



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i3.1966>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículos de investigación

Estado del arte de la gestión energética en la industria

State of the art of energy management in industry

O estado da arte da gestão de energia na indústria

Jean Carlos Sornoza-Bravo ^I

sornozajeaan@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5009-9190>

Luis Felipe Sabando-Piguabe ^{II}

luis.sabando@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7492-7472>

Correspondencia: sornozajeaan@gmail.com

***Recibido:** 16 de marzo de 2021 ***Aceptado:** 22 de abril de 2021 * **Publicado:** 10 de mayo de 2021

- I. Ingeniero Mecánico, Maestrante de Investigación en Mecánica, Mención Eficiencia Energética/ Instituto de Posgrado/ Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí Ecuador.
- II. Magíster en Gestión y Desarrollo Social, Magíster en Ingeniería Mecánica, Docente del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Docente de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Resumen

Hoy en día el problema energético es una situación de gran importancia y actualidad tanto para las investigaciones como para la vida cotidiana, por las implicaciones que tiene esto en todas las esferas, en el cual el sector industrial se constituye en uno de los principales consumidores de energía, y por ende generadores de gases de efecto invernadero, existen varias tendencias de sistemas de gestión y evaluación de la energía en el que cada uno tiene distintos puntos de vistas, en tal sentido el trabajo tiene por objetivo analizar el estado de unos componentes relacionados con energía como: el concepto, los sistema de gestión, la Norma ISO 50001, ciclo de mejora continua y otros, para evaluar el estado del desarrollo y su tendencia. El presente artículo se realizó a partir de la revisión y el análisis documental, para ello se realizó un estudio bibliográfico de más de 40 obras usando el método de gestión documental, con el propósito de presentar la visión fenomenológica de la gestión energética en el sector industrial. Bajo estos postulados, se concluye que la gestión energética persigue sacar el mayor aprovechamiento posible a las cantidades de energía que la empresa necesita. En este sentido, la implementación de los SGen, a través de las normas ISO 50001:2018 y UNEEN ISO 50001:2018, constituye una herramienta útil y eficaz para mejorar el rendimiento energético, ahorrar costos y, por tanto, mejorar la competitividad de las industrias.

Palabras Clave: Eficiencia Energética; ISO 50001; Mejora Continua; Auditoría Energética; Gestión Energética.

Abstract

Today the energy problem is a situation of great importance and relevance both for research and for daily life, due to the implications this has in all spheres, in which the industrial sector is one of the main consumers of energy, and therefore generators of greenhouse gases, there are several trends in energy management and evaluation systems in which each one has different points of view, in this sense the work aims to analyze the state of some related components with energy such as: the concept, the management system, the ISO 50001 Standard, continuous improvement cycle and others, to evaluate the state of development and its trend. This article was made from the review and documentary analysis, for this a bibliographic study of more than 40 works was carried out using the document management method, with the purpose of presenting the phenomenological vision of energy management in the industrial sector . Under these postulates, it is concluded that energy management seeks to make the best possible use of the amounts of energy that the company needs.

In this sense, the implementation of the EnMS, through the ISO 50001: 2018 and UNEEN ISO 50001: 2018 standards, constitutes a useful and effective tool to improve energy performance, save costs and, therefore, improve the competitiveness of the industries.

Keywords: Energy Efficiency; ISO 50001; Continuous Improvement; Energy Audit; Energy Management.

Resumo

Hoje o problema energético é uma situação de grande importância e relevância tanto para a investigação como para o quotidiano, pelas implicações que tem em todas as esferas, nas quais o sector industrial é um dos principais consumidores de energia e, portanto, gerador de gases de efeito estufa, existem várias tendências em sistemas de gestão e avaliação de energia em que cada um tem diferentes pontos de vista, neste sentido o trabalho visa analisar o estado de alguns componentes relacionados com a energia tais como: o conceito, o sistema de gestão, a ISO 50001 Ciclo padrão, ciclo de melhoria contínua e outros, para avaliar o estado de desenvolvimento e sua tendência. Este artigo foi elaborado a partir da revisão e análise documental, para isso foi realizado um estudo bibliográfico de mais de 40 trabalhos utilizando o método de gestão documental, com o objetivo de apresentar a visão fenomenológica da gestão energética no setor industrial. Sob esses postulados, conclui-se que a gestão de energia busca fazer o melhor uso possível das quantidades de energia de que a empresa necessita. Nesse sentido, a implantação do EnMS, por meio das normas ISO 50001: 2018 e UNEEN ISO 50001: 2018, constitui uma ferramenta útil e eficaz para melhorar o desempenho energético, economizar custos e, portanto, melhorar a competitividade das indústrias.

Palavras-chave: Eficiência Energética; ISO 50001; Melhora contínua; Auditoria Energética; Gerenciamento de energia.

Introduction

En el devenir histórico, el desarrollo de la actividad humana ha estado signada por el uso y consumo de energía, evolucionando desde el uso de la fuerza muscular, a la incorporación del fuego, la tracción animal, hasta el dominio de tecnologías en la producción y uso del vapor, la electricidad y los derivados de los combustibles fósiles para la satisfacción de sus necesidades. En este contexto, el aumento de la población mundial trae consigo el crecimiento acelerado de la actividad humana,

Estado del arte de la gestión energética en la industria

especialmente la industrialización, permitiendo a grandes volúmenes de personas acceder a bienes y servicios, que a su vez se traduce, en mayor consumo de energía para cubrir sus requerimientos.

Tomando en consideración que el modelo energético actual se basa esencialmente en el manejo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) que son altamente contaminantes generando profundos deterioros en el ambiente planetario, y comprendiendo que el sector industrial de acuerdo con la IEA 2010 Citado por (Estrada, 2019) constituye uno de los principales consumidores de energía, y por ende generadores de gases de efecto invernadero así como otros gases contaminantes, cada vez son más frecuentes las iniciativas de gestión energética en este sector orientadas a potenciar la eficiencia energética junto con el impulso de energías renovables y ahorro energético que garanticen la sostenibilidad tanto ambiental como de la economía global, para lograrlo, estas propuestas deben ir acompañadas de sistemas de gestión energética en las industrias.

