**III Conferencia Internacional de Desarrollo Energético Sostenible**

**Evaluación energética de los motores instalados en las máquinas de flujo en el secadero de arroz “Emilio Lastre” de Granma**

***Energetic evaluation of the motors installed in the flow machines in the rice drier “Emilio Lastre” of Granma***

**Raúl Arturo Jiménez Rodríguez1, Darina Lara Coba2**

1. Raúl Arturo Jiménez Rodríguez. Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba. E-mail: [rjimenez@udg.co.cu](mailto:rjimenez@udg.co.cu)
2. Darina Lara Coba. Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba. E-mail: [dlarac@udg.co.cu](mailto:dlarac@udg.co.cu)

**Resumen:**

El presente trabajo se realizó en la UEB “Emilio Lastre” perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos “Fernando Echenique” ubicada en el poblado de Cayo Redondo del municipio Yara, provincia de Granma. Este secadero es de tecnología Stein española y tiene más de 45 años de explotación. En este trabajo se analizan, fundamentalmente, los motores eléctricos instalados en las máquinas de flujo con que cuenta la industria. Los resultados de la investigación mostraron que los valores de la potencia de los motores instalados en estas máquinas están por encima de los valores de potencia calculados, pero existe la posibilidad de mejorar esta relación ya que los porcientos de carga de los motores de los ventiladores están por debajo de lo planteado en la bibliografía consultada. En el caso de las bombas, se comprobó que operan según los parámetros óptimos de trabajo. El trabajo muestra, además, como repercute económicamente para la empresa la instalación actual de las máquinas de flujo con sus respectivos motores, y se propone una variante de solución para contribuir al ahorro de energía en la empresa.

***Abstract:***

*The present paper was carried out in the UEB “Emilio Lastre” belonging to the Empresa Agroindustrial de Granos “Fernando Echenique” located in the town of Cayo Redondo in the municipality of Yara, Granma province. This drying place is of Spanish Stein technology and has more than 45 years of exploitation. In this work, it is mainly analyzed the electric motors installed in the flow machines that the industry has. The research findings showed that the values of the motors' power installed in these machines are above the power values calculated, but there is possibility of improving this relation since the load percent of the motors of the fans are lower of what is stated in the consulted bibliography. In the case of the pumps, it was verified that they operate according to the optimal parameters of work. The research also shows how today's installation of the flow machines with respective motors influences economically to the company, and a variant of solution is proposed to make a contribution to the energy saving to the company.*

**Palabras Clave:** Secadero, Máquinas de flujo, Motores eléctricos, Potencia, Porciento de carga.

***Keywords:*** *Drying place, Flow machines, Electric motors, Power, Load percent.*

**1. Introducción**

La evaluación energética de las máquinas de flujo y los motores acoplados a ellas tiene una enorme significación para la economía nacional, determinando en muchos casos el costo de explotación de las instalaciones. En la operación de estos conjuntos, el empleo de un motor de potencia insuficiente que no cumpla los requerimientos de la máquina de flujo, altera el funcionamiento del sistema, reduce la productividad y aumenta las probabilidades de fallos. Por otro lado, el uso de los motores de potencia superior a la necesaria, empeora los índices económicos de la instalación al aumentar el costo inicial, aumentando también las pérdidas de energía debido al descenso del rendimiento del motor, y en las instalaciones de corrientes alternas, se empeora el factor de potencia, cuya magnitud influye directamente en las cargas improductivas de las redes distribuidoras y de los generadores de las centrales eléctricas que producen energía ([Macías, Mejías, y Ochoa, 2009](#_ENREF_18)).

En el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba se definieron los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, para actualizar el modelo económico cubano. Varios lineamientos se refieren a concebir las nuevas inversiones, el mantenimiento constructivo y las reparaciones capitalizables con soluciones para el uso eficiente de la energía, instrumentando adecuadamente los procedimientos de supervisión ([PCC, 2011](#_ENREF_23)).

