

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

**Dr. C. Osvaldo Fidel García Morales¹, Ing. Lázaro Yenier Díaz Alfonso¹, M. Sc.
Lázaro Rodríguez Bolaños²**

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía
Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. osvaldo.garcia@umcc.cu

2. Unidad Empresarial de Base de Comercialización de Combustibles de Matanzas,
Matanzas.

Resumen

El sistema de bombeo de agua que se analiza tiene más de 20 años de explotación. El mismo cuenta con un conjunto de 5 bombas de las cuales 2 están en funcionamiento, una en servicio y la otra de repuesto. Debido a esta situación los autores realizan un análisis general del rendimiento energético del sistema de bombeo, teniendo en cuenta la búsqueda previa de documentación actualizada, realizando un levantamiento de la instalación obteniéndose datos de chapa del conjunto motor-bomba, así como particularidades del sistema de tuberías como materiales, longitudes, diámetros y accesorios del sistema como los codos, “T”, válvulas. Posteriormente se hacen mediciones y cálculos para conocer el estado con que se está explotando el sistema y su repercusión económica, ambiental. Para ellos se emplearon Software profesionales como PSAT 2008, el PSIM 2017 e instrumentos de medición tales como el Flujómetro Ultrasónico y el Amperímetro de Gancho. Este trabajo arrojó como resultados que la bomba actual no se encuentra trabajando de forma eficiente y se determinaron los parámetros de una bomba óptima para este sistema, la cual podría ser la C con impelente de bronce de 165mm de diámetro.

Palabras claves: Bombas; Eficiencia; Selección; Software. *(Utilizar cursiva y NO borrar línea inferior)*

Sobre la selección de bombas centrífugas:

Para realizar una correcta selección de una bomba centrífuga es necesario conocer los requerimientos del servicio (carga y capacidad) para condiciones normales de operación, las características del fluido a bombear (temperatura, densidad, propiedades corrosivas y erosivas, toxicidad, etcétera), las condiciones de instalación (carga de succión), condiciones de explotación (trabajo continuo, intermitente o esporádico) posibilidades de actuar bajo sobrecargas (por encima de las condiciones normales de operación), etcétera.

Basados en estos datos se realiza la selección de la bomba, ocurriendo generalmente que más de un tipo de bomba puede satisfacer estas condiciones de servicio. Debe entonces pasarse al análisis de los restantes factores para tomar una decisión final.

Las condiciones de explotación, por ejemplo, pueden resultar un factor decisivo para determinar el costo inicial de la bomba y su costo de explotación. Es evidente que posea un buen diseño y esté construida con gran precisión, debe poseer un costo inicial elevado, pero un alto rendimiento y seguridad en su trabajo; será aconsejable su empleo para un uso continuo y seguro. Si por el contrario se necesita una bomba para un uso esporádico, será más conveniente emplear una bomba cuyo costo inicial sea menor, aunque su explotación (por su menor tiempo de uso) sea más costosa (menor rendimiento y mayor costo de mantenimiento).

La temperatura del fluido es otro factor importante a considerar. Generalmente, el fabricante de bombas establece la temperatura máxima de operación de la bomba, ya que la temperatura del fluido además de limitar la operación de la bomba desde el punto de vista de la cavitación, lo cual puede obligar a la instalación de una carga neta positiva en la succión de la bomba, también puede producir dilataciones térmicas inadmisibles en los elementos de la bomba, fundamentalmente en el sello y en los apoyos del eje, lo cual obliga a la selección de la bomba provista de sistemas de enfriamiento.

Los fluidos agresivos requieren una cuidadosa selección de los materiales de la bomba o de revestimientos especiales como el teflón u otro material similar resistente a la erosión y corrosión de los materiales bombeados.

Cuando el fluido bombeado presenta sólidos en suspensión, en dependencia del tipo y dimensiones de estos, será necesario que los impelentes sean del tipo abierto o semiabierto, o de los denominados intupibles. (Ramos, 1995 ; Energy, 2004 ; Alemán, 2017).