Sobre este particular, la Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización (ISO) desarrolló una normativa internacional (ISO 50001, 2018) que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización, cuyo propósito es el de permitirle una mejora continua en la utilización, seguridad y eficiencia energética, con un enfoque sistemático. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero. (ISO 50001, 2018)

Existen diversos modelos de Gestión Energética, actualmente muchos países asumen la Norma Estándar Internacional (ISO) donde se propone la implementación de medidas de ahorro de energía, que pueden incluir o no inversiones de manera que, cumpliendo con un ciclo de mejora continua, la evaluación y monitoreo se convierten en un proceso de retroalimentación para redefinir la política energética de las industrias o implementar mejoras en las propuestas de ahorro de energía. Sin embargo, expertos opinan que la norma ISO 50001 no es suficiente para lograr la eficiencia energética en una empresa bajo el enfoque de concientización, por lo que es necesario complementarla con más elementos que optimicen el empleo de los recursos energéticos.

En este sentido, se pueden complementar con nuevas tecnologías de control como una alternativa factible y viable para la solución de los problemas de abastecimiento energético de un país, puesto que influye en la reducción del consumo energético del lado de la demanda y de esta forma, disminuye la necesidad de invertir en nuevas fuentes de generación y modera la presión en la toma de decisiones de planificación energética y de selección de las fuentes de suministro. Considerando los

planteamientos anteriores, el presente artículo plantea una revisión del estado del arte de la gestión energética en la industria desde una perspectiva internacional y regional.

Materiales y Métodos

Fundamento Teórico

La energía

La energía es el motor de la vida en la Tierra y la evolución de los seres vivos va relacionada con la explotación y el mayor aprovechamiento que se haga de ella. En los últimos años se han convertido en un asunto de gran interés global, temas relacionados con la energía que impactan a las sociedades de forma directa como son: el precio del petróleo, las consecuencias del cambio climático, la eficiencia y el ahorro energético. (Correa, 2019)

En la historia reciente podemos observar la evolución de las fuentes de energía usadas por el hombre, por ejemplo, la madera fue el combustible básico durante largos periodos de la humanidad, siendo reemplazada poco a poco por el carbón y este a su vez por el petróleo. En el siglo XX aparece la energía nuclear, y finales del mismo el uso de energía renovables hasta actualidad del siglo XXI.

Las sociedades humanas han ido evolucionando en base a las innovaciones tecnológicas que permiten mejoras en la explotación de las fuentes de energía, (Club Español de la Energía., 2010) El uso dado a la energía junto a su evolución tecnológica, puede tomarse como un indicador del avance de estas sociedades hacia una situación de bienestar. Esta evolución industrial, tecnológica y energética ha propiciado un análisis crítico de los medios utilizados, para conseguir la calidad de vida de la que actualmente disfrutan los seres humanos.

Se cuestiona el uso de la energía nuclear o la producción masiva de gases de efecto invernadero (GEI), esto produce una mayor concienciación del trato que se le está dando al medio ambiente. (Montes, 2021) En este orden de ideas, el (Club Español de la Energía., 2010) refleja:

La unión de economía, tecnología y medio ambiente da origen a la cultura del desarrollo sostenible como un medio para mejorar la calidad de nuestra sociedad, respetando la naturaleza. (p.53)

Estas premisas dan cuenta de la importancia de generar sistemas de gestión de energía armónicos dirigidos a la sostenibilidad ambiental y la sustentabilidad del desarrollo de la actividad humana.

Gestión Energética

Los sistemas de gestión de la energía enmarcan un cúmulo de elementos relacionados entre sí, que tienen por objeto establecer políticas, objetivos energéticos, procesos y procedimientos que le permitan al sistema funcionar de manera coherente y práctica. (Conuee y GIZ, 2018)

En esta perspectiva, los sistemas de gestión de la energía parten de la definición de una política energética, que se define como la declaración por parte de la dirección de sus intenciones y direcciones globales en relación con su desempeño energético. Esta política se traduce en objetivos y planificaciones para el cumplimiento de la organización con la mejora del desempeño energético. Así destaca (Romo, 2021) que este tipo de sistemas en el ámbito industrial usan modelos de gestión, definidos como conjunto de procedimientos y actividades, conceptuados para ser integrados al modelo de gestión organizacional de la empresa, como guía para ser implementados.

Por lo que, cada organización requiere el desarrollo de un sistema diseñado particularmente tanto para sus procesos como para su cultura organizacional, de manera que con ayuda de agentes externos como equipos de consultoría en fases iniciales del desarrollo del programa y con la intervención diferentes áreas de la compañía, pueda iniciarse un proceso de implementación de un modelo o programa de gestión de energía. (Cagno, et al., 2016) Sin embargo, para que el programa de gestión de la energía esté bien planificado, organizado y ejecutado se requiere un fuerte compromiso por parte de la alta dirección.

La gestión energética puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de los recursos energéticos. Esto es, lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma sin perjuicio de la comodidad, productividad, calidad de los servicios y, de un modo general, sin reducir el nivel de vida. Puede considerarse como el mejor de los caminos para conseguir los objetivos de conservación de energía y medio ambiente, tanto desde el punto de vista de la propia empresa como en el nivel general.

En este contexto, (OLADE, 2019) la Gestión Energética implica la potenciación de la eficiencia energética que puede alcanzarse a través de dos elementos fundamentales, no excluyentes entre sí:

1. Incorporar métodos de ahorro, administración, medidas técnicas y organizativas que se traduzcan en mejores prácticas de consumo.

2. Incorporación de Tecnologías y equipos de alta eficiencia en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas que faciliten la aplicación de modelo de gestión energética.

Tomando en cuenta lo anterior, La primera opción, aunque tiene un menor costo, los resultados son más difíciles de conseguir y mantener. La segunda, por su parte, requiere mayores inversiones, pero el potencial de ahorro es más alto y asegura mayor permanencia de los resultados. Sin embargo, cualquiera de las dos permite reducir el consumo específico, pero la combinación de ambas es lo que posibilita alcanzar el resultado óptimo.

