

Eficiencia energética según la NC ISO 50001 en la Ronera Santiago de Cuba
Energy efficiency according to NC ISO 50001 in the Santiago de Cuba Rum Factory

Autores:

Ing. Mirurgia Castillo-Hechavarría¹, <https://orcid.org/0000-0002-4478-6530>

Ing. Yosvani Joa-Quintana¹, <https://orcid.org/0000-0003-3918>

Ing. Julián Pérez-Castañeda¹, <https://orcid.org/0000-0002-8360-0639>

Dr.C. PT Amílcar Félix Roldan-Ruenes², <https://orcid.org/0000-0002-3902-1883>

Organismo:¹Oficina Nacional para el Control y Uso Racional de la Energía, Santiago de Cuba, ²Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

E-mail: mirurgia@onurestgo.co.cu, amilcar@uo.edu.cu

Fecha de recibido: 12 marzo 2022

Fecha de aprobado: 7 mayo 2022

Resumen

Se muestra la revisión energética realizada a la Ronera Santiago de Cuba, teniendo en cuenta los requerimientos de la NC-ISO 50001: "Sistema de Gestión de la energía" basado en un ciclo de mejora continua, utilizando herramientas y técnicas como: trabajo con expertos, diagnósticos energéticos, revisión de documentos, herramientas de la Tecnología de la Gestión total y Eficiente de la Energía (TGTEE). A partir del análisis detallado de la estructura de consumo energético, las áreas de uso significativo, cada proceso, cada equipo, cada uno de los sistemas, así como la instrumentación, se logró alcanzar los resultados del proceso de planificación energética al determinar la línea base energética como referencia comparativa, los indicadores de desempeño energético, como la formulación de objetivos y planes de acción según la política energética de la entidad. Esto permitió evaluar las potencialidades de ahorro, así como el impacto ambiental y el costo energético en la entidad.

Palabras Clave: Línea base energética; desempeño energético; política energética; eficiencia energética y mejora continua

Abstract

The energy review carried out at Ronera Santiago de Cuba, taking into account the requirements of the NC-ISO 50001: "Energy Management System" based on a continuous improvement cycle, using tools and techniques such as: work with experts, energy diagnostics, document review, tools of the Total and Efficient Energy Management Technology (TGTEE). From the detailed analysis of the energy consumption structure, the areas of significant use, each process, each equipment, each of the systems, as well as the instrumentation, it was possible to achieve the results of the energy planning process by determining the energy baseline as a comparative reference, the energy performance indicators, as well as the formulation of objectives and action plans according to the entity's energy policy. This allowed to evaluate the savings potentials, as well as the environmental impact and energy cost in the entity.

Keywords: Energy baseline; energy performance; energy policy; energy efficiency and continuous improvement

Introducción

Al igual que otros estándares ISO, la norma de sistema de gestión de la energía se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo: planificar, hacer, verificar y actuar.

ISO 50001- Ciclo de Mejora Continua PHVA

Planificar: Establecer los objetivos y los procesos necesarios para mejorar el comportamiento energético y las políticas de la organización.

Hacer: Implementar los procesos.

Verificar: Monitorear y evaluar los procesos y los productos con referencia a las Políticas, objetivos y sus características reales.

Actuar: Tomar acciones para la mejora continua del comportamiento energético.

