

*Universidad de Matanzas
Sede "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Mecánica*



Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DE
ENERGÍA ACORDE A LA NORMA ISO 50001 EN LA UEB VÍAS Y
PUENTES COLÓN.**

Autor: José Antonio Álvarez Santana

Tutora: MSc. Marta Valera de Armas

Matanzas, 2020

Pensamiento:

En la tierra hace falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y dar más, que digan mejor ahora que mañana.

Ernesto "Che" Guevara

Dedicatoria:

A mis padres Olga Lidia y José Antonio, porque los amo y por toda su dedicación.

A mis amigos de la Universidad, por estos maravillosos años juntos.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declare que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

RESUMEN

La Unión de ferrocarriles de Cuba juega un papel fundamental en el transporte tanto de personas como de mercancías dentro del país debido a su alta fiabilidad, pero a su vez tienen un consumo significativo de electricidad. Por lo tanto se lleva a cabo el siguiente estudio, que tiene como objetivo crear herramientas para la implementación de la NC-ISO 50001 en la UEB Vías y Puentes Colon. Se realizó un estudio energético para detectar los usos significativos de la energía, deficiencias y logros en el sistema de gestión de la energía. También se tiene en cuenta si el indicador de desempeño energético utilizado (HDO) es eficaz para el monitoreo del consumo con el propósito de establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía.

ABSTRACT

The Cuban Railways Union plays a fundamental role in the transport of both people and goods within the country due to its high reliability, but at the same time they have significant electricity consumption. Therefore, the following study is carried out, which aims to create tools for the implementation of NC-ISO 50001 in the UEB Vías y Puentes Colon. An energy study was carried out to detect the significant uses of energy, deficiencies and achievements in the energy management system. It also takes into account whether the energy performance indicator used (HDO) is effective for monitoring consumption in order to establish the systems and processes necessary to improve its energy performance, including energy efficiency, use and consumption of energy

.

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 Eficiencia Energética y Medio Ambiente. Desarrollo Energético Sostenible.	2
1.2 Gestión Energética. Sistema de Gestión Energética.	4
1.2.1 Barreras que se oponen al éxito de la gestión	5
1.2.2 Errores que se cometen en la gestión energética.	5
1.2.3 Algunos conceptos básicos de gestión energética.	5
1.2.4 Con la implantación de un SGE se pueden obtener diversas ventajas como:	7
1.3 Introducción a la NC-ISO 50001:2011.	8
1.3.1 Beneficios de la NC-ISO-50001: 2011.	8
1.3.2 Completo control sobre el consumo y orientación a la optimización económica (APIEM, 2010):	9
1.3.3 Concienciación del personal respecto al uso de la energía:.....	9
1.3.4 Imagen externa de empresa energéticamente.	9
1.4 Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).	9
CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Característica del Área de Estudio	11
2.2 Estudio energético de la instalación.	12
2.3 Herramientas que permiten el monitoreo del consumo eléctrico.....	12
2.3.1 Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T).....	12
2.3.3 Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P).	15
2.3.4 Gráfico de Tendencia o Suma Acumulada.	15
2.3.5 Indicador de Eficiencia Base 100 (IDB 100).	16
2.4 Impacto económico del posible ahorro de energía eléctrica.....	17
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	18
3.1 Estudio energético de la instalación.	18
Como se puede apreciar en la (figura 2) el área de taller es el que presenta mayor consumo de energía eléctrica junto a las lámparas y bombillos.	19
3.2 Herramientas que permiten el monitoreo del consumo eléctrico.....	19
3.2.1 Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T).....	19
3.2.2 Gráfico de Consumo - Producción (E vs P).....	20
3.2.3 Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P).	21
3.2.4 Gráfico de Tendencia o Suma Acumulada.	22

3.3.5 Indicador de Eficiencia Base 100 (IDB 100).	23
3.4 Impacto económico del posible ahorro de energía eléctrica.....	23
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	26

INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio se realiza en la UEB vías y puentes Colon, que busca implementar la NC ISO 50001; esta Norma Internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección. Un buen SGE permite a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional.

De lo que se deriva el siguiente *problema de la investigación*:

¿Cómo implementar correctamente un sistema de gestión energética acorde la norma ISO 50001 en la UEB Vías y Puentes Colon?

Se plantea la siguiente *hipótesis*:

La aplicación de herramientas permitirá una correcta implementación de un sistema de gestión energética acorde a la ISO 50001.

Objetivo general:

Desarrollar herramientas para la gestión de la energía en la UEB Vías y Puentes Colon

Objetivos específicos:

- ✓ Estudio bibliográfico sobre la temática
- ✓ Realizar una revisión energética en la instalación.
- ✓ Analizar la eficacia del indicador de desempeño energético existente en la empresa.
- ✓ Localizar las áreas de la empresa con mayores usos significativos de la energía.
- ✓ Evaluar el impacto económico ante la disminución del consumo eléctrico.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En el presente capítulo se hará referencia al análisis de las bibliografías existentes tras una amplia búsqueda y selección de la misma para el cumplimiento de las diversas temáticas a desarrollar, dicho análisis aportará el desarrollo teórico para lograr dar cumplimiento al objetivo trazado para la elaboración de la siguiente investigación.

1.1 Eficiencia Energética y Medio Ambiente. Desarrollo Energético Sostenible.

La eficiencia energética se logra, cuando se reduce el consumo de energía en la elaboración de las mismas unidades productivas o cuando el consumo de energía es reducido sin afectar los niveles de confort que el sistema produce. (Chanto, 2015)

El incremento de la eficiencia energética se orienta a:

- ✓ Reducir las cuentas de energía
- ✓ Disminuir la contaminación
- ✓ Eleva la productividad
- ✓ Apoyar la gestión de mantenimiento
- ✓ Complementar los procesos de certificación ISO
- ✓ Incrementa la competitividad
- ✓ Elevar las utilidades.

La eficiencia energética y el ahorro deben ser concebidos desde el diseño de la instalación, nuevos equipos y medios que se construyan o importen. Requiere de sistematicidad en su atención, dedicación, rigor y creatividad. Implica además 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 (Joshi & Pathak, 2013).

Evidentemente, en la actualidad se están produciendo cambios en el entorno, por lo que el hombre como único responsable, debe plantearse como tarea fundamental lograr la reversibilidad de los cambios producidos por la tecnología energética, o al menos la atenuación a su mínima expresión de los impactos ambientales que ellas ocasionan.

Lograr un desarrollo energético sostenible es sin duda el camino correcto, pero esto depende del uso de fuentes de energía renovable, la eficiencia energética y de la dirección estratégica de cada institución (J. J. Cabello Eras et al., 2016).

Desarrollo Sostenible en materia de energía significa (A. Borroto Nordelo, 2013):

1. **Para una fuente renovable:** utilizarla a una razón no mayor que su razón de regeneración.
2. **Para una fuente no renovable:** utilizarla a una razón no mayor que a la cual un recurso renovable, usado de forma sostenible, puede ser capaz de sustituirla.
3. **Para un contaminante:** que su emisión se produzca a una razón no mayor que la que permite que él mismo sea absorbido o reciclado sin perjuicio para el medio ambiente.

Las bases de la política energética para lograr un Desarrollo Sostenible son (Campos, 2012):

1. **Elevación de la eficiencia energética,** fomentando una cultura de uso racional de la energía, eliminando esquemas de consumo irracionales, implementando sistemas de gestión energética efectivos, utilizando equipos de alta eficiencia, reduciendo la intensidad energética en los procesos industriales, aprovechando las fuentes secundarias de bajo potencial, utilizando sistemas de cogeneración y trigeneración, y empleando, en general, la energía de acuerdo a su calidad.
2. **Sustitución de fuentes de energía,** por otras de menor impacto ambiental, en particular por fuentes renovables, tales como energía solar, energía eólica, energía geotérmica, hidroenergía, biomasa, energía de los océanos, etc.
3. **Empleo de tecnologías para atenuar los impactos ambientales,** o tecnologías limpias, como son los sistemas depuradores de gases de combustión o las tecnologías de gasificación del carbón en ciclos combinados con turbinas de gas.