Norma EN ISO 50001

Ante los innegables efectos en el cambio climático del consumo masivo de energía del sector industrial a nivel mundial, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), en el año 2007, reconoció que la industria mundial necesitaba una respuesta efectiva ante esta realidad, por lo que solicitó a la ISO desarrollar un estándar internacional para la gestión energética. (ONUUDI, 2018). Este estándar ha sido publicado por ISO en junio de 2011 y actualizado en agosto de 2018. Además, es aplicable para cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño, sector, o ubicación geográfica. (ISO 50001, 2018)

La Norma EN ISO 50001, referente a Sistemas de Gestión de la Energía tiene como objetivo facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético. Como se observa en la figura 1, se basa en el modelo de Sistema de Gestión de Mejora Continua:

Figura 1: (ISO 50001, 2018)



Eficiencia energética

La Eficiencia energética hace referencia al consumo inteligente de la energía, es decir, atender una necesidad con la menor cantidad de energía, es una de las políticas que llevan a mejorar el medio ambiente el uso y ahorro de energía. (Cooremans, 2012)

Sin embargo, cada día se consumen grandes cantidades de energía en todos los ámbitos de la sociedad. Si la necesidad de energía continúa como hasta ahora, la demanda energética mundial alcanzará niveles ilimitados, y en consecuencia seguirán aumentando los niveles de emisión de CO₂ lo que tendrá un gran impacto ambiental. (European climate foundation, 2016) Bajo esta perspectiva, hablar de eficiencia energética implica la obtención bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, sin perjuicio de la calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, y enmarcada en la sostenibilidad y sustentabilidad de la vida planetaria.

Se observa, que la preocupación por el impacto del consumo de energía en el cambio climático es una realidad latente, de allí que diversos países especialmente los más industrializados sean llamados a asumir la responsabilidad por la emisión de gases con efectos invernadero y otros contaminantes, con el objetivo de garantizar la supervivencia de la vida en el planeta.

En este contexto, con políticas energéticas adecuadas, se podrán fijar como objetivos: asegurar el suministro energético necesario para cubrir los requerimientos de los usuarios mediante la diversificación de fuentes y la utilización de tecnologías limpias que garanticen la sostenibilidad, tanto ambiental como económica. Estas políticas deben estar fundamentadas en sistemas para gestionar la energía junto con la potenciación del ahorro energético y el crecimiento del manejo de energías renovables o energías limpias.

La conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética a nivel global sigue en aumento. Es comprobado que la eficiencia energética tiene la capacidad real de incidir de forma efectiva sobre la demanda mundial de energía, y más aún cuando se producen reordenamientos económicos a nivel global y muchas economías emergentes se incorporan fuertemente al escenario de demanda. Es por esto que la eficiencia energética pasa gradualmente a tomar un rol en la política energética de las naciones brindándole al sector energía la dimensión necesaria para actuar del lado de la demanda. (OLADE, 2019)

Para los países desarrollados, la eficiencia energética se relaciona directamente con acciones para mitigar el cambio climático. Pero por otro lado, en las economías emergentes, la eficiencia energética tiene otros motivadores adicionales: reduce la dependencia de combustibles fósiles, reduce las

importaciones, permite la conservación de los recursos escasos, mejora la competitividad de los sectores productivos, brinda una mejor asignación de los recursos para infraestructura, aumenta la seguridad y acceso a la energía, contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), permite el acceso al financiamiento internacional y la necesidad para responder a barreras no arancelarias. (Hernández, 2018)

En este contexto, promover el desarrollo de la eficiencia energética en un país tiene una clara justificación, sin embargo, para lograr acceder al potencial existente de eficiencia energética es necesario derribar distintas barreras; políticas, institucionales, culturales, económicas, regulatorias, tecnológicas, de información y de financiamiento que bloquean el desarrollo de un mercado de bienes y servicios de eficiencia energética.

(Trianni et al., 2018) han analizado Algunos elementos como potenciales razones para la baja adopción de sistemas de eficiencia energética:

- El gasto de energía en muchas de las actividades industriales es inferior al 5% de los costos de producción, por lo que las inversiones en mejorar la eficiencia energética no se consideran estratégica.
- No se reconoce completamente la ventaja competitiva de la implementación de planes y actividades de eficiencia en energía, con respecto al contexto.

Aunque La eficiencia energética es reconocida por diferentes sectores como un mecanismo de mejora de la productividad e incremento de la competitividad empresarial, la (ICONTEC Internacional, 2020) refleja estudios realizados en sectores relacionados con los consumos energéticos, identificando las que presentan mayores consumos y el análisis resalta que no se ha iniciado de manera activa por parte de las empresas un movimiento hacia la adopción de tecnologías que permitan hacer racional el uso de la energía.

Mejores prácticas en eficiencia energética en el sector industrial

El sector industrial utiliza la energía como materia prima para poder desarrollar productos y servicios. Sin ella, la maquinaria necesaria para tal fin no podría funcionar y el equipamiento tecnológico perdería todo su valor. La eficiencia energética en el sector industrial es esencial para optimizar el uso de la maquinaria pesada mientras se asegura la sostenibilidad. (IngenieríaEficiente, 2021) Para conseguirlo es posible seguir una serie de pasos a nivel general:

Reducción de la demanda energética, es decir, la carga que se exige a una fuente de suministro durante un tiempo determinado.

Diversidad energética, Este concepto hace referencia a las distintas fuentes energéticas que hay disponibles. Todas las fuentes renovables y no renovables entran en este ámbito, pero hay que seleccionar las más indicadas en cada caso.

Innovación tecnológica, utilizar menos energía para generar productos o servicios es fundamental para la innovación tecnológica.

Energía renovable (ER)

Ante la crisis ambiental que enfrenta el mundo debido al efecto invernadero ocasionado por la liberación de diferentes gases a la atmósfera, especialmente el dióxido de carbono (CO₂), asociado además, directamente al sector energético debido a la demanda de combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo) que se utilizan para la generación de energía de forma tradicional, la necesidad de implementar estrategias innovadoras para el uso y producción de energía es cada vez más notable. (Cerdá, 2018)

En este marco, las energías limpias o energías renovables han marcado pauta para el desarrollo de la actividad humana sin impactar el ambiente planetario. En este sentido, en criterio de (Estrada, 2019) las fuentes de energía renovables son aquellas que por su cantidad en relación a los consumos que los seres humanos pueden hacer de ellas son inagotables y su propio consumo no afecta el ambiente. En tanto, las energías renovables comprenden todas aquellas que se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural, lo que garantiza que no se agoten y que se consideren en principio limpias o verdes, porque contaminan muy poco, y no emiten los gases que producen el efecto de invernadero.

