

[Regadíos]

[AHORRO DE ENERGÍA]

Medidas para mejorar la eficiencia energética en comunidades de regantes (II)

M. Carmen Rocamora Osorio

Ricardo Abadía Sánchez

Antonio Ruiz Canales

Herminia Puerto Molina

José María Cámara Zapata

Amparo Melián Navarro

Javier Andréu Rodríguez

Universidad Miguel Hernández,
Escuela Politécnica Superior de
Orihuela

En la primera entrega de este artículo se proponían medidas de ahorro energético en comunidades de regantes relacionadas con el diseño y manejo de las instalaciones de riego.

Ahora, en la segunda, se exponen medidas que permiten mejorar la eficiencia energética de los equipos de bombeo en las estaciones de elevación.



Estación de bombeo con grandes equipos en la Comunidad de Regantes de Lorca (Murcia)

La eficiencia energética en comunidades de regantes depende por una parte del diseño hidráulico de la red de distribución, y por otro, del rendimiento de los equipos de elevación. En la primera parte del artículo, se exponían medidas que permitían mejorar la eficiencia energética actuando sobre la red de distribución, aumentando la eficiencia en la distribución. En esta segunda, se exponen otras medidas que consisten en mejorar la eficiencia de los grupos de bombeo.

El consumo energético en comunidades de regantes depende principalmente de la demanda de presión y caudal de la red y del rendimiento de los grupos motomomba. En aquellas comunidades que están en vías de modernización, una correcta selección de estos grupos permitirá que las estaciones de bombeo trabajen con una alta eficiencia energética. En las instalaciones ya modernizadas, la eficiencia energética se puede incrementar mediante algunas mejoras consis-

tentes en la sustitución de equipos, la instalación de elementos de control y regulación, o las operaciones de mantenimiento que permitan un buen funcionamiento de la red con un menor consumo de energía.

Se proponen también unas medidas en cuanto a la gestión del consumo y la contratación de la energía, que, si bien no implican ahorro energético, sí permiten en algunos casos importantes ahorros económicos.

Por último, se expone brevemente la valoración económica de las medidas propuestas, teniendo en cuenta el ahorro que se puede conseguir y la inversión necesaria.

Evitar el sobredimensionado de los grupos de bombeo

Los equipos de bombeo se suelen dimensionar para el mes de máxima demanda. Además, generalmente se prevé abastecer a la totalidad de la superficie regable de la comunidad de

Tabla 1:

El ahorro energético que se puede obtener con la sustitución de uno de los grupos de bombeo de una estación por otro de menor caudal nominal representa el 54% del consumo en las condiciones actuales

	Situación inicial	Situación final	Ahorro
Potencia (kW)	314	145	
Caudal nominal de la bomba (m ³ /h)	2500	1080	
Eficiencia energética (%)	40	65	
Consumo energético (kWh/año)	1.235.806,00	570.372,00	665.434,00
Coste económico bruto (€/año) *	93.334,25	43.077,35	50.256,90
Coste inversión (€)	45.330,00		
Periodo de amortización (años)	0,90		

* El coste se ha calculado según la tarifa general 2.1 sin tener en cuenta complemento por discriminación horaria.

regantes, teniendo en cuenta las máximas dotaciones de agua. Cuando la superficie regada es muy inferior a la regable y las dotaciones de agua de riego disminuyen, como ocurre en épocas de sequía, las instalaciones funcionan gran parte del año muy por debajo de su punto de funcionamiento óptimo.

Cuando las bombas trabajan con unos caudales muy bajos respecto a su punto de funcionamiento óptimo, la eficiencia baja considerablemente, llegando a valores inferiores al 40%. En estos casos se recomienda sustituir al menos uno de los grupos de bombeo por otro con menor caudal nominal a la presión demandada. Este nuevo grupo será más eficiente cuando el caudal suministrado es bajo y la estación de bombeo trabajará con mayor rendimiento global. Si la dotación de agua aumenta, o bien la demanda de riego es mayor, entonces se usarán las bombas ya existentes para suministrar mayor caudal.

Sirva como ejemplo el caso de una estación de bombeo de una comunidad de regantes, dotada de cuatro bombas con un caudal nominal de 2500 m³/h. Actualmente las dotaciones de agua en la zona regable se han recortado considerablemente debido a la sequía. Durante el período de estudio de dicha estación se han registrado caudales muy dispares, que determinan que la eficiencia energética varíe considerablemente. Cuando se dispone de caudales elevados, superiores a 2000 m³/h, la eficiencia llega a valores superiores al 65%, mientras

que con caudales bajos (entre 400 y 1000 m³/h), la eficiencia de los grupos desciende hasta valores inferiores al 40%.