Sobre el procedimiento de evaluación de bombas centrífugas:

Para realizar la caracterización del sistema, se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar el punto o puntos de operación de la bomba.

- Determinar la potencia demandada por el conjunto bomba-motor.
- Determinar la eficiencia de la bomba.
- Determinar el consumo de energía del sistema de bombeo.

Determinar el costo de operación del sistema actual.(Atlántico y Occidente, 2015 ; S.A, 2015 ; Alemán, 2017)

Como una de las medidas para el ahorro de energía se señala que:

Si los equipos existentes son antiguos, presentan un alto consumo y una baja eficiencia. Es recomendable sustituirlos por otros de menor consumo y mayor eficiencia. (Tiravanti, 2008 ; Fernández, 2014)

Caracterización del sistema y método de análisis:

El sistema está compuesto por una cisterna de gran capacidad la cual está alimentada por el acueducto. En el mismo se encuentran situadas 5 bombas en paralelo y de ellas solo dos están en funcionamiento, una en operación y la otra de repuesto por si esta sufre algún daño. El sistema de tuberías está compuesto en la succión por una tubería de 8 pulgadas, una de seis. En la descarga tiene un tramo de 6 pulgadas, uno de 4 y otro de 6. A su vez se le instaló una válvula de no retorno(chegue) en la descarga de las bombas. Se tomaron los siguientes datos de chapa del equipamiento:

Datos de chapa (motor)	Datos de chapa (bomba)
Modelo: 4AM16CM2T2	Modelo: k90/55
Potencia: 18,5kW.	Flujo volumétrico: 90 m ³ /h.
Frecuencia de rotación: 3490 min-1.	Carga: 43 m.
Voltaje: 220V.	Potencia del eje: 16 kW.
Frecuencia: 60Hz.	η_p : 65 %
Eficiencia: 91,5%.	n: 3490 rpm
Factor de potencia: 0,80.	

Utilizando una pinza amperimétrica y un caudalímetro ultrasónico se tomaron los datos de campo de caudal manipulado por la bomba y potencia eléctrica consumida por el motor:

$$Q= 58,68\text{m}^3/\text{h}$$

$$N_{el}= 16,2\text{kW}$$

Para realizar los cálculos de una forma organizada se dividió el sistema de tuberías en 5 tramos, dos de succión y 3 de descarga con cada uno de los accesorios que tienen los mismos.

A partir de los datos obtenidos y la ecuación de la energía mecánica se obtiene la carga del sistema de bombeo.

Posteriormente se determinan los diferentes rendimientos que caracterizan el sistema:

Rendimiento de la instalación:

$$\eta_{inst} = \frac{\rho * g * Q * H_b}{N_{el}}$$

Rendimiento de las tuberías:

$$\eta_t = \frac{N_a}{N_u} = \frac{\rho * g * Q * \Delta Z}{\rho * g * Q * H} = \frac{\Delta Z}{H}$$

Rendimiento del sistema:

$$\eta_s = \eta_t * \eta_{inst}$$

Pérdidas de potencia en el sistema:

$$N_{per} = N_{el} * (1 - \eta_s)$$

Resultados:

Los resultados obtenidos al evaluar el sistema son los siguientes:

Rendimiento de la instalación (fracción)	0,49
Rendimiento de las tuberías (fracción)	0,87
Rendimiento del sistema (fracción)	0,42
Pérdidas de potencia (kW)	9,39

El rendimiento de la instalación es muy bajo comparado con el de chapa, por lo que es recomendable sustituirla por otra.