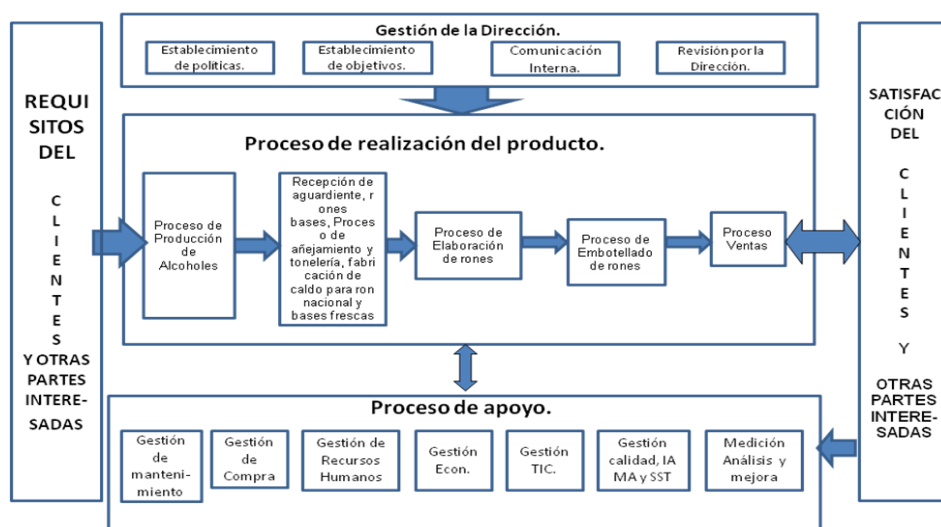
La Ronera Santiago de Cuba objeto de estudio para la revisión energética según la Norma ISO 50001 está ubicada en Peralejo # 103 % San Antonio y San Ricardo, la misma es un centro alto consumidor de nuestra provincia, certificada con los sistema de gestión de calidad y medio ambiente y está optando por certificarse con el sistema de gestión de la energía por tal motivo es necesaria una mirada detallada a la institución para de esta manera ver si tiene condiciones para lograr su objetivo de implementar la NC ISO 50001, publicada en junio de 2011 y actualizada en Mayo del 2019, que establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética, reducir los gastos, usar racionalmente todos los portadores energéticos y reducir los impactos ambientales

Objeto Social:

- ✓ Producir, comercializar y exportar rones y otras bebidas alcohólicas de distintos tipos y calidades, aguardientes, alcoholes y sus derivados
- ✓ Ejecutar las operaciones de comercio exterior relacionadas con la importación y exportación de bienes, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Exterior y la Inversión extranjera
- ✓ Comercializar bebidas no alcohólicas y productos importados, así como artículos promocionales vinculados a las marcas que comercializa
- ✓ Tener participaciones sociales de cualquier tipo en entidades cubanas y extranjeras vinculadas a la rama alimentaria

Descripción de los procesos

MAPA DE PROCESO RONERA SANTIAGO DE CUBA.



Características eléctricas:

6 servicios de ellos son:

Metros prepagos: Corporación Cuba Ron (Taller de mantenimiento), Corporación Ron Añejamiento (Nave Don Pancho), Corporación Cuba Ron (Fábrica)

Metros del estatal mayor: Fábrica de Ron Caney (Oficina Central), Corporación Cuba Ron Almacén (Logística), Fábrica de Ron Matusalén Cuba Ron (Añejamiento y tonelería)

tres servicios mayores presentan las siguientes características eléctricas:

- ✓ Los servicios de: Fábrica de Ron Caney y Corporación Cuba Ron almacén tienen tarifa B 1, no tienen circuito exclusivo ya que llevan carga del sector residencial, con 1 transformador monofásico de 5 KVA, la demanda contratada es de 1 KW, la alimentación es simple por baja y ambos servicios son bonificados por factores de potencia superiores a 0.95, es decir el primer servicio con 0.95 y el segundo con 0.99 respectivamente.
- ✓ La fábrica de Ron Matusalén: tiene tarifa M1A, con circuito exclusivo, con un banco de transformadores de 50 KVA (2 x 25 KVA) con una cargabilidad de 75 % de carga máxima, demanda contratada de 40 KW, alimentación simple por baja y factor de potencia de 0.97 por el cual es bonificado.

Las áreas que más inciden en la máxima demanda eléctrica son. el área de embotellado, área de calderas y línea de producción por encontrarse los equipos de mayor consumo de portadores energéticos de la Ronera Santiago de Cuba.

La entidad cuenta con un parque automotor de 22 equipos de transporte de ellos 9 son de diesel, 8 de gasolina y 5 montacargas tecnológicos de ellos 3 de diésel y 2 eléctricos, además de una chapeadora de gasolina. Los cuáles trabajan en función de agilizar las gestiones para el proceso productivo.

Objetivo: Determinar la eficiencia energética en la Ronera Santiago de Cuba.

Materiales y métodos

Microsoft Excel: Herramienta de Microsoft Office utilizada para confeccionar las tablas y gráficos de este estudio, en la versión 97-2003, se usa un analizador de redes trifásicos para determinar datos reales del comportamiento eléctrico, así como modelos oficiales de facturas eléctricas, modelo económico 5073, CDA 001 y CDA 002, cuantificación equipo a equipo de transporte entre otros.