1.2 Gestión Energética. Sistema de Gestión Energética.

La gestión energética consiste en la optimización en el uso de la energía buscando un uso racional y eficiente, sin disminuir el nivel de prestaciones. A través de la gestión energética se detectan oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la calidad y seguridad del sistema energético, logrando que los usuarios conozcan el sistema, identifiquen los puntos consumidores e implanten mejoras, alcanzando altos niveles de eficiencia energética (Giz, 2013).

La gestión energética deberá contribuir a establecer objetivos a corto, medio y largo plazo encaminados a conseguir la optimización en el uso de los recursos energéticos y de sus técnicas (EPA, 2014):

- ✓ Uso de fuentes de energía renovable.
- ✓ Sustitución de algunas fuentes de energía.
- ✓ Análisis del ahorro energético de las acciones realizadas.
- ✓ Aislamiento térmico.
- ✓ Aprovechamiento de residuos.
- ✓ Análisis del entorno ambiental.
- ✓ Estudio de técnicas nuevas de producir y ahorrar energía.
- ✓ Análisis económico de la gestión.

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización; actividades que se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización (Trejo, 2015).

La Gestión Energética o Administración de Energía, como subsistema de la gestión empresarial abarca, en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas (A. E. Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006)

1.2.1 Barreras que se oponen al éxito de la gestión

- ✓ Las personas idóneas para asumir determinada función dentro del programa, se excusan por estar sobrecargadas.
- ✓ Los gerentes departamentales no ofrecen tiempo a sus subordinados para esta tarea.
- ✓ El líder del programa no tiene tiempo, no logra apoyo o tiene otras prioridades.
- ✓ La dirección no reconoce el esfuerzo del equipo de trabajo y no ofrece refuerzos positivos.
- ✓ La dirección no es paciente y juzga el trabajo solo por los resultados inmediatos.
- ✓ No se logra conformar un equipo con buen balance interdisciplinario o interdepartamental.
- ✓ Falta de comunicación con los niveles de toma de decisiones.
- ✓ La dirección ignora las recomendaciones derivadas del programa.
- ✓ El equipo de trabajo se aparta de la metodología disciplina y enfoque sistemático.
- ✓ Los líderes del equipo de trabajo inhiben la actuación del resto de los miembros.

1.2.2 Errores que se cometen en la gestión energética.

Se atacan los efectos y no las causas de los problemas.

- ✓ Los esfuerzos son aislados, no hay mejora integral en todo el sistema.
- ✓ No se atacan los puntos vitales (APIEM, 2010).
- ✓ No se detectan y cuantifican adecuadamente los potenciales de ahorro.
- ✓ Se consideran las soluciones como definitivas.
- ✓ Se conforman creencias erróneas sobre cómo resolver los problemas.

1.2.3 Algunos conceptos básicos de gestión energética.

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 (Abad Mier, 2015).

- ✓ 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 esa administración.

- ✓ Debe controlarse el costo de las funciones o servicios energéticos y no solo el costo de la energía primaria.
- ✓ El costo de las funciones o servicios energéticos debe controlarse como parte del costo del producto o servicio (Atlántico, 2014).
- ✓ Concentrar los esfuerzos en el control de las principales funciones energéticas.
- ✓ Organizar el programa orientado al logro de resultados y metas concretas.
- ✓ Realizar el mayor esfuerzo dentro del programa a la instalación de equipos de medición (Craig, 2016).

Es importante abordar el tema de la gestión energética en Cuba ya que en el país, más que en cualquier otro, es ineludible mejorar el control de los recursos energéticos, así como hacer un uso mucho más racional y eficiente de los mismos, lo que representa un mejoramiento continuo de la eficiencia y de la competitividad en las empresas (Chanto, 2015).

La economía cubana sufre de las embestidas de la crisis en el suministro energético, lo cual se extiende en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos, en cuanto al suministro energético, el impacto sobre el resto de las empresas es severo. Esta situación obliga a la dirección del país a tomar medidas y programas para enfrentar esta crisis, cuyo alcance es global y sectorial (Álvarez. & Lapidó Rodríguez, 2016).

El Sistema de Gestión Energética (SGE) es la parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía (APIEM, 2010).

El SGE se basa en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar-Hacer-Verificar- Actuar) siendo compatible con otras medidas de ahorro y eficiencia energética, por lo que resulta una herramienta complementaria, compatible e integrable con estos otros sistemas de gestión (Jiménez Sosa, 2016).

1.2.4 Con la implantación de un SGE se pueden obtener diversas ventajas como:

- Aumento de compromiso social por parte de los empleados, lo que hace que se les recompense por ello.
- Reducción de las emisiones a la atmósfera.
- Mejora del benchmarking (herramienta que sirve para lograr comportamientos competitivos en el mercado, línea base) entre empresas (Trejo, 2015).
- Aumento de la competitividad por el ahorro en cuestión de energía.
- Mejora la imagen pública de la organización ya que se presenta ante la sociedad como una empresa comprometida responsablemente con la sostenibilidad medioambiental (Bou González, 2016).
- Reduce el consumo energético por lo que hace que cumpla muchos de los compromisos en cuestión de energía y medio ambiente, sobre todo el del protocolo de Kioto (acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5 %, dentro del periodo que va de 2008 a 2012 (Jiménez Sosa, 2016).

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

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

Debe señalarse que erróneamente en muchos casos la administración de energía se limita a un plan de medidas de ahorro de energía, no garantizándose el mejoramiento continuo.

1.3 Introducción a la NC-ISO 50001:2011.

La presentación oficial de la Norma ISO 50001 se realizó el 17 de junio de 2011 en el Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG) (Campos, 2012). Es una herramienta muy útil para cualquier organización que decida mejorar su modelo de consumo energético y que desee hacerlo conforme a un plan correctamente elaborado.

Cuba como miembro de esta organización adoptó en el año 2012 la Norma Nacional idéntica con la referencia NC-ISO 50001: 2011 (Bou González, 2016). Además, para la gestión energética se diseñó la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGEE), y el procedimiento para la mejora de los procesos que intervienen en el consumo de combustibles. Ambos respetan el ciclo de mejora continua (—Planificar – Hacer – Verificar – Actuar), con técnicas y herramientas coincidentes entre ambas metodologías. Sin embargo, la TGEE ha sido más aplicada en el país, pero adolece de la planificación energética en concordancia con la NC-ISO 50001: 2011 (Riverón Puga, 2017)

1.3.1 Beneficios de la NC-ISO-50001: 2011.

Incorporación de la variable energética en el ámbito de gestión general de la compañía (Giz, 2013)

- ✓ La utilización eficiente de la energía deja de ser un aspecto discreto de una unidad (ingeniería, mantenimiento, servicios generales...) para participar en la estrategia de la empresa e interrelacionarse coherentemente con toda la organización.

- ✓ Asimismo, se consolida como un elemento permanente en el tiempo en lugar de actuaciones temporales derivadas de necesidades puntuales de la empresa.

1.3.2 Completo control sobre el consumo y orientación a la optimización económica (APIEM, 2010):

La aplicación de una sistemática permanente garantiza el conocimiento de la empresa de todos sus procesos y equipos que consumen energía y el análisis de optimización en función de los intereses estratégicos de la organización a corto, medio y largo plazo.