De la definición anterior de energías renovables se resaltan varios elementos a saber:

1. Se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural.
2. Son inagotables.
3. Son en su mayoría energías limpias
4. No emiten gases de efecto invernadero

Energía y emisiones globales

Para tener una referencia de la relación simbiótica entre el uso y el consumo de energía con las emisiones de gases efecto invernadero en el ambiente (Climate Action Network International et al.,

2018) reflejo en su estudio que 1/3 de la energía global es utilizada en la industria para la fabricación de materiales, y son el cemento, acero, papel, plástico y aluminio los que mayor energía consumen, 1/3 está relacionado con el transporte y el 1/3 restante representa el consumo eléctrico.

A nivel mundial, las energías renovables representan hoy casi un 20%. De éstas un 37% es eólica, 30% solar, 25% hidráulica, el 8% restante está cubierto por otras menos convencionales como la geotermal, marina y bioenergía. Hay condiciones que favorecen a las opciones energéticas de bajas emisiones de CO₂, pues la extracción del petróleo y del gas es cada vez más cara, mientras que los costes de las renovables y de las tecnologías de uso final más eficiente siguen bajando. En ese sentido, el sector eléctrico está liderando la lucha contra la eliminación de las emisiones de CO₂.

Ahorro energético

El Ahorro Energético es la reducción del consumo de energía mediante la minoración del servicio o utilidad proporcionada, sin alterar la eficiencia energética. (IEA, 2020)

Un aspecto importante, que se destaca en los análisis es la preocupación del sector para aplicar métodos para el ahorro energético es que se vea afectada la productividad de la empresa, o los costos que implica la operazonalización de estos, sin embargo, existen variadas experiencias exitosas que dan muestra que asumir estas propuestas pueden generar ganancia desde el punto de vista económico, así como competitividad en el sector. Un ejemplo de ahorro energético en el sector industrial sería la utilización de variadores de velocidad en los procesos productivos.

Cuando un equipo es accionado mediante un variador de velocidad, utiliza menos energía eléctrica que si el equipo fuera activado a una velocidad constante, ya que no utiliza más energía de la necesaria. Se puede regular la velocidad en función de las necesidades. Cintas transportadoras, bombas y compresores son ejemplos de ello.

Auditoria energética

Una Auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía que permite identificar e implantar medidas de ahorro de energía adaptadas a cada industria. (IDAE, 2020) Gracias a ellas se rentabiliza el uso de la energía en las empresas, reduciendo también el impacto ambiental de las instalaciones.

Su fundamento es que, si no puede medirse el consumo energético, no es posible controlar, por lo que tampoco se podrá administrar. Este es el motivo por el que se realizan. La aplicación de sistemas de

gestión energética supone la auditoría energética puesto que es un eslabón fundamental para el logro de los objetivos de la organización. En este sentido, tienen como propósito:

1. Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos de las empresas.
2. Identificar donde y como se producen los consumos de energía y los factores que afectan a dicho consumo.
3. Mejorar el suministro de energía.
4. Identificar el coste energético.
5. Mejorar la contratación de energía eléctrica y combustibles.
6. Eliminar las pérdidas de energía.
7. Mejorar la eficiencia de las instalaciones.
8. Reducir emisiones por cada unidad de producción
9. Detectar y evaluar las posibilidades de ahorro y de mejora de la Eficiencia Energética
10. Analizar la posibilidad del uso de energías renovables.

Metodología

El presente artículo se realizó a partir de la revisión y el análisis de la bibliografía disponible sobre la gestión energética en la industria, atendiendo criterios de artículos científicos indexados en bases de datos como: Scopus, Scielo, RedAlyC, entre otros. De igual manera, se realizó consultas en artículos, informes y documentos públicos con el propósito de presentar la visión fenomenológica de la gestión energética en el sector industrial reflejando los modelos de sistema de gestión más utilizados tomando en consideración las variables intervinientes como la eficiencia energética, el ahorro de energía y las energías renovables reflejando el estado del arte en la gestión energética en la industria. El periodo que abarco el estudio es del 2012 hasta la actualidad.

En el total se revisaron 41 bibliografías, de las cuales el 70% son artículos de bases de primer nivel, por lo tanto refleja los últimos avances de la energía en este campo. En función de lo anterior el trabajo se realizó o se desarrolló siguiendo las siguientes lógicas o etapas:

Concepto de Energía y su evolución, Gestión energética, Norma ISO 50001, Eficiencia Energética en el sector industrial, Energías renovables, Ahorro y auditoría energética, en las cuales se desarrolló un pequeño análisis de cada uno de ellas.

Del análisis de las fuentes consultadas se pudo observar que concuerdan en que el sector industrial en el mundo, y en cualquier país, constituye uno de los principales sectores consumidores de energía

Estado del arte de la gestión energética en la industria

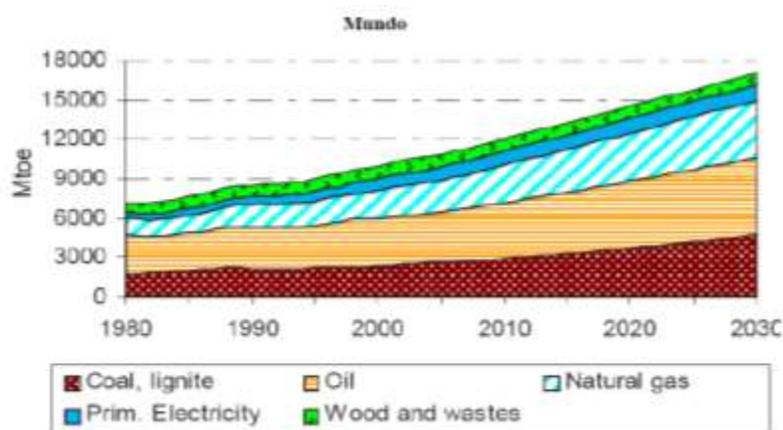
y generadores de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), tales como CO₂, N₂O y CH₄, y de otros gases contaminantes (NO_x y SO₂).

