

## INFLUENCIA DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL CONSUMO ELÉCTRICO ASOCIADO AL BOMBEO DE AGUA EN LA EDUCACIÓN ENERGÉTICA DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

## INFLUENCE OF KNOWLEDGE ON THE ELECTRICITY CONSUMPTION ASSOCIATED WITH WATER PUMPING IN THE ENERGY EDUCATION OF THE STUDENTS OF THE UNIVERSITY OF HOLGUIN

**AUTORES:** Jorge Luis Costafreda Velázquez<sup>1</sup>

Reynaldo Laborde Brown<sup>2</sup>

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: [jorgecv@uho.edu.cu](mailto:jorgecv@uho.edu.cu)

Fecha de recepción: 22-05-2018

Fecha de aceptación: 28-06-2018

### RESUMEN

El sistema de bombeo de agua de la Universidad de Holguín es uno de los factores que inciden en el consumo de energía eléctrica de dicha institución. El presente artículo se basa en el resultado de un proceso investigativo con la participación de los estudiantes en dicho estudio y contribuir al desarrollo de sus habilidades investigativas y en especial a la educación energética. Con la investigación se determinó el comportamiento del consumo de energía eléctrica asociado al bombeo de agua, aspectos como tiempo de encendida la bomba, volumen de agua bombeada y consumo eléctrico permitieron describir ese comportamiento, y valorar qué tan eficiente energéticamente es este. También se analizaron dos puntos muy importantes: costos e influencia al medio ambiente, ya que son detalles decisivos a la hora de tomar soluciones.

**PALABRAS CLAVE:** Consumo eléctrico; sistema de bombeo de agua; educación energética.

### ABSTRACT

The system of pumping water from the University of Holguín is one of the factors influencing the consumption of electrical energy of that institution. This article is based on the results of an investigative process with the participation of the students in the study and contribute to the development of their investigative skills and especially energy education. With the research determined the behavior of electricity consumption associated with pumping water, aspects such as time on the pump volume of pumped water and electrical consumption allowed describe that behavior, and evaluate what so

<sup>1</sup> Ingeniero. Profesor Instructor de la Universidad de Holguín, Cuba.

<sup>2</sup> Ingeniero. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular de la Universidad de Holguín, Cuba. E-mail: [rlaborde@uho.edu.cu](mailto:rlaborde@uho.edu.cu)

efficient energy is this. Also two very important points discussed: influence to the environment, since they are details crucial to make solutions and costs.

**KEYWORDS:** Power consumption; system of pumping water; energy education.

## INTRODUCCIÓN

El agua siempre ha sido el elemento más importante para la subsistencia y el desarrollo de la humanidad, así lo demuestra la estrecha relación entre los primeros asentamientos humanos y su cercanía con los afluentes hidráulicos. El uso de este recurso en la mayoría de las actividades realizadas por el hombre genera atención y motivación para procurar su uso de forma óptima.

Proveer una adecuada cantidad de agua ha sido asunto que ha inquietado desde estos primeros asentamientos. Aun en las antiguas ciudades, los abastecimientos locales eran con frecuencia inadecuados y los acueductos eran construidos para transportar agua desde fuentes lejanas. Tales sistemas de abastecimiento no distribuían agua a las residencias individuales, sino que la llevaban hasta uno o pocos lugares centrales desde donde los ciudadanos podían llevarla a sus hogares.

Desde el punto de vista técnico y dado por supuesto que se hace una apropiada gestión administrativa, los problemas de las redes de abastecimiento de agua pueden resumirse en cuatro aspectos generales: fugas de agua no contabilizadas; integridad física de la red; calidad de agua a distribuir; fiabilidad y calidad de la base de datos de los sistemas de distribución de agua. Con relación al primero de ellos, el control de las pérdidas de agua ha sido una actividad asociada a los sistemas de distribución de agua desde que se construyeron las primeras redes.

Mejorar la Eficiencia Energética (EE) es la principal medida para reducir los costos operativos en las empresas dedicadas al agua y saneamiento urbano. Dado que la energía representa uno de los mayores gastos operativos controlables de la mayoría de estas entidades y muchas medidas de EE tienen un periodo de recuperación menor a cinco años, las inversiones soportan una expansión rápida y brindan mayor acceso al agua para los pobres, haciendo al sistema más barato de operar.

