819	0,040
2	20536	0,038	20627	0,036	18686	0,039
3	20803	0,038	18712	0,037	17015	0,039
4	20814	0,038	18961	0,037	15953	0,040
5	17515	0,037	19397	0,037	18623	0,039
6	18795	0,037	20354	0,036	17935	0,039
7	15251	0,037	22057	0,036	16526	0,040
8	20169	0,038	19306	0,037	17034	0,039
9	18508	0,037	19161	0,037	20190	0,038
10	17738	0,037	20232	0,036	19608	0,038
11	19189	0,037	19293	0,037	20144	0,038
12	15741	0,037	19256	0,037	19059	0,038
13	15374	0,037	16866	0,038	16696	0,040
14	15305	0,037	20304	0,036	20303	0,038
15	15981	0,037	14622	0,040	21158	0,038
16	14643	0,037	20369	0,036	19980	0,038
17	14651	0,037			19240	0,038
18	17467	0,037			18314	0,039
19					16294	0,040
20						
Total	318082	0,670	306632	0,591	349577	0,738
Promedio	17671	0,0372	19164	0,0369	18399	0,0388

Tabla 2.27. Control de la generación de electricidad y caña molida de las zafras 2012-2014

Zafras	Generación de electricidad (MWh)			Caña molida (t)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Promedio	658	707	714	17671	19164	18399
Desviación	98	56	52	2158	1701	1598
LCS	854	818	818	21987	22566	21595
LCI	463	596	610	13356	15763	15203

Tabla 2.28. Tendencia de la generación de electricidad por semanas de la zafra 2012 en base 2014.

Zafra	2012				
Semanas	Ea	Pa	$Et = m \cdot Pa + Eo$	Ea-Et	Suma Acum.
1	703	19602	750	-47	-47
2	749	20536	778	-29	-77
3	782	20803	786	-5	-34
4	772	20814	787	-14	-19
5	707	17515	687	20	6
6	691	18795	726	-34	-14
7	565	15251	619	-54	-88
8	729	20169	767	-38	-92
9	722	18508	717	5	-33
10	678	17738	694	-16	-10
11	695	19189	737	-43	-58
12	628	15741	633	-5	-48
13	563	15374	622	-59	-65
14	591	15305	620	-29	-88
15	595	15981	641	-46	-75
16	533	14643	600	-67	-113
17	397	14651	600	-204	-271
18	748	17467	685	63	-141

Tabla 2.29. Tendencia de la generación de electricidad por semanas de la zafra 2013 en base 2014.

.Zafra	2013				
Semanas	Ea	Pa	$Et=mPa+Eo$	Ea-Et	Suma Acum.
1	612	17115	675	-63	-63
2	706	20627	781	-75	-138
3	660	18712	723	-63	-139
4	725	18961	731	-6	-69
5	735	19397	744	-8	-14
6	742	20354	773	-31	-39
7	823	22057	824	-1	-32
8	710	19306	741	-31	-32
9	762	19161	737	25	-6
10	732	20232	769	-36	-11
11	697	19293	741	-43	-80
12	709	19256	739	-30	-73
13	618	16866	667	-50	-80
14	753	20304	771	-18	-68
15	614	14622	600	15	-4
16	713	20369	773	-60	-45

Anexo 8. Propuesta para la implementación de la Norma ISO 50001 en el Central Azucarero 14 de Julio.