Se pueden lograr considerables ahorros de energía en el empleo de los conjuntos máquinas de flujo-motores. Por supuesto, en lo primero que se deben buscar esos ahorros es en el diseño del sistema donde se instalarán. Sin embargo, incluso después de haber reducido al mínimo los requisitos del sistema y determinado las condiciones operativas, se debe tratar de hacer la selección de los equipos más eficientes para el sistema. La mayoría de los ingenieros se atienen a la eficiencia que menciona el fabricante. No obstante, esto no será suficiente porque las especificaciones del usuario pueden impedir que el fabricante ofrezca la máquina de flujo y el motor más eficiente. Aunque la tecnología de diseño y fabricación mejoran en forma considerable año tras año, todavía hay muchas especificaciones basadas en datos más antiguos. Estas especificaciones pueden llevar a la selección de una máquina ineficiente en términos del consumo de corriente eléctrica en una época en que el ahorro puede justificar una inversión considerable ([Doolin, 1987](#_ENREF_10)).

Lo más importante para lograr la eficiencia energética de una empresa no es solo que tengamos un plan de ahorro de energía, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia, que consolide los hábitos de control y autocontrol, y en general que integre las acciones del proceso productivo o de servicios que se realiza ([Campos, Gómez, y Santos, 2002](#_ENREF_4)).

Según el Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), de la Universidad de Cienfuegos, la eficiencia energética implica lograr un nivel de producción, con los requisitos establecidos, con el menor consumo y gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto. La energía cada día se encarece más, por ello en muchos casos uno de las principales partidas del costo total es el costo energético, donde se incluyen componentes relativos a la producción, distribución y uso de las diferentes formas de energía ([CEEMA, 2012](#_ENREF_6)).

A nivel global los beneficios de la eficiencia energética son la reducción de las emisiones contaminantes y la contribución al desarrollo sustentable. A nivel de nación, la conservación de los recursos energéticos límites, la mejora de la seguridad energética, la reducción de las importaciones de energéticos y la reducción de costos que pueden ser utilizados para el desarrollo. A nivel de empresa, incrementa la competitividad, eleva la productividad y las ganancias ([Borroto, Monteagudo, Campos, y Fuentes, 2002](#_ENREF_2)).

Con frecuencia, las oportunidades de ahorro de energía en las máquinas de flujo se pasan por alto, dado que las ineficiencias en las máquinas de flujo no resultan evidentes en muchos casos. Los principales aspectos hacia los que debe enfocarse esta búsqueda de oportunidades de ahorro de energía son ([Cherkasski, 1986](#_ENREF_8); [Martínez, Monteagudo, y Jáuregui, 2007](#_ENREF_20); [McNaughton, 1987](#_ENREF_21)):

1. Mantenimiento excesivo.
2. Máquinas de flujo con grandes variaciones de flujo o de presión.
3. Recirculación de flujos en dispositivos de control o de protección.
4. Válvulas de control de flujo por estrangulamiento.
5. Ruidos en los equipos o en válvulas.
6. Cambios en las condiciones de operación.

Una vez que las causas de ineficiencia han sido identificadas, deben evaluarse los potenciales de ahorro, el costo de implementación y los indicadores de rentabilidad de los posibles proyectos de mejora ([Martínez et al., 2007](#_ENREF_20)).

Estas prácticas aunque bien conocidas, generalmente no se aplican con un sentido de uso racional de la energía y ello puede representar en el caso de equipos de gran tamaño, pérdidas de miles de kW·h lo que representa una pérdida económica importante, teniendo en cuenta que a partir de la instalación de las máquinas de flujo la valoración técnico–económica de estas se comporta como muestra la figura 1 ([Emadi, 2005](#_ENREF_11); [Martínez et al., 2007](#_ENREF_20); [Von Meier, 2006](#_ENREF_26)).