Las bombas e instalaciones de bombeo son componentes esenciales y vulnerables en casi todos los sistemas de agua. El diseño, operación y mantenimiento inadecuados de los sistemas de bombeo pueden representar riesgos sanitarios graves, incluida la pérdida completa del suministro de agua.

El principal problema de los sistemas de abasto es el elevado deterioro y su obsolescencia por los años de explotación, que ocasionan pérdidas estimadas en un 58%. Esto trae como consecuencia la reducción de los horarios de servicio y las presiones de trabajo de la red de distribución, el deterioro de las vías públicas y el encarecimiento de los gastos de producción de agua debido al consumo extra de energía eléctrica y al tratamiento químico.

En la Universidad de Holguín (UHo), el consumo de energía ha tenido varias afectaciones en los últimos años, ya sea por la cantidad de aires acondicionados encendidos a toda hora, los equipos clandestinos conectados en la residencia

estudiantil, así como el sistema de bombeo que abastece de agua a los tanques elevados para luego distribuirla por gravedad hacia los diferentes puntos de la institución.

A partir de estas afectaciones se han tomado una serie de medidas empíricas para reducir el sobreconsumo eléctrico, pero como tal no se ha llevado a cabo un estudio científico que valide cualquier acción que se tome con vistas a resolver los problemas relacionados con el consumo energético, específicamente el consumo energético desprendido del funcionamiento de los sistemas de bombeo de las cuatro sedes que comprenden a la universidad.

Al tratarse de un problema a resolver en el contexto de la comunidad universitaria relacionado con el consumo eléctrico constituye por tanto, un tema vinculado a la educación energética de los futuros profesionales como parte de su formación integral pero más específico en los estudiantes de las carreras de Ingeniería.

## **DESARROLLO**

En la literatura nacional consultada se puede referenciar diferentes trabajos sobre las redes de abasto de agua los cuales se encuentran citados en la revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la antigua Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría (CUJAE) hoy Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (UTHJAE). Estos trabajos están relacionados fundamentalmente con la calidad del agua y la evaluación técnica económica de los sistemas de abasto de agua López (2009) y Martínez (2011). En el trabajo de Bosch (2014) se analiza el funcionamiento de sistemas de abasto de agua en un municipio.

Morales (2008) propone un sistema de abasto de agua a redes rurales, Osorio (2013) realiza un diagnóstico de la planta potabilizadora de la Universidad Central de Las Villas (UCLV) con vista a mejorar la calidad del agua. El trabajo más completo relacionado con la planta potabilizadora lo realiza Albert (2014) relacionado con la rehabilitación completa de dicha planta.

La investigación permite determinar el comportamiento del consumo de energía eléctrica asociado al bombeo de agua en la UHo para luego valorar los resultados alcanzados con la participación de los estudiantes y en función de ellos trazar una serie de acciones encaminadas a lograr una mayor eficiencia energética. Todo ello garantiza la calidad del proceso de enseñanza- aprendizaje, el perfeccionamiento del contenido científico y la educación energética de los estudiantes.

La educación energética...es un proceso permanente y sistémico que se manifiesta entre los contenidos relacionados con la energía y los pilares del desarrollo sostenible, para significar la socialización de estos y de esta forma revelar la dependencia de los recursos energéticos no renovables con la supervivencia de la especie humana en el planeta. (Guerra, 2011, pág. 1)

Por otra parte, la educación energética, hace referencia al desarrollo de un sistema de conocimientos, procedimientos, habilidades, comportamientos, actitudes y valores en relación con el uso adecuado de las formas de energía, su generación y su gestión lo que nos lleva a ir más allá y postular que la educación energética debe orientarse hacia una formación epistemológica que incluya los adelantos tecnológicos, financieros y

sociales que hacen que el usuario sea parte activa de los modelos energéticos (Montaña A. P., 2014, pág. 151)

El análisis energético del sistema de bombeo de la UHo, donde se incluyen a tres de las cuatro sedes componentes de dicha institución, pretende determinar el tiempo de bombeo, la cantidad de agua que se bombea en cada caso y la energía que se consume. Con el fin de contribuir a la educación energética de los estudiantes y el desarrollo de sus habilidades investigativas participan como investigadores estudiantes del quinto año de Curso Regular Diurno (48), y estudiantes del cuarto año (15) y del sexto año (8) de Curso por Encuentro lo que constituye una población de 71 estudiantes. La muestra la integran los 71 estudiantes.

