

**Análisis de eficiencia energética en motores eléctricos síncronos y asíncronos en las industrias.
Energy efficiency analysis of synchronous and asynchronous electric motors in industry.**

Alcívar Rosero Ronald Daniel, Duarte Fernandez Edison Miguel, Ing. Sánchez Chila Angie Yesenia

DIMENSIÓN CIENTIFICA

Enero - junio, V⁷-N¹; 2026

Recibido: 01-01-2026

Aceptado: 16-01-2026

Publicado: 30-06-2026

PAIS

- Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador
- Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador
- Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador

INSTITUCION

- Instituto Superior Tecnológico Tsachila
- Instituto Superior Tecnológico Tsachila
- Instituto Superior Tecnológico Tsachila

CORREO:

- ✉ ronalalcivarrosero@tsachila.edu.ec
- ✉ edisonduartefernandez@tsachila.edu.ec
- ✉ angiesanchez@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 📄 <https://orcid.org/0009-0006-0806-4932>
- 📄 <https://orcid.org/0009-0007-0454-870X>
- 📄 <https://orcid.org/0009-0006-7034-4943>

FORMATO DE CITA APA.

Alcivar, R., Duarte, E. & Sánchez, A. (2026). Análisis de eficiencia energética en motores eléctricos síncronos y asíncronos en las industrias. Revista G-ner@ndo, V⁷ (N¹), P. 395 - 408.

Resumen

En el sector industrial, los motores eléctricos representan unos de los mayores consumos de energía, muchas empresas carecen de un análisis técnico que compare la eficiencia energética de los motores síncronos y asíncronos para diferenciar potencias. Esta falta de información dificulta la selección de los motores generando un uso ineficiente de energía eléctrica y un incremento de costos operativos, por ello se surge la necesidad de evaluar y comparar el desempeño energético de ambos motores con base a documentos bibliográficos. El proyecto de investigación tuvo como objetivo Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de la eficiencia energética en la operación de motores eléctricos síncronos y asíncronos utilizados en los procesos industriales, para reducir el consumo eléctrico y los costos operativos. Se trata de una investigación que fundamenta en un enfoque documental, descriptivo y comparativo que también integra el análisis de estrategias actuales de optimización energética, como la implementación de variadores de frecuencia, se tomó que en el universo de estudio lo conforman los motores eléctricos utilizados en aplicaciones industriales, mientras que la muestra es esencialmente documental, basada en información científica, técnica y normativa. Los resultados fueron encontrados en estudios académicos, en documentos bibliográficos y manuales especializados que muestran la comparación de principio de funcionamiento, eficiencia energética, comportamiento del par y la velocidad, pérdidas internas, factor de potencia, comportamiento bajo diferentes cargas y el impacto de tecnologías de optimización. Por lo tanto, se concluye que el rendimiento de los motores eléctricos se ve afectado por el tipo de rotor, pérdidas electromagnéticas, y el comportamiento del par-velocidad.

Palabras clave: Motores eléctricos, Motor síncronos, Motor asíncronos, Eficiencia energética, Variadores de frecuencia, Optimización energética.

Abstract

In the industrial sector, electric motors represent one of the largest energy consumers. Many companies lack a technical analysis comparing the energy efficiency of synchronous and asynchronous motors to differentiate their power outputs. This lack of information hinders motor selection, leading to inefficient use of electrical energy and increased operating costs. Therefore, there is a need to evaluate and compare the energy performance of both types of motors based on bibliographic documents. The research project aimed to conduct a literature review on energy efficiency in the operation of synchronous and asynchronous electric motors used in industrial processes, in order to reduce electricity consumption and operating costs. This research is based on a documentary, descriptive, and comparative approach that also integrates the analysis of current energy optimization strategies, such as the implementation of variable frequency drives. The study population consisted of electric motors used in industrial applications, while the sample was primarily documentary, based on scientific, technical, and regulatory information. The results were found in academic studies, bibliographic documents, and specialized manuals that compare operating principles, energy efficiency, torque and speed behavior, internal losses, power factor, performance under different loads, and the impact of optimization technologies. Therefore, it is concluded that the performance of electric motors is affected by the rotor type, electromagnetic losses, and torque-speed behavior.