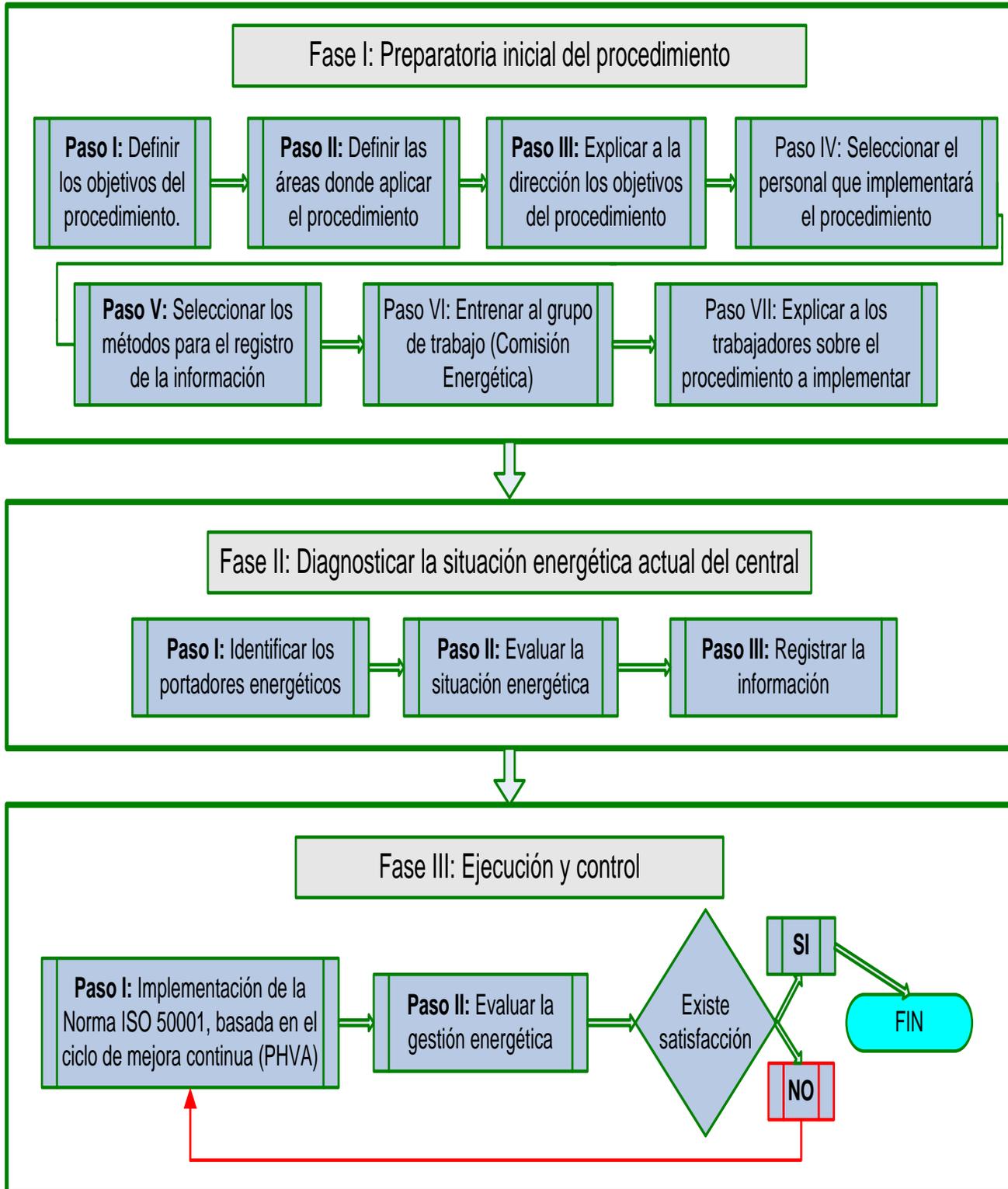


Figura 3.1. Procedimiento para la aplicación de la Norma ISO 50001. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Evaluación de la gestión energética del Central Azucarero 14 de Julio durante la zafra 2015.