La educación energética, se muestra como una alternativa para educar a los ciudadanos en lo energético trascendiendo propuestas tecno-científicas basadas en la eficacia, centrando los esfuerzos en la educación de los ciudadanos que sean conscientes de la realidad energética que viven, reconociendo los problemas que los aquejan, vislumbren y se comprometan en la soluciones a dichos problemas. (Montaña J. E., 2015, pág. 2)

Desde estas consideraciones y dependiendo de los resultados obtenidos mediante las acciones que comprenden el análisis energético, los estudiantes ejecutan bajo la guía del docente una serie de observaciones, medidas y recomendaciones con el objetivo de mejorar las condiciones actuales de cada sistema de bombeo, y por tanto alcanzar una mayor eficiencia energética en los mismos.

Este proceso de investigación integrada por docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil se realiza en tres de las cuatro sedes de la UHo, "Oscar Lucero Moya (OLM)", "José de la Luz y Caballero (JLC)" y "Manuel Fajardo (MF)" donde existe un sistema de distribución de agua por medio de bombeo y luego por gravedad, es decir, se bombea el agua almacenada en la fuente (cisterna o pozo) por medio de una bomba hacia un tanque elevado, y luego por acción gravitatoria se distribuye el agua hacia las diferentes zonas. A continuación se muestran resultados investigativos por Sedes Universitarias:

#### *Sede "OLM".*

- 1 El sistema de bombeo está integrado por la caseta del operador (turbinero) en la cual se encuentran dos bombas, el interruptor de las mismas, los conductos eléctricos y parte de la distribución de agua (conductos o tuberías). En la parte exterior se hallan dos cisternas y un tanque elevado, a esto se le suma la parte restante de la distribución de agua, ya sea el agua que se transporta de la cisterna al tanque elevado como la que se reparte del tanque elevado a los distintos edificios del lugar.
- 2 Las dos bombas son de fabricación soviética, funcionando en la actualidad solo una (figura 1). La que está en explotación ha sido reparada en dos ocasiones ignorándose lo que se hizo para repararla y también se desconocen los motivos por lo que la bomba averiada no se ha reparado.
- 3 El motor eléctrico que acciona a la bomba tiene una potencia nominal de 22 kW, frecuencia de 60 Hz y tensión de 220 V.

- 4 Las cisternas son de diferentes dimensiones, siendo la más grande la fuente de donde primero se extrae el agua y la pequeña funge como depósito de reserva. A continuación, se muestran las dimensiones de ambas cisternas y la capacidad de almacenamiento de agua:

Cisterna1. Largo: 32.5 m; ancho: 12 m; profundidad: 2.5 m y volumen: 975 m<sup>3</sup> y  
Cisterna 2. Largo: 16 m; ancho: 6 m; profundidad: 2.5 m y volumen: 240 m<sup>3</sup>

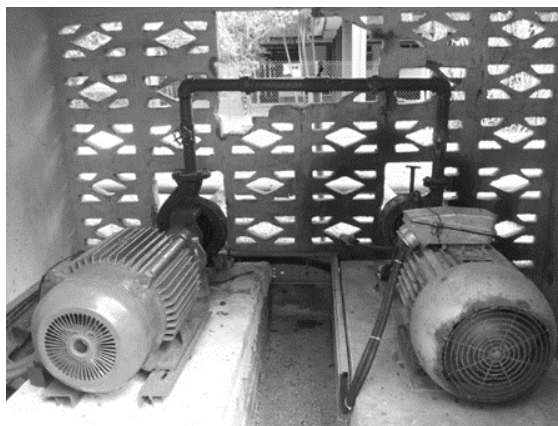


Figura 1. Bombas del sistema de bombeo.

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez.

- 5 El tanque elevado es de tipología hongo, tipología prefabricada empleada en varias instituciones, tanto educacionales como de otra índole, en todo el país. Este tanque tiene un fuste de 30 m y una capacidad de agua de 300 m<sup>3</sup>. El aviso de llenado del tanque es por medio del desborde, punto en el cual el operador debe apagar el motor de la bomba.