En este contexto, aproximadamente un tercio de la demanda global de energía y casi un 40% de las emisiones globales de CO₂ son atribuidas a actividades industriales, (IEA, 2020). La mayor parte de estas emisiones están relacionadas con las grandes industrias de materias primas, tales como las industrias químicas y petroquímicas, hierro y acero, cemento, pulpa y papel y aluminio (IEA, 2020) Así mismo, El consumo de energía en la industria ha aumentado de forma significativa desde el año 1971, con un fuerte crecimiento en las industrias químicas y petroquímicas, hierro y acero y minerales no metálicos, (Figura 2).

Los principales sectores que utilizan fuentes de energía primaria incluyen energía eléctrica, transporte, calefacción y refrigeración, industrial y otros, como la cocina. Los datos de la (IEA, 2020) muestran que la demanda de electricidad casi se triplicó de 1971 a 2002 y se cuadruplicó en 2011. Esto no es inesperado ya que la electricidad es una forma de energía muy conveniente para transportar y usar.

En este orden de idea también destaca la IEA (2015 citado por (Blanco, 2020) que los cinco sectores industriales que consumen las mayores cantidades de energía son el hierro y el acero, la producción de cemento, el químico y petroquímico, la pulpa y el papel y el aluminio, que en su conjunto constituyen el 67% del consumo total de energía en la industria y alrededor del 77% del total, de las emisiones directas de CO₂ en el sector industrial. (Observe figura 2)

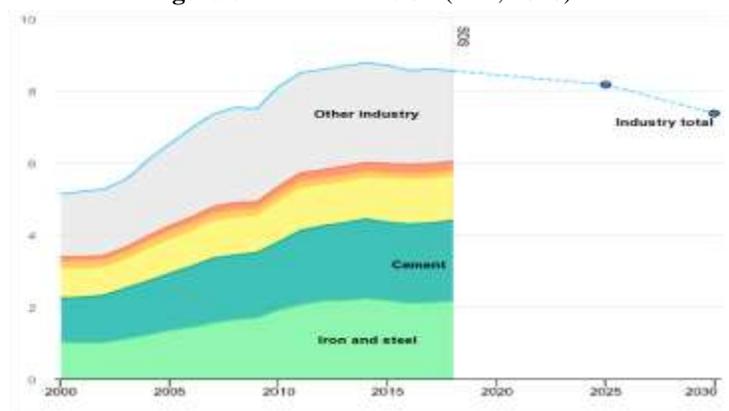
Figura 2: Evolución del consumo de energía en los diferentes sectores industriales a nivel mundial (IEA, 2020).



Estado del arte de la gestión energética en la industria

Las industrias del hierro y el acero, las cementeras y las industrias químicas y petroquímicas son las mayores emisoras de CO₂, cuyas emisiones representan aproximadamente el 75% de las emisiones del sector industrial (IEA, 2020) tal como se puede observar en la Figura 3. En años más recientes, por ejemplo, en el año 2015, el sector industrial continuó con las tendencias observadas en años anteriores, con aumentos de los niveles de consumo de energía (143 EJ) y emisiones directas de 8.4 Gt CO₂ (IEA, 2020)

Figura 3: Emisión de CO₂ (IEA, 2020)



Es relevante destacar, que el crecimiento en la demanda de ciertos materiales ha desplazado el consumo de energía en el sector industrial hacia sectores consumidores de gran cantidad de energía, los que ahora constituyen el 67% del consumo de energía en el sector industrial, comparado con el 57% existente en 1990 (IEA, 2015) Este desplazamiento ha aumentado el consumo de energía en el sector industrial, a pesar de la compensación parcial por la mejora en la eficiencia energética.

De forma general, la intensidad energética total en el sector industrial por unidad de valor añadido se ha incrementado un 2% desde 2011, y un 12% desde el año 2000 (IEA, 2015). Por otra parte, existe un consenso general en que para poder asegurar un futuro sostenible es imprescindible racionalizar el uso de la energía a escala mundial y disminuir las emisiones globales de GEI y contaminantes y, en particular, las emisiones de CO₂. De los datos expuestos anteriormente resulta evidente que el sector industrial, a nivel mundial, se enfrenta a un reto muy importante: disminuir simultáneamente el consumo de energía y las emisiones de CO₂.

Para lograrlo, no solo basta con medidas de ahorro y eficiencia energética y la mejora en los procesos industriales a través de la introducción de nuevas tecnologías, sino que es imprescindible la implementación de los Sistemas de Gestión Energética (SGEn) en la industria.

Estado del arte de la gestión energética en la industria

Desde 2014 señalan por ejemplo en el Ecuador a través de Ministerio de Electricidad y Energías Renovables que los agentes económicos, a través de sus decisiones de producción y consumo, emiten gases de efecto invernadero que se van acumulando en la atmósfera y que originan el calentamiento global al atrapar calor. Este calentamiento mantenido da lugar al cambio climático, que afecta a las personas, animales y plantas de diferentes maneras. (MEER, 2014)

Así mismo, (Taylor & Francis Group, 2016) resaltan casi el setenta por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero proceden del sector de la energía, en el que el noventa por ciento de dichas emisiones son de dióxido de carbono, que es con mucha diferencia el gas que más contribuye al calentamiento global, principalmente el que procede de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales.

Esta concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, que era de 280 partes por millón (ppm) en la era preindustrial, pasó a ser de 379 ppm en el año 2005 y a 403 ppm en 2016. Proyecciones de emisiones para diferentes escenarios llevan al cálculo de las correspondientes concentraciones, para las que existen estimaciones bastante precisas de incrementos de temperatura, que llevan aparejados los correspondientes riesgos.

Sistema de Gestión Energética

El permanente avance de la tecnología y con ella la industrialización para la satisfacción de las necesidades de una población global cada vez más creciente, emerge la disyuntiva sobre el uso y consumo de energía y su impacto en el ambiente, en este sentido, desde hace más de 15 años diversas organizaciones de normalización de diferentes países e instituciones que promueven el uso racional de la energía han estado trabajando para desarrollar documentos que orienten a las organizaciones, empresas e industrias sobre cómo gestionar eficazmente la energía.

