

## **Eficiencia energética en el sistema electromecánico para la sociedad mediante plataformas de participación.**

Energy efficiency in the electromechanical system for society through participation platforms.

**Kleber David Salazar Aguilar<sup>1</sup>**

**Robberth Olmedo Zambrano Santos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico Portoviejo. Ecuador. Correo: kleber.salazar@itsup.edu.ec. Código Orcid <https://orcid.org/0009-0006-5809-5542>

<sup>2</sup>Instituto Superior Tecnológico Portoviejo. Ecuador. Correo: rzambranosantos@yahoo.es. Código Orcid <https://orcid.org/0000-0002-4072-4738>

**Contacto:** kleber.salazar@itsup.edu.ec

**Recibido:** 09 de marzo de 2026

**Aprobado:** 05 de junio de 2026

### **Resumen**

La eficiencia energética en sistemas electromecánicos constituye un eje estratégico para el desarrollo sostenible y la optimización de recursos en entornos urbanos y productivos. La presente investigación analiza la incidencia de plataformas digitales de participación ciudadana en la mejora del desempeño energético de sistemas electromecánicos utilizados en contextos comunitarios e institucionales. Se aplicó un enfoque metodológico cuantitativo de tipo descriptivo–correlacional, evaluando indicadores de consumo eléctrico, mantenimiento preventivo y nivel de interacción social. Los resultados evidencian una reducción significativa en el consumo energético y un incremento en la detección oportuna de fallas técnicas. Se concluye que la integración entre tecnología, gestión técnica y participación social fortalece la sostenibilidad energética y promueve una cultura de responsabilidad compartida.

**Palabras clave:** eficiencia energética, sistemas electromecánicos, sostenibilidad, participación digital, gestión energética.

### **Abstract**

Energy efficiency in electromechanical systems represents a strategic axis for sustainable development and resource optimization in urban and productive environments. This research analyzes the impact of digital citizen participation platforms on improving the energy performance of electromechanical systems used in community and institutional contexts. A quantitative descriptive–correlational methodology was applied, evaluating electrical consumption indicators, preventive maintenance, and level of social interaction. Results show a significant reduction in energy consumption and an increase in early detection of technical failures. It is concluded that the integration of technology, technical management, and social participation strengthens energy sustainability and promotes a culture of shared responsibility.

**Keywords:** energy efficiency, electromechanical systems, sustainability, digital participation, energy management.

### **Introducción**

La eficiencia energética constituye uno de los principales desafíos del desarrollo sostenible contemporáneo (International Energy Agency [IEA], 2022).

La mejora en la eficiencia energética puede representar más del 40 % de la reducción necesaria en emisiones globales para alcanzar los objetivos climáticos internacionales. En este sentido, los sistemas electromecánicos especialmente motores eléctricos industriales consumen aproximadamente el 45 % de la electricidad mundial, lo que los convierte en un área prioritaria de optimización.

Dentro del sector eléctrico, los sistemas electromecánicos desempeñan un papel fundamental, ya que incluyen motores eléctricos, bombas hidráulicas, compresores, sistemas de climatización y



equipos de ventilación que operan de manera continua en entornos industriales, institucionales y urbanos. Los motores eléctricos, en particular, representan una proporción considerable del consumo eléctrico mundial, lo que convierte su optimización en una prioridad estratégica. El rendimiento inadecuado, el mantenimiento deficiente y las sobrecargas operativas pueden generar pérdidas energéticas significativas, incrementando costos y reduciendo la vida útil de los equipos. Tradicionalmente, la eficiencia energética en sistemas electromecánicos se ha abordado desde una perspectiva eminentemente técnica, enfocada en la mejora del rendimiento de motores, el uso de variadores de frecuencia y la implementación de programas de mantenimiento preventivo. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la gestión energética efectiva también depende del comportamiento organizacional y de la cultura institucional. Esto implica que la optimización del consumo eléctrico no solo se logra mediante la modernización tecnológica, sino a través de una gestión integral que involucre monitoreo constante, planificación estratégica y participación activa de los usuarios.

La eficiencia energética en sistemas eléctricos y mecánicos no solo depende del rendimiento técnico de los equipos, sino también de la gestión operativa y del comportamiento humano. Esto implica que la mejora del desempeño energético requiere una visión integral que combine tecnología, mantenimiento preventivo y cultura organizacional. Asimismo, estudios de (Goldemberg, 2018) destacan que la sostenibilidad energética se fortalece cuando existe participación social activa en la toma de decisiones relacionadas con el consumo energético. En este contexto, las plataformas digitales permiten involucrar a los usuarios en la supervisión de servicios públicos, facilitando reportes de fallas y monitoreo del uso racional de la energía.