#### Sede "MF".

1. El sistema de bombeo está integrado por la caseta del operador en la cual se encuentran una bomba, el interruptor de la misma, los conductos eléctricos y parte de la distribución de agua (conductos o tuberías). En la parte exterior se hallan una cisterna y dos tanques elevados, a esto se le suman la parte restante de la distribución de agua, ya sea el agua que se transporta de la cisterna a los tanques elevados como la que se reparte de los tanques elevados a los distintos edificios del lugar.
2. El motor eléctrico que acciona a la bomba tiene una potencia nominal de 11 kW, frecuencia de 60 Hz y tensión de 220 V (figura 2).
3. Las dimensiones de la cisterna se muestran a continuación:

Cisterna1. Largo: 18 m; ancho: 12 m; profundidad: 2.90 m y volumen: 626.4 m<sup>3</sup>

En este caso existen dos tanques elevados de hormigón prefabricados con base de hormigón también. Tienen una capacidad de 18 m<sup>3</sup> y 15 m<sup>3</sup> que comparada con la de los demás tanques es muy inferior, pero relacionado con

las características de este centro (más pequeño y menos cantidad de trabajadores y estudiantes) no existen problemas de abasto de agua.



Figura 2. Bomba del sistema de bombeo.

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez.

### *Sede "JLC"*

1. El sistema de bombeo está integrado por la caseta del operador en la cual se encuentran el interruptor de la bomba, los conductos eléctricos y parte de la distribución de agua (conductos o tuberías). En la parte exterior se hallan una cisterna, un pozo y un tanque elevado, a esto se le suma la parte restante de la distribución de agua, ya sea el agua que se transporta de la cisterna al tanque elevado como la que se reparte del tanque elevado a los distintos edificios del lugar.
2. La bomba es de tipo sumergible y está ubicada en el pozo existente a unos 30 m de profundidad aproximadamente según comentarios de los operadores. El motor eléctrico que acciona a la bomba tiene una potencia nominal de 11 kW, frecuencia de 60 Hz y tensión de 220 V (figura 3).



Figura 3. Bomba del sistema de bombeo.

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez.



3. La cisterna perteneciente a esta sede no está en uso, siendo la fuente de agua un pozo natural, el cual en tiempo de eventos extraordinarios ha servido de abasto de agua para la población.
4. El tanque elevado es de tipología hongo, tipología prefabricada empleada en varias instituciones, tanto educacionales como de otra índole, en todo el país. Este tanque tiene un fuste de 30 m y una capacidad de agua de 300 m<sup>3</sup>. El aviso de llenado del tanque es por medio del desborde, punto en el cual el operador debe apagar el motor.

### *Procedimiento*

En la etapa de mediciones se trazaron varios objetivos, siempre teniendo en cuenta una serie de tareas que permitieran el cumplimiento de los mismos. A continuación, se mencionan estos objetivos:

- Determinar el caudal de las bombas.
- Obtener la cantidad de agua que se bombea.
- Medir los parámetros eléctricos.

### *Determinar el caudal de las bombas*

La determinación del caudal de cada una de las bombas se realizó mediante el método de estimación por intervalo, ignorándose el valor existente en las chapillas de las bombas debido a que este es un valor nominal. A partir de las mediciones por este método se logran valores más cercanos al comportamiento real del sistema de bombeo.

El trabajo de campo con la participación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil consistió en tomar mediciones en periodos de tiempo determinados en cada una de las cisternas:

- Primero, la bomba tenía que estar encendida, es decir el proceso normal de bombeo.
- Segundo, se establecieron periodos cortos de tiempo de 15 minutos con una frecuencia determinada, atendiendo a las condiciones y particularidades del lugar, para obtener un promedio.
- Tercero, con el empleo de una cinta métrica se midió cuánto descendía el nivel de agua en la cisterna en los 15 minutos.
- Cuarto, conociendo ese desnivel que se origina en los 15 minutos y las dimensiones de largo y ancho de la cisterna, se puede calcular el volumen que se bombea en cada frecuencia con ese tiempo.
- Quinto, luego de calcular todos los valores de volumen bombeado, correspondientes a cada periodo de 15 minutos, se puede determinar el volumen promedio que se bombea por medio de métodos estadísticos.
- Sexto, con el valor promedio de volumen que se bombea se realiza el proceso de conversión de unidades con el objetivo de conocer el caudal.