Se realiza una revisión energética detallada de la entidad a cada área de uso significativo de la energía, a cada equipo que interviene en el proceso y a cada sistema, aplicando herramientas de la TGTEE, como el Diagrama de Pareto que son gráficos especializados de barras, que presentan la información en orden descendente, conectando por una línea los porcentajes agregados de cada barra para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total.

El Diagrama de Pareto es muy útil para identificar las áreas y equipos de uso significativo que producen el 80 % del consumo eléctrico de la entidad y se identifican el 20% de los equipos que influyen en el 80% del consumo energético.

Determinación del CUSUM para saber la tendencia de los consumos.

Gráficos de dispersión para determinar la línea base energética y la línea meta.

Se realizan mediciones eléctricas para determinar datos reales de consumo.

Resultados y discusión

La norma ISO 50001 permite a una organización seguir un enfoque sistemático para alcanzar la mejora continua de su perfil energético, incluyendo la eficiencia, el uso y el consumo.

Además, permite crear una política energética efectiva lo cual implica el establecimiento del marco para realizar la planificación energética, realizar la revisión del desempeño energético (análisis del consumo de energía, identificación de áreas de consumo significativo e identificación de oportunidades de mejorar el desempeño energético) y definir los resultados esperados (indicadores de desempeño energético IDEn, metas y objetivos).

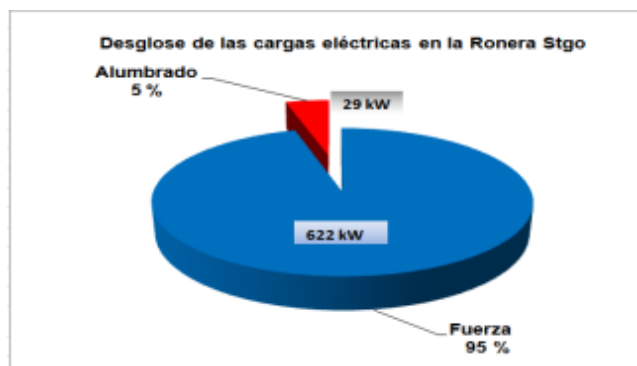
Con el compromiso y la aceptación de la alta dirección del centro y la creación del grupo energético para el estudio de las condiciones necesarias para implementar la NC ISO 50001, se aprueba la política energética de la entidad, la cual está integrada a los sistemas de calidad y medio ambiente, siendo esta la declaración por parte de la organización de sus intenciones en relación con su desempeño energético, formalmente expresada por la alta dirección.

Revisión energética: se le realiza a la entidad para determinar el desempeño energético de la organización basada en datos y otro tipo de información, orientada a la identificación de oportunidades de mejora.

Se utilizan los resúmenes de facturación de la energía y el combustible para el estudio de los portadores energéticos en el centro.

Se realiza el diagnóstico inicial de la entidad, en la cual mediante un recorrido por las áreas de uso significativo y apoyado con mediciones eléctricas se pudieron obtener los siguientes resultados:

1- En el desglose de las cargas corresponde 5 % al alumbrado con 29 kW y 95 % a la fuerza con 622 kW, como se representa en el gráfico



Las áreas que más inciden en la máxima demanda eléctrica son. el área de fabricación, área de embotellado, área de destilería, área de añejamiento, área de oficinas, área de logística por encontrarse los equipos más consumidores de la entidad

En el recorrido se detectaron las siguientes deficiencias que atentan contra el buen desempeño energético:

- ✓ En la PGD del servicio Ron Matusalén y la UEB Destilería existen accesorios obsoletos y no poseen instrumentación pizarra general y fabricación.
- ✓ La instalación eléctrica de la nave 4 y 5, taller de mantenimiento, cocina-comedor y el alumbrado exterior están en mal estado.
- ✓ Falta de iluminación artificial y natural en el alumbrado interior y exterior de las naves, falta de tejas traslucidas y claraboyas en Fca. De Ron Matusalén.
- ✓ Existe desbalance de corriente por encima del 40 % de la PGD en Servicio Destilería y Matusalén.
- ✓ La UEB Destilería no es un servicio medrado por la Empresa Eléctrica. El mismo es una ramificación de la Cervecería Hatuey a la cual le paga la energía que ella consume.