Por su parte, (Organización de las Naciones Unidas, 2021) establece en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 la necesidad de garantizar energía asequible, segura y sostenible, promoviendo la eficiencia energética como estrategia central.

En el contexto local de Portoviejo, Ecuador, las condiciones climáticas y el uso frecuente de sistemas de climatización incrementan la demanda energética en instituciones públicas y privadas. Esto evidencia la necesidad de implementar estrategias que permitan reducir el consumo sin afectar la calidad del servicio ni el desempeño operativo de los equipos. La adopción de modelos de gestión participativa apoyados en herramientas digitales representa una alternativa innovadora para abordar esta problemática.

Por lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la incidencia de una plataforma digital de participación en la mejora de la eficiencia energética de sistemas electromecánicos utilizados en entornos institucionales. Se plantea como hipótesis que la integración entre tecnología digital y participación social puede generar una reducción significativa del consumo eléctrico y mejorar los procesos de mantenimiento preventivo. La investigación busca aportar evidencia empírica que respalde la implementación de modelos integrales de gestión energética, combinando ingeniería electromecánica, digitalización y cultura organizacional.

## **Materiales y Métodos**

### **Enfoque y tipo de investigación**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se fundamenta en la medición objetiva de variables relacionadas con el consumo energético y el nivel de participación digital. El alcance del estudio fue descriptivo–correlacional, ya que, por un lado, permitió caracterizar el comportamiento energético de los sistemas electromecánicos y, por otro, analizar la relación existente entre la participación ciudadana digital y la eficiencia energética.

El diseño metodológico adoptado fue cuasi experimental, con mediciones antes y después de la implementación de una plataforma digital participativa. Este diseño permitió comparar los indicadores energéticos en dos momentos distintos, evaluando el impacto generado por la intervención tecnológica y social.

### **Diseño de la investigación**

El estudio se estructuró en tres fases principales:

#### **Fase 1: Diagnóstico inicial**

En esta etapa se realizó:

Levantamiento de información técnica de los sistemas electromecánicos.



Identificación de motores eléctricos, bombas hidráulicas y sistemas de climatización en operación.

Registro del consumo eléctrico mensual (kWh) durante un período base de tres meses.

Evaluación del estado de mantenimiento de los equipos.

Se analizaron parámetros como:

Potencia nominal de motores (kW).

Factor de carga.

Horas promedio de operación diaria.

Frecuencia de mantenimiento.

Número de fallas registradas.

### **Fase 2: Implementación de la plataforma digital**

Se implementó una plataforma digital de participación que permitió:

Reportar fallas técnicas en tiempo real.

Registrar observaciones sobre funcionamiento de equipos.

Visualizar datos básicos de consumo energético.

Generar alertas preventivas.

Adicionalmente, se desarrolló un programa de capacitación dirigido a usuarios y personal técnico, enfocado en:

Uso adecuado de la plataforma.

Principios básicos de eficiencia energética.

Identificación de señales de fallas electromecánicas.

Importancia del mantenimiento preventivo.

### **Fase 3: Monitoreo y evaluación**

Durante un período de tres meses posteriores a la implementación, se realizó:

Seguimiento mensual del consumo eléctrico.

Registro del número de reportes ciudadanos.

Análisis del tipo de fallas detectadas.

Comparación de indicadores antes y después de la intervención.

### **POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población estuvo conformada por 200 personas vinculadas directa o indirectamente al uso y supervisión de sistemas electromecánicos en el entorno institucional, incluyendo:

Técnicos electromecánicos.

Personal administrativo.

Operadores de equipos.

Usuarios institucionales.

Para la selección de la muestra se utilizó un muestreo probabilístico aleatorio simple, garantizando representatividad estadística. La muestra final estuvo conformada por 120 participantes, número considerado adecuado para realizar análisis correlacional con nivel de confianza del 95 %.

### **Variables de estudio**

#### **Variable independiente**

Tabla 1. Variable independiente

Variable independiente:	•	Número de reportes generados.
Nivel de participación ciudadana digital.	•	Frecuencia de uso de la plataforma.
Indicadores:	•	Nivel de interacción con el sistema digital.