Éstas han reconocido el papel fundamental que desempeñan los SGEN y han establecido diferentes normas para promover su implementación. En este sentido, las normas ISO 50001:2011 (ISO, 2011) y UNE-EN ISO 50001:2011 (AENOR, 2020) describen los requerimientos para la implementación de los SGEN. Esta armonización internacional constituye un paso muy importante para hacer que los SGEN sean más atractivos para las empresas e industrias.

Los elementos comunes son una política, auditorías internas, acciones correctivas y preventivas, revisión por la dirección, control de documentos, etc. Estos elementos son parte de una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, que se basa en la metodología conocida como Círculo

Estado del arte de la gestión energética en la industria

de Deming o Círculo PHVA (del inglés Plan-Do- Check-Act, es decir, Planificar-Hacer-Verificar-Actuar). (ISO 50001, 2018)

Figura 4: Círculo de Deming o Círculo PHVA



Un SGen es una parte del Sistema Integrado de Gestión (SIG) de una empresa u organización, tal como se puede apreciar en la Figura 5, que se ocupa de desarrollar e implementar su política energética y de organizar los aspectos energéticos de la misma. El Sistema Integrado de Calidad en una organización o empresa se alimenta de las relaciones sinérgicas entre la Gestión Ambiental (familia ISO 14000), la Gestión de Calidad (familia ISO 9000) y la Gestión Energética (familia ISO 50001)

Figura 5: Modelo de Sistema de Gestión Energética (SGEn) (ISO 50001, 2018)



De acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 50001:2011 (AENOR, 2011 citado por (Castro, 2020) un SGen es un “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”. (p.32)

En un SGE se contempla la política de la entidad sobre el uso de la energía, y cómo van a ser gestionadas las actividades, productos y servicios que interactúan con este uso, normalmente bajo un enfoque de sostenibilidad y eficiencia energética, ya que el sistema permite realizar mejoras sistemáticas del rendimiento energético.

Las normas ISO 50001:2011 y UNE-EN ISO 50001:2011 pueden ser implantadas por cualquier organización, independientemente de su tamaño, sector de actividad y ubicación; y entre sus objetivos fundamentales están: fomentar la eficiencia energética, el ahorro de energía y la mejora en el desempeño energético de las empresas e industrias; disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero; garantizar el cumplimiento de la legislación energética; incrementar el aprovechamiento de energías renovables o excedentes y mejorar la gestión de la demanda.

Resultados y Discusión

Como se viene reflejando en el estudio, el sector industrial es uno de los mayores consumidores de energía, en este sentido, el foco de este estudio se centra en los modelos de gestión energética en este sector dirigidos a la eficiencia energética con énfasis en Latinoamérica.

En este orden de ideas, del análisis documental, se destacan los siguientes resultados: (Pérez, 2018) proponen el Modelo de Gestión Integral de la Energía, el cual lo conforman una serie de etapas consecutivas, que inician con el compromiso de la alta dirección de la empresa para la asignación de recursos y la inserción del modelo en su gestión organizacional, luego se instala el modelo y finalmente su operación.

Se observa en análisis del documento que la gestión energética debe contemplar métodos de evaluación del consumo de energía y definir los indicadores para evaluar el consumo de energía específico en las instalaciones, de forma tal, que se pueda controlar y reducir las pérdidas energéticas para valorar su reducción. Todo ello con el propósito de aumentar la productividad, dado que la gestión de la energía permite a las empresas una mayor eficiencia en su utilización y, por ende, ser más competitivas.

Estado del arte de la gestión energética en la industria

Por su parte, Hurtado y Escarrilla (2019 citado por (Castrillón, 2020) Plantean el Modelo de Evaluación Integral de la demanda energética basado en la gestión desde la optimización de los sistemas de energía, esta incluye la configuración del índice de evaluación, el cálculo del peso de índices y la evaluación de los proyectos de eficiencia energética. Bajo estos postulados, (Castro, 2020), aplicó un sistema de gestión energética basados en el ahorro de energía en una central azucarera en Cuba, determinando la factibilidad técnica- económica resultando en mejoras en la eficiencia del suministro, la conversión y la utilización de la energía. En este orden de ideas, de acuerdo con el Modelo de Xiang (2015 citado por (Blanco, 2020), se puede lograr ahorros de energía con lo que él denomina acomodos de la carga, que permite un beneficio económico por la reducción de la generación durante las horas picos, al tiempo que las descargas en las horas punta y la carga en las horas no punta para mejorar las curvas de carga.

Otro modelo para consolidar la eficiencia energética es el propuesto por (Fernández, 2020) quien plantea una herramienta metodológica fundamentada en una organización en la empresa que facilite la gestión energética unida al uso de herramientas que cuantifiquen datos de consumo y producción y con esta información desarrollar indicadores energéticos de comparación empleando estadísticas y gráficos para presentar oportunidades de ahorro de energía.

Bajo el mismo paradigma relacionado con el cambio de cultura de consumo e innovación, (Prias & Montaña, 2014) proponen una estrategia de innovación para la gestión integral de la energía, que se basa en la sistematización, selección, organización y divulgación del conocimiento, y el desarrollo en las empresas de herramientas que permitan un nuevo concepto en la forma de administrar los recursos energéticos a través de los SGIE, que en el modelo planteado comprometen a la universidad, a la empresa y al Estado.

También, existen propuestas de modelos de gestión relacionados con un proceso de mejora continua. Según (Vidal, 2019) la mayoría de los modelos de gestión energética (MGE) están estructurados para la mejora continua y se componen por un conjunto de pasos lógicos que permiten la implementación de un sistema de gestión energética, identificado por las siglas SGEN. La mejora continua como filosofía de gestión energética está consignada en las normas ISO. En este sentido, (L. Ramírez, 2020) menciona que la norma ISO 14001 establece los requisitos que debe satisfacer una organización para demostrar que opera con una filosofía de mejora continua de la norma o de lo que se conoce como ciclo Deming, el cual involucra la planificación, la implementación, el control y la mejora continua en los procesos; de igual forma, se expresa (Cruz, 2020)

Estado del arte de la gestión energética en la industria

En el área de gestión de energía, la norma ISO 50001 contiene también la filosofía de mejora continua. (Restrepo, 2019) expresa que la norma ISO 50001 facilita a las organizaciones la implementación de un SGIE, que contiene un ciclo de mejora continua. Conjuntamente, existen otros planteamientos de modelo de gestión como la propuesta de (Morato, 2020) del método Seis Sigmas, el cual el autor proponente considera como un modelo de gestión energética que genera mejoramiento continuo, optimiza el consumo energético eficiente y fortalece la cultura de preservación.

