

El agua y la energía son uno de los recursos más importantes para el desarrollo de la sociedad. El nexo entre el agua y la energía es de gran interés por su importancia dentro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Como respuesta a la búsqueda de la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida, se desarrollan nuevas tecnologías que permiten la recuperación de energía mediante el potencial hidráulico que existe en las redes de distribución de agua urbana o de riego. El exceso de presión, envejecimiento de las tuberías y otros factores externos, incrementan los niveles de fugas, afectando al rendimiento volumétrico en las redes de distribución de agua potable. Esta pérdida del recurso agua es sinónimo de pérdidas económicas, debido a que el caudal inyectado para lograr satisfacer la demanda hídrica deberá ser mayor para compensar el volumen de agua perdido por fugas. Las fugas suponen una pérdida de energía en la red, lo que obligará a incrementar la presión en las estaciones de bombeo para cumplir las presiones mínimas requeridas en las tomas. El aumento de la potencia en estos equipos generará mayores costes energéticos.

El objetivo principal de esta tesis es desarrollar estrategias hidráulicas para mejorar la recuperación de energía en los sistemas de distribución de agua, considerando la influencia de las fugas en el sistema, mediante la optimización de la ubicación y selección de bombas funcionando como turbinas (*PAT*, por su acrónimo en inglés *pumps working as turbines*).

El cumplimiento de los objetivos de esta tesis requirió de la elaboración de cuatro artículos publicados, que permitieron: (i) la contextualización sobre las fugas, los métodos de cálculo existentes para la estimación de las fugas en las redes de distribución y su influencia en el rendimiento volumétrico de los sistemas; (ii) se propone en esta tesis una serie de expresiones de regresión, que modificando las leyes de semejanza permitan definir las tres curvas de operaciones cuando las *PAT* operan bajo la estrategia de velocidad de giro variable, estas son: curva de altura de mejor eficiencia (*BEH*), curva de mejor altura de potencia (*BPH*) y curva de mejor flujo de potencia (*BPF*); (iii) la propuesta de una metodología que permita definir la ubicación y la selección del sistema de recuperación de energía, a través de un procedimiento "simulated annealing" empleando varias funciones objetivo, como: la maximización de (E_{TR}), la maximización (ΔV_L), la minimización del *LCOE* y la maximización del *VAN*; y (iv) la aplicación y mejora de la metodología en una red de abastecimiento de agua urbana y de riego.

La metodología propuesta ha sido aplicada en dos casos de estudio de redes reales, la primera de riego en Vallada (España) y la segunda de distribución urbana en Manta (Ecuador). El desarrollo de la metodología en la red de riego muestra la influencia en la reducción de fugas cuando se instalan *PAT* en la red. La recuperación anual de energía se estimó con valores de alrededor de 32000 kWh, una reducción anual del volumen fugado de 18000 m³ y la disminución de las emisiones de CO₂ de 4.38 a 0.24 kg por cada m³ de agua recuperado por fugas. Para la red urbana ubicada en Manta (Ecuador), en caso de instalarse un sistema de recuperación con 3 máquinas, es posible generar anualmente 23624 kWh de energía, una reducción del volumen fugado de 96000 m³ de agua y 11.58 t de CO₂. Al instalar 2 sistemas de recuperación con 3 máquinas en paralelo cada uno, se recuperaría anualmente un valor de energía de 34490 kWh, se reducirían 120000 m³ de agua fugada y 969 t de CO₂ al año.