1.3.3 Concienciación del personal respecto al uso de la energía:

- ✓ Los miembros de la organización, en todos los niveles, incrementan progresivamente su concienciación sobre el uso eficiente de la energía y la importancia de la orientación que la dirección ha asumido como empresa energéticamente responsable.
- ✓ La experiencia demuestra que en organizaciones con un sistema de gestión implantado, se incrementa el número de sugerencias y aportaciones para la optimización del consumo.

1.3.4 Imagen externa de empresa energéticamente.

- ✓ El uso de la energía por parte de las empresas se está consolidando como un elemento de gran interés por las partes interesadas externas de la organización.
- ✓ La certificación del sistema de gestión energética avala el mensaje que la empresa lanza al exterior de empresa comprometida con la sostenibilidad y responsabilidad social.

1.4 Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).

Un indicador de desempeño energético (IDEn) es un valor cuantitativo, medible que refleja la eficiencia, el uso y el consumo de la energía del elemento donde se define, permite evaluar su cambio respecto a la línea de base y puede medirse y seguirse en el tiempo. Los IDEn son aquellos que se establecen con el fin de realizar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo (Riverón Puga,

2017). La organización 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 ((NC), 2011).

Los IDEn se utilizan con el propósito de (A. Borroto Nordelo, 2013):

- Evaluar el desempeño energético en un período actual con respecto a un período de referencia (línea base) y determinar ahorros o sobreconsumos de energía.
- Pronosticar el consumo de energía en un período futuro.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se mostrarán las herramientas utilizadas por el autor para la realización del estudio energético de la instalación, así como las ecuaciones necesarias para determinar los DGE.

2.1 Característica del Área de Estudio

La Unidad Empresarial de Base (UEB) de Vías y Puentes, es una de las entidades pertenecientes a la Empresa Nacional Ferrocarriles Occidente, la misma se encuentra ubicada en la calle Concha Final #128, Reparto Conrado Benítez, al suroeste de la ciudad cabecera, al nordeste con la base de servicios de cargas, al este con la barriada del reparto Conrado Benítez, al sur con la UEB COSIE y Estación Ferrocarril, al noroeste con el almacén de Comercio y al Norte con el Depósito de Gas Licuado.

La Unidad fue antes de 1975, División Colón. A partir de ese año y hasta el 2002 se denominaba Distancia Colón, en el 2002 se denominó Unidad Empresarial de Base Vías y Puentes Colón, en abril del 2011, se decidió separar nuevamente la misma reduciéndose kilómetros de vías, obras de fábricas y por ende la plantilla, manteniéndosele el mismo nombre.

La UEB atiende las vías férreas y los puentes localizados desde: Jovellanos hasta Cascajal por vía Central y de límites de Betancourt, hasta límites de Aguada de Pasajeros por la vía Sur, unido a los ramales que enlazan la vía Principal con la Sur y otros diseñados para el traslado de pasajeros y cargas, así como las antiguas líneas pertenecientes al MINAZ (hoy denominadas Líneas Industriales) de los CAI: España Republicana, Méjico, Mario Muñoz, René Fraga y Jesús Rabí.

Misión: Brindar servicios de construcción, reconstrucción, mantenimiento de las vías férreas y puentes, las obras de fabricación y edificaciones del sistema ferroviario, así como el ensamblaje de campos de vías y conexiones, con una eficiente estructura productiva y calidad de nuestros servicios.

Visión: Prestar servicios de construcción, reconstrucción, mantenimiento de las vías férreas y puentes, las obras de fabricación y edificaciones del sistema ferroviario, así como el ensamblaje de campos de vías y conexiones, con mejoramiento continuo, profesionalidad y alcanzando altos niveles de eficiencia económica, a partir del control de los recursos

materiales y financieros, con la contabilidad eficiente, tomando como base el desarrollo de la automatización, con la calidad, rapidez y veracidad de las informaciones, lo que permite elevar la eficiencia, eficacia y efectividad, en correspondencia con las actuales exigencias en la gestión de la UEB.

2.2 Estudio energético de la instalación.

Para la revisión energética de la instalación se procederá a realizar el levantamiento de cargas para determinar los equipos que presentan mayor consumo eléctrico por áreas.

Este censo servirá para la elaboración del diagrama de Pareto que permite determinar el 20% de los equipos y áreas que consumen aproximadamente el 80% de los distintos tipos de energía utilizadas en los procesos y para realizar el diagrama energético productivo de la empresa (Prías Caicedo & Campos Avella, 2013).

Para realizar el diagrama de Pareto se deberá determinar el porcentaje que representa cada área analizada del consumo total de la energía eléctrica consumida. Luego se realizará una suma acumulativa de dichos porcentajes para ubicarlos en un gráfico donde se pueda observar las principales áreas que consumen el 80% de la energía eléctrica.

También se realizarán encuestas al personal de la empresa para ver en qué nivel se encuentra la entidad con respecto a la aplicación de la NCISO 50001.

2.3 Herramientas que permiten el monitoreo del consumo eléctrico.

2.3.1 Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T).

El gráfico de consumo y producción en el tiempo consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la UEB y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos (A. E. Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006).

El objetivo de la utilización de este gráfico es para determinar comportamientos anómalos en la variación del consumo energético con respecto a la producción. También se busca poder determinar las causas o factores que produzcan cambios significativos entre la producción y el consumo.

2.3.2 Gráfico de Consumo - Producción (E vs P).

Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. Por ejemplo: una fábrica de fideo graficará el consumo de combustible o electricidad versus las toneladas de fideo producidas. (A. E. Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006).

Este diagrama determina si el indicador es válido, debido a que muestra el nivel de correlación existente entre los componentes de un indicador de acuerdo con lo establecido en la (Tabla.2). Permite establecer nuevos indicadores. Determina cuantitativamente el nivel de energía no asociada a la producción (fig.1) y por consiguiente el potencial de ahorro mediante la expresión (3).

$$E = mP + E_0 \quad (3)$$

Dónde: E (consumo de energía en el período seleccionado), P (producción asociada en el período seleccionado), m (pendiente de la recta), E₀ (intercepto o energía no asociada a la producción), mP (energía utilizada en el proceso productivo).

Un criterio de confiabilidad de los datos de la muestra es el siguiente:

Valor R2	Relación E y P
0 – 0,04	Despreciable
0,04 – 0,16	Débil
0,16 – 0,49	Moderada
0,49 – 0,8	Fuerte
0,8 - 1	Muy Fuerte.

Tabla.2. Criterio de confiabilidad para determinar el nivel de correlación. Fuente: (Prías Caicedo & Campos Avella, 2013), pág. 60, tabla 6

Para determinar el potencial de ahorro en un gráfico de dispersión se traza la línea base de energía con el consumo de energía mensual vs el indicador de producción. Posteriormente se utilizan los puntos que queden ubicados por debajo de la línea base para trazar la línea meta, que representa el consumo que quiere lograr en el lugar donde se realiza el estudio.

Luego restando los interceptos (E_0) de las dos líneas se obtiene el potencial de ahorro. Esta metodología es la propuesta por (Campos, 2012).