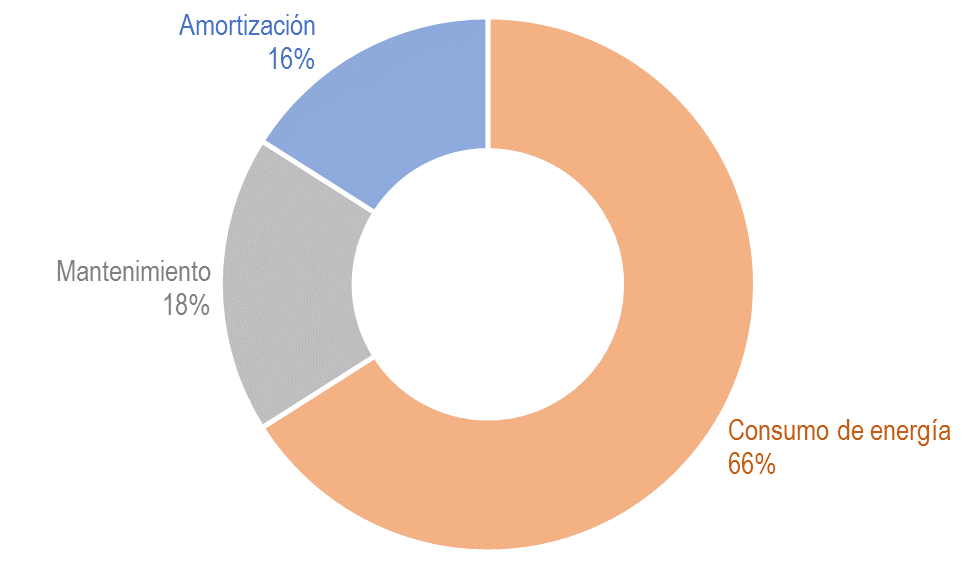


Figura 1. Valoración técnico–económica de las máquinas de flujo.

La parte correspondiente a costos de consumo de energía puede parecer sorprendentemente alta, pero aumentará aún más con el incremento del precio de la energía eléctrica. Es evidente que los parámetros que determinen el consumo de energía deben ser los más importantes en la evaluación de las máquinas de flujo ([Martínez et al., 2007](#_ENREF_20)).

Para elegir un motor y dimensionarlo adecuadamente, es preciso determinar con relativa precisión los parámetros pertinentes de cada elemento de la cadena del flujo energético, empezando por la carga en sí. Por ello, es importante realizar una selección correcta. A fin de escoger el motor adecuado, es necesario encontrar el ideal para la tarea cinemática en cuestión. Incluso más importante que el tipo de motor, con sus accesorios como engranajes, frenos, embragues, etc., es el dimensionamiento correcto del motor ([Greene, 1983](#_ENREF_13); [Quispe, González, y Castrillón, 2006](#_ENREF_25)).

La mayoría de los motores se sobredimensionan intencionadamente para que sólo funcionen entre el 75% y el 80% de su capacidad a plena carga. A este nivel de carga, el rendimiento del motor y el factor de potencia permanecen relativamente altos ([BUN-CA, 2010](#_ENREF_3); [León, 2002](#_ENREF_16)). Lo más habitual es seleccionar un motor para la máquina de flujo que cumpla con los requisitos de potencia de dicha máquina ([Amador, 2013](#_ENREF_1); [Díez, 2000](#_ENREF_9)).

El objetivo de este estudio es evaluar la selección de los motores de las máquinas de flujo en el secadero de arroz “Emilio Lastre” perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos “Fernando Echenique” ubicada en el poblado de Cayo Redondo del municipio de Yara, provincia Granma y valorar el impacto de esta selección en el consumo energético de la empresa.

**2. Metodología**

Este trabajo se llevó a cabo en la campaña de primavera del 2014, en condiciones reales de producción del secadero de arroz “Emilio Lastre” de la Empresa Agroindustrial de Granos “Fernando Echenique” de la provincia Granma. Dicho secadero está ubicado en el poblado de Cayo Redondo del municipio Yara, de la provincia Granma.