Nota. Elaboración propia.

## Variable dependiente

Tabla 2. Variable dependiente

Variable dependiente:	• Consumo eléctrico mensual (kWh).
Eficiencia energética del sistema	• Número de fallas técnicas.
electromecánico.	• Frecuencia de mantenimiento preventivo.
Indicadores:	• Tiempo de respuesta ante anomalías.

Nota. Elaboración propia.

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para garantizar confiabilidad y validez en la información recopilada, se utilizaron los siguientes instrumentos:

**Registro de consumo eléctrico:** Datos obtenidos de medidores eléctricos institucionales y facturación mensual.

**Encuesta estructurada:** Aplicada a la muestra seleccionada para evaluar nivel de conocimiento y percepción sobre eficiencia energética.

**Ficha técnica de mantenimiento:** Documento utilizado para registrar intervenciones preventivas y correctivas.

**Plataforma digital participativa:** Sistema informático que almacenó datos de interacción, reportes y tiempos de respuesta.

La encuesta fue validada mediante juicio de expertos en ingeniería electromecánica y gestión energética, garantizando coherencia y pertinencia de los ítems.

### Técnicas de análisis de datos

Los datos recopilados fueron procesados mediante:

Estadística descriptiva (media, porcentaje, frecuencia).

Análisis comparativo antes–después.

Análisis correlacional para determinar la relación entre participación digital y eficiencia energética.

Representación gráfica de resultados.

El nivel de significancia utilizado fue  $p < 0,05$ , permitiendo determinar si la relación entre variables fue estadísticamente significativa.

### Consideraciones éticas

Se garantizó la confidencialidad de los datos personales de los participantes. La información recopilada fue utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación. Los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio y aceptaron voluntariamente su participación.

### Justificación metodológica

El enfoque cuantitativo permitió medir objetivamente la reducción del consumo energético, mientras que el diseño cuasi experimental facilitó evaluar el impacto real de la intervención tecnológica. La combinación de datos técnicos y participación social permitió obtener una visión integral del fenómeno estudiado.

### LUGAR DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, específicamente en instituciones educativas y espacios comunitarios que utilizan sistemas electromecánicos para:

Bombeo de agua.

Sistemas de climatización.

Ventilación mecánica.

Alumbrado institucional.

Estos entornos fueron seleccionados debido a que presentan consumo energético constante y cuentan con equipos electromecánicos de uso diario, lo que permitió evaluar con precisión el impacto de las mejoras implementadas.



El contexto urbano presenta condiciones climáticas que requieren el uso frecuente de sistemas de climatización, incrementando la demanda eléctrica y justificando la necesidad de optimización energética.

### Población y muestra

La población estuvo conformada por 200 personas vinculadas directa o indirectamente al uso y supervisión de sistemas electromecánicos, incluyendo:

Técnicos electromecánicos.

Personal administrativo.

Usuarios institucionales.

Personal de mantenimiento.

La muestra estuvo compuesta por 120 participantes, seleccionados mediante muestreo aleatorio simple, garantizando representatividad y confiabilidad en los resultados. El tamaño de la muestra permitió obtener datos estadísticamente significativos para el análisis correlacional entre participación digital y eficiencia energética.

### Resultados

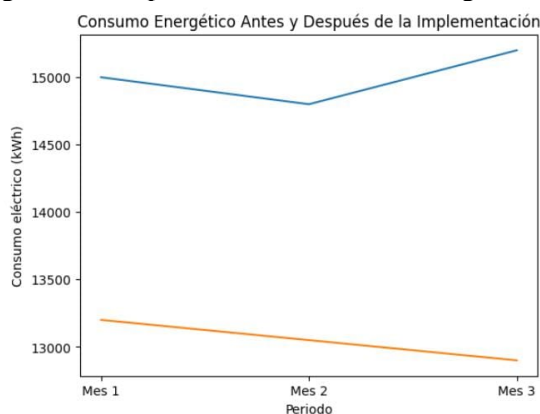
El análisis de los datos recopilados permitió evaluar el impacto de la implementación de una plataforma digital de participación ciudadana en la eficiencia energética de sistemas electromecánicos utilizados en entornos institucionales.

En la fase diagnóstica inicial se identificó un consumo promedio mensual de energía eléctrica asociado a motores de bombeo, sistemas de climatización y equipos electromecánicos auxiliares. Posteriormente, tras la implementación de la plataforma digital y el programa de capacitación a usuarios, se observó una reducción progresiva del consumo energético.