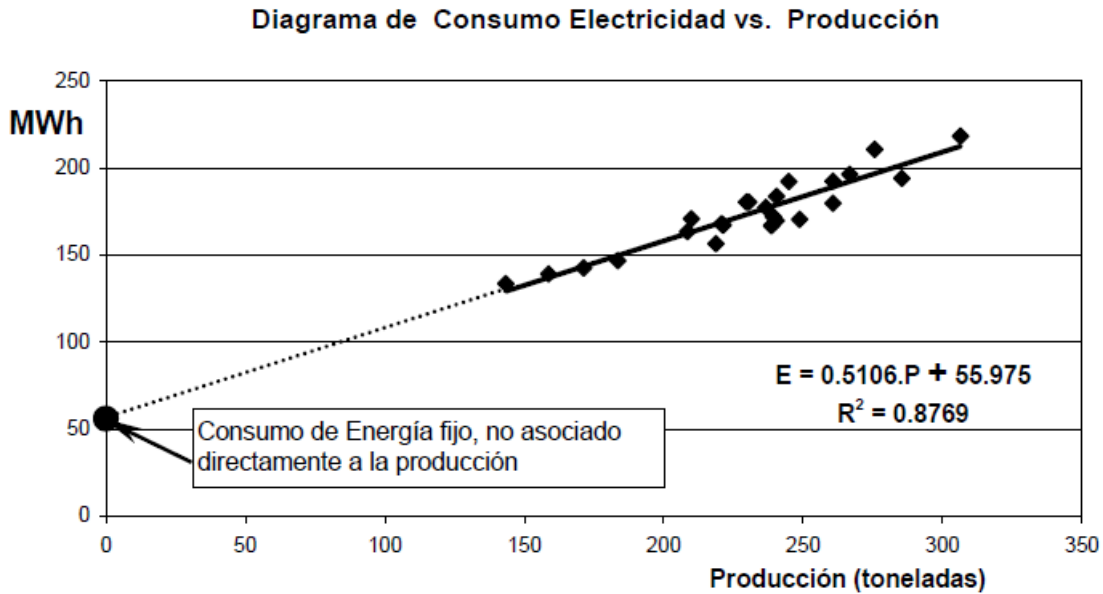


Fig.1. Ejemplo de Diagrama E vs P. Fuente: (Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006), pág. 60

También este gráfico permite determinar el porcentaje de energía no asociado directamente a la producción (E_{na}) mediante la siguiente expresión:

$$E_{na} = (E_0/E_m).100, \% \quad (4)$$

Donde:

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

El valor del porcentaje de energía no asociada directamente al nivel de producción debe ser tan pequeño como sea posible. Este valor varía con el tipo de producción y de proceso tecnológico utilizado para una producción dada. Constituye un parámetro a monitorear y controlar.

2.3.3 Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P).

El gráfico de IC vs P, se realizó después de haber obtenido el gráfico de E vs. P y la ecuación número **3** con un nivel de correlación significativo ($R^2 > 0,75$). La metodología usada en la confección del diagrama fue la de (Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006). El índice de consumo está definido por la siguiente expresión:

$$IC = \frac{E}{P} \quad (5)$$

Transformando la ecuación número **(3)** en función del índice de consumo se obtiene la expresión.

$$IC = m + \frac{E_0}{P} \quad (6)$$

Para construir este gráfico primeramente se debe hallar el coeficiente de índice de consumo (IC) que se calcula mediante la ecuación **(5)**. Luego en un gráfico de dispersión se traza la curva utilizando los pares de datos (E/P, P).

2.3.4 Gráfico de Tendencia o Suma Acumulada.

Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del periodo base hasta el momento de su actualización (Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006).

Para realizar la suma acumulada se debe seleccionar un período base, tener la ecuación **(3)** para este período con un coeficiente de correlación significativo, recopilar los datos de E y P para el intervalo de tiempo a analizar y ubicarlos como en la (Tabla 3)

Tabla de valores de tendencia

Período (día, mes, año)	E_a	P_a	$E_T = m \times P_a + E_o$	$E_a - E_T$	Suma acumulativa [[$E_a - E_T$] _i + ($E_a - E_T$) _{i-1}]

Tabla.3. Tabla de valores de tendencia. Fuente: (Borroto Nordelo & Monteagudo Yanes, 2006), pág. 69

Donde:

E_a – energía consumida en el período actual

P_a – producción realizada asociada a E_a , en el período actual.

E_T – energía consumida en el período base si la producción hubiera sido igual a la del período actual, P_a .

m, E_o – pendiente y energía no asociada directamente al nivel de producción de la ecuación de ajuste de la línea recta obtenida para el período seleccionado como base.

$(E_a - E_T)$ – diferencia entre la energía consumidos en el período actual y la que se hubiera consumido en el período base para igual producción.

Suma acumulativa - se acumula la suma de las diferencias. Es una suma algebraica (si un valor es negativo y otro positivo se resta). El primer período no tiene suma acumulativa; este coincide con el valor de la diferencia $E_a - E_T$.

Luego de rellenar la tabla de la fig. 4 se realiza un gráfico donde en el eje de coordenadas y se ubica la suma acumulativa y en el eje de coordenadas x se colocan los meses correspondientes a cada valor de suma acumulativa.

2.3.5 Indicador de Eficiencia Base 100 (IDB 100).

El indicador base 100 es una herramienta de gestión del área energética, el cual permite comparar el comportamiento de los resultados de consumo energético medidos en un proceso durante un periodo operativo, respecto a los valores de consumo energético base o de tendencia del mismo, tomando como referencia de cumplimiento un valor adimensional de 100, matemáticamente se define como (DEL PILAR CASTRILLON, JANETH GONZÁLEZ, & CIRO QUISPE, 2013):

$$IDB_{100} = \frac{E_T - 100}{E_r} \quad (7)$$

Donde: ET (energía teórica consumida), Er (energía real consumida), IDB100 (indicador de base 100, expresado en %).

Para realizar este gráfico primeramente se calcula IDB 100 y en un gráfico de líneas se ubican los datos obtenidos para cada mes. Luego se traza una línea que represente el 100 % del indicador de eficiencia base 100 para el mismo período que se halló IDB 100. Ya representadas las dos líneas en el gráfico se podrá comparar como se desempeña dicho indicador en la instalación.

2.4 Impacto económico del posible ahorro de energía eléctrica.

Para determinar el posible ahorro económico para la UEB lo primero que se realizó fue calcular el costo promedio del costo del kW/h para la UEB en el año 2019, que fue el que se utilizó como base para el estudio, mediante la ecuación

$$\frac{\text{Energía eléctrica facturada (CUP)}}{\text{Energía eléctrica facturada (kW/h)}} = \frac{\$}{\text{kW/h}} \quad (8)$$

En este caso no se tiene en cuenta la tarifa eléctrica aplicada por la Empresa Eléctrica debido a que no se sabe en qué horario del día exacto se produciría dicho ahorro. Multiplicando el potencial de ahorro obtenido por el costo del kW/h calculado en (8), se obtiene el ahorro en CUP mensual para la UEB.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos a partir de las herramientas utilizadas para monitorizar el consumo eléctrico de la empresa. También se hace un análisis de los IDEn utilizados en la empresa.

3.1 Estudio energético de la instalación.

Para el estudio energético de la instalación se procedió a realizar el levantamiento de carga (figura 2) a partir de los datos de chapa de los equipos y se realizaron mediciones.