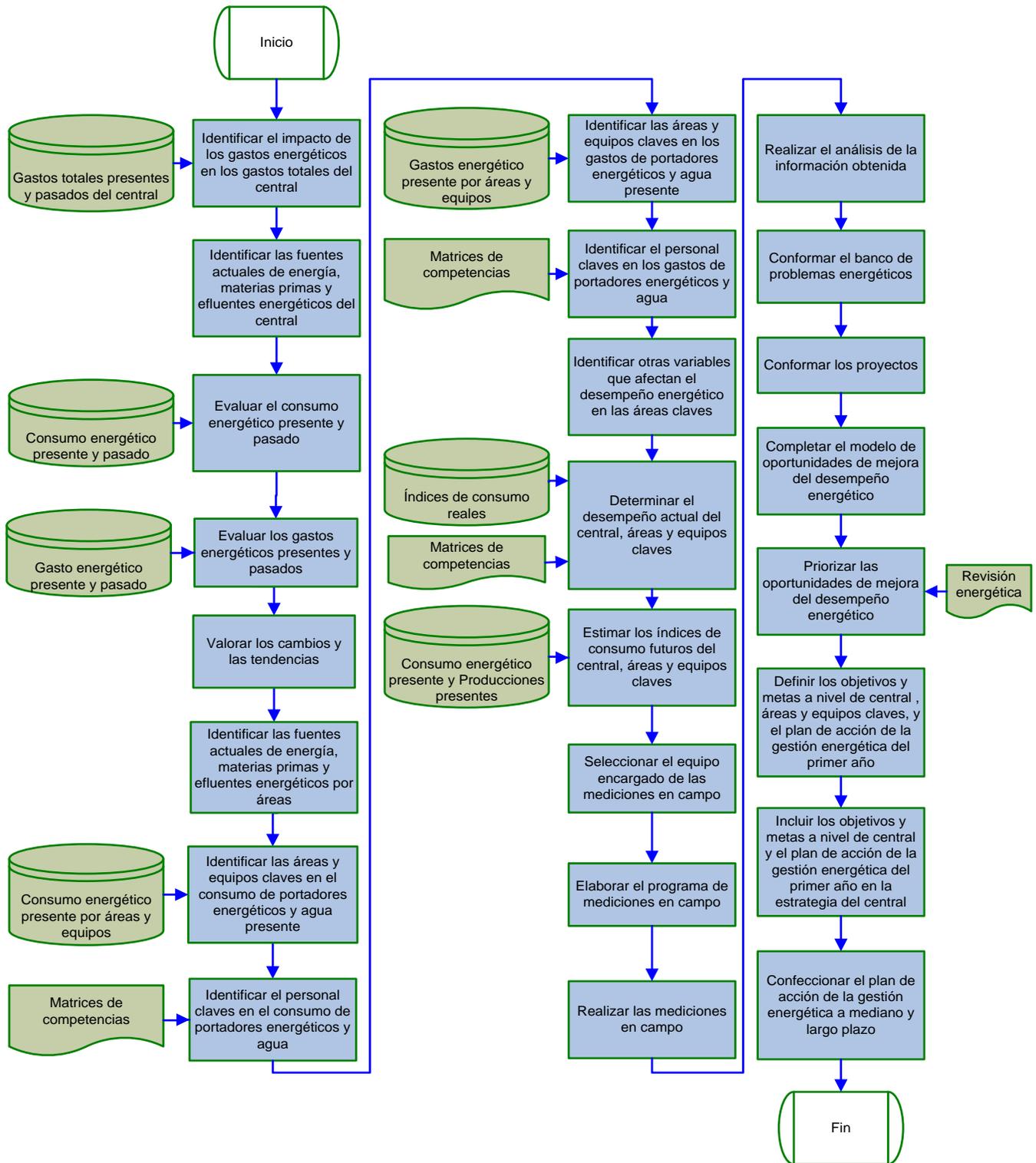


Figura 3.2. Diagrama de flujo del proceso de revisión energética. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.1. Comisión energética del central 14 de Julio.

No	Nombre y apellidos	Cargos	Años de Exp.	Nivel de Preparación
1	Alfredo Domínguez Álvarez.	Jefe de Producción.	23	Ing. Termoenergética.
2	Carlos M. Rey Jiménez.	Especialista en uso racional de la energía.	27	Ing. Industrial.
3	Gabriel de León García.	Especialista en controles automáticos.	32	Ing. de procesos.
4	Ricardo Rodríguez González.	Jefe de planta eléctrica.	31	Ing. de procesos.
5	Augusto González Santana.	Especialista en termoenergética.	9	Ing. Industrial.
6	Elba Avilés Mendoza.	Jefe de área de generación de vapor.	33	Ing. de procesos.
7	Lázaro Piña Suárez.	Jefe de área tándem.	21	Ing. de procesos.
8	Rafael Gómez Morales.	Económico del central.	37	Lic. Economía
9	Odalís Pedroso Soto.	Especialista en gestión del Capital Humano.	25	Ing. Industrial.