El secadero de arroz “Emilio Lastre” fue fundado el 20 de noviembre de 1969, como una de las medidas de la triunfante revolución para dar respuesta a la creciente demanda del secado del arroz. Su misión es recibir el arroz que se cosecha en las superficies cultivadas de este grano del sector cooperativo y el estatal, secarlo y entregarlo a los diferentes molinos de la provincia para su posterior consumo. Cuenta con una capacidad instalada de 115 t/día y tres turnos de trabajo que se componen por un jefe de turno, un técnico de control de la calidad, cuatro operarios y un pesador.

En el secadero existen siete máquinas de flujo (cinco ventiladores, dos de ellos llamados aireadores, y dos bombas) que intervienen en todo el proceso tecnológico de secado del arroz, a continuación se caracteriza cada una de estas:

* *Ventilador de gases caliente*: es el encargado de extraer el calor del generador y lo lleva a la torre de secado.
* *Ventilador generador*: se encarga de darle presión de aire al ventilador de los gases calientes para gasificar el petróleo.
* *Ventilador de desperdicio*: tiene la función de impulsar todas las impurezas hacia el lugar de almacenamiento de los desechos.
* *Bomba hidráu*lica: es la encargada de elevar el puente basculante cuando llega algún vehículo a descargar arroz.
* *Bomba de combustible*: se encarga de alimentar el ventilador quemador de combustible.
* *Aireadores 1 y 2*: son ventiladores centrífugos que se encargan de disminuir la temperatura del arroz cuando está alojado en los silos.

Los datos de estas máquinas (ver la tabla 1) se obtuvieron de las chapillas de estas y en caso de no tenerlas se adquirieron de la documentación con que cuenta la empresa.

Tabla 1. Datos de las máquinas de flujo instalados en el secadero.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Máquina de flujo** | **Marca** | **Fabricante** | | **Caudal**  **(m3·s-1)** | | **Altura de carga**  **(m)** | | | **Velocidad de rotación**  **(r**·**min-1)** |
| Ventilador generador | UNELEC | | España | | 7,33 | | | 25 | 2 840 | |
| Ventilador de desperdicio | UNELEC | | España | | 78 | | | 15 | 1 770 | |
| Ventilador de gases calientes | SIEMENS | | Alemania | | 65,8 | | | 20 | 1 750 | |
| Bomba hidráulica | UNELEC | | España | | 0,127 | | | 10 | 3 430 | |
| Bomba de combustible | UNELEC | | España | | 0,317 | | | 5 | 845 | |
| Aireador 1 | UNELEC | | España | | 60,5 | | | 20 | 3 525 | |
| Aireador 2 | UNELEC | | España | | 60,5 | | 20 | | 3 525 | |

Las máquinas de flujo tienen acopladas motores eléctricos trifásicos, los datos de estos motores se muestran en la tabla 2, también se obtuvieron de sus chapillas o de la documentación técnica con que cuenta la empresa.

Tabla 2. Datos de los motores instalados a cada máquina de flujo del secadero.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Máquina de flujo** | **Motor** | **Fabricante** | **Voltaje**  **(V)** | **Corriente**  **(A)** | **Potencia**  **(kW)** | **Velocidad de rotación**  **(r**·**min-1)** | **Factor de potencia**  **(cos φ)** |
| Ventilador generador | LEROY-SOMER | Italia | 380 | 6,4 | 3 | 2 840 | 0,89 |
| Ventilador de desperdicio | ABB | España | 220 | 71,6 | 22 | 1 770 | 0,875 |
| Ventilador de gases calientes | ADDA | Italia | 240 | 75,1 | 22 | 1 750 | 0,86 |
| Bomba hidráulica | ABB | España | 220 | 60,0 | 14 | 3 430 | 0,85 |
| Bomba de combustible | ABB | España | 220 | 70 | 16 | 845 | 0,87 |
| Aireador 1 | ABB | España | 220 | 78,6 | 25 | 3 525 | 0,83 |
| Aireador 2 | ABB | España | 220 | 78,6 | 25 | 3 525 | 0,83 |