Los resultados obtenidos con la aplicación del software PSAT 2008 se muestran a continuación:

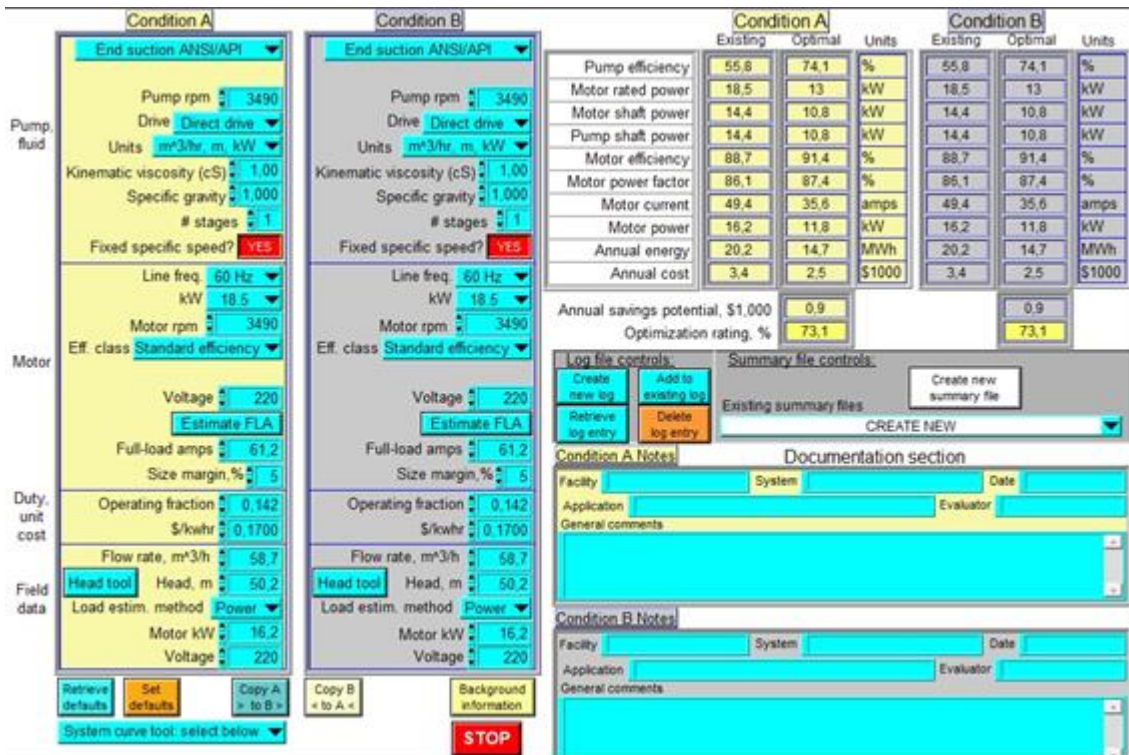


Figura 1: Resultados del software PSAT
Fuente: PSAT 2008

La eficiencia de la bomba es de 55,8 % y existe una bomba óptima que podría trabajar con eficiencia de 74,1% si se sustituyera por la actual. Los valores de potencia eléctrica del motor son aproximados al medido en la realidad y los valores de consumo y costo energético anuales coinciden con lo anterior calculado. La bomba actual se encuentra a un 73,1% de la bomba óptima para estos parámetros de operación, lo cual el software lo califica de regular y se tendrá un ahorro de \$900 anuales instalando la bomba recomendada.

Basándose en los datos medidos de flujo y potencia eléctrica de la bomba actual, la carga calculada manualmente y los resultados obtenidos por el software PSAT 2008 con dichos datos se seleccionaron tres bombas de diferentes fabricantes, cuyas curvas características se usaron para la selección.

Para el análisis se utilizó el software PSIM 2017, al cual se le entraron todos los datos reales de la instalación como niveles de líquido de cada reservorio, longitudes y accesorios de cada tramo de tubería y particularidades de las bombas. La discretización de la instalación se muestra a continuación.