Se debe tener en cuenta (sedes “OLM”, “CSM” y “MF”) a la hora de trabajar con las dimensiones de las cisternas que se le descuenta a estas 0.40 m, debido al espesor de los muros de la estructura.

#### *Obtener la cantidad de agua que se bombea*

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario establecer un periodo de estudio en el cual el operador de cada uno de los sistemas de bombeo debía registrar el horario en que encendía la bomba y la apagaba, incluyendo otros horarios en el mismo día. También debían registrar en un apartado para las observaciones los motivos por los cuales no accionaban el sistema de bombeo en determinadas ocasiones.

Con los datos generados a partir del registro de encendido y apagado de las bombas se pueden obtener gráficos de comportamiento que describen las particularidades de cada una de las sedes, dando paso a la interpretación de los resultados.

Con esta información se pudo determinar la cantidad de agua aproximada que se bombea diariamente en cada una de las sedes en cuestión, dando lugar a calcular cuánto se consume en cuanto a energía. Además, se puede conocer, en términos aproximados, la cantidad de agua consumida por los trabajadores y estudiantes en un día.

Para determinar la cantidad de agua aproximada que se bombea diariamente se determinó el caudal Q de la bomba por cada medición realizada, utilizándose la siguiente expresión:

$$Q = \frac{q_i}{60} * 1000 \quad (4)$$

Siendo:

Q: caudal de la bomba por cada medición en l/s

$q_i$ : caudal perteneciente a cada medición  $i$  ( $m^3/15$  min).

15: es el valor correspondiente a los 15 minutos en los que se dividió cada periodo de medición.

60: es el valor referido a los 60 segundos que tiene 1 minuto.

1000: es el valor de conversión de  $m^3$  a litros.

Una vez que se determinan todos los valores de Q se promedian los valores y se obtiene un valor medio de Q +/- que es el que se utiliza para calcular el volumen de agua que se bombea por día. Se expresa Q +/- debido al cálculo de la desviación estándar que se produce en el registro de varias mediciones y que traen consigo un error. El valor de volumen bombeado se halla por la siguiente expresión:

$$V_{\text{agua}} = t * Q_{\text{prom}} \quad (5)$$

Siendo:

$V_{\text{agua}}$ : volumen de agua que se bombea diariamente (l).

t: tiempo de encendida la bomba (h).



$Q_{prom}$  = caudal promedio (l/h)

Luego de que se obtiene el volumen de agua bombeada por día es posible determinar un volumen promedio, con la intención de determinar la cantidad de agua que consumen los trabajadores y estudiantes diariamente como se planteó anteriormente.

A partir de ese total de trabajadores y estudiantes en cada sede, se espera que el bombeo de agua y el consumo de energía por tal razón difieran en cada uno de los casos de estudio. No cabe duda que este estudio, al abarcar a tres de las sedes de la Universidad de Holguín brindará una información relevante para posteriores intervenciones en tal aspecto.

#### *Medir los parámetros eléctricos*

El último objetivo de esta primera etapa es medir los parámetros eléctricos en cada uno de los sistemas de bombeo. Se está hablando de las corrientes, las tensiones y las potencias. Estas mediciones se realizaron con la utilización de un medidor de pinza de potencia digital (marca UNI-T, modelo UT233). Este es un dispositivo inteligente de mano, medidor de potencia, que tiene las dos características de medición: corriente y potencia. El medidor puede medir tensión, corriente, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia, fase ángulo, frecuencia, energía activa y secuencia de fase.

Para obtener estos parámetros fue necesario que la bomba estuviera en funcionamiento, es decir, se debía estar presente en el periodo en el que el tanque elevado todavía se estuviera llenando, ya que una vez llenado este, como se ha explicado en epígrafes anteriores, la bomba debe ser apagada. En este aspecto, los motores eléctricos presentes en los tres casos de estudio son trifásicos, es decir, la alimentación eléctrica es generada a través de tres fases. Por tanto, se midieron los parámetros de potencias, corrientes y tensiones antes mencionados para cada una de las fases, denominándolas: fase a, fase b y fase c.

Se debe seguir el mismo procedimiento utilizado para la obtención del volumen de agua bombeado, es decir, determinar valores de potencias, corrientes y tensiones promedios para luego expresar qué cantidad de energía se está consumiendo diariamente en las tres sedes en estudio, generándose también una serie de tablas y gráficos que requieren una posterior interpretación.