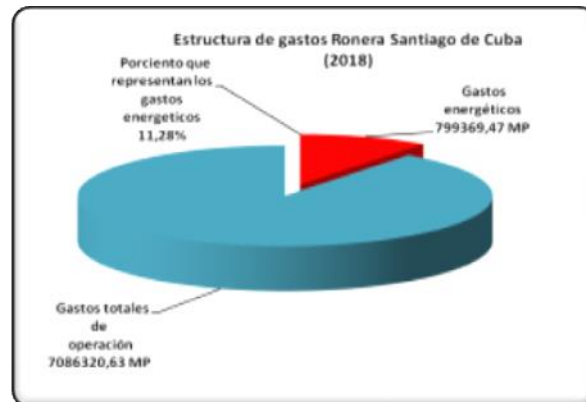
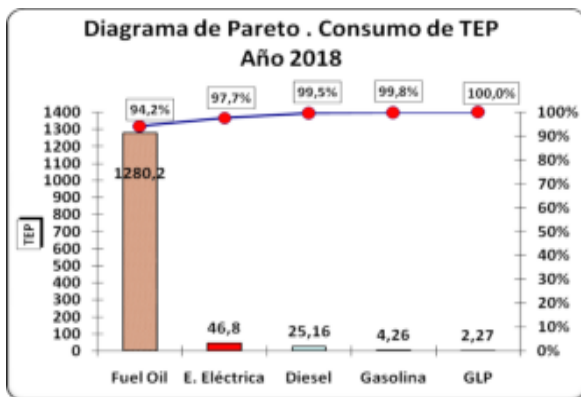
Se determinaron las **Oportunidades de Ahorro** para lograr la eficiencia energética, que no es más que una proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de

desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía, las potencialidades de ahorro de la entidad se determinaron en el sistema de iluminación.

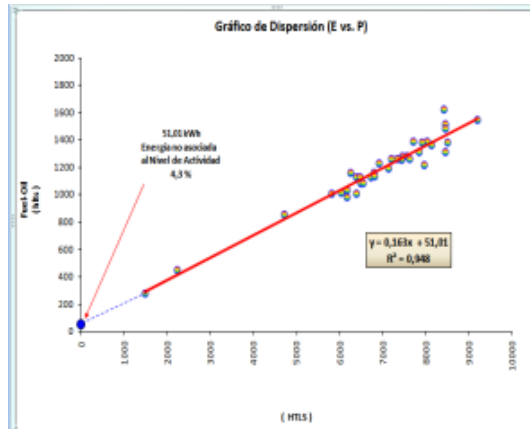
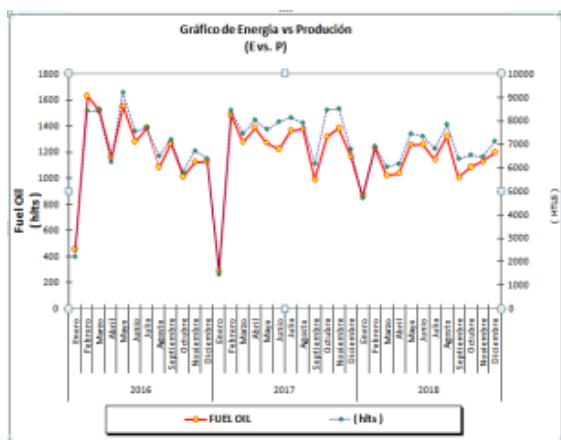
Por sustituir por luminarias LED (737 luminarias de 18 Watts, 16 luminarias de 9 Watts, 16 luminarias exteriores de 150 Watts y 3 de 50 Watts), que representa un potencial energético de 80.738 MWh/año, un ahorro económico al año de 41,080 MWh y 8676.16 cup.

Otro potencial de ahorro es por concepto de instalación de un variador de frecuencia en el sistema de bombeo de agua, con la potencia nominal del motor de 51 kW, al instalar el variador se reduce el 15 % de la potencia del motor a 8,67 kW, el consumo antes era de 195840 KWh, después de la instalación se reduce el consumo a 33293, se obtiene un ahorro del consumo en 162547,2 kWh y un beneficio económico de 30883.968 pesos.