Keywords: Electric motors, Synchronous motors, Asynchronous motors, Energy efficiency, Frequency converters, Energy optimization.

Introducción

La eficiencia energética se ha convertido en uno de los pilares fundamentales para el desarrollo sostenible de los sistemas industriales modernos. En un contexto donde la demanda eléctrica continúa en aumento y los costos energéticos representan una proporción significativa del gasto operacional, la optimización del consumo de los equipos electromecánicos es una prioridad estratégica. Dentro de este escenario, los motores eléctricos síncronos y asíncronos ocupan un lugar central, ya que constituyen la fuerza motriz principal en procesos de manufactura, transporte interno, bombeo, ventilación y una amplia variedad de aplicaciones industriales.

Los motores síncronos y asíncronos presentan diferencias notables en su principio de funcionamiento, comportamiento bajo carga y rendimiento energético, lo que influye directamente en su selección y desempeño en diferentes entornos productivos. Mientras los motores asíncronos destacan por su robustez, simplicidad y bajo costo, los motores síncronos ofrecen mayores niveles de eficiencia, estabilidad en la velocidad y un control más preciso del factor de potencia. Analizar estas diferencias resulta esencial para determinar cuál de estos tipos de motores ofrece un mejor desempeño energético en condiciones industriales específicas.

En los últimos años, la industria ha impulsado la adopción de tecnologías orientadas a la reducción del consumo eléctrico, tales como variadores de frecuencia, sistemas de gestión inteligente y estrategias de mantenimiento predictivo. Estas herramientas permiten mejorar el rendimiento de los motores eléctricos, reducir pérdidas y aumentar la confiabilidad operativa, generando beneficios tanto económicos como ambientales.

El presente estudio se basa en un enfoque documental, descriptivo y comparativo que examina información actualizada proveniente de artículos científicos, normas técnicas y manuales especializados. Su objetivo principal es analizar la eficiencia energética de los motores síncronos y asíncronos, comparando su desempeño bajo diferentes condiciones de operación e identificando tecnologías que contribuyan a optimizar su funcionamiento en la industria. De esta

manera, la investigación busca aportar un marco de referencia claro y fundamentado que facilite la toma de decisiones técnicas orientadas al ahorro energético y a la mejora continua de los procesos industriales.

Métodos y Materiales

La presente investigación se fundamenta en un enfoque documental, descriptivo y comparativo, sustentado en la revisión, análisis e interpretación de información bibliográfica actualizada sobre motores eléctricos síncronos y asíncronos. Este enfoque resulta adecuado porque permite examinar con rigor estudios científicos, normas técnicas y reportes industriales sin necesidad de realizar mediciones experimentales directas, pero garantizando una comprensión profunda del comportamiento energético de ambos tipos de motores en diversos entornos industriales. A través de esta metodología es posible obtener evidencias confiables que respaldan el análisis sin intervenir físicamente en los equipos, lo que optimiza tiempo, recursos y seguridad.

El proceso metodológico inicia con la recopilación sistemática de datos técnicos provenientes de bases de datos académicas como IEEE Xplore, Scielo, Google Scholar y Mendeley, junto con normas internacionales como IEC y NEMA, además de manuales industriales y textos especializados. Esta información constituye la base para estudiar sus principios de funcionamiento, características constructivas, tipos de pérdidas, comportamiento del par y la velocidad, eficiencia energética y factor de potencia, elementos esenciales para comprender su rendimiento en aplicaciones reales. La selección cuidadosa de fuentes actualizadas permite asegurar que el análisis se apoye en información pertinente y técnicamente validada.

Una vez recopilada la información, esta se organiza mediante un análisis comparativo estructurado que evalúa variables fundamentales como las pérdidas en el estator y rotor, el comportamiento ante diferentes cargas, la estabilidad de la velocidad, la presencia o ausencia

del deslizamiento, la eficiencia bajo distintas condiciones de operación y la capacidad de corrección del factor de potencia. Este análisis comparativo facilita la identificación de diferencias funcionales entre los motores síncronos y asíncronos, así como sus ventajas y limitaciones en términos de eficiencia, control y desempeño industrial. Esto permite establecer con claridad los escenarios en los que cada tipo de motor resulta más conveniente desde una perspectiva energética y operativa.

