

Modificación de operatividad en un sistema de distribución de agua en busca del aumento en la sostenibilidad (Las Bahamas)

Mercedes García, Angel Valentín ⁽¹⁾, López-Jiménez, P. Amparo ⁽²⁾, Pérez-Sánchez, Modesto ⁽³⁾

(1) Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

(2) Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

(3) Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

RESUMEN

En los últimos años debido a una realidad palpable como es el cambio climático, los seres humanos buscamos enfatizar en el cuidado del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales. Por lo que, en la mayoría de los casos, el avance tecnológico busca conseguir un estilo de vida más sostenible. El mundo del agua no queda atrás, al tener que utilizar equipos demandantes de energía y conociendo la existencia de desperdicio energético, los ingenieros hidráulicos buscamos la manera de reducir el requerimiento energético de las redes y, al mismo tiempo el aprovechar de la posibilidad de recuperar energía de los sistemas de distribución de agua de manera presurizada. Este documento trata sobre una modificación realizada en una red suministro de agua potable y, a su vez, como al realizar dichos cambios se logra conseguir disminuir valores como son: el volumen consumido, requerimiento energético, emisión de gases de efecto invernadero, entre otros. Por último, se plantea la utilización de indicadores de sostenibilidad que faciliten la obtención de resultados comparables con distintas redes sin importar tamaño y/o topología de estas.

Palabras clave: Sostenibilidad; Redes de agua; Emisión de gases con efecto invernadero; Reducción de requerimiento energético.

INTRODUCCION

El soporte y la razón del cambio para todas las formas de vida, es la energía. La variabilidad del consumo de energía presentó cambios significativos en los últimos años debido al crecimiento exponencial de la población humana [1]. Hace algunas décadas, el nexo agua-energía se centró en la producción de energía a través de centrales hidroeléctricas; varios estudios recientes crearon una nueva perspectiva sobre el binomio agua-energía. Asimismo, estos nuevos puntos de vista muestran a las instalaciones de agua como consumidoras de energía [2].

Al mismo tiempo, el cambio climático, como producto del calentamiento global, creó un desafío para el desarrollo social y económico de diferentes naciones. Uno de los recursos más afectados es el agua, cuya disponibilidad ha disminuido y, la extracción de esta es cada vez más compleja. Como resultado, ha surgido una fuerza para buscar fuentes alternativas para obtener agua energéticamente de manera más consuntiva [3]. El agua se extrae del subsuelo y se realiza la desalinización con ósmosis inversa, procesos que son cada vez más populares. Ambos métodos requieren grandes estaciones de bombeo para lograr valores de alta presión y un gran flujo de agua, ya que ambos determinan la potencia que necesita todo el equipo [4].

El agua y la energía tienen una estrecha relación debido a las alteraciones existentes en el ciclo hidrológico natural, para satisfacer las necesidades del ser humano [3]. El ciclo del agua alterado debe tener sostenibilidad en todo su sistema de transporte (económico, ecológico, social y físico),

lo que significa que debe satisfacer las demandas actuales y futuras sin una degradación significativa [4].

De la misma forma, los organismos internacionales muestran en sus informes la existencia de una gran presión para gestionar los recursos hídricos de forma más eficiente. Esta presión aumenta en proporción al crecimiento de la población humana. En la actualidad, se ha determinado que más del 40% de los humanos tienen deficiencias en el suministro de agua [5]. En esta línea, los gobiernos están publicando diferentes programas internacionales y nacionales con el fin de promover la renovación de las antiguas instalaciones, las cuales tienen una baja eficiencia, así como el diseño que considera una política hídrica sostenible [6]. Estas políticas son centradas en el desarrollo de estrategias que puedan adaptarse a la escasez de agua y la variabilidad climática [7].

Para aumentar la eficiencia del suministro de agua, las redes de transporte se han desarrollado de manera presurizada, pero esto, a su vez, tiene un mayor requerimiento energético [8]. La energía aportada por los equipos de bombeo aguas arriba de la red, en un sistema de distribución de agua, que opera de forma presurizada, para abastecer la demanda agraria, se ve afectada en función de las fluctuaciones en la demanda de los cultivos [9]. Estas alteraciones en el funcionamiento de los equipos de bombeo podrían generar momentos en los que las tuberías presenten sobrepresión; por lo tanto, se deben implementar equipos o elementos capaces de controlar estos eventos. Desde el punto de vista energético, los sistemas de bombeo hidráulico son de mayor importancia que las redes operadas por gravedad. Conocer las diferentes características de uso para el riego tiende a incrementar la eficiencia del consumo energético [10].

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta comunicación es mostrar maneras de medir la sostenibilidad de las redes de agua en función de indicadores propuestos en este documento. De igual forma, muestra como los valores obtenidos en el análisis de las redes de distribución de agua presurizada pueden variar al aplicar técnicas que provocan la reducción del consumo energético por equipos de bombeos utilizados para suplir la demanda del sistema. Asimismo, este trabajo busca demostrar cómo los indicadores de sostenibilidad propuestos son útiles no solo en sistemas como el expuesto, si no también, en cualquier tipo de red presurizada creando así, la habilidad de comparar el estado de diferentes redes independientemente de la tipología de esta.

CASO DE ESTUDIO

El presente trabajo muestra el análisis del consumo energético de una red de distribución de agua potable en las Bahamas, la cual se encarga de suplir la demanda de 200 habitantes permanentes y una población flotante promedio diario de 4000 personas. También esta red es utilizada para suministrar la demanda de riego a toda la isla, con una superficie de 2 km².

La producción de agua es obtenida mediante una estación de osmosis inversa, la cual, tiene una capacidad de producir 305m³/día de agua fresca. En función de los datos obtenidos por distintos contadores de agua se estima que el consumo promedio diario de agua potable es de 250 m³/día.