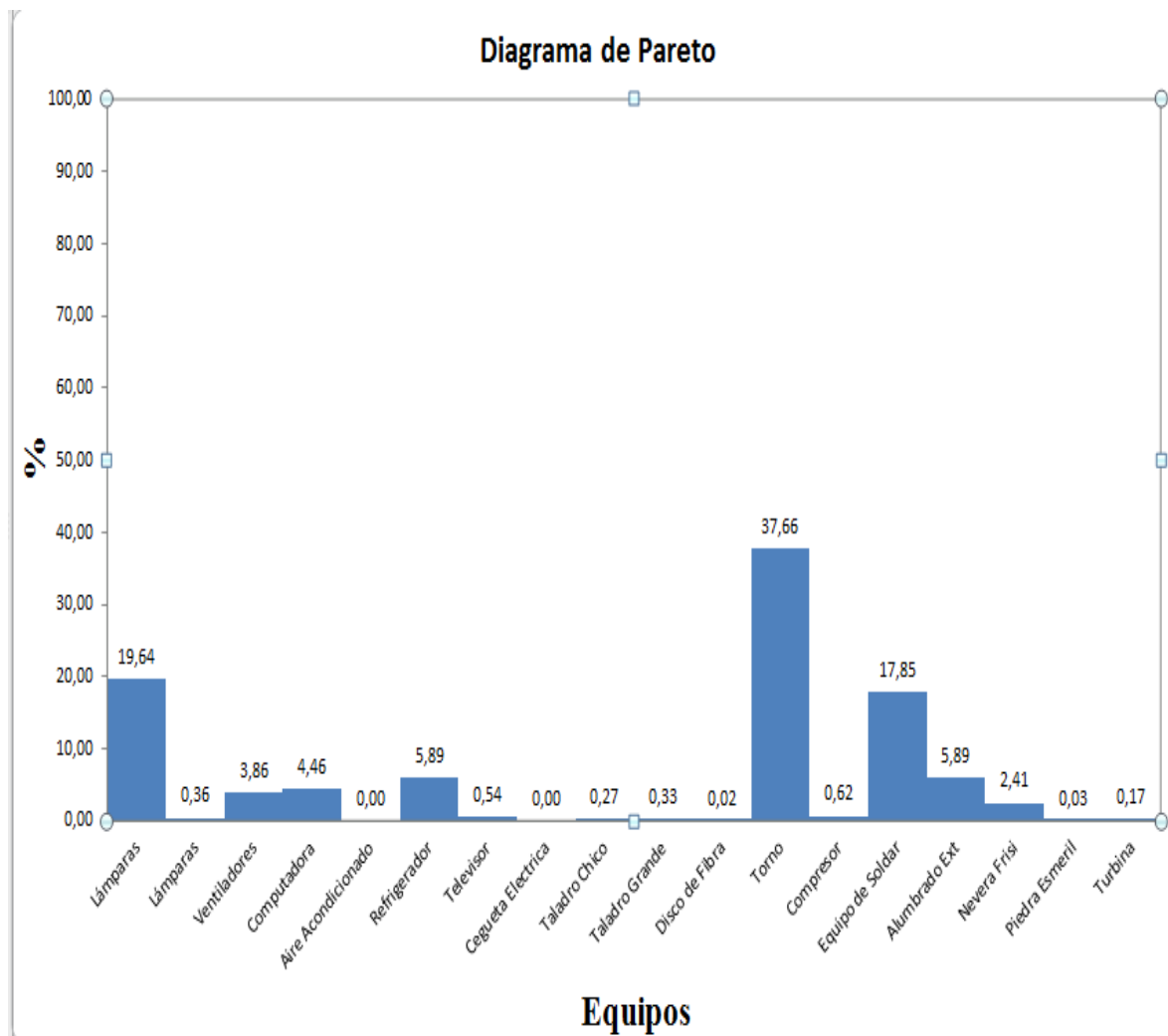


Fig.2. Diagrama de Pareto de la UEB. Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la (figura 2) el área de taller es el que presenta mayor consumo de energía eléctrica junto a las lámparas y bombillos.

3.2 Herramientas que permiten el monitoreo del consumo eléctrico.

3.2.1 Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T).

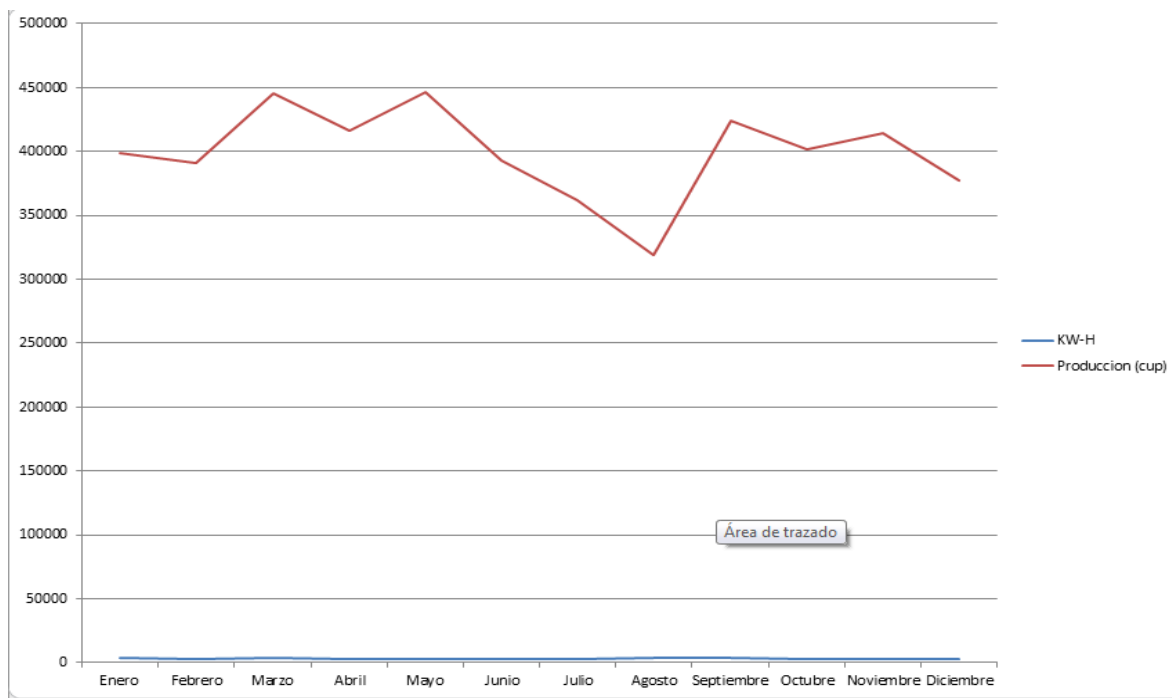


Fig.3. Diagrama de E-P vs T. Fuente: elaboración propia

En la (figura 3) se muestra el diagrama E-P vs T con los años 2019 en el gráfico se muestra un funcionamiento normal, el consumo de electricidad se mantiene estable y la producción disminuye en los meses Junio, Julio y Agosto significativamente con respecto a la variación del consumo. Esta anomalía ocurre debido a que en esos meses son los meses de verano y se dificulta el trabajo en las vías férreas por las altas temperaturas entre otras cosas.

3.2.2 Gráfico de Consumo - Producción (E vs P).

En la (figura 4) se puede apreciar que el diagrama E vs P muestra una correlación positiva y se puede clasificar como débil atendiendo a los criterios de la (Tabla 2), mostrando un comportamiento lineal entre el consumo y la producción. Mediante la ecuación (3), restando el coeficiente Eo de la línea base menos el de la línea meta, se determinó que el potencial de ahorro de la energía es de 330 kWh al mes.