Tabla 3.2. Consumo de electricidad y la caña molida por semanas de la línea base, línea meta y zafra 2015.

Semanas	Línea base 2014		Línea meta		Zafra 2015	
	Caña M (t/sem)	Consumo de Electricidad (MWh/sem)	Caña M (t/sem)	Consumo de Electricidad (MWh/sem)	Caña M (t/sem)	Consumo de Electricidad (MWh/sem)
1	16819	520	16819	478	21932	552
2	18686	562	18686	517	20152	523
3	17015	549	17015	505	19069	517
4	15953	511	15953	470	19603	516
5	18623	554	18623	509	21859	550
6	17935	568	17935	523	19123	508
7	16526	545	16526	502	21068	541
8	17034	535	17034	492	20994	540
9	20190	601	20190	553	18183	502
10	19608	591	19608	544	17168	478
11	20144	595	20144	547	19066	520
12	19059	572	19059	526	18174	502
13	16696	553	16696	509	18858	519
14	20303	587	20303	540	20208	523
15	21158	598	21158	550	16772	492
16	19980	583	19980	537	19690	528
17	19240	586	19240	539	17989	502
18	18314	570	18314	525	16056	482
19	16294	520	16294	478	20280	522
20					17644	489
Total	349577,24	10699	349577	9843	383888	10306

Tabla 3.3. Índice de consumo de electricidad vs caña molida por semanas de la línea base, línea meta y zafra 2015.

Semanas	Línea base 2014		Línea meta		Zafra 2015	
	Caña M (t/sem)	IC (MWh/tcm)	Caña M (t/sem)	IC (MWh/tcm)	Caña M (t/sem)	IC (MWh/tcm)
1	16819	0,032	16819	0,029	21932	0,025
2	18686	0,030	18686	0,028	20152	0,026
3	17015	0,032	17015	0,029	19069	0,027
4	15953	0,033	15953	0,030	19603	0,027
5	18623	0,030	18623	0,028	21859	0,025
6	17935	0,031	17935	0,028	19123	0,027
7	16526	0,032	16526	0,030	21068	0,026
8	17034	0,032	17034	0,029	20994	0,026
9	20190	0,029	20190	0,027	18183	0,028
10	19608	0,030	19608	0,027	17168	0,029
11	20144	0,029	20144	0,027	19066	0,027
12	19059	0,030	19059	0,028	18174	0,028
13	16696	0,032	16696	0,029	18858	0,027
14	20303	0,029	20303	0,027	20208	0,026
15	21158	0,029	21158	0,026	16772	0,029
16	19980	0,029	19980	0,027	19690	0,027
17	19240	0,030	19240	0,028	17989	0,028
18	18314	0,031	18314	0,028	16056	0,030
19	16294	0,032	16294	0,030	20280	0,026
20					17644	0,028
Total	349577	0,583	349577	0,537	366244	0,540
Promedio	19421	0,031	18399	0,028	18312	0,027

Tabla 3.4. Tendencia del consumo de electricidad por semanas, zafra 2015 en base línea base 2014.

Zafra / Semanas	Zafra 2015				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	552	21932	620	-68	-68
2	523	20152	591	-68	-136
3	517	19069	574	-56	-125
4	516	19603	582	-67	-123
5	550	21859	619	-69	-136
6	508	19123	575	-67	-136
7	541	21068	606	-65	-132
8	540	20994	605	-65	-130
9	502	18183	559	-58	-123
10	478	17168	543	-65	-122
11	520	19066	574	-53	-118

12	502	18174	559	-58	-111
13	519	18858	570	-51	-109
14	523	20208	592	-69	-121
15	492	16772	537	-44	-113
16	528	19690	584	-56	-100
17	502	17989	556	-54	-111
18	482	16056	525	-43	-97
19	522	20280	593	-72	-114
20	489	17644	551	-62	-134

Tabla 3.5. Tendencia del consumo de electricidad por semanas, zafra 2015 en base línea meta.