En una estación con estas características, la sustitución de un grupo motobomba por otro que eleve caudales inferiores a los nominales de las bombas actuales permite que la estación trabaje de manera eficiente aun cuando suministra caudales bajos. La **Tabla 1** muestra el ahorro conseguido por esta medida. El ahorro energético que se puede obtener con la sustitución de uno de los grupos de bombeo por otro de menor caudal nominal representa el 54% del consumo en las condiciones actuales.

Instalación de pequeños grupos de bombeo con bombas de velocidad variable

Las necesidades de presión y caudal en redes de distribución no suelen ser constantes. Como los grupos de bombeo se dimensionan para las máximas necesidades, cuando la demanda de caudal es más baja, las bombas funcionarán con un bajo rendimiento. O bien la bomba trabajará con un caudal muy superior a la demanda o bien será necesario estrangular la válvula, lo que lleva a un mayor consumo de energía y a una menor vida de la bomba.

Los variadores de velocidad permiten reducir la potencia absorbida por la bomba en los períodos de menor demanda de caudal. Esta medida es

más eficiente que la regulación mediante el estrangulamiento de la válvula, siempre que el régimen de trabajo de la bomba se encuentre dentro de un rango determinado. Además del ahorro energético, comporta otras ventajas como el menor desgaste de los elementos mecánicos y menos ruidos y vibraciones.



Arrancadores Electrónicos

En el caso de estaciones de bombeo que se encuentran en funcionamiento, se pueden conseguir ahorros importantes de energía mediante la instalación de un variador para regular el trabajo de una bomba ya existente. En este caso, sin embargo, hay que tener especial cuidado y elegir un variador cuyas características eléctricas se ajusten a las del motor que acciona la bomba. De lo contrario se corre el riesgo de provocar un fallo prematuro del sistema.

A la hora de proyectar la instalación, se deben tener en cuenta todas las condiciones de trabajo posibles. En instalaciones complejas con curvas de demanda que pueden variar mucho a lo largo de la campaña de riego, se suelen plantear distintas opciones de regulación, entre las cuales hay tres que se consideran idóneas:



Para bombas con caudales muy bajos respecto a su punto de funcionamiento óptimo deberían sustituir al menos uno de los grupos de bombeo por otro con menor caudal nominal a la presión demandada

[Regadíos]

- Regulación mediante un variador de velocidad
- Regulación mediante dos variadores de velocidad con un accionamiento simultáneo
- Regulación mediante dos variadores de velocidad con un accionamiento secuencial.

Esta última opción es, en general, más eficiente que el resto, permitiendo que se suministre el caudal demandado en todo momento a la presión requerida y con el mínimo consumo de energía.

El principal inconveniente de los variadores de velocidad es la generación de armónicos, esto es, alteraciones en la red eléctrica. Para evitar que se inyecten a la red, los variadores han de estar dotados de filtros. Muchos de los variadores que existen en el mercado llevan filtros de serie; en caso contrario, será necesario instalar filtros para evitar la propagación de armónicos.

Instalación de equipos de control electrónico como arrancadores estáticos

En el arranque de los motores que accionan las bombas se producen intensidades muy altas así como un elevado par de arranque, que puede ser perjudicial para el motor desde el punto de vista mecánico. Para evitar estos inconvenientes se puede limitar



Una correcta selección de los grupos de bombeo unida a un mantenimiento adecuado de los equipos favorecerá que el bombeo sea eficiente a lo largo de toda la vida de la instalación

la intensidad de arranque. Los variadores de frecuencia reducen el pico de intensidad, pero en el caso de bombas que trabajan a un régimen fijo y no requieren regulación de su funcionamiento, es más indicado el uso de arrancadores estáticos.

Los arrancadores estáticos aplican la tensión de forma progresiva, mediante rampas de tensión, cuya duración se debe ajustar de manera que la intensidad de arranque no supere un determinado límite. Conforme la intensidad se reduce al aumentar las revoluciones, continúa la rampa hasta que se alcanza el 100% de la tensión nominal. La parada del motor también se realiza generando una rampa de deceleración, reduciendo la tensión progresivamente hasta que el par motor sea menor que el par resistente.

Una de las ventajas de los arrancadores estáticos es que se obtiene un arranque suave que minimiza los efectos producidos por los golpes y las vi-

braciones. Mejoran el rendimiento de los motores y son muy útiles en electrobombas al permitir controlar el golpe de ariete.

Simulación del proceso de puesta en marcha de los grupos de bombeo en función de la demanda real

Es interesante realizar una simulación hidráulica de la red de riego, a fin de prever el comportamiento de la red ante diferentes situaciones que se pueden dar a lo largo de la campaña de riego. Para ello es necesario conocer la distribución de caudales a lo largo de la campaña de riego así como los datos referentes a las bombas (curvas características, presión de consigna).