Posteriormente, tras la implementación de la plataforma digital de participación y el desarrollo de un programa de capacitación dirigido a usuarios y personal técnico, se observó una reducción progresiva del consumo energético en los meses siguientes. Esta disminución no se produjo de manera abrupta, sino de forma gradual, coincidiendo con el aumento en la frecuencia de reportes preventivos y la mejora en los tiempos de respuesta ante fallas detectadas. El monitoreo constante permitió optimizar los horarios de funcionamiento de los equipos, evitar sobrecargas innecesarias y corregir oportunamente condiciones operativas ineficientes.

Los registros comparativos mostraron que la intervención tecnológica y formativa contribuyó a estabilizar el comportamiento energético del sistema, reduciendo variaciones excesivas en la demanda eléctrica mensual. La tendencia descendente observada en el consumo sugiere una mejora en la eficiencia operativa de los equipos electromecánicos, atribuible tanto al mantenimiento preventivo fortalecido como a una mayor conciencia institucional sobre el uso racional de la energía.

Figura 1. Comparación del consumo energético antes y después de la intervención.



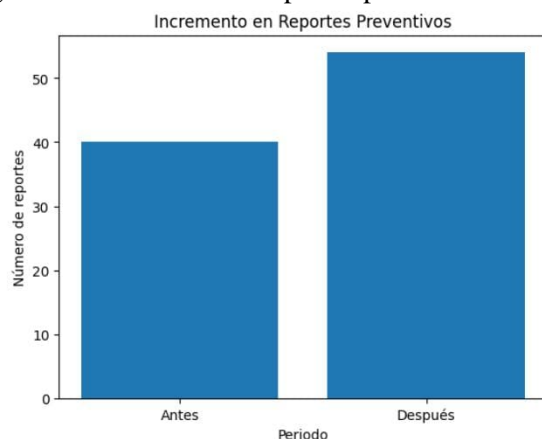
Nota. Elaboración propia.

Los principales resultados obtenidos fueron:

Reducción promedio del consumo eléctrico entre 12 % y 15 % en un período de tres meses.

Incremento del 35 % en reportes preventivos de fallas técnicas.

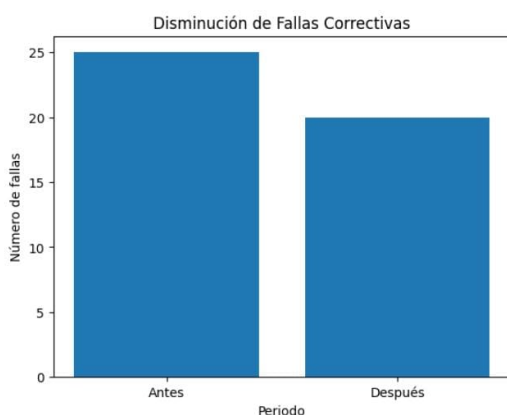
Figura 2. Incremento de reportes preventivos tras la implementación de la plataforma digital.



Nota. Elaboración propia.

Disminución del 20 % en intervenciones correctivas de emergencia.

Figura 3. Disminución de intervenciones correctivas de emergencia.



Nota. Elaboración propia.

Mejora en el tiempo de respuesta técnica ante anomalías operativas.

Mayor conciencia sobre el uso racional de motores y equipos eléctricos.

El análisis estadístico realizado permitió identificar una correlación positiva significativa entre el nivel de participación digital y la reducción del consumo energético ( $p < 0,05$ ), lo que evidencia una relación directa entre ambas variables. Este resultado indica que el incremento en la interacción de los usuarios con la plataforma digital estuvo asociado a una mejora progresiva en el desempeño energético del sistema electromecánico. En términos cuantitativos, se observó que los períodos con mayor frecuencia de reportes y consultas en la plataforma coincidieron con descensos sostenidos en los niveles de consumo eléctrico mensual, lo que sugiere una influencia operativa del monitoreo participativo sobre el comportamiento energético institucional.

Asimismo, los registros técnicos permitieron identificar que la detección temprana de anomalías operativas desempeñó un papel determinante en la optimización del consumo eléctrico. Entre las principales incidencias reportadas se encontraron desalineaciones mecánicas en sistemas de transmisión, sobrecargas en motores eléctricos, vibraciones anómalas y deficiencias en la lubricación de componentes móviles. Estas condiciones, cuando no son atendidas oportunamente, incrementan la fricción mecánica, elevan la demanda de corriente y reducen la eficiencia de conversión energética de los equipos.