Zafra / Semanas	Zafra 2015				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	552	21932	570	-18	-18
2	523	20152	544	-21	-39
3	517	19069	528	-10	-31
4	516	19603	536	-20	-31
5	550	21859	569	-19	-39
6	508	19123	529	-21	-40
7	541	21068	558	-16	-37
8	540	20994	556	-17	-33
9	502	18183	515	-13	-29
10	478	17168	499	-21	-34
11	520	19066	528	-7	-29
12	502	18174	514	-13	-20
13	519	18858	525	-6	-19
14	523	20208	545	-22	-27
15	492	16772	494	-1	-23
16	528	19690	537	-9	-11
17	502	17989	512	-10	-19
18	482	16056	483	-1	-10
19	522	20280	546	-24	-25
20	489	17644	507	-18	-42

Tabla 3.6. Consumo de bagazo y la caña molida por semanas de la línea base, línea meta y zafra 2015.

Semanas	Línea base 2014		Línea meta		Zafra 2015	
	Caña M (t/sem)	Consumo Bagazo (t/sem)	Caña M (t/sem)	Consumo Bagazo (t/sem)	Caña M (t/sem)	Consumo Bagazo (t/sem)
1	16819	5130	16819	4719	21932	4842
2	18686	5196	18686	4780	20152	4477
3	17015	5255	17015	4834	19069	4416
4	15953	4996	15953	4596	19603	4466
5	18623	5358	18623	4929	21859	4892
6	17935	5257	17935	4837	19123	4370
7	16526	5176	16526	4762	21068	4821
8	17034	5258	17034	4838	20994	4727
9	20190	5722	20190	5264	18183	4344
10	19608	5379	19608	4949	17168	3963
11	20144	5551	20144	5107	19066	4489
12	19059	5470	19059	5032	18174	4339
13	16696	5290	16696	4867	18858	4481
14	20303	5527	20303	5085	20208	4568
15	21158	5708	21158	5251	16772	4066
16	19980	5562	19980	5117	19690	4399
17	19240	5401	19240	4969	17989	4163
18	18314	5361	18314	4933	16056	4021
19	16294	4989	16294	4590	20280	4424
20					17644	4128
Total	349577	101586	349577	93459	383888	88394

Tabla 3.7. Índice de consumo de bagazo vs caña molida por semanas de la línea base, línea meta y zafra 2015.

Semanas	Línea base 2014		Línea meta		Zafra 2015	
	Caña M (t/sem)	IC (tbag/tcm)	Caña M (t/sem)	IC (tbag/tcm)	Caña M (t/sem)	IC (tbag/tcm)
1	16819	0,307	16819	0,282	21932	0,221
2	18686	0,288	18686	0,265	20152	0,227
3	17015	0,305	17015	0,280	19069	0,231
4	15953	0,317	15953	0,292	19603	0,229
5	18623	0,289	18623	0,265	21859	0,221
6	17935	0,295	17935	0,271	19123	0,231
7	16526	0,310	16526	0,285	21068	0,224
8	17034	0,304	17034	0,280	20994	0,224
9	20190	0,275	20190	0,253	18183	0,234
10	19608	0,280	19608	0,258	17168	0,239
11	20144	0,276	20144	0,254	19066	0,231

12	19059	0,285	19059	0,262	18174	0,234
13	16696	0,308	16696	0,283	18858	0,232
14	20303	0,275	20303	0,253	20208	0,226
15	21158	0,268	21158	0,247	16772	0,241
16	19980	0,277	19980	0,255	19690	0,228
17	19240	0,283	19240	0,261	17989	0,235
18	18314	0,291	18314	0,268	16056	0,245
19	16294	0,313	16294	0,288	20280	0,226
20					17644	0,237
Total	349577	5,545	349577	5,102	383888	4,615
Promedio	18399	0,292	18399	0,269	19194	0,231

Tabla 3.8. Tendencia del consumo de bagazo vs caña molida por semanas de la zafra 2015 en base a línea base 2014.