Mediante la simulación de la red se puede estimar la eficiencia en los distintos escenarios, lo cual permite una adecuada programación de los arranques de las bombas. Se pretende conseguir que en todo momento, sea cual sea el caudal demandado, la eficiencia sea la más alta posible.

Mejoras en el factor de potencia de los equipos

El factor de potencia se puede definir como la relación que existe entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) que demanda un motor o una instalación y es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Cargas inductivas, como son los motores de inducción, originan factores de potencia bajos, lo que supone una mayor intensidad de corriente, con las consiguientes pérdidas en los conductores, fuertes caídas de tensión, incrementos de potencia de las instalaciones y reducción de su vida útil. Además, repercute en un mayor coste de la energía, a través del complemento por energía reactiva en la facturación eléctrica.

Para conseguir que un factor de potencia superior a 0,95, de modo que se aplique el descuento en la facturación, se deben instalar baterías de condensadores que compensen la energía reactiva que consumen los motores. El número y tipo de estos equipos viene determinado por las características de la instalación que se pretende optimizar.





La compensación de energía reactiva se puede hacer por bloques o individualizada. La instalación de baterías de condensadores individuales requiere condensadores de diferentes capacidades, resultando en un mayor coste. En estaciones con varias bombas en las que puede haber variaciones importantes de la carga es recomendable el empleo de bancos de baterías automáticas de forma que los condensadores se conecten o desconecten sucesivamente según la situación de marcha / paro de los motores.

El coste de los equipos de compensación de energía reactiva se amortiza rápidamente, con el ahorro en el complemento por energía reactiva.

Mantenimiento de equipos

Una correcta selección de los grupos de bombeo unida a un mantenimiento adecuado de los equipos favorecerá que el bombeo sea eficiente a lo largo de toda la vida de la instalación. Los técnicos de la comunidad de regantes deben establecer un protocolo de mantenimiento basado en su propia experiencia y en las recomendaciones de mantenimiento recogidas en la documentación técnica de las bombas y motores.

Es recomendable una inspección rutinaria del funcionamiento de las bombas, para comprobar estado de los filtros, lubricantes, etc. Esta vigilancia permitirá detectar ruidos extraños, cambios en el comportamiento de los equipos y cualquier anomalía que se pueda producir. La instalación de elementos de control, como sensores de presión, válvulas anti-rotura, presostatos, etc., que envíen alarmas

en caso de una anomalía, permitirá la rápida detección de averías y su reparación.

También se debe realizar una inspección periódica más exhaustiva, que incluya la puesta a punto de los grupos motobomba, engrasado, limpieza o sustitución de filtros, comprobación de alineamientos, tolerancias, líneas eléctricas, etc.

Cambios en el manejo de los equipos según las necesidades

Se pueden producir cambios en las condiciones de trabajo de las bombas y en la demanda, como consecuencia de los cambios en los sistemas de riego, aumento o disminución de la superficie regada o de la dotación de agua de riego, etc. Es preciso tener en cuenta estos cambios para mantener un bombeo eficiente. Por ello es importante que sea el personal de las comunidades de regantes quien se encargue, o al menos supervise, las labores de mantenimiento, aunque determinadas inspecciones se lleven a cabo por empresas especializadas.

En el caso de bombas que elevan agua de un pozo, es preciso conocer si se producen cambios en el nivel estático y dinámico de los sondeos a lo largo del tiempo, a fin de llevar a cabo las modificaciones necesarias en las bombas para que éstas trabajen con la máxima eficiencia.

Es necesario realizar comprobaciones del funcionamiento de las bombas para conocer si varían, y en qué forma, sus condiciones físicas. La recomendación del Agricultural Pumping Efficiency Program, de la Universidad de California, es realizar ensayos de

eficiencia con una periodicidad entre 1 y 3 años, dependiendo del uso anual y de la dureza de las condiciones de trabajo. Es importante conocer si se produce desgaste de los elementos mecánicos. En pozos con alto contenido en arena, el desgaste será mayor por lo que se requerirán controles más frecuentes.

Medidas de ahorro en la contratación de las tarifas eléctricas

Las medidas que se proponen a continuación no suponen un ahorro de energía, pero sí un ahorro económico como resultado de una mejor gestión energética. Consisten en adecuar el consumo de energía a las condiciones de las compañías suministradoras de energía eléctrica.

• Estudiar la tarifa eléctrica más ajustada a la potencia demandada y consumo real.

La anunciada desaparición de las tarifas específicas para riegos en alta y baja tensión obligaba a los agricultores a acogerse a las tarifas generales, en las que los términos de potencia eran más elevados. Sin embargo, las tarifas generales de alta tensión, así como la tarifa horaria de potencia, también van a desaparecer a partir del 1 de julio de 2008, según la disposición adicional cuarta del RD 871/2007. Los consumidores podrán comprar su energía en el mercado libre, debiendo abonar las tarifas de acceso a redes.