En la etapa interpretativa, la metodología también integra el análisis de estrategias actuales de optimización energética, como la implementación de variadores de frecuencia, sistemas de mantenimiento predictivo, sensores inteligentes, monitoreo en tiempo real y plataformas de gestión energética industrial. Estas tecnologías, ampliamente documentadas en la literatura técnica, han demostrado su eficacia en la reducción del consumo eléctrico, la prevención de fallos y la mejora del rendimiento operativo de los motores. Su incorporación en el análisis permite contextualizar de manera más amplia las posibilidades de optimización que pueden aplicarse en sectores industriales que buscan mejorar la eficiencia energética.

El universo de estudio lo conforman los motores eléctricos utilizados en aplicaciones industriales, mientras que la muestra es esencialmente documental, basada en información científica, técnica y normativa. Al tratarse de un estudio sin intervención directa en equipos físicos, la metodología ofrece una alternativa ética, segura y factible para obtener evidencia confiable sobre el rendimiento de los motores síncronos y asíncronos. Este enfoque permite comparar diferentes fuentes y estudios de manera objetiva, integrando datos medidos previamente por instituciones especializadas y centros de investigación.

Con el fin de garantizar la rigurosidad científica del estudio, la investigación adopta un enfoque de análisis crítico de la información recopilada, en el cual cada fuente es evaluada no solo por su contenido técnico, sino también por su contexto de aplicación, año de publicación y relevancia para el sector industrial. Este procedimiento permite diferenciar entre información

teórica general y resultados específicos aplicables a sistemas reales de motores eléctricos, fortaleciendo la validez del análisis comparativo desarrollado.

También, se establece un proceso de triangulación documental, mediante el cual los conceptos, datos y conclusiones obtenidos de diferentes autores y organismos técnicos son contrastados entre sí. Esta triangulación permite identificar coincidencias y divergencias en los resultados reportados sobre eficiencia energética, pérdidas electromagnéticas y comportamiento operativo de los motores síncronos y asíncronos, reduciendo posibles sesgos y aumentando la confiabilidad de las interpretaciones realizadas.

La metodología incorpora también la identificación y análisis de indicadores técnicos de desempeño energético, tales como eficiencia nominal, factor de potencia, consumo específico de energía y comportamiento del par frente a variaciones de carga. Estos indicadores, ampliamente utilizados en estudios de ingeniería eléctrica, permiten estructurar la comparación entre ambos tipos de motores bajo criterios homogéneos, facilitando una evaluación objetiva y técnicamente fundamentada.

Otro elemento metodológico considerado es el análisis temporal de la evolución tecnológica de los motores eléctricos. Para ello, se comparan estudios clásicos con investigaciones recientes, lo que permite evidenciar avances en materiales, diseño electromagnético y sistemas de control. Este enfoque evolutivo contribuye a contextualizar los resultados dentro de una perspectiva de mejora continua y adaptación a las demandas actuales de eficiencia energética y sostenibilidad industrial.

Se aplica un criterio de clasificación de aplicaciones industriales, diferenciando entre procesos de carga constante y carga variable. Esta clasificación permite analizar de manera más precisa la conveniencia del uso de motores síncronos o asíncronos en distintos escenarios

operativos, considerando factores como estabilidad de velocidad, eficiencia bajo carga parcial y capacidad de respuesta ante cambios en la demanda del proceso.

La metodología contempla la sistematización de los resultados obtenidos en matrices comparativas y esquemas analíticos que facilitan la interpretación de la información. Este procedimiento permite sintetizar grandes volúmenes de datos documentales en conclusiones claras y coherentes, sirviendo como base para el desarrollo del capítulo de resultados y conclusiones. De esta manera, la metodología adoptada asegura un análisis estructurado, original y alineado con los objetivos planteados en la investigación.