2- Se analizan los principales portadores energéticos y los presupuestos de gastos en la entidad a través de los gráficos de Pareto dando el siguiente resultado:

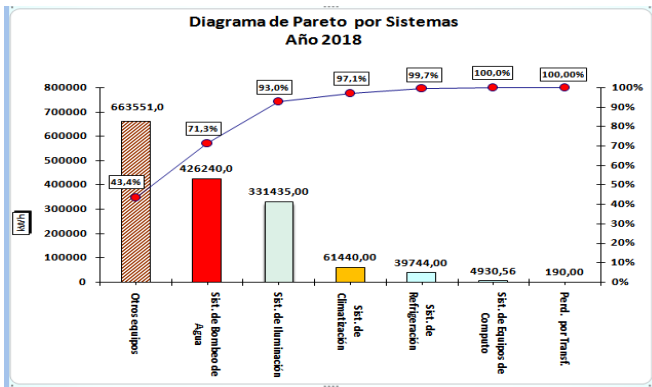


Según los diagramas de Pareto para los consumos y presupuestos de gastos de los portadores Energéticos en el año 2018 se evidencia que el FUEL OIL es el más significativo representando un 94,2% de consumo y el 73,3 % de los gastos, utilizándose principalmente en la caldera de generación de vapor para la producción de alcoholes en sus variedades. Teniendo en cuenta lo anterior, la Ronera ha puesto gran interés en la caldera ubicada en la UEB Destilería donde este portador se controla de muchas maneras tales como la recuperación del condensado para el precalentamiento del agua y la limpieza, además de la utilización del alcohol D, para reducir el consumo del FUEL mezclándose con el mismo dentro de la caldera y así ahorrar de forma eficiente el consumo de este portador, mostrándose de forma paulatina grandes beneficios, ver gráficos correspondientes.



Se obtiene una excelente correlación entre el consumo de Fuel Oil y la producción de hectolitros de alcohol 0.94, evidenciando la eficiencia de trabajo de la caldera.

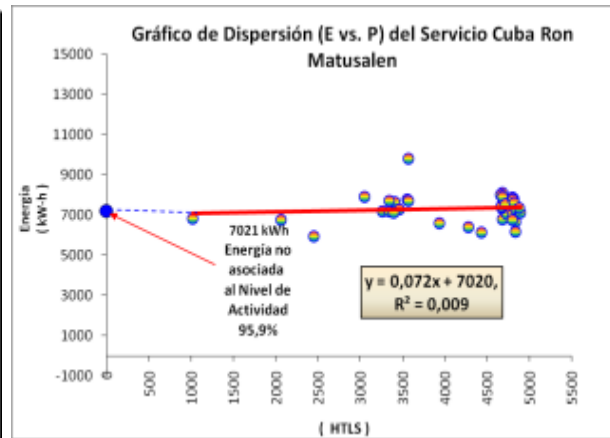
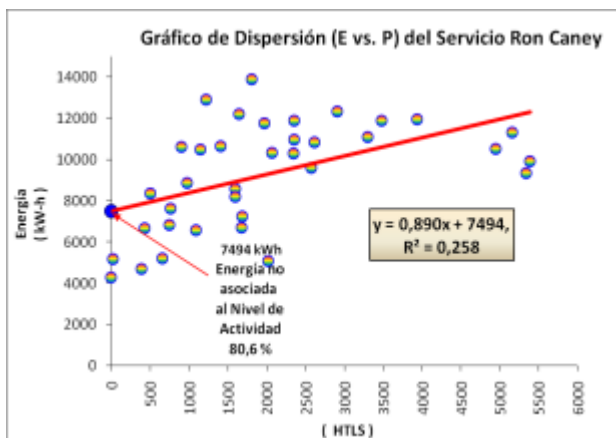
Estratificación por sistemas



Se observa en el diagrama de Pareto anterior que la Ronera Santiago tiene definido cinco sistemas electro energéticos fundamentales, además de cierta cantidad de equipos altos consumidores siendo estos el mayor consumidor de la entidad representando el 43,4 % del total

Línea Base Energética

Se analizan tres años de facturación de electricidad para obtener nuestra línea base energética en los servicios de la Fábrica de Ron Caney y Fábrica de Ron Matusalén, la cual es una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación de nuestro desempeño energético para futuras metas en cuanto al ahorro de la energía eléctrica, obteniendo el siguiente resultado.