A las máquinas de flujo instaladas en el secadero se le calcularon los parámetros operativos fundamentales que son de vital importancia para la correcta selección de sus motores acoplados, estos son ([Casillas, 1989](#_ENREF_5); [Gustafson y Morgan, 2004](#_ENREF_14); [Meaton, 1991](#_ENREF_22)):

1. *Caudal Q (m3/s)*: flujo volumétrico del fluido que se transporta en el sistema.
2. *Altura de carga Hman (m)*: altura que requiere el sistema, es la presión adicional que debe suministrar la máquina para transportar el fluido a través del sistema.

donde:

vS – velocidad de salida del fluido en la bomba, m·s-1

vE – velocidad de entrada del fluido en la bomba, m·s-1

pS – presión a la salida de la bomba, N·m-2

pE – presión a la entrada de la bomba, N·m-2

zS – altura de impulsión de la bomba, m

zE – altura de aspiración de la bomba, m

γ – peso específico del fluido, N·m-3

g – aceleración de la gravedad, m·s-2

∑hsist – pérdidas de carga del sistema, m

1. *Potencia útil NU (W)*: potencia requerida de manera que se alcance el cambio de presión para transportar el fluido.
2. *Velocidad de accionamiento n (r*·*min-1)*: velocidad de rotación del árbol de la máquina para transportar el fluido.
3. *Eficiencia η*: eficiencia de la máquina con respecto al motor eléctrico y la altura y caudal que exigen el sistema de bombeo.

donde:

N – potencia suministrada a la máquina de flujo, W

**3. Resultados y discusión**

A través del cálculo de los parámetros operativos descritos anteriormente se obtuvo la potencia útil de las máquinas de flujo instaladas en la UEB “Emilio Lastre” y se comparó con la potencia de los motores instalados a cada una, la tabla 3 muestra los resultados.

Tabla 3. Máquinas de flujo evaluadas.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Máquinas de Flujo** | **N (kW)** | **NU (kW)** | **Diferencia N – NU**  **(kW)** | **Porciento de carga** |
| Ventilador generador | 3,0 | 2,16 | 0,84 | 72,00 |
| Ventilador de desperdicio | 22,0 | 13,78 | 8,22 | 62,64 |
| Ventilador de gases calientes | 22,0 | 15,50 | 6,50 | 70,45 |
| Bomba hidráulica | 14,0 | 11,22 | 2,78 | 80,14 |
| Bomba de combustible | 16,0 | 13,39 | 2,61 | 83,68 |
| Aireador 1 | 25,0 | 14,35 | 10,65 | 57,40 |
| Aireador 2 | 25,0 | 14,35 | 10,65 | 57,40 |
| **TOTAL** | **127** | **84,75** | **42,25** | **66,73** |

Como puede observarse, la potencia de los motores instalados está por encima de los valores de potencia calculados, que, de forma general, cumplen con los parámetros establecidos para la selección de los motores de las máquinas de flujo, como lo expresan [Martínez-Alzamora y Pérez-García (1992)](#_ENREF_19), [López, Reca, Camacho, Roldán, y Alcaide (1995)](#_ENREF_17) y [Hernández y Téllez (2010)](#_ENREF_15). Para los casos de los ventiladores y los aireadores los porcientos de carga de los motores están por debajo del 75%, que es el límite inferior del valor de carga recomendado para que estos equipos funcionen en el rango de alta eficiencia.

La bomba hidráulica y la bomba de combustible con que cuenta la empresa tienen una potencia instalada de 14 kW y 16 kW respectivamente; la potencia calculada para estas máquinas es de 11,22 kW y 13,39 kW por ese orden, que están en los parámetros óptimos de trabajo lo que evidencia el buen funcionamiento de estos equipos, pues tiene una carga del 80,14% y 83,68%, valores que están dentro del rango de operación recomendado por [Charles y Ibby (1960)](#_ENREF_7), [Portal (2000)](#_ENREF_24) y [García (2000)](#_ENREF_12).