Zafra / Semanas	Zafra 2015				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	4842	21932	5768	-926	-926
2	4477	20152	5556	-1079	-2005
3	4416	19069	5427	-1010	-2089
4	4466	19603	5490	-1024	-2035
5	4892	21859	5759	-868	-1892
6	4370	19123	5433	-1063	-1931
7	4821	21068	5665	-844	-1908
8	4727	20994	5656	-929	-1774
9	4344	18183	5321	-977	-1906
10	3963	17168	5200	-1237	-2214
11	4489	19066	5426	-937	-2174
12	4339	18174	5320	-980	-1918
13	4481	18858	5401	-920	-1901
14	4568	20208	5562	-994	-1915
15	4066	16772	5153	-1087	-2081
16	4399	19690	5501	-1102	-2188
17	4163	17989	5298	-1135	-2236
18	4021	16056	5067	-1046	-2181
19	4424	20280	5571	-1147	-2194
20	4128	17644	5257	-1129	-2276

Tabla 3.9. Tendencia del consumo de bagazo vs caña molida por semanas de la zafra 2015 en base a línea meta.

Zafra / Semanas	Zafra 2015				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	4842	21932	5308	-466	-466
2	4477	20152	5112	-635	-1101
3	4416	19069	4993	-577	-1212
4	4466	19603	5052	-586	-1163
5	4892	21859	5300	-408	-994
6	4370	19123	4999	-630	-1037
7	4821	21068	5213	-392	-1022
8	4727	20994	5205	-478	-870
9	4344	18183	4896	-552	-1030
10	3963	17168	4785	-822	-1374
11	4489	19066	4993	-504	-1326
12	4339	18174	4895	-556	-1060
13	4481	18858	4970	-489	-1045
14	4568	20208	5118	-550	-1039
15	4066	16772	4741	-675	-1225
16	4399	19690	5061	-662	-1338
17	4163	17989	4875	-712	-1374
18	4021	16056	4662	-641	-1353
19	4424	20280	5126	-703	-1344
20	4128	17644	4837	-709	-1412

Tabla 3.10. Generación de electricidad y la caña molida por semanas de la línea base, línea meta y zafra 2015.

Semanas	Línea base 2014		Línea meta		Zafra 2015	
	Caña M (t/sem)	Generación Electricidad (MWh/sem)	Caña M (t/sem)	Generación Electricidad (MWh/sem)	Caña M(t/sem)	Generación Electricidad (MWh/sem)
1	16819	653	16819	666	21932	839
2	18686	681	18686	695	20152	763
3	17015	655	17015	668	19069	775
4	15953	630	15953	643	19603	765
5	18623	715	18623	729	21859	814
6	17935	710	17935	725	19123	739
7	16526	686	16526	700	21068	811
8	17034	686	17034	699	20994	782
9	20190	779	20190	794	18183	694
10	19608	773	19608	788	17168	659
11	20144	815	20144	831	19066	725
12	19059	712	19059	726	18174	722
13	16696	682	16696	696	18858	719

14	20303	730	20303	745	20208	775
15	21158	794	21158	810	16772	673
16	19980	779	19980	794	19690	731
17	19240	726	19240	741	17989	681
18	18314	714	18314	729	16056	646
19	16294	645	16294	658	20280	786
20					17644	683
Total	349577	13567	349577	13838	383888	14782

Tabla 3.11. Índice de generación de electricidad vs caña molida por semanas de la línea base, línea meta y zafra 2015.