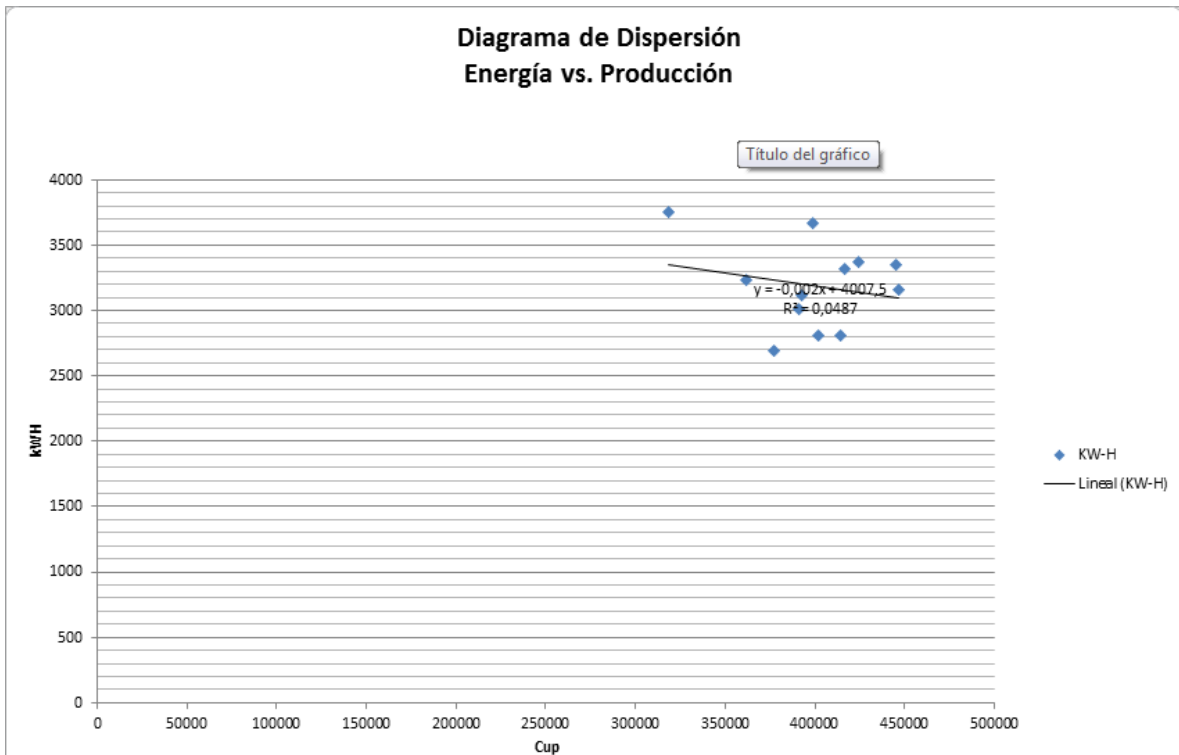


Fig4. Diagrama de dispersión Energía vs Producción.

3.2.3 Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P).

Para la realización del gráfico de la (Figura 5) se utilizó el año 2019. El Ic para 2019 se encuentra entre 0,29-0,11

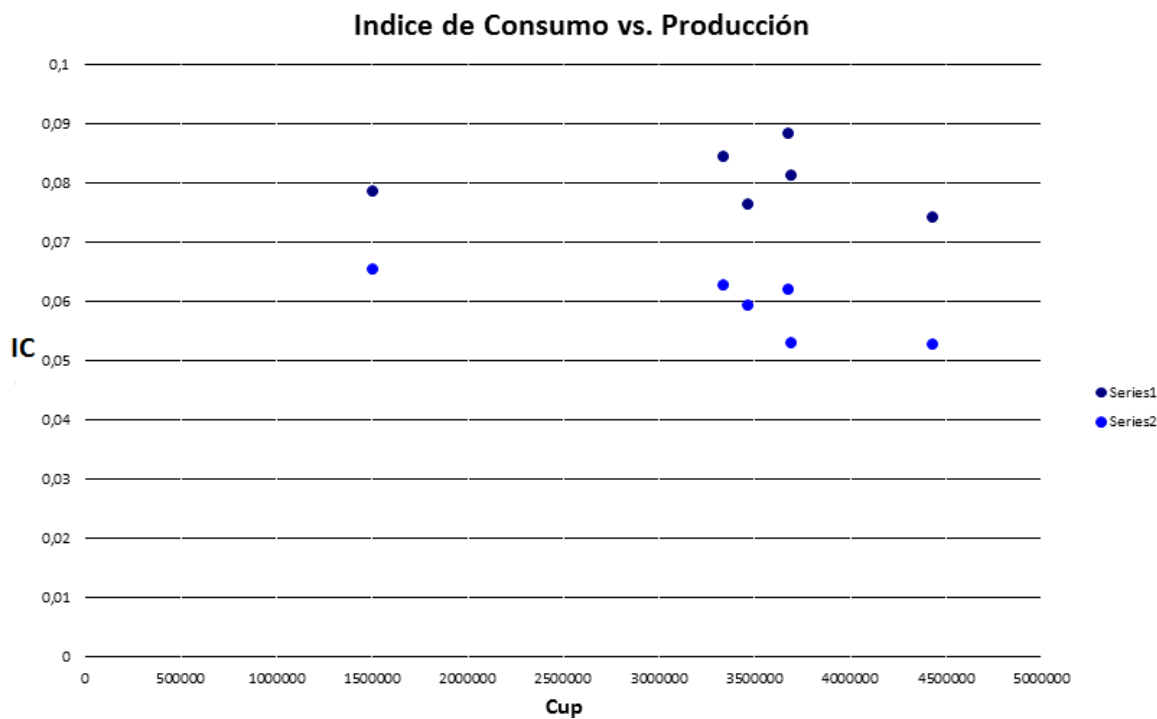


Fig.5. Diagrama de Ic vs P. Fuente: elaboración propia

3.2.4 Gráfico de Tendencia o Suma Acumulada.

Gráfico de Tendencia del Consumo de Electricidad Año 2019

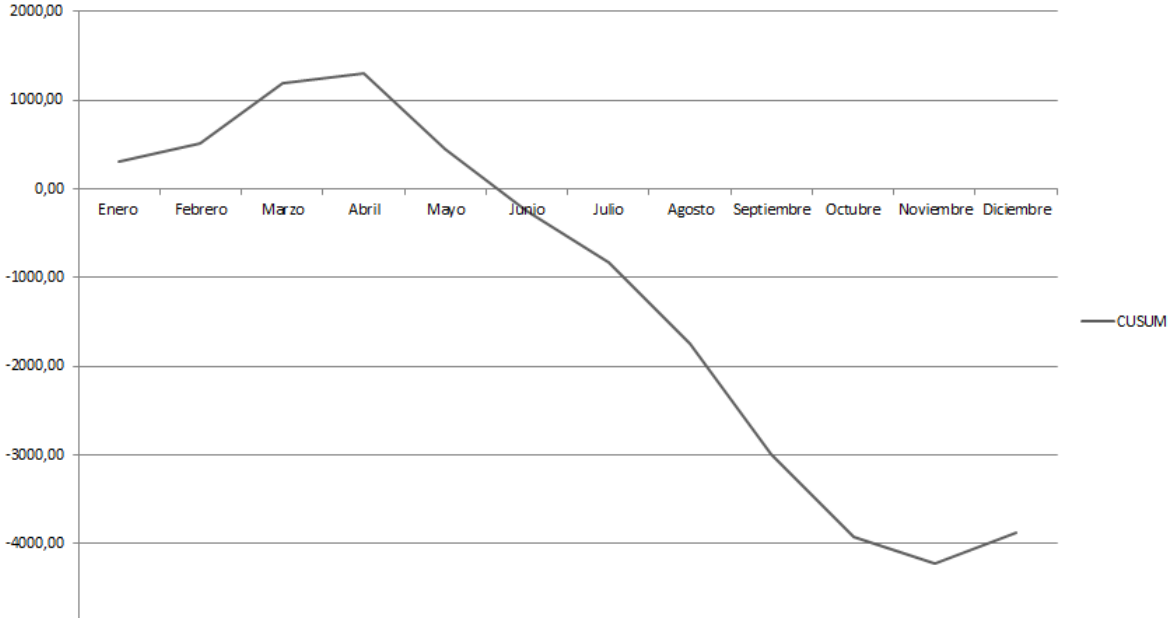
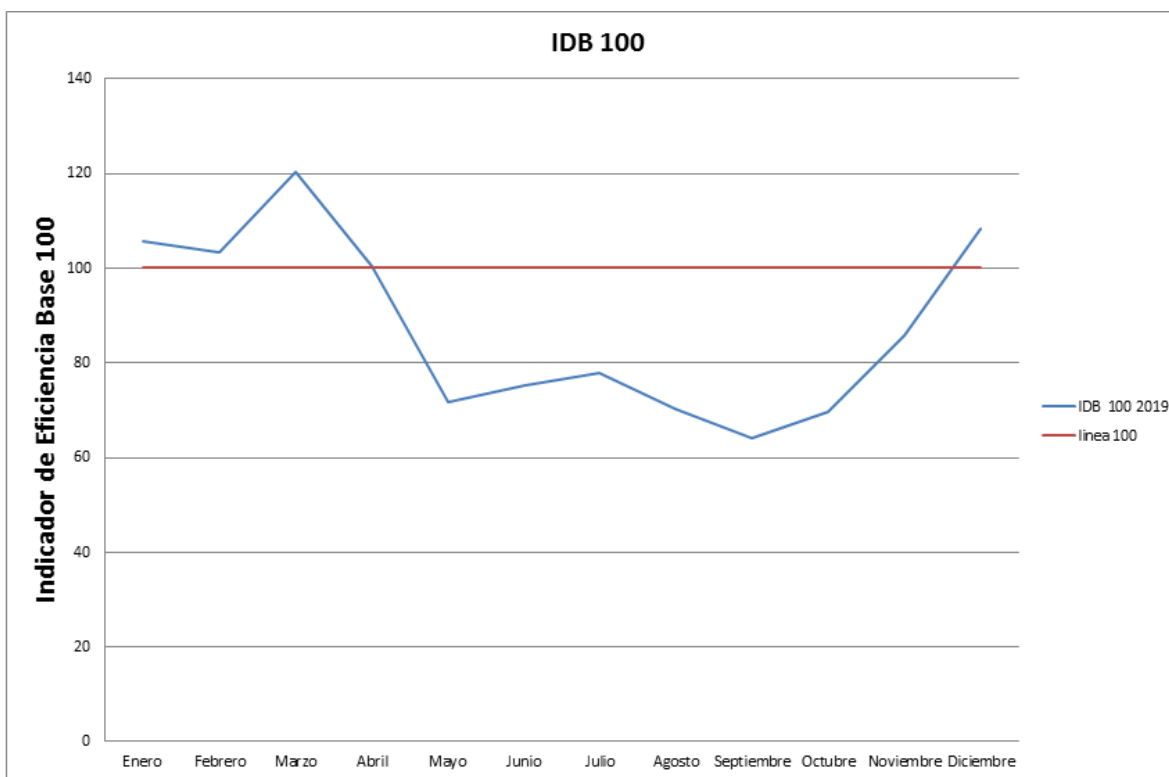