De manera complementaria, la metodología considera el análisis de criterios normativos y regulatorios relacionados con la eficiencia energética de motores eléctricos en el ámbito industrial. Para ello, se revisan estándares internacionales vigentes que establecen clasificaciones de eficiencia, límites de pérdidas y requisitos mínimos de desempeño. Este análisis normativo permite contextualizar los resultados obtenidos dentro de marcos regulatorios reconocidos y evaluar el grado de alineación de los motores síncronos y asíncronos con las exigencias actuales de eficiencia energética a nivel industrial.

Asimismo, se incorpora un enfoque comparativo cualitativo-técnico que permite interpretar los resultados más allá de los valores numéricos reportados en la literatura. Este enfoque facilita el análisis de aspectos como la facilidad de implementación, complejidad operativa, requerimientos de control y adaptabilidad tecnológica de cada tipo de motor. De esta manera, la metodología no se limita únicamente a la comparación de parámetros energéticos, sino que también considera factores técnicos que influyen en la toma de decisiones industriales.

Otro componente metodológico relevante es la contextualización de los resultados en función del tipo de industria y aplicación específica. Para ello, se analizan estudios de caso documentales correspondientes a sectores como manufactura, minería, bombeo, ventilación y

sistemas de transporte industrial. Este procedimiento permite identificar patrones de comportamiento energético y tendencias de uso de motores eléctricos, fortaleciendo la aplicabilidad práctica de los resultados obtenidos en la investigación.

La metodología contempla la revisión de modelos teóricos utilizados en la literatura que sirve de gran ayuda para el análisis de las pérdidas y eficiencia energética en motores eléctricos. Este análisis realizado permite comprender los enfoques y alcances de la metodología, lo que contribuye a una interpretación más crítica, comparativa y fundamentada de los resultados reportados en los estudios bibliográficos revisados.

Con el propósito de reforzar la coherencia interna del estudio, la información recopilada es organizada de acuerdo con categorías analíticas previamente definidas, tales como tipo de motor, rango de potencia, tipo de carga, condiciones de operación y tecnología de control asociada. Esta categorización metodológica permite estructurar el análisis de forma sistemática y facilita la comparación directa entre motores síncronos y asíncronos bajo criterios homogéneos.

La metodología considera principios de reproducibilidad y trazabilidad académica, asegurando que las fuentes consultadas, los criterios de selección y los procedimientos de análisis puedan ser verificados y replicados en investigaciones futuras. Este enfoque metodológico fortalece la validez científica del estudio y garantiza que los resultados y conclusiones obtenidos se fundamenten en un proceso de investigación transparente, estructurado y alineado con los estándares de la investigación en ingeniería eléctrica.

Análisis de Resultados

El análisis documental realizado en el presente escrito permitió identificar algunas diferencias sustanciales en el desempeño energético de los motores eléctricos síncronos y asíncronos que se emplean comúnmente en aplicaciones industriales, evidenciando que la eficiencia energética está estrechamente relacionada con el principio de funcionamiento, las condiciones de operación y la interacción del motor con el sistema eléctrico. Los resultados

obtenidos confirman que la adecuada selección del tipo de motor constituye un factor determinante en la optimización del consumo energético y en la reducción de pérdidas dentro de los procesos productivos.

Tabla 1: Resultados comparativos del desempeño energético de motores síncronos y asíncronos en aplicaciones industriales

Criterio de análisis	Motor asíncrono	Motor síncrono	Resultado / Interpretación
Principio de funcionamiento	Inducción electromagnética con deslizamiento	Funcionamiento sincronizado sin deslizamiento	El deslizamiento incrementa las pérdidas energéticas
Eficiencia energética	Eficiencia moderada, dependiente de la carga	Alta eficiencia en operación continua	El motor síncrono presenta mejor desempeño energético
Factor de potencia	Generalmente atrasado (inductivo)	Unitario o capacitivo	Mejora el factor de potencia del sistema
Uso de variadores de frecuencia	Mejora eficiencia y control	Optimiza par y velocidad	El control electrónico potencia la eficiencia
Costo inicial	Menor costo	Costo más elevado	El asíncrono es más económico al inicio
Costo operativo	Mayor consumo energético	Menor consumo energético	El síncrono es más rentable a largo plazo

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al principio de funcionamiento, los motores asíncronos presentan pérdidas asociadas al deslizamiento necesario para la generación de par, lo cual provoca una disminución progresiva de la eficiencia cuando el motor opera fuera de su punto nominal. Este comportamiento se acentúa en condiciones de carga parcial o variable, comunes en la industria. Por el contrario, los motores síncronos operan sin deslizamiento, manteniendo una velocidad constante igual a la del campo magnético giratorio, lo que reduce las pérdidas internas y permite alcanzar mayores niveles de eficiencia energética, especialmente en regímenes de operación continua.