A partir de los valores promedios de potencias, cuya denotación sería potencia trifásica promedio ( $P_{3\phi prom}$ ), y el tiempo de encendida la bomba se puede obtener la energía consumida en ese tiempo. Lo anterior se calcula por la siguiente expresión:

$$\text{Energía} = P_{3\phi prom} * t \quad (6)$$

Siendo:

Energía: la energía que se consume en un tiempo determinado (kWh).

$P_{3\phi prom}$ : la potencia trifásica promedio (kW).

t: tiempo de encendida la bomba (h).

Lo anterior se debe relacionar con el aspecto económico del asunto, se está hablando de cuánto gasta la Universidad de Holguín en el bombeo de agua. Si es poco o si es

mucho se determinará con la presente investigación, tomándose las medidas necesarias y brindándose las recomendaciones pertinentes.

En este artículo se discuten los resultados que se obtienen a partir de la aplicación de los métodos y materiales que se enunciaron anteriormente y que fueron utilizados para esta investigación. Además, se realiza un análisis económico-medioambiental relacionado con el bombeo de agua en la universidad.

Antes de pasar a la comparación entre las tres sedes se debe esclarecer que los resultados que se aprecian en cada uno de los gráficos realmente responden al consumo de agua que se generó en el día anterior al analizado. Por ejemplo, la cantidad de agua que se bombea el lunes es consecuencia de lo que se consume el domingo, y así con cada día. En el caso del consumo eléctrico, que es, en fin, el objetivo de esta investigación, ocurre el mismo proceso, en otras palabras, lo que se consume de agua el día anterior genera un gasto de energía eléctrica al próximo día, con el objetivo de reabastecer ese tanque vacío o casi vacío.

En la figura 4 se determina el tiempo promedio de encendida la bomba en las tres sedes.

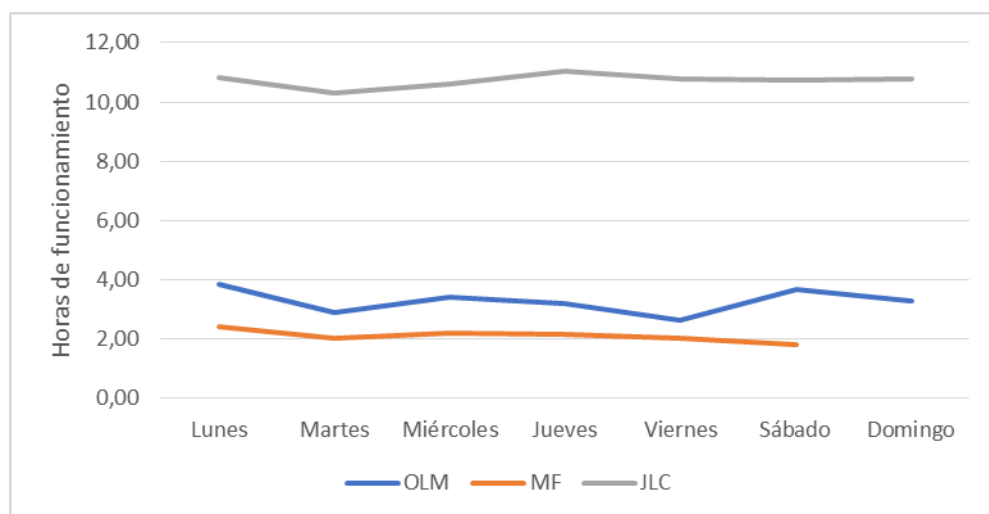


Figura 4. Tiempo de encendida la bomba en las tres sedes.

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez

Como se aprecia en la figura anterior la sede “JLC” es la que mayor tiempo emplea en el bombeo de agua. Se está hablando de más del doble con respecto a la sede “OLM” y más del triple con respecto a “MF”. El caudal de la bomba es la principal causa de que se utilice tanto tiempo para este motivo.

En la figura 5 se muestra el volumen promedio de agua bombeada de las tres sedes.

Con respecto a lo anterior en la sede “OLM” se destina mayor cantidad de agua para su consumo. También se puede interpretar que a pesar de que la sede “JLC” mantiene en funcionamiento la bomba con mayor tiempo es “OLM” la que mayor consumo de agua presenta. Ya se aprecia la importancia que representan algunos aspectos sobre la bomba como el propio caudal, independientemente del tiempo que esta esté en funcionamiento.