Fig.6. Diagrama CUSUM. Fuente: elaboración propia

3.3.5 Indicador de Eficiencia Base 100 (IDB 100).



Los meses de enero a junio son los que presentan mejor desempeño energético junto a diciembre, siendo el de peor desempeño energético septiembre, como se muestra en la (Figura7). Este gráfico confirma que los meses donde es menos eficiente la instalación corresponden al período comprendido de abril a noviembre.

3.4 Impacto económico del posible ahorro de energía eléctrica.

$$\frac{\text{Energía eléctrica facturada (CUP)}}{\text{Energía eléctrica facturada (kW/h)}} = \frac{\$}{\text{kW/h}}$$

$$\frac{8571,98(\text{CUP})}{39240(\text{kW/h})} = \frac{0,1475}{\text{kW/h}}$$

$$=0,675$$

Luego se multiplica el resultado por 330 kWh y se obtiene un ahorro estimado de 221 CUP al mes. El ahorro en dinero puede ser mayor o menor atendiendo al horario en que se produzca el ahorro.

CONCLUSIONES

- Los principales problemas detectados durante la revisión energética corresponden al deterioro de los equipamientos y la falta de un correcto sistema de gestión del mantenimiento.
- El mayor consumo eléctrico de la UEB lo produce el taller, siendo el torno el mayor consumidor con un 37,66% del consumo de esa área, seguido por las lámparas con un 19,64% y el equipo de soldar 17,85%.
- El potencial de ahorro para la UEB es de 330 kWh al mes, lo que representa un ahorro de 221CUP.

RECOMENDACIONES

- Instalar un metro contador para el área del taller para tener un mayor control del consumo de este.
- Respetar el ciclo de mejora continua (Planificar-Actuar-Verificar-Hacer) y no conformarse con los resultados obtenidos, buscando siempre mejorar.
- Cambiar los equipos del taller ya que son muy antiguos y altos consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Abad Mier, M. (2015). *Gestión energética de la biblioteca*. Valladolid: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- Álvarez., L. L., & Lapido Rodríguez, M. (2016). *Evaluación técnica económica y ambiental del generador de vapor F101/2 marca: KOTLOVE TELESCO-DOLNE de la Refinería Camilo Cienfuegos*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos —Carlos Rafael Rodríguez. Facultad de Mecánica.
- APIEM. (2010). *Guía Básica De Eficiencia Energética*. Madrid: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- Borroto Nordelo, A. (2013). *Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Borroto Nordelo, A. E., & Monteagudo Yanes, J. P. (2006). *GESTIÓN Y ECONOMÍA ENERGÉTICA*. Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.
- Bou González, M. A. (2016). *ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA NC-ISO 50001:2011 EN EL HOTEL IBEROSTAR VARADERO*. Matanzas.
- Cabello Eras, J. J., Sousa Santos, V., Sagastume Gutiérrez, A., Guerra Plasencia, Á., Haeseldonckx, D., & Vandecasteele, C. (2016). Tools to improve forecasting and control of the electricity. *Journal of Cleaner Production*, 803-812. Obtenido de www.elsevier.com/locate/jclepro
- Campos, J. (2012). *Guía para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001*.
- Chanto, L. F. (2015). *Administración de la Energía o la Gestión Energética*.
- Craig, C. A. (2016). Energy consumption, energy efficiency, and consumer perceptions. *Applied Energy*, 660–669.
- EPA. (mayo de 2014). EPA. Obtenido de EPA: www.epa.gov/climatechange/indicators
- Giz. (2013). *Sistema de gestión de la energía*. Colombia.
- Joshi, R., & Pathak, M. (2013). *Decentralized Grid-connected Power Generation Potential in India*. Gandhinagar.
- Oficina Nacional de Normalización (NC). (2011). *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA — REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO (ISO 50001:2011, IDT)*. La Habana: Cuban National Bureau of Standards.
- Prías Caicedo, O., & Campos Avella, J. (2013). *Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. Guía con Base en la ISO 50001*. Bogotá DC.
- Riverón Puga, Z. (2017). *Herramientas para el análisis del consumo eléctrico en el Hotel Royalton Hicacos teniendo en cuenta la norma NC ISO 50001: 2011*. Matanzas: Departamento de Ing Mecánica. Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad de Matanzas.
- Rodríguez, J. (5 de marzo de 2015). *Cuba y sus perspectivas energéticas*. Obtenido de www.cubadebate.cu: <http://www.cubadebate.cu>
- Trejo, L. A. (2015). *Importancia de las Normas en un Sistema*. San Salvador: SOCIEDAD MEXICANA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, S.C

Anexos:

	DENOMINACION	SI	NO	NP
Anexo 1	DOCUMENTACIÓN Y PLANIFICACIÓN			
A	SISTEMA DE AUTOCONTROL			
1	Se realiza mensualmente el autocontrol, utilizando esta guía, dejando evidencia documental del mismo, y se envía trimestralmente a la Dirección Provincial de la ONURE un resumen.	X		
2	Existen equipos eléctricos trabajando innecesariamente en la entidad			X
3	Existen las evidencias de la auto inspección	X		
B	USO DE LA BITACORA			
1	Existe la bitácora para el control del consumo de electricidad.	X		
2	En la bitácora existen deficiencias en las auto lecturas, borrones, tachaduras	X		
3	Existen deficiencias entre las tablas resumen 1 y 2 (cierres mensuales)		X	
Anexo 2	MODELOS DE EFICIENCIA ENERGETICA			
1	Existe evidencia documental de la apertura del plan aprobado por la instancia superior para el año por meses, niveles de actividad e índices de consumo	X		
2	Los modelos CDA-002 están firmados y certificados por los responsables establecidos para ese fin en la entidad.	X		