El método Seis Sigmas se basa en la metodología de solución de problemas llamada DMAMC, que comprende la definición del problema, la medición de defectos y documentación del proceso, el análisis de datos y encuentro de factores vitales. Por otro lado, Rojas y Prías (2014 citado por (Zuñiga, 2020) refieren a las herramientas basadas en los principios LEAN para lograr mejoras energéticas en la industria, identificando la manera en que pueden apoyar la planeación, la implementación y la operación de un sistema de gestión de la energía.

Los principios LEAN se basan en la reducción de desperdicios. Igualmente, el modelo de Gestión Multiagente y Multinivel, desarrollado en etapas, incluye la caracterización socioeconómica, cultural y energética de las empresas, la selección de alternativas tecnológicas para el uso eficiente de energía, la sensibilización y capacitación en el tema de uso eficiente de energía, y la evaluación de algunas de alternativas tecnológicas viables y de mayor impacto para la eficiencia energética, (Castaño, 2019).

Existen otras propuestas de modelos basados en la simulación de la gestión energética. (Ventura, 2020) propone un modelo matemático multiobjetivo como herramienta computacional de ayuda a la planificación energética, que utiliza técnicas de programación lineal y mediante el cual se desarrolló una aplicación para la toma de decisiones en el diseño de esquemas de cobertura energética en localidades rurales aisladas de Cuba. En este mismo sentido, (Cortez, 2020) emplearon un modelo matemático multicriterio conocido como el método de Saaty, y también como método de Jerarquía Analítica, para la selección de fuentes de energía para una población rural de Cuba y así ahorrar recursos energéticos y disminuir la afectación al medio ambiente.

Existen también modelos de gestión que integran sistemas informáticos de control de demanda energética. (Yunyoung, 2013), proponen la gestión de la energía usando un modelo del patrón de uso energético humano, de estándares de conductas y el modelo de Jerarquía Oculta de Markov (HMM). El modelo de gestión de la energía se basa en un sistema que logra la gestión de la energía mediante el uso de dispositivos de control de los patrones de actividad humana y los datos de posicionamiento de energía en tiempo real.

Estado del arte de la gestión energética en la industria

Por su parte, Castagnetti (2013 citado por ((J. Ramírez, 2019)) proponen un modelo de simulación que permite describir y simular la recolección de energía para luego emplearla cuando es necesario en un esquema de autosuministro para ahorrar energía eléctrica. La eficiencia energética es una alternativa factible y viable para la solución de los problemas de abastecimiento energético de un país, puesto que influye en la reducción del consumo energético del lado de la demanda y de esta forma, disminuye la necesidad de invertir en nuevas fuentes de generación y modera la presión en la toma de decisiones de planificación energética y de selección de las fuentes de suministro, de forma tal que la eficiencia energética posibilita las mismas actividades productivas o los mismos servicios con una reducción en los recursos energéticos empleados.

Figura 6: Modelos de Sistemas de Gestión Energética



Conclusiones

La revisión y análisis de la información permiten aseverar que los SGEN son una herramienta muy importante para alcanzar una reducción simultánea y sostenible del consumo de energía y de las emisiones de GEI y de otros gases contaminantes en la industria.

Dentro de esta perspectiva, la implementación de los SGEN, a través de las normas ISO 50001:2011 y UNEEN ISO 50001:2011, constituye una herramienta útil y eficaz para:

- a) Dar cumplimiento de forma continua y sistemática a la legislación energética vigente y a los compromisos medioambientales de las empresas e industrias.
- b) Mejorar el rendimiento energético, ahorrar costes y, por tanto, mejorar la competitividad de las empresas e industrias.
- c) Disminuir el consumo de energía primaria, las emisiones de gases de efecto invernadero, fundamentalmente las de CO₂, la dependencia energética exterior y la intensidad energética.
- d) Facilitar la función de los Gestores Energéticos.
- e) Implantar y realizar el seguimiento de actuaciones procedentes de auditorías energéticas.

Bajo esos postulados podemos inferir que el objetivo fundamental de la gestión energética es sacar el mayor aprovechamiento posible a las cantidades de energía que la empresa necesita.

Dentro de esta idea general, el sector industrial debe considerar los siguientes aspectos:

- Optimizar la calidad de las energías disponibles. No siempre es más idóneo adquirir las energías de mejor calidad. Para cada uso habrá una calidad de energía óptima.
- Mantener e incluso aumentar la producción, reduciendo el consumo de energía. Es necesario demostrar que la producción de los procesos y servicios puede mantenerse, e incluso aumentarse reduciendo el consumo y costo de la energía.
- Conseguir, de modo inmediato, los ahorros que no requieren inversión apreciable. Demostrar que existen importantes posibilidades de ahorros energéticos. Lograr los ahorros posibles con inversiones rentables. Demostrar que se pueden acometer importantes mejoras, que se paguen con el ahorro que ellas generan.
- Demostrar que se puede ahorrar energía sin necesidad de culpar a ineficiencias o incapacidades de situaciones anteriores. Si no se cuida permanentemente este aspecto, puede fracasar cualquier plan de ahorro de energía.