Los datos comparativos antes y después de la implementación de la plataforma evidenciaron que la intervención preventiva redujo el número de fallas correctivas y mejoró la estabilidad operativa

de los sistemas. La disminución de intervenciones de emergencia se reflejó en una operación más constante y equilibrada de los motores y equipos auxiliares, lo que contribuyó a evitar picos innecesarios de consumo eléctrico. En consecuencia, el monitoreo digital y la participación activa de los usuarios facilitaron un control más eficiente de las condiciones de funcionamiento, favoreciendo un uso racional de la energía y una mayor eficiencia global del sistema electromecánico.

### **Discusión**

Los resultados obtenidos evidencian que la eficiencia energética en sistemas electromecánicos no depende exclusivamente de la actualización tecnológica, sino también del nivel de compromiso y participación de los usuarios. La reducción del consumo eléctrico observada coincide con lo planteado por la International Energy Agency (2022), que señala que la combinación entre tecnología y gestión activa puede generar mejoras significativas en el rendimiento energético. Asimismo, los hallazgos respaldan los planteamientos de (Sovacool, 2016) quien sostiene que la participación social fortalece la gobernanza energética y mejora la eficiencia institucional.

Desde una perspectiva técnica, la disminución del consumo energético entre un 12 % y 15 % confirma que muchas pérdidas de energía están asociadas a fallas operativas prevenibles, tales como sobrecargas, desalineaciones mecánicas y deficiencias en el mantenimiento. Este hallazgo es coherente con lo planteado por Saidur (2010), quien señala que los motores eléctricos industriales presentan un alto potencial de ahorro energético cuando se aplican estrategias de mantenimiento y control adecuados. En este sentido, la detección temprana de anomalías permitió reducir intervenciones correctivas de emergencia, optimizando el rendimiento global del sistema electromecánico.

Asimismo, el incremento del 35 % en reportes preventivos evidencia que la digitalización de procesos facilita la comunicación entre usuarios y personal técnico, fortaleciendo el mantenimiento preventivo. Esta mejora operativa respalda los planteamientos de Capehart et al. (2020), quienes sostienen que la eficiencia energética depende tanto de la gestión organizacional como del desempeño técnico de los equipos. La plataforma digital funcionó como un mecanismo de gobernanza energética interna, promoviendo una cultura de supervisión compartida.

Desde el enfoque social, los resultados confirman que la participación ciudadana digital influye positivamente en el comportamiento energético institucional. Cuando los usuarios tienen acceso a información básica sobre consumo y herramientas de reporte, aumenta la conciencia sobre el uso racional de la energía. Este fenómeno coincide con lo señalado por Sovacool (2016), quien argumenta que las transiciones energéticas no son exclusivamente tecnológicas, sino también sociales, ya que requieren cambios en prácticas, percepciones y dinámicas organizacionales.

Además, la experiencia desarrollada en el contexto institucional de Portoviejo demuestra que incluso en entornos con recursos limitados es posible generar mejoras sustanciales mediante herramientas digitales accesibles. La plataforma implementada no requirió inversiones de gran escala en infraestructura, lo que sugiere que la optimización energética puede lograrse a través de estrategias de gestión inteligente y participación colaborativa. Esto se alinea con los principios promovidos por la International Energy Agency (2022), que destaca la eficiencia energética como una de las estrategias más rentables para reducir consumo y emisiones sin necesidad de transformaciones estructurales inmediatas.

Otro aspecto relevante es el impacto institucional y económico derivado de la reducción del consumo eléctrico. La disminución en intervenciones correctivas no solo mejora la continuidad operativa de los equipos, sino que reduce costos asociados a reparaciones de emergencia y reemplazo prematuro de componentes. En consecuencia, la eficiencia energética se consolida como una herramienta estratégica para la sostenibilidad financiera y ambiental de las organizaciones.

No obstante, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio. El período de evaluación posterior a la implementación fue de tres meses, lo cual permite observar tendencias iniciales, pero sería recomendable realizar seguimientos a mediano y largo plazo para confirmar la sostenibilidad de los resultados. Asimismo, el estudio se desarrolló en un contexto institucional



específico, por lo que futuras investigaciones podrían replicar el modelo en otros sectores productivos o municipales para validar su aplicabilidad general.