Figura 5. Volumen de agua bombeada de las tres sedes.

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez

En la figura 6 se establece una comparación entre sedes del consumo de energía eléctrica.

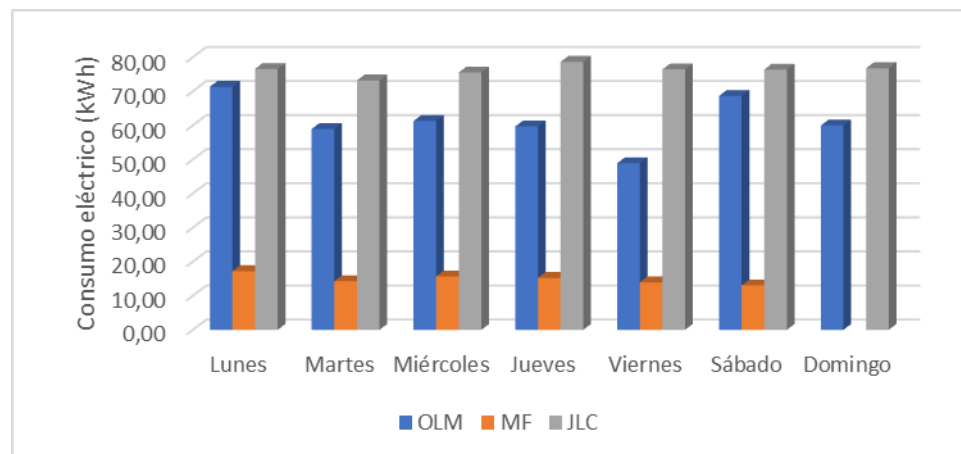


Figura 6. Consumo eléctrico de las tres sedes.

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez.

Según lo anterior la sede “JLC” es la que presenta mayor consumo de energía eléctrica. Una vez más se está en presencia de una “contradicción”, es decir, la sede “JLC” no es la que más agua bombea, pero sí emplea más tiempo para este motivo y consume más energía eléctrica a pesar del poco caudal de la bomba; la sede “OLM” bombea más agua, pero no supera en consumo eléctrico a la “JLC”.

En la siguiente tabla (tabla 1) se exponen los valores de costos de consumo eléctrico por bombeo de agua en la UHo, relacionados con los costos del consumo total por mes.

Tabla 1. Valores de costo de consumo eléctrico por bombeo de agua relacionados con los costos del consumo total por mes.

Mes	Consumo eléctrico total (kWh)	Costo total (CUP)	Costo por bombeo de agua (CUP)
Enero	104002	19581,31	791,08
Febrero	104864	19992,17	801,69
Marzo	112317	22021,69	823,61
Abril	99598	20342,70	858,46

Autor: Jorge Luis Costafreda Velázquez

Según la tabla anterior, marzo es el mes donde mayor costo se registra por motivos de consumo eléctrico, sin embargo, es en abril donde más se invierte por razones del bombeo de agua a nivel de universidad.

Si se promedian los cuatros valores de costo por bombeo de agua de la tabla anterior se obtiene 818.71 CUP. Al considerar este valor como el costo aproximado para los 10 meses del año en el que la universidad tiene mayor presencia de estudiantes y profesores, se obtendría un valor de 8187.1 CUP.

Las cifras anteriores son aspectos a tener en cuenta para la realización de valoraciones técnico-energéticas y económicas con el fin de obtener un sistema de bombeo de agua más funcional, más eficiente energéticamente y por supuesto, más económico.

Otro aspecto que se debe tener muy presente es la afectación al medio ambiente, es decir, cuán agresiva puede ser la acción de bombear agua con respecto a este. Directamente no existe relación alguna, pero sí de forma indirecta, y es un tema que cada vez cobra mayor importancia, tanto a nivel internacional como nacional.

¿Cómo se establece esta relación indirecta entre ambos aspectos? Primero se identifican qué aspectos intervienen en esta relación y segundo, se concluye qué sucede.

Los aspectos que intervienen son:

- Consumo eléctrico (kWh).
- Cantidad de petróleo quemado.
- Emisión a la atmósfera.

Los tres aspectos antes mencionados dan la idea de cuánto se afecta al medio ambiente por destinar un tiempo determinado para el bombeo de agua, utilizando fuentes de energía convencionales.