3	Los niveles de actividad y consumo reales, declarados en los modelos CDA-002 se encuentran respaldados por registros primarios.	X		
4	Se cumple el plan mensual de consumo de electricidad.	X		
5	Existe la evidencia de la facturación de los servicio por parte de la OBE.	X		
6	La lectura del metro contador, coincide con la facturación de la OBE.		X	
7	Existen incongruencias resultantes de la comparación de los datos de facturación de electricidad, la auto lectura que se refleja en la bitácora y los que aparecen en los modelos 5073 y CDA 002		X	
8	Se analizan en los órganos colegiados de dirección, el empleo eficiente y el control de la energía eléctrica, se adoptan las medidas correctivas necesarias y se controla su cumplimiento.	X		
9	Existe correspondencia entre el plan de energía de la entidad y el presupuesto asignado para el mismo.	X		
10	Se han cumplido las medidas del plan derivado de inspecciones anteriores.	X		
Anexo 3	CONTROL INTERNO			
1	Existe dentro del Programa de Ahorro de Portadores Energéticos de la entidad, medidas relacionadas con el uso de la energía eléctrica y se analiza en los Consejos de Dirección el cumplimiento de las mismas y los resultados de su aplicación.	X		

2	Están evaluados los riesgos inherentes al control de los portadores energéticos y las medidas adoptadas por la entidad, consignados en el Plan para prevenir posibles manifestaciones negativas, eliminan o minimizan la ocurrencia de los riesgos.	X		
3	Existe evidencia documental de que se chequean las medidas plasmadas en el Plan de Prevención de la entidad para prevenir la ocurrencia de los riesgos identificados sobre el control de la energía eléctrica	X		
4	Se han cumplido las medidas del plan derivado de inspecciones anteriores.	X		
Anexo 4	CONTROL DEL CONSUMO			
A	LUMINARIAS			
1	Están limpias las lámparas (tubos o bombillos), los difusores y demás componentes de las luminarias		X	
2	Existen luminarias con lámparas fundidas sin reponer.	X		
3	Se usan colores claros de pintura en paredes, muros y techos.	X		
4	Los circuitos de iluminación estén compartimentados de forma tal que totales o áreas extensas no existen.	X		
5	La iluminación artificial se emplea solo en los lugares que se necesitan	X		
Anexo 5	CONTROL DE CLIMATIZACION Y REFRIGERACION			
1	Los aires acondicionados en locales no tecnológicos están ajustados para garantizar la temperatura de confort de 24 °C.	X		

2	Los locales climatizados se encuentren debidamente hermetizados .		X	
3	Los filtros, evaporadores y condensadores de los equipos de refrigeración y climatización se encuentran limpios.		x	
4	Los locales con ventanas o paneles de cristal al exterior, poseen quebrasoles, papeles reflectores o barreras naturales que impidan la incidencia directa del sol en el interior de los locales.			X
5	Existen cortinas interiores, siendo las mismas no adecuadas como barreras contra el calentamiento solar, por cuanto el efecto invernadero que ellas provocan, las convierten en focos de generación térmica.	X		
6	El estado técnico del aislamiento térmico de todas las instalaciones de cámaras frías y otros recintos refrigerados, sus puertas y visores, poseen la máxima hermeticidad, para impedir la entrada de aire caliente a dichos locales.		X	
7	Se cumple estrictamente los programas de apertura y cierre de las cámaras en el caso de los frigoríficos.			X
Anexo 6	DISTRIBUCION DE FLUIDOS			
1	En los conductos, tuberías, tanques acumuladores de agua, vapor, aire, refrigerantes, combustibles u otros líquidos o gases, así como en sus uniones o acoples, existen fugas.			
Anexo 7	MOTORES Y TRANSFORMADORES			
1	Se operan motores sin la carga de los sistemas a los que deben mover.		X	

2	Existen motores con capacidad sobredimensionada respecto a las cargas que normalmente mueven los mismos			X
3	La demanda máxima registrada en los meses del año anterior y año en curso, se encuentra en el entorno del 70% y el 130% de la capacidad de transformación instalada.	X		
Anexo 8	CONTROL EQUIPAMIENTO ELECTRICO, INSTALACION ELECTRICA			
A	INVENTARIO			
1	Está actualizado el Registro de los equipos eléctricos de la entidad.	X		
2	Están inventariados, con el número de control legible.	X		
3	Existe el Estudio de las guías de Mantenimiento.		X	
4	Existen las normas o instrucciones de operación relacionadas con el equipo		X	
Anexo 9	CONTROL DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS			
1	Existe calentamiento en equipos, dispositivos y demás componentes de los sistemas eléctricos.			X
2	Existe insuficiente calibre de los conductores			
3	Existen empalmes en mal estado			
4	Existen conexiones mal efectuadas, partes defectuosas	X		
5	Existe mala ventilación	X		
6	Es adecuado el estado técnico de las instalaciones de los			X

	sistemas eléctricos (pizarras, circuitos, registros soterrados, etc.)			
7	La entidad posee el diagrama monolineal eléctrico con los datos que el mismo requiere			
8	La entidad posee levantamiento de las cargas eléctricas actualizadas	X		
9	Existen tendederas eléctricas.			X
Anexo 10	FACTORES DE POTENCIA Y DEMANDA CONTRATADA			
A	FACTORES DE POTENCIA			
1	La entidad no presenta penalizaciones por bajo factor de potencia.			X
B	DEMANDA CONTRATADA			
1	Existen penalizaciones por incumplimiento de la demanda contratada en las etapas transcurridas de enero a diciembre del año precedente, y el acumulado del año en curso			X
2	La demanda registrada es menor del 60% de la demanda contratada durante las dos etapas (año anterior y año en curso)	X		
Anexo 11	INDICES DE CONSUMO			
A	EVALUACION INDICES DE CONSUMO			
1	Para la definición o desglose del plan de consumo se tuvieron en cuenta los índices de consumo y el nivel de actividad planificados.	X		
2	La entidad posee Plan de índice de Consumo.	X		

1	No existen o no se cumplen los índices de consumo de los equipos con un uso más significativo de la energía (Puestos Clave	X		
2	Existe medición del consumo a los Puestos Claves.	X		
Anexo 12	HORARIO PICO			
A	PARALIZACIONES			
1	Se encuentran paralizados los hornos eléctricos			X
2	Se encuentran desconectados los sistemas de clima no tecnológicos.			X
3	Se encuentran paralizados los bombeos de fluidos (agua, combustibles, etc.) excepto en fuentes de abasto a la población y expendios de combustible automotor.			X
4	Se encuentran paralizados los frigoríficos, equipos de refrigeración y cámaras frías.			X
5	La iluminación empleada es mínima la indispensable destinada	X		
B	CUANTIFICACIONES			
1	Los horarios picos presentan el menor nivel de consumo en relación con los turnos de madrugada y del día	X		
2	La labor en horario pico está avalado por un trabajo en turnos de madrugada			X
3	El cumplimiento el plan mensual de consumo de electricidad en el horario pico, en las etapas transcurridas de enero a diciembre del año precedente y el acumulado del año en curso, cumplen	X		

	los parámetros establecidos.			
4	Las evidencias del plan de consumo para el horario pico se definieron una auto inspección de la entidad, cumpliendo con las regulaciones establecidas para su confección.	X		