Respecto al comportamiento bajo carga, los resultados encontrados muestran que los motores asíncronos experimentan variaciones de velocidad conforme aumenta la carga, afectando la estabilidad del proceso y el rendimiento energético. En contraste, los motores síncronos conservan una velocidad estable independientemente de las variaciones de carga, siempre que se conserve la sincronización, lo que favorece una operación más eficiente y predecible. Esta característica se presenta particularmente en procesos industriales que requieren precisión y control continuo.

El análisis de pérdidas internas evidenció que los motores asíncronos presentan mayores pérdidas rotóricas y una demanda significativa de potencia reactiva, lo que impacta negativamente en el factor de potencia del sistema. En cambio, los motores síncronos pueden operar con factor de potencia unitario o incluso capacitivo, contribuyendo a la reducción de la potencia reactiva y a la mejora del desempeño global del sistema eléctrico. Esta ventaja que se presenta no solo optimiza el consumo energético del motor, sino que también ayuda a disminuir las pérdidas en líneas y transformadores de la instalación industrial.

Finalmente, los resultados destacan la importancia del uso de tecnologías de control electrónico, como los variadores de frecuencia, para mejorar la eficiencia energética de ambos tipos de motores. En motores asíncronos, estos dispositivos reducen el efecto del deslizamiento y optimizan el consumo energético; mientras que en motores síncronos permiten un control más preciso del par y la velocidad, maximizando su eficiencia. En conjunto, los hallazgos confirman que, aunque los motores asíncronos continúan siendo ampliamente utilizados por su costo inicial que es menor y por su robustez, los motores síncronos representan una alternativa energéticamente más eficiente cuando se prioriza la sostenibilidad, la estabilidad operativa y la reducción del consumo energético industrial.

Conclusiones

La eficiencia energética de los motores eléctricos está directamente condicionada por su principio de funcionamiento, demostrando así que el estudio revela que los motores eléctricos síncronos son más eficientes energéticamente que los motores asíncronos. Esto se debe a que funcionan sin deslizamiento, lo que reduce considerablemente las pérdidas internas y mejora su rendimiento en aplicaciones industriales que requieren operación continua alcanzando altos niveles de eficiencia.

Se concluye que el comportamiento bajo carga y el factor de potencia son cruciales para el rendimiento energético del sistema eléctrico industrial. En base a todo esto, los motores síncronos mantienen una velocidad constante y pueden trabajar con un factor de potencia unitario o capacitivo, contribuyendo a la mejora del desempeño energético del sistema eléctrico, así como a la reducción de pérdidas en líneas y transformadores, permitiendo así que esta condición no solo mejora el aprovechamiento de la energía eléctrica, sino que también reduzca el estrés sobre la infraestructura eléctrica, favoreciendo una mayor vida útil de los equipos y una gestión energética más sostenible.

Finalmente, los resultados subrayan la importancia de elegir el tipo de motor adecuado y de implementar tecnologías de control electrónico, como los variadores de frecuencia. Estos son elementos clave para optimizar el consumo energético y reducir los costos operativos, siempre priorizando la eficiencia, la sostenibilidad y el rendimiento energético en los procesos industriales. Por ello la incorporación de tecnologías de control electrónico, como los variadores de frecuencia, resulta fundamental para la optimización del consumo energético en aplicaciones industriales, ya que permiten adaptar el funcionamiento del motor a la demanda real del proceso, aunque los motores asíncronos continúan siendo una opción ampliamente utilizada por su menor costo inicial y robustez, los resultados demuestran que los motores síncronos representan una alternativa

más rentable a largo plazo cuando se priorizan criterios de eficiencia energética, sostenibilidad y reducción del consumo energético industrial, en donde también podemos prevenir las distorsiones armónicas pudiendo implementar algunos filtros de armónicos de los cuales son los pasivos, que se utilizan los inductores, capacitores y los filtros activos, que monitorean la red en tiempo real e inyecta una corriente opuesta para cancelar los armónicos detectados.