Semanas	Línea base 2014		Línea meta		Zafra 2015	
	Caña M (t/sem)	IG (MWh/sem)	Caña M(t/sem)	IG (MWh/sem)	Caña M (t/sem)	IG (MWh/sem)
1	16819	0,040	16819	0,040	21932	0,038
2	18686	0,039	18686	0,039	20152	0,038
3	17015	0,039	17015	0,040	19069	0,039
4	15953	0,040	15953	0,041	19603	0,038
5	18623	0,039	18623	0,039	21859	0,038
6	17935	0,039	17935	0,040	19123	0,039
7	16526	0,040	16526	0,041	21068	0,038
8	17034	0,039	17034	0,040	20994	0,038
9	20190	0,038	20190	0,039	18183	0,039
10	19608	0,038	19608	0,039	17168	0,039
11	20144	0,038	20144	0,039	19066	0,039
12	19059	0,038	19059	0,039	18174	0,039
13	16696	0,040	16696	0,040	18858	0,039
14	20303	0,038	20303	0,039	20208	0,038
15	21158	0,038	21158	0,038	16772	0,039
16	19980	0,038	19980	0,039	19690	0,038
17	19240	0,038	19240	0,039	17989	0,039
18	18314	0,039	18314	0,040	16056	0,040
19	16294	0,040	16294	0,041	20280	0,038
20					17644	0,039
Total	349577	0,738	349577	0,753	383888	0,772
Promedio	18399	0,0388	18399	0,0396	19194	0,0392

Tabla 3.12. Tendencia de la generación de electricidad vs caña molida por semanas de la zafra 2015 en base Línea base 2014.

Zafra / Semanas	Zafra 2015				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	839	21932	820	19	19
2	763	20152	767	-3	16
3	775	19069	734	42	38
4	765	19603	750	15	57
5	814	21859	818	-4	11
6	739	19123	735	4	-0
7	811	21068	794	17	21
8	782	20994	792	-10	7
9	694	18183	707	-13	-24
10	659	17168	676	-17	-31
11	725	19066	734	-9	-26
12	722	18174	707	15	6
13	719	18858	727	-8	7
14	775	20208	768	7	-1
15	673	16772	664	8	15
16	731	19690	753	-22	-14
17	681	17989	701	-20	-42
18	646	16056	643	3	-17
19	786	20280	770	16	19
20	683	17644	691	-8	7

Tabla 3.13. Tendencia de la generación de electricidad vs caña molida por semanas de la zafra 2015 en base Línea meta.

Zafra / Semanas	Zafra 2015				
	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
1	839	21932	837	3	3
2	763	20152	782	-19	-16
3	775	19069	748	27	8
4	765	19603	765	0	27
5	814	21859	834	-21	-20
6	739	19123	750	-11	-31
7	811	21068	810	1	-9
8	782	20994	808	-26	-25
9	694	18183	721	-28	-54
10	659	17168	690	-31	-58
11	725	19066	748	-23	-54
12	722	18174	721	1	-22
13	719	18858	742	-23	-21
14	775	20208	784	-9	-31
15	673	16772	678	-5	-14
16	731	19690	768	-37	-42
17	681	17989	715	-34	-71
18	646	16056	656	-10	-44
19	786	20280	786	0	-9
20	683	17644	705	-22	-22

Tablas 3.17. Evaluación ambiental por consumo de bagazo de la zafra 2015 con relación a Línea Base (zafra 2014).

Evaluación ambiental por consumo de bagazo, (zafra 2015) con relación a Línea base (zafra 2014)									
Línea base (Zafra 2014)				Zafra 2015			Diferencia		
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	
TEP (24380,64 t)	CO2	0,261	8,25	TEP (21214,56 t)	0,227	7,18	-0,034	-1,07	
	SOx	0,451	4105,16		0,392	3.572,06	-0,059	-533,10	
	NOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00	
Subtotal			4113,40	Subtotal				3.579,24	-534,17
Bagazo (101586 t)	CO2	1,879	59,41	Bagazo (88394,2770 t)	1,635	51,69	-0,244	-7,71	
	SOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00	
	NOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00	
Subtotal			59,41	Subtotal				51,69	-7,71
Reducción Total			4054,00	Reducción Total				3.527,54	-526,45

Tablas 3.18. Evaluación ambiental por consumo de bagazo de la zafra 2015 con relación a Línea Meta.