Teniendo en cuenta que el valor de la fuente motriz es significativo, la sustitución de estas máquinas de flujo resulta costosa para las condiciones actuales del país, por lo que es factible analizar la posible sustitución de los órganos motrices con las consideraciones expresadas anteriormente y acordes con los requerimientos de cada uno de los sistemas a los que están instalados.

Haciendo un análisis cuantitativo del costo que representa la sustitución de las máquinas de flujo y teniendo en cuenta las inversiones que hay que realizar, resulta bastante extenso hacer una valoración económica exacta de lo que realmente sería más conveniente en caso que haya que comprar motores nuevos o sustituir los mismos por otros de otras áreas de la empresa.

Pero no se puede obviar lo perjudicial que resulta para la economía del país y en especial para la eficiencia de la industria esta situación, mucho más en estos momentos donde se debe prestar debida atención a la eficiencia de las industrias y al uso consciente y disciplinado de la energía. Para valorar la cantidad de energía que se consume por la diferencia de potencia obtenida de los cálculos realizados, se realizó el análisis que se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis económico de la diferencia de potencia detectada.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Diferencia de potencia (kW)** | **Campaña trabajada**  **(h)** | **Energía consumida en una campaña (kW·h)** |
| 42,25 | 6 480 | 273 780 |

Si se valora la posibilidad de cambiar los motores de los ventiladores y los aireadores hasta que operen a un 75% de carga y sumado a la potencia del motor de la bomba hidráulica y de combustible que trabajan a poco más del 80% de carga (ver la tabla 5), la diferencia entre las potencias se reduciría a 27,28 kW.

Tabla 5. Análisis de la propuesta para el cambio de motores.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Máquinas de Flujo** | **Porciento de carga propuesto** | **NU**  **(kW)** | **Nprop**  **(kW)** | **Diferencia Nprop – N**  **(kW)** |
| Ventilador generador | 75 | 2,16 | 2,88 | 0,72 |
| Ventilador de desperdicio | 75 | 13,78 | 18,37 | 4,59 |
| Ventilador de gases calientes | 75 | 15,5 | 20,67 | 5,17 |
| Bomba hidráulica | 80,14 | 11,22 | 14 | 2,78 |
| Bomba de combustible | 83,68 | 13,39 | 17,85 | 4,46 |
| Aireador 1 | 75 | 14,35 | 19,13 | 4,78 |
| Aireador 2 | 75 | 14,35 | 19,13 | 4,78 |
| **TOTAL** | **76,97** | **84,75** | **112,03** | **27,28** |

Con esta reducción de potencia total se lograría un ahorro de energía por campaña de 97 005,60 kW·h que representa un total de 44 622,58 kg de petróleo crudo, y analizando el precio actual del barril de petróleo se podrían ahorrar 512 052,26 CUP, la tabla 6 muestra este análisis más claramente.

Tabla 6. Análisis económico de la propuesta.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Instalación** | **Diferencia de potencia**  **(kW)** | **Energía consumida en una campaña**  **(kW·h)** | **Crudo consumido en una campaña**  **(kg)** | **Cantidad de barriles\*** | **Costo Anual\*\***  **(CUP)** |
| **Actual** | 42,25 | 273 780,00 | 125 938,80 | 926,02 | 1 445 170,88 |
| **Propuesta** | 27,28 | 176 774,40 | 81 316,22 | 597,91 | 933 118,62 |
| **Ahorro** | **14,97** | **97 005,60** | **44 622,58** | **328,11** | **512 052,26** |

\* La masa de un barril de petróleo crudo es aproximadamente 136 kg (Guide for the Use of SI units, 2017).

\*\* Se tomó el precio del barril de crudo 56,75 € (OPEP) y se utilizó el factor de conversión de BANDEC (abril, 2017).

**4. Conclusiones**

1. Los motores instalados en las máquinas de flujo del secadero “Emilio Lastre” cumplen con los parámetros para su selección, con un 66,73% de carga total.
2. Existe la posibilidad de lograr un ahorro de energía por campaña de 97 005,60 kW·h para la empresa, si se cambian los motores de los ventiladores y los aireadores.