En los gráficos anteriores se observa que existe muy baja correlación entre el consumo de electricidad, kWh, y los niveles de actividad establecidos. Esto indica que no hay dependencia directa entre estas variables, lo que demuestra lo inapropiado de estos índices para evaluar la eficiencia energética de la entidad, donde los valores de R²(coeficiente de correlación es inferior al 0.75), valor este que debe ser el adecuado según plantea la bibliografía especializada los valores de energía no asociadas son muy elevados de 80.6 % y 95.9 % en los servicios analizados.

Los resultados anteriores evidencian que otros factores influyen en el consumo de energía eléctrica de la instalación y, por tanto, el indicador utilizado hasta la fecha KWh/hl, no reflejan adecuadamente la eficiencia global en el consumo eléctrico del servicio analizado ni puede ser utilizado para la planificación y la evaluación de la eficiencia.

Los elementos principales que afectan la validez de estos índices son:

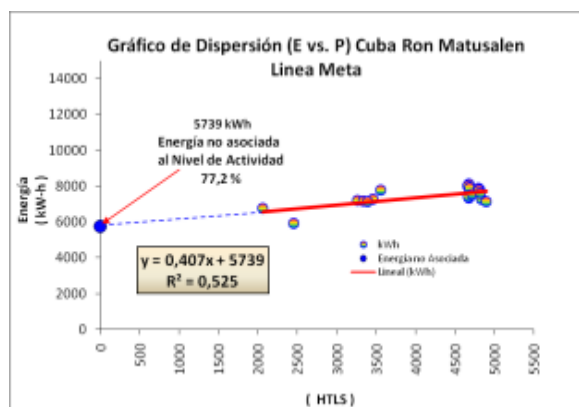
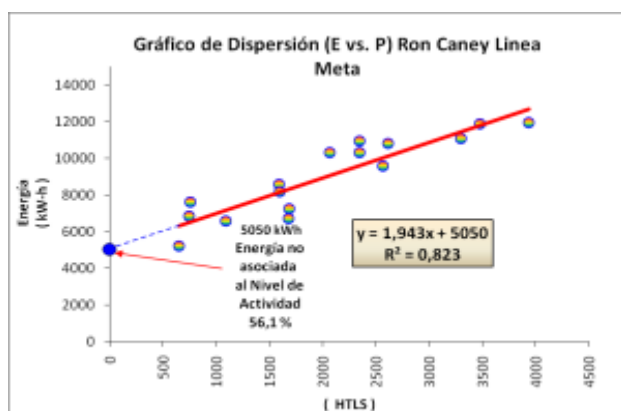
- ✓ No tomar en consideración en el índice la influencia de equipos de oficinas tales como computadoras, impresoras y ventiladores sobre el consumo de electricidad, teniendo en cuenta que los sistemas de climatización, refrigeración e iluminación afectan considerablemente el consumo eléctrico.
- ✓ En el Servicio de Cuba Ron Matusalén no se toma en cuenta los comensales o las raciones de alimentos preparados por la UEB Logística vinculada al consumo eléctrico dentro del servicio.

Línea Meta energética:

Propuesta de un nuevo índice de consumo.

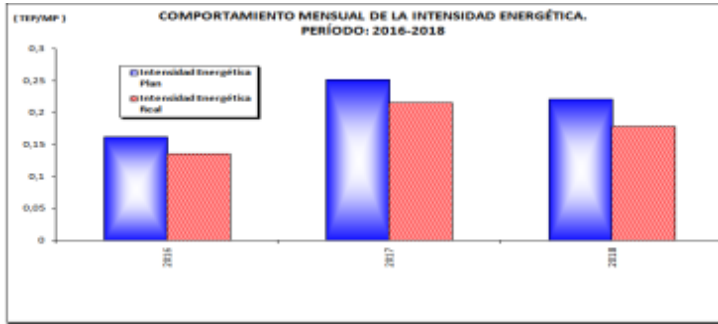
Debido a que el consumo de energía eléctrica de la Ronera depende de varios factores, para establecer un nuevo índice que refleje adecuadamente el comportamiento de la eficiencia energética se debe integrar los indicadores fundamentales y establecer un nivel de actividad razonable, que se podría llamar a partir de ahora hectolitros equivalentes (hl_{EQ}), donde cada variable analizada este estrechamente vinculada al consumo energético de la organización y así expresar el índice de consumo de electricidad como kWh/ hl_{EQ} .