Evaluación ambiental por consumo de bagazo, (zafra 2015) con relación a Línea meta									
Línea meta				Zafra 2015			Diferencia		
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	
TEP (26074,56 t)	CO2	0,28	8,82	TEP (21214,56 t)	0,23	7,18	-0,052	-1,64	
	SOx	0,48	4.390,38		0,39	3.572,06	-0,090	-818,32	
	NOx	0,00	0,00		0,00	0,00	0,000	0,00	
Subtotal			4.399,19	Subtotal				3.579,24	-819,96
Bagazo (108644 t)	CO2	2,01	63,53	Bagazo (88394,277 t)	1,64	51,69	-0,375	-11,84	
	SOx	0,00	0,00		0,00	0,00	0,000	0,00	
	NOx	0,00	0,00		0,00	0,00	0,000	0,00	
Subtotal			63,53	Subtotal				51,69	-11,84
Reducción Total			4.335,66	Reducción Total				3.527,54	-808,12

Tablas 3.19. Evaluación ambiental por generación de electricidad de la zafra 2015 con relación a Línea Base (zafra 2014).

Evaluación ambiental por generación de electricidad, (zafra 2015) con relación a Línea base (zafra 2014)								
Línea base (Zafra 2014)				Zafra 2015			Diferencia	
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)
TEP (4388,476 t)	CO2	0,047	1,48	TEP (4781,4890 t)	0,051	1,62	0,004	0,13
	SOx	0,081	738,92		0,088	805,10	0,007	66,17
	NOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00
Subtotal			740,41	Subtotal			806,71	66,31
Bagazo (101586 t)	CO2	1,879	59,41	Bagazo (88394,2770 t)	1,635	51,69	-0,244	-7,71
	SOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00
	NOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00
Subtotal			59,41	Subtotal			51,69	-7,71
Reducción Total			681,00	Reducción Total			755,02	74,02

Tablas 3.20. Evaluación ambiental por generación de electricidad en zafra 2015 con relación a Línea meta.

Evaluación ambiental por generación de electricidad, (zafra 2015) con relación a Línea meta								
Línea meta				Zafra 2015			Diferencia	
Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	Parámetro	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	Debido a: Consumo de Portadores Energéticos	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)	(t/zafra)	Costo Ambiental (\$/zafra)
TEP (4476,1363 t)	CO2	0,048	1,51	TEP (4781,4890 t)	0,051	1,62	0,003	0,10
	SOx	0,083	753,68		0,088	805,10	0,006	51,41
	NOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00
Subtotal			755,20	Subtotal			806,71	51,52
Bagazo (93459t)	CO2	1,729	54,65	Bagazo (88394,277 t)	1,635	51,69	-0,094	-2,96
	SOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00
	NOx	0,000	0,00		0,000	0,00	0,000	0,00
Subtotal			54,65	Subtotal			51,69	-2,96
Reducción Total			700,54	Reducción Total			755,02	54,48

Tablas 3.25. Ficha de costos de la zafra (2015) del Central Azucarero 14 de Julio.

FICHA DE COSTOS	
ELEMENTOS	FC Real /t azúcar zafra 2015
COSTOS VARIABLES	846,29
Caña	595,57
Otros Materiales	213,99
Combustible	0,15
Energía	11,51
Otros gastos monetarios	25,07
Transporte de caña	
Otros servicios	
COSTOS FIJOS	225,38
Salario y Seguridad Social	60,82
Amortización de Activos Fijos	27,03
Industria	27,03
Amortización Cargos Diferidos	71,43
Industria	71,43
Rep. Y Mantenimiento zafra	15,20
Administración industrial	11,03
Cargos diferidos	
Gastos Generales y de Administración	35,30
Cargos diferidos	
Gastos Distribución y venta	4,57
COSTO TOTAL BRUTO	1071,67