**5. Referencias bibliográficas**

Amador, J. L. (2013). Selección de potencias nominales y tensiones de motores eléctricos acompañantes de bombas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 34*(1).

Borroto, B. A. J., Monteagudo, Y. J., Campos, A. J. C., y Fuentes, V. J. R. (2002). Gestión Energética Empresarial. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos. Cuba: Editorial Universidad de Cienfuegos.

BUN-CA. (2010). Motores eléctricos: Buenas prácticas en eficiencia energética. In B. U. Network (Ed.), (Vol. 1). San José, Costa Rica: Fundación Red de Energía.

Campos, A. J. C., Gómez, R., y Santos, L. (2002). La eficiencia energética en la gestión empresarial *Universidad de Cienfuegos. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente*. Cuba: Editorial Universidad de Cienfuegos.

Casillas, A. L. (1989). *Cálculos de Taller*. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica.

CEEMA. (2012). Gestión y Economía Energética. Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos: Editorial UNIVERSO SUR.

Charles, C., y Ibby, L. (1960). *Pumps Selection and application*. New York, USA: McGraw-Hill Inc.

Cherkasski, V. (1986). *Bombas, Ventiladores y Compresores*. Moscú: Editorial MIR.

Díez, G. (2000). *Cálculo de la Potencia de los Motores*. Dpto. Ing. Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria.

Doolin, J. H. (1987). Selección de las bombas para reducir costos de energía *Bombas Selección, Uso y Mantenimiento* (pp. 26-29). USA: McGraw-Hill, Inc.

Emadi, A. (2005). *Energy-Efficient Electric Motors* (Third Edition ed.). New York, USA: Marcel Dekker, Inc.

García, A. (2000). *Diagnóstico de la economía energética nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía*. INIE. Cuba.

Greene, R. W. (1983). *Uso de Compresores, Bombas y Ventiladores*.

Gustafson, R. J., y Morgan, M. T. (2004). *Fundamentals of Electricity for Agriculture* (4rd edition ed.). St. Joseph, Michigan, USA: American Society of Agricultural Engineers.

Hernández, M. J., y Téllez, J. M. (2010). El factor de potencia y la eficiencia energética. *CUBASOLAR.* Retrieved martes, ‎16‎ de ‎junio‎ de ‎2015, ‏‎06:14:04

León, A. (2002). Calibración de Equipos de Laboratorio *Informe Técnico*. Cuba: CIH.

López, R., Reca, J., Camacho, E., Roldán, J., y Alcaide, M. (1995). Valoración energética. *Ingeniería del Agua, 2*, 19-24.

Macías, I., Mejías, J., y Ochoa, R. (2009). Valoración energética de algunos accionamientos de un ingenio azucarero de la provincia Granma, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18*(2), 64-69.

Martínez-Alzamora, F., y Pérez-García, R. (1992). *Generalidades sobre ventiladores*.

Martínez, L., Monteagudo, J., y Jáuregui, S. (2007). Mecánica de los Fluidos y Máquinas de Flujo. Universidad de Cienfuegos, Cuba: Editorial UNIVERSO SUR.

McNaughton, K. J. (1987). *Bombas, Selección Uso y Mantenimiento*. USA: McGraw-Hill Inc.

Meaton, R. W. (1991). *Motor Application & Maintenance Handbook* (Second edition ed.): McGraw-Hill, Inc.

PCC. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. Paper presented at the VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana, Cuba.

Portal, M. (2000). Paper presented at the Conferencia sobre programa de desarrollo del MINBAS, Universidad de La Habana, Cuba.

Quispe, E., González, G., y Castrillón, R. (2006). Métodos para Determinar la Eficiencia de Motores de Inducción. *Revista ACOTEPAC, 15*(40), 12-20.

Von Meier, A. (2006). *Electric Power Systems a Conceptual Introduction*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.