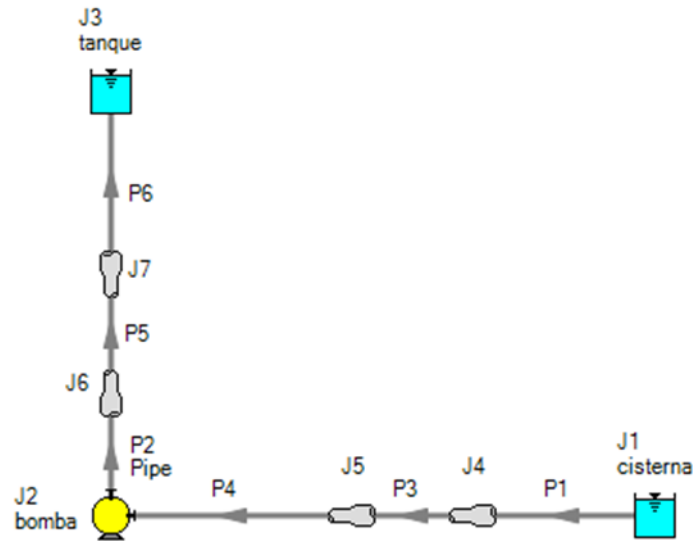


Figura 2: Esquema discretizado de la instalación.
Fuente: Software. PSIM 2017

Tabla 1: Resultados obtenidos para las diferentes bombas

	<i>Bomba A</i>	<i>Bomba B</i>	<i>Bomba C</i>
<i>Flujo Volumétrico</i> <i>m³/h</i>	<i>57,07</i>	<i>55,27</i>	<i>67,31</i>
<i>Carga</i> <i>m</i>	<i>50,39</i>	<i>50,01</i>	<i>51,77</i>
<i>Eficiencia de la bomba</i> <i>%</i>	<i>73,19</i>	<i>72,30</i>	<i>75,41</i>
<i>Potencia eje</i> <i>kW</i>	<i>10,68</i>	<i>10,39</i>	<i>12,4</i>
<i>Consumo anual</i> <i>kW-h</i>	<i>13643,7</i>	<i>13690,38</i>	<i>13442,22</i>
<i>Costo empresa</i> <i>USD/año</i>	<i>2319,42</i>	<i>2327,36</i>	<i>2285,17</i>

Si se analiza el ahorro tanto de energía como de dinero para la entidad, comparado con el sistema actual, así como el costo del ciclo de vida se pueden ver los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 2: Comparación de ahorros y costos.

Bombas	Ahorro energético. (kW-h/año)	Ahorro Empresa (USD/año)	Costo del ciclo de vida. (USD)
A	6088,2	1035	38141
B	6041,9	1027,06	39485
C	6362,82	1081,67	36399

Analizando la tabla anterior se puede afirmar que la bomba idónea para esta instalación es la Bomba C con impelente de 165 mm de diámetro a 3500 min^{-1} , por ser la que representa mayor ahorro de energía, de dinero anual y la que menor costo de ciclo de vida tiene con respecto a las otras dos bombas en un periodo de 15 años.

Conclusiones:

La bomba actual no está trabajando de forma eficiente ya que el flujo volumétrico y la eficiencia están por debajo del rango permisible. La propuesta de solución para mejorar la eficiencia de trabajo de la instalación de bombeo de la Entidad es instalar la bomba C. Esta propuesta conlleva un ahorro anual a la empresa de 6362,82 kW-h y 1081,67 USD/año.

Bibliografía

ALEMÁN, J. *Metodología para la evaluación y ahorro de energía en sistemas de bombeo centrífugo*, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, 2017. p.

ATLÁNTICO, U. D. y U. A. D. OCCIDENTE *Ahorro de energía en sistemas de bombeo*, 2015,

ENERGY, U. S. DOE. *Variable speed pumping*, 2004.

FERNÁNDEZ, P. *Bombas Centrifugas y Volumétricas*, 2014. p.

RAMOS, N. *Bombas, Ventiladores y Compresores*. Rosalia Díaz Udría. 1995. 398 p.

S.A, C. Y. S. E. T. E. *Evaluación de Bombas Centrifugas*, 2015.

TIRAVANTI, E. *Eficiencia en los sistemas de bombeo y de aire comprimido*, 2008.