En términos generales, la investigación demuestra que la articulación entre ingeniería electromecánica y plataformas digitales participativas constituye un modelo innovador de gestión energética. La eficiencia no debe abordarse exclusivamente desde la modernización de equipos, sino desde la integración entre tecnología, mantenimiento estratégico y compromiso social. Esta visión integral fortalece la sostenibilidad energética y posiciona a las instituciones como actores activos en la transición hacia modelos más responsables y eficientes de consumo eléctrico.

### **Conclusión**

La presente investigación permitió comprobar que la eficiencia energética en los sistemas electromecánicos no depende exclusivamente de la modernización tecnológica, sino de una integración estratégica entre gestión técnica, mantenimiento adecuado y participación activa de los usuarios. Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de una plataforma digital de participación generó una reducción significativa en el consumo energético, así como una mejora sustancial en la detección temprana de fallas, lo cual demuestra que la interacción social puede convertirse en un factor determinante dentro de los procesos de optimización energética.

Desde una perspectiva técnica, se confirmó que muchas de las pérdidas energéticas en motores eléctricos, sistemas de bombeo y climatización están asociadas a deficiencias operativas que pueden prevenirse mediante monitoreo constante y mantenimiento oportuno. La digitalización de los reportes facilitó la identificación de anomalías como sobrecargas, desalineaciones mecánicas y deficiencias en los sistemas de transmisión, reduciendo intervenciones correctivas de emergencia y prolongando la vida útil de los equipos. Esto evidencia que la eficiencia energética no solo genera beneficios ambientales, sino también económicos e institucionales.

En términos generales, el modelo propuesto confirma que la articulación entre ingeniería electromecánica y plataformas digitales de participación constituye una estrategia viable y replicable en otros contextos urbanos e institucionales. La eficiencia energética debe abordarse desde un enfoque integral que combine innovación tecnológica, educación energética y gobernanza participativa, garantizando así un impacto sostenible a mediano y largo plazo.

Finalmente, se concluye que la transición hacia sistemas electromecánicos más eficientes requiere no solo inversión en infraestructura, sino también transformación cultural y organizacional. La incorporación de herramientas digitales como mecanismos de supervisión y comunicación fortalece la gestión energética y posiciona a las instituciones como actores activos en la construcción de un desarrollo sostenible.

### **Referencias Bibliográficas**

1. Apeaning, R. W., & Thollander, P. (2013). Barriers to and driving forces for industrial energy efficiency improvements in African industries. *Energy*, 54, 242–252. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.048>
2. Cagno, E., Worrell, E., Trianni, A., & Pugliese, G. (2013). A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 290–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.007>
3. Goldemberg, J. (2018). *Energy and environment in the 21st century*. World Scientific Publishing.
4. García-Sanz-Calcedo, J., Al-Kassir, A., & Yusaf, T. (2018). Economic and environmental impact of energy saving in industrial motor systems. *Sustainability*, 10(12), 4744. <https://doi.org/10.3390/su10124744>
5. Hasanbeigi, A., Menke, C., & du Pont, P. (2010). Barriers to energy efficiency improvement and decision-making behavior in Thai industry. *Energy Efficiency*, 3, 33–52. <https://doi.org/10.1007/s12053-009-9056-8>
6. International Energy Agency. (2023). *Energy efficiency 2023*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>



7. International Energy Agency [IEA]. (2022). La eficiencia energética constituye uno de los principales desafíos del desarrollo sostenible contemporáneo. *Energy Efficiency* 2022. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
8. McKane, A., Williams, R., & Perry, W. (2007). Setting the standard for industrial energy efficiency. *Energy Engineering*, 104(1), 7–24. <https://doi.org/10.1080/01998595.2007.10487984>
9. Neagu, O., & Teodoru, M. C. (2019). The relationship between economic complexity, energy consumption and greenhouse gas emissions. *Sustainability*, 11(3), 814. <https://doi.org/10.3390/su11030814>
10. Organización de las Naciones Unidas. (2021). Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.
11. Sovacool, B. K. H. long will it take? C. the temporal dynamics of energy transitions. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 13, 202–215.
12. Sola, A. V. H., Mota, C. M. M., & Silva, L. C. (2011). Energy efficiency in industrial motor systems. *Energy Policy*, 39(2), 1329–1339. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.014>