Cumpliendo con la estrategia energética como plantea la norma ISO 50001 e identificando las brechas que atentan contra el buen desempeño energético, se realizó la corrección del factor de correlación depurando los datos reales de consumo de energía eléctrica y producción que no se corresponden con meses normales de trabajo y producción estables, arrojando un valor de energía no asociada a la producción adecuado, para los servicios Ron Matusalén y Ron Caney obteniendo un coeficiente de correlación mostrado en los siguientes gráficos.



Considerando el resultado obtenido, la entidad debe proponerse la utilización de estos indicadores para analizar la eficiencia energética y después que esté implementado se pueden trazar metas encaminadas a mejorar la eficiencia energética. Donde se puede considerar un índice de eficiencia en el Servicio de Ron Caney de 4,78 kWh/hl, ya que puede apreciarse en el gráfico que disminuye la energía no asociada a la producción a 56,1 % y aumenta el coeficiente de correlación a 0.82. En el Servicio de Cuba Ron Matusalén se debe realizar un estudio más profundo ya que el valor obtenido de correlación es tan débil que el índice a considerar no refleja adecuadamente la eficiencia energética en la entidad.

✓ **Análisis de la Intensidad Energética**



Se cumplen los valores de los índices de intensidad energética respecto al plan de los portadores energéticos y la producción mercantil de la entidad en el período analizado como muestra el grafico

- ✓ **Análisis del Factor de Potencia** El Factor de Potencia se comporta de manera favorable en la entidad obteniendo bonificaciones de 864 CUP en 2016, 1428 CUP en 2017 y 1623 CUP en 2018, con un total bonificado de 3925 CUP en el periodo analizado. Solo se ve perjudicado por este factor el servicio de Fca. De Ron Matusalén en los años del 2016 obteniendo penalizaciones de 2751 CUP y 821 en 2017.

Se evalúa el **CUSUM** o tendencia de consumo eléctrico obteniendo el siguiente resultado:



A pesar de que existen incumplimientos de los planes de consumo eléctricos 3 meses del 2016, 2 meses del 2017 y agosto del 2018 en Fca. Ron Caney, además de 8 meses en 2016, 3 meses del 2017 y enero del 2018 en la Fca. Matusalén, las producciones se cumplen en casi todos los meses. Observándose que el consumo de la ronera tiende a disminuir en los próximos años.

✓ **Impactos Ambientales:** Las principales preocupaciones medioambientales actuales incluyen la fuerte emisión de gases de efecto invernadero (NO_x, SO₂, CO, CO₂ y HC), que está dando lugar al cambio climático El CO₂ (dióxido de carbono) es el gas de efecto invernadero de origen antropogénico que más ha contribuido al calentamiento global por sus altas concentraciones atmosféricas. Por ello, una de las formas de actuar para limitar e impedir sus gravísimas consecuencias ambientales, relacionadas con el aumento de temperatura, subida del nivel del mar y disminución de precipitaciones, entre otras, consiste en reducir el consumo energético. Si en la Ronera Santiago de Cuba, se logra disminuir el consumo de energía eléctrica a los niveles de la línea meta energética, aplicando mejoras derivadas de la identificación de las áreas de oportunidades, se lograrían disminuir las emisiones de gases contaminantes por concepto de ahorro de energía. Para el cálculo de las emisiones de los otros contaminantes como el NO_x, SO₂, CO, HC, se utiliza la siguiente ecuación:

$$E = (FE * EA) * 10^{-6}$$

Dónde: E- Emisiones (t/año), FE- Factor de emisión (g /kWh), EA- Energía ahorrada (kWh/año)

En la siguiente tabla aparecen los distintos factores de conversión de los gases contaminantes:

Tabla de factores de emisiones de gases contaminantes

Impactos Ambientales	Contaminantes	Factor de Emisión (g/kWh)
Lluvias ácidas	NO _x	3.41
Lluvias ácidas	SO ₂	0.0984
Efecto Invernadero	CO ₂	794
Gases Dañinos	CO	0,23
Hidrocarburos	HC	0.083