• Contratar la potencia realmente utilizada.

El término de facturación de poten-

[Regadíos]

Valoración y amortización de las medidas de ahorro energético

En general, las medidas de ahorro energético llevan consigo un ahorro económico, un coste de inversión y una variación de los costes de mantenimiento anuales. Todos estos factores han de ser tenidos en cuenta a la hora de realizar la valoración económica de las medidas de mejora de la eficiencia y estimar su rentabilidad.

El ahorro energético anual que lleva consigo la adopción de las medidas de mejora de la eficiencia se puede estimar como la diferencia entre el consumo anual de energía en la situación inicial y el consumo anual tras la mejora. Ese ahorro energético, multiplicado por el coste de la energía, es el ahorro económico bruto. El ahorro económico anual (AEA) es la diferencia entre el ahorro económico bruto y el incremento de costes que lleva consigo la medida adoptada.

Para obtener el rendimiento bruto de la inversión (RBI) se tiene en cuenta el coste de ésta (I), el ahorro económico anual (AEA) y la vida útil (años) de la mejora (Vu).

$$RBI = \frac{(I - AEA \cdot Vu)}{I} \cdot 100$$

El plazo de amortización (PA) de la inversión se obtiene como el cociente entre el coste de inversión (I) y el ahorro económico anual (AEA):

$$PA = \frac{I}{AEA}$$

Existen medidas correctoras que no requieren coste de inversión, como pueden ser el desplazamiento de consumo a horas más baratas (medida que no ahorra energía pero sí reduce costes), la regulación de válvulas para adaptar el punto de funcionamiento de una bomba al régimen de máximo rendimiento, la sectorización cuando ya existen las tuberías y válvulas necesarias y sólo es preciso abrir y cerrar las adecuadas, etc.

Otras medidas requieren inversiones: instalación de nuevos equipos, sustitución o modificación de los ya existentes, instalación de tramos de tubería o válvulas para dividir en sectores, etc. En general, estas medidas permiten mejoras importantes en la eficiencia que se traducen en ahorros de energía y por consiguiente ahorros económicos que hacen que en poco tiempo se amortice la inversión.



cia es el producto de la potencia a facturar por el precio del término de potencia. Conviene recordar que la potencia facturada no siempre coincide con la potencia contratada. En las tarifas generales de alta tensión, la potencia facturada se obtiene a partir de una ecuación, diferente según el modo de facturación contratado, que tiene en cuenta la máxima potencia registrada por los máxímetros en cada período horario. Por ejemplo, en el modo de facturación 2, si la potencia registrada por el máxímetro (P_{max}) es superior al 105% de la potencia contratada (P_c), la potencia facturada se calcula mediante la fórmula:

$$P_f = P_{max} + 2(P_{max} - 1,05 \cdot P_c)$$

No es aconsejable contratar una potencia inferior a la que previsiblemente se va a demandar, pues en ese caso la potencia facturada va a ser considerablemente mayor que la contratada.

En la tarifa horaria de potencia, al término de facturación de potencia se le suma la facturación de excesos de potencia en cada uno de los períodos horarios establecidos.

- Ajustar el consumo energético a la discriminación horaria

Tanto en el suministro en el mercado liberalizado como en el suministro a tarifa regulada, el coste de la energía es diferente según el período horario en que se produzca. Hay horas en las que la demanda es mayor

y por lo tanto el término de energía es superior, o bien se aplica un recargo sobre la tarifa básica al consumo en esas horas, que puede llegar al 300% en caso de horas punta de días pico. En cambio, en horas de menor demanda, el término de energía es más barato, o bien se aplica un descuento, que puede llegar al 43% en horas valle.

Es conveniente adaptar el consumo energético a los períodos horarios del tipo de discriminación elegido, centrando el consumo energético en horas valle o llano y evitando el consumo en horas punta, de forma que el complemento por discriminación horaria sea negativo (descuento), o el recargo sea lo más bajo posible.

Esta medida no siempre es factible. Cuando se eleva agua hasta un embalse desde el cual se va a distribuir por gravedad a la red de riego, sin ninguna duda se puede elevar en horas valle, y en caso de necesitar elevar durante más tiempo, se recurriría a horas llano (sólo en casos extremos se consumiría energía en horas punta). En cambio, si se trata de estaciones de bombeo que suministran el caudal directamente a la red de riego, el consumo de energía se producirá a las horas de demanda de riego.

[Bibliografía]

Queda a disposición del lector en los siguientes correos electrónicos: rocamora@umh.es y redaccion@editorialagricola.com. •