La red analizada, posee una longitud total de tubería de PE de 10 km con diámetros que varían entre 100 mm y 25 mm. De igual forma, la dinámica del flujo es creado con una estación de bombeo de 3 bombas trabajando de forma paralela cada una con una potencia de 5.6 kW. Cabe resaltar que todo el sistema es por impulsión y que no existen puntos y/o estructuras que provoquen que la red funcione como un sistema de gravedad.

RESULTADOS

La utilización de los indicadores antes mencionados para el análisis de la sostenibilidad de las redes se enfoca en la comparación entre distintos momentos de operatividad de un mismo sistema. En principio se exponen los valores obtenidos cuando la red está funcionando con el sistema inicial de operatividad (SIO) y, al mismo tiempo, los resultados del análisis de un sistema modificado de operatividad (SMO). El sistema de distribución por bombeo de agua potable se le implemento un cambio en su estación de bombeo al haber instalado variadores de frecuencia en las distintas bombas, enfocados en garantizar que cada una de las bombas, esté trabajando en el mejor punto de eficiencia posible. Los resultados obtenidos de estos análisis son los siguientes:

Tabla 2. Resultado de análisis de red presurizada con operatividad inicial (SIO) vs operatividad modificada (SMO)

	SIO	SMO
Volumen diario de consumo (m³)	304.83	246.05
Consumo energético (kWh/a)	13,516.95	11,010.50
Emisión de GEI (KgCO₂eqv2/a)	440,920.0	359,160.00
Costo energético (USD/a)	\$88,184.00	\$71,832.00
Energía consumida per cápita (kWh/a)	3.22	2.62
Emisión de GEI per cápita (KgCO₂eqv2/a)	104.98	85.51
Costo energético per cápita (USD/a)	\$ 21.00	\$17.10

En la **Tabla 2** se muestra los resultados obtenidos del análisis de la red de distribución de agua potable con el sistema inicial de operatividad versus el sistema modificado de operación. También, se puede apreciar que al colocar variador de frecuencia en 2 de las 3 bombas que componen el equipo de bombeo se logra disminuir el volumen de agua consumido por 56 m³/día. De igual manera el consumo energético y las emisiones de CO₂ equivalente se vieron disminuidas al modificar el sistema en 2,506 kWh/año y 81,700 CO₂eqv, respectivamente.

De igual forma, al disminuir los parámetros analizados en este estudio de manera global al realizar una modificación en la operación de la red, los indicadores per cápita redujeron debido a que el análisis se realiza con función de una cantidad de habitantes constante.

CONCLUSIONES

Al realizar una modificación en la operatividad de la red, no solamente se consigue mejorar el sistema, sino que también, los parámetros medioambientales muestran mejoría en los valores obtenidos. De igual manera, en este estudio se pudo determinar que al instalar elementos que provoquen un funcionamiento eficiente en el equipo de bombeo el volumen de agua consumido diariamente se disminuyó en un 19%. El costo energético relacionado con el uso del agua exhibe una reducción de 3 USD/año por cada usuario de dicha red.

Estos indicadores, habilitan al analista a comparar redes de abastecimiento de agua presurizada de distintas tipologías y tamaños, alcanzando así, una mayor posibilidad de comparaciones y, a su vez, ampliar el alcance de las tecnologías de mejora de sostenibilidad de distintos acueductos. Las posibilidades de la utilización de indicadores

de sostenibilidad, incluso en redes de poco tamaño, en la gestión de las redes está alineada con las estrategias actuales para conseguir implementar los Objetivos de Desarrollo Sostenible a cualquier escala.

REFERENCIAS

- [1] *La relación entre el agua y la energía* | *iAgua*. (n.d.). Retrieved July 19, 2020, from <https://www.iagua.es/noticias/h2orizon/relacion-agua-y-energia>.
- [2] Cabrera, E., Pardo, M. A., Cobacho, R., & Cabrera, E. (2010). "Energy audit of water networks". *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(6), 669–677. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000077](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000077)
- [3] Murgui Mezquita, M. (2010). "Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de valencia". *Ingeniería Del Agua*, 17(3). <https://doi.org/10.4995/ia.2010.2980>
- [4] McMahon, G. (1998). "Sustainability criteria for water resource systems". *American Society of Civil Engineers - Task Committee Reports*, 396–398. [https://doi.org/10.1016/s0301-4207\(00\)00047-7](https://doi.org/10.1016/s0301-4207(00)00047-7)
- [5] *El agua en la agricultura*. (n.d.). Retrieved July 19, (2020), from <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>.
- [6] *Agricultural Policies in OECD Countries 2007*. (2007). OECD. https://doi.org/10.1787/agr_oecd-2007-en
- [7] Bakker, K., & Cook, C. (2011). "Water governance in Canada: Innovation and fragmentation". *International Journal of Water Resources Development*, 27(2), 275–289. <https://doi.org/10.1080/07900627.2011.564969>
- [8] Fernández García, I., Rodríguez Díaz, J. A., Camacho Poyato, E., & Montesinos, P. (2013). "Optimal Operation of Pressurized Irrigation Networks with Several Supply Sources". *Water Resources Management*, 27(8), 2855–2869. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0319-y>
- [9] Daccache, A., Lamaddalena, N., & Fratino, U. (2010). "On-demand pressurized water distribution system impacts on sprinkler network design and performance". *Irrigation Science*, 28(4), 331–339. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0195-7>
- [10] Romero, L., Pérez-Sánchez, M., & López Jiménez, P. A. (2017). "Improvement of sustainability indicators when traditional water management changes: a case study in Alicante (Spain)". *AIMS Environmental Science*, 4(3), 502-522. <https://doi.org/10.3934/environsci.2017.3.502>