El factor de emisión del CO₂ fue corregido, para las condiciones de Cuba. El valor es 794 g/kWh, sustituyendo en la ecuación anterior se calcula la cantidad de toneladas al año de gases contaminantes que se dejarán de emitir a la atmósfera por concepto de potencial de ahorro de energía eléctrica, obteniéndose el siguiente resultado:

$$E(\text{NO}_x) = (3,41 * 44700) * 10^{-6}$$
$$E(\text{NO}_x) = \mathbf{0,152427}$$

$$E(\text{CO}) = (0,23 * 44700) * 10^{-6}$$
$$E(\text{CO}) = \mathbf{0,010281}$$

$$E(\text{SO}_2) = (0,0984 * 44700) * 10^{-6}$$
$$E(\text{SO}_2) = \mathbf{0,004398}$$

$$E(\text{CO}_2) = (794 * 44700) * 10^{-6}$$
$$E(\text{CO}_2) = \mathbf{35,491800}$$

$$E(\text{HC}) = (0,083 * 44700) * 10^{-6}$$
$$E(\text{HC}) = \mathbf{0,003710}$$

Por mejoramiento de la eficiencia energética en la Ronera Santiago de Cuba (que incluye las fábricas de Ron Caney y Ron Matusalén), con un potencial de ahorro de 44700 kWh/año se dejarían de emitir a la atmósfera 0,152 toneladas al año de NO_x; 0,004 de SO₂; 35,49 de CO₂; 0,010 CO y 0,003 de HC. Para un total de 35,65 ton/año.

Conclusiones

Se determinó que existe el compromiso de la alta dirección para implementar la NC ISO 50001 para el sistema de gestión energética.

Se estableció la política energética de la entidad con el sistema integrado de calidad, medio ambiente y sistema de gestión de energía.

Con la utilización de las herramientas de NC ISO 50001 para el control y monitoreo de los portadores energéticos, se obtuvo la línea base energética que evidenció que existe muy baja correlación entre el consumo de electricidad, kWh, y los niveles de actividad establecidos. Esto indica que no hay dependencia directa entre estas variables, lo que demuestra lo inapropiado de estos índices para evaluar la eficiencia energética de la entidad. Se evidenció que existen elementos principales que afectan la validez de los índices como son: en el servicio de Almacén no se toma en consideración en el índice la influencia de equipos de oficinas tales como computadoras, impresoras y ventiladores sobre el consumo de electricidad, teniendo en cuenta que los sistemas de climatización, refrigeración e iluminación afectan considerablemente el consumo eléctrico.

En el Servicio de Cuba Ron Matusalén no se toma en cuenta los comensales o las raciones de alimentos preparados por la UEB Logística vinculada al consumo eléctrico dentro del servicio por lo que necesita determinar un nivel de actividad para respaldar el consumo.

Se obtuvieron las potencialidades de ahorro basadas en la sustitución del alumbrado existente por uno más eficiente como son las lámparas LED.

Se obtuvieron las cantidades de gases contaminantes que se dejan de emitir a la atmósfera a partir de los ahorros de consumos de la energía eléctrica.

Referencias bibliográficas

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Guía de implementación sistema de gestión de la energía basado en ISO 50001. Empresa consultora: PwCChile. Segunda Edición. Santiago, octubre 2012. Recuperado de https://docplayer.es/5847154_-Guia-de-implementacion-sistema-de-gestion-de-la-energia-basado-en-la-iso-50001.html
- Borroto, A. (2007). Ahorro de energía en sistemas termo mecánicos. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/329425703/>
- Borroto, A. (2013). Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO 50001. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/329400349_Sistema_de_gestion_de_energia_basado_en_la_norma_ISO_50001_en_la_empresa_Piensos_Cienfuegos
- Rodríguez, M., Mancey, H., Barrera, X. & García, C. (2009). Cambio climático: lo que está en juego. Foro Nacional Ambiental. Recuperado de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/12047.pdf>
- Viego, F. et al. (2007). Eficiencia energética en sistemas de suministro eléctrico. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Recuperado de <https://www.ucf.edu.cu/wp-content/uploads/2023/06/CEEMA.pdf>