Referencias bibliográficas

- Almeida, A. (2017). Energy-Efficient motor systems; A systematic review of technical and policy drivers. Renewable and Sustainable Energy Reviews. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.09>
- Bertoldi. (2019). Eficiencia energetica unicamente a nivel del motor individual.
- Boldea. (2010). Optimizacion del circuito, magnetico del estator y rotor.
- Chapman. (2012). Perdidas electricas, magneticas, mecanicas que afectan al rendimiento global del motor.
- D.Maclsaac. (2009). Motores síncronos y asíncronos: campos eléctricos rotatorios (imagen). Obtenido de <https://pubs.aip.org/aapt/pte/article-abstract/47/8/556/275683/Synchronous-and-Asynchronous-Motors-Rotating?redirectedFrom=fulltext>
- Fitzgerald, E. A. (2014). Máquinas Eléctricas. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/828627552/Fitzgerald-Espanol-Sexta-Edicion>
- Fitzgerald, K. U. (2014). Perdidas en el nucleo magnetico del estator .
- IEEE. (2020). Transacciones IEEE sobre aplicaciones industriales. Obtenido de <https://ias.ieee.org/publications/ieee-transactions-on-industry-applications/>
- Illana, J. (2022). Analisis de eficiencia energetica en motores electricos sincrónico y asíncronos.
- J. Tabora, L. C. (2023). Rendimiento eficiente de motores eléctricos en condiciones de variación de voltaje (imagen). Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Efficient-Electric-Motors-Performance-Under-Voltage-Tabora-Junior/7eeb89476cbfff03eff54f9d74480898437b61a>
- Juha, P. (2014). DESIGN OF ROTATING ELECTRICAL MACHINES. Obtenido de
-

<https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-578726-e2a04badcd.pdf>

Krishnan, R. (2017). Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives. Obtenido de https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781420014235_A23978316/preview-9781420014235_A23978316.pdf

Maclsaac. (2009). Características para sistemas automatizados.

Maclsaac, D. (2009). Motores síncronos y asíncronos: campos electricos rotatorios.

Mendeley. (s.f.). Obtenido de Mendeley: <https://www.mendeley.com/reference-manager/library/all-references>

Miller, T. (2019). Magnetic materials and motor design, optimization in AC machines. Journal of magnetic materials.

Mobley. (2008). Practicas inadecuadas de lubricacion.

Pillay, P. (2018). Modeling analysis, and simulation of AC motors under harmonic distortion. IEEE Transactions on Industry Applications.

R., M. K. (2008). Maintenance Fundamentals. Obtenido de <https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/Maintenance%20Fundamentals-%202nd%20Ed.pdf>

RE Hunt, F. S. (1976). Eficiencia energética y motores eléctricos: un análisis técnico, económico y de políticas de los estándares de eficiencia en motores y equipos eléctricos comerciales e industriales (imagen). Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-efficiency-and-electric-motors%3A-a-technical%2C-Hunt-Seabury/822e26e42e6d158ca2f5ca6d0279895f6fc7a196>

Saidur, R. (2010). A review on energy use, energy savings, and policy for the electric motorsystems in industries. Renewable and sustainable Energy Reviews.

doi:<http://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.013>

Tretrong. (2011). El motor sincrono es aquel que opera a una velocidad fija.

Tretrong, J. (2011). El uso del espectro de orden superior para la cuantificación de fallas en motores eléctricos industriales (imagen). Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Use-of-Higher-Order-Spectrum-for-Fault-of-Tretrong/1591f87cf02882885c6fb57324ee7a37430a071a>

Vysotska, K. (2023). Diagnóstico y mantenimiento predictivo de motores eléctricos industriales (imagen). Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Diagnostics-and-predictive-maintenance-of-electric-Vysotska/78263dda5c265ebad3d6b918b26f3a03989ee042>