Referencias

1. AENOR. (2020). Productividad del uso de recursos energéticos en los agentes del mercado eléctrico nica-ragüense con sistemas AENOR. (2011). UNE-EN ISO 50001:2011. Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con orientación para su uso (Vol. UNE-EN ISO 50001:2018). AENOR, 26.
2. Blanco, N. (2020). Productividad del uso de recursos energéticos en los agentes del mercado eléctrico nica-ragüense con sistemas AENOR. (2011). UNE-EN ISO 50001:2011. Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con orientación para su uso (Vol. UNE-EN ISO 50001:2018). AENOR, 1, 35-52.
3. Cagno, E., Worrell, E., Trianni, A., & Pugliese, G. (2016). A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
4. Castaño, G. (2019). Entre la innovación tecnológica y la innovación social: Un modelo de gestión energética para microempresas tradicionales urbanas de Medellín. *Revista TRILOGÍA*, 9, 11.
5. Castrillón, G. (2020). Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía. *DYNA*. dyna.unalmed.edu.co, 115-123.
6. Castro, S. (2020). Gestión energética en un centro azucarero no electrificado [PDF]. Universidad de la Habana.
7. Cerdá, E. (2018). Cambio Climático y Energía: Una visión a nivel global. *Papeles de Europa ER*, 38(10.5209), 56.
8. Climate Action Network International, Germanwatch, & New Climate Institute. (2018). *The Climate Change Performance Index. Results 2018* (N.o 1; p. 96). Climate Action Network International, Germanwatch y New Climate Institute.
9. Club Español de la Energía. (2010). *Conceptos de ahorro y eficiencia energética: Evolución y oportunidades*. Green Printing., 1.
10. Conuee y GIZ. (2018). "Evaluación técnica-económica para la implementación de medidas de eficiencia energética en PyMEs de México" (p. 95). Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
11. Cooremans, C. (2012). Investment in energy efficiency: Do the characteristics of investments matter *Energy Efficiency*. *Energy Efficiency*., 5, 497-518.

Estado del arte de la gestión energética en la industria

12. Correa, E. (2019). Analisis del Plan Nacional de Eficiencia Energetica, 2016-2035 ene el Ecuador (N.o 1; pp. 2-9). Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. <https://tinyurl.com/y5uox8ky>.
13. Cortez, A. (2020). Aplicaciones de los modelos multicriteriales a la energía, la sociedad y el medio ambiente. *Revista Investigación Operacional*, 33(3), 268-272.
14. Cruz, S. (2020). Propuesta de procedimiento para el control de emisiones atmosféricas en ambientes urbanos. *Ingeniería Industrial*, 2-16.
15. Estrada, C. (2019). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, 59(2), 56.
16. European climate foundation. (2016). Cambio climático: Implicaciones para el sector energético. Hallazgos claves del quinto informe de evaluación (AR5) del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. European climate foundation, 5-12.
17. Fernández, H. (2020). Gestión total eficiente de la energía: Herramienta fundamental en el mejoramiento de la producti-vidad de las empresas. *Scientia et Technica*, 21, 3-10.
18. Hernández, R. (2018). Eficiencia energética de los edificios. Sistema de gestión energética ISO 50001. Auditorías energéticas. Ediciones Paraninfo, 5, 15-26.
19. ICONTEC Internacional. (2020). Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 50001. ICONTEC, 1, 9-19.
20. IDAE. (2020). Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2020 (N.o 1; pp. 26-86). <http://www.idae.es/index.php/id.663/mod.pags/mem.detalle>
21. IEA. (2015). Energy Technology Perspective 2015. Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action. IEA, 1, 25-45.
22. IEA. (2020). Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios & Strategies to 2050. IEA, 1, 4-6.
23. IngenieríaEficiente. (2021). Mejores prácticas para potenciar la eficiencia energética en el sector industrial. IDAE, 13-20.
24. ISO 50001. (2018). Energy management systems—Requirements with guidance for use. *revistadigital.inesem.es*, 1, 5.
25. MEER. (2014). Informe Rendición de Cuentas 2014 (N.o 1; p. 89). Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.

Estado del arte de la gestión energética en la industria

26. Montes, M. (2021). Gestión Energética en la Industria. *Revista de Economía Industrial*, 14.
27. Morato, A. (2020). Reducción de gasto energético eléctrico usando seis sigmas”, *Producción Más Limpia*. 4, 90-102.
28. OLADE. (2019). LEYES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE. OLADE, Organización Latinoamericana de Energía, 2, 9.
29. ONUDI. (2018). Sistemas de gestión de energía armónicos dirigidos a la sostenibilidad ambiental y la sustentabilidad del desarrollo de la actividad humana (pp. 4-12). Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
30. Pérez, L. (2018). Fundamentos para la administración energética en la industria colombiana a través de indicadores de gestión. *Scientia et Technica [Esp.]*. Universidad Tecnológica de Pereira.
31. Prias, O., & Montaña, D. (2014). Modelo estratégico de innovación para impulsar la gestión energética en Colombia. *Energética*, 61-68.
32. Ramírez, J. (2019). Modelos de Simulación de Demanda Energética. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 1, 56-63.
33. Ramírez, L. (2020). Implementación de un sistema de gestión ambiental empresarial. Estudio de caso: Telefónica de Pereira, S. A. *Scientia et Technica [Esp.]*. Universidad Tecnológica de Pereira.
34. Restrepo, C. (2019). Caracterización de la gestión energética en una empresa manufacturera de Manizales. *Revista Energética*, 44, 8-14.
35. Romo, D. (2021). “Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede Azogues un enfoque de implementación técnico –económico basado en energía solar”. *Revista Técnica “energía”*, 17(2), 44.
36. Taylor & Francis Group. (2016). *Energy efficiency. Renewable and Sustainable Energy Reviews*,. Taylor & Francis Group.
37. Trianni, A., Cagno, E., & Marchesani, E. (2018). Classification of drivers for industrial energy efficiency and their effect on the barriers affecting the investment decision-making process. *Energy Efficiency*, 10, 199-215. <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9455-6>

38. Ventura, R. (2020). Aplicación de una herramienta de ayuda a la planificación energética en comunidades rurales aisladas. Caso de aplicación: Las Peladas. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2), 70-75.
39. Vidal, O. (2019). Modelos de gestión energética: Un análisis crítico, pre-sentada en el 1er Cong. Int. De Materiales, Energía y Medio Ambiente (CIMEM) [Esp.]. Universidad Autónoma del Caribe, Programa de Ingeniería Mecánica.
40. Yunyoung. (2013). “Intelligent context-aware energy management using the incremental simultaneous method in future wireless sensor networks and computing systems”. *Journal on Wireless Communications and Networking*, 25.
41. Zuñiga, A. (2020). Productivity analysis in power generation plants connected to the national grid: A new case of bio economy in Nicaragua. *Journal of Agricultural Studies*, 1, 81-102. <https://doi.org/doi:10.5296/jas.v1i1.3352>

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).