1 MWh es igual a 0.59 barril equivalente de petróleo (EE.UU.), entonces, se puede afirmar que en la UHo, por cuestiones de consumo de energía eléctrica asociado al bombeo de agua, se está consumiendo de forma estimada y por mes una cantidad de 2.48 barriles equivalentes de petróleo.

Ahora, dependiendo de la densidad del petróleo, un barril equivale a un peso entre 120 y 150 kg. Si se trabaja con la media entre estos valores se obtiene que un barril equivale a 135 kg. Por otra parte, 1 kg de petróleo en el proceso de combustión produce 3.09 kg de CO<sub>2</sub>. Con todo lo anterior se puede enunciar que para garantizar en la UHo el bombeo de agua, se está emitiendo a la atmósfera, de forma estimada, una magnitud de 1034.53 kg de CO<sub>2</sub> mensualmente. Si esto se analiza en los diez meses en el que la universidad presenta mayor movilidad de personas se concluye que por cada curso escolar, y de forma estimada, se emiten a la atmósfera 10345.3 kg lo que equivale a 10.35 toneladas.

La educación energética es considerada en la actualidad una necesidad impostergable en el proceso de formación de los estudiantes de la Educación Superior, ya que el contexto en que desarrollará su labor profesional se caracteriza por la existencia de problemas ambientales globales, relacionados con la energía, que amenazan la continuidad de la vida en el planeta y en especial la existencia de la especie humana. (Cárdenas, 2014, pág. 1).

El análisis anterior corrobora la importancia de vincular a los estudiantes en la actividad científica durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en el estudio de la relación que se debe establecer entre el aspecto técnico-económico y medioambiental. En el tema objeto de estudio resultó necesario lograr un balance entre un proceso de bombeo de agua más eficiente y menos contaminante, objetivo que hoy en día es muy deseado en la Universidad de Holguín.

## CONCLUSIONES

1. La participación activa de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Holguín en el proceso investigativo sobre el consumo eléctrico del bombeo de agua contribuye de manera significativa al desarrollo de la educación energética.
2. Con el presente trabajo se ha puesto de manifiesto que, en la sede central de la Universidad de Holguín se bombean como promedio mensual 4249.15 m<sup>3</sup> de agua, para lo cual se utilizan aproximadamente 4.21 MWh, lo que representa el 4% del consumo de energía total de la sede central.
3. El comportamiento del bombeo de agua por sedes y de la energía eléctrica asociada a la misma mensualmente es como sigue: sede "OLM" 8680 m<sup>3</sup> de agua con 1.71 MWh, sede "MF" 824.36 m<sup>3</sup> con 0.36 MWh y sede "JLC" 3243.08 m<sup>3</sup> con 2.13 MWh. Por lo que se aprecia que la sede de mayor consumo de energía por el concepto de bombeo es la sede "JLC" con un 50.59% con respecto al total de todas las sedes.
4. El costo mensual por motivos de bombeo de agua en la Sede Central es de 818.71 CUP, lo que representa el 4% de la facturación total en la universidad. El análisis por sede queda de la siguiente forma: sede "OLM" 342.39 CUP lo que representa un 2.53%; sede "MF" 64.85 CUP lo que representa un 4.52% y sede "JLC" 400.48 CUP lo que representa un 7.26%.
5. A partir del estudio realizado, se vislumbran las posibilidades de ahorro de energía eléctrica en el sistema de bombeo de agua de la Sede Central, en un

análisis más detallado de las pérdidas de agua y de la racionalidad en el uso de esta última particularmente en las sedes “JLC” y “OLM”.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cárdenas, D. M. (2014). Educación Energética con enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente en la enseñanza de la Ingeniería Química

*Pedagogía Universitaria*, XIX(2), 15.

Guerra, E. R. (2011). La educación energética: una alternativa para el desarrollo sostenible. *DELOS:Desarrollo Local Sostenible*. Obtenido de

<http://www.eumed.net/rev/delos/12/erag.html>

Montaña, A. P. (2014). Sobre el rol innovador de la educación energética para la investigación en ingeniería.

*Ingeniería*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/>

Montaña, J. E. (2015). *La educación energética en las Universidades Públicas de Bogotá*. Tesis para optar al título de Doctor en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co>