



Análisis metrológico de contadores de agua en abastecimientos

Uno de los desafíos más importantes que debe afrontar cualquier empresa gestora del ciclo integral del agua, es la reducción de los elevados niveles de pérdidas. Tradicionalmente todos los esfuerzos se han centrado en minimizar las pérdidas reales, pero en lo que a las pérdidas comerciales se refiere, aquellas que representan el volumen de agua realmente suministrado a los usuarios pero que por diferentes causas no es registrado, mucho es el camino aún por recorrer. El principal componente de las pérdidas comerciales son los errores de medición de los contadores. Como cualquier otro dispositivo de medición, los contadores de agua no son instrumentos perfectos y una vez instalados no son capaces de registrar la cantidad exacta de agua consumida por un usuario, por lo que una parte del agua consumida no puede ser ni registrada ni facturada al cliente. Es por ello que se ha desarrollado en FACSA, junto al ITA de la Universitat Politècnica de València (UPV), un ambicioso proyecto de investigación con el objetivo de estudiar el comportamiento metrológico de los contadores y así obtener el error de medición del parque de contadores.

Palabras clave

Pérdidas de agua, errores de medición en contadores de agua, patrones de consumo, gestión del parque de contadores.

METROLOGICAL ANALYSIS OF WATER METERS IN WATER SUPPLY UTILITIES

One of the major issues affecting water utilities is the high level of water losses. Nonrevenue water (NRW) is the difference between the amount of water put into the distribution system and the amount of water billed to consumers. Traditionally most of the efforts focused mainly on the real losses reduction. Commercial losses are the nonphysical losses in that no water is physically lost from the distribution system and its principal component is the customer meter inaccuracy. As any other measuring device, a water meter is not a perfect instrument and when installed it is not capable of registering the exact amount of water consumed by a user. This means that a portion of the water consumed may not be registered and therefore not billed to the customer. As meter inaccuracies are recognised to be a critical component of apparent losses, it is important to quantify the magnitude of these measuring errors. For this reason, an ambitious research project has been developed in FACSA, with ITA-Universitat Politècnica de València, to analyze the metrological behavior of the meters and thus obtain the measurement error of water utilities.

Keywords

Water losses, water meter errors, water meter performance, water consumption patterns.

Francesc J. Gavara Tortes
doctor, jefe del Departamento de Gestión Integral de Contadores de la Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense, S.A. (FACSA)

Francisco J. Arregui de la Cruz
doctor, profesor titular de la Universitat Politècnica de València (UPV)



1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento, control y optimización de las pérdidas de agua que inevitablemente se producen continuamente en un abastecimiento, es uno de los principales objetivos de cualquier empresa gestora del ciclo integral del agua. Visto el balance hídrico propuesto por la International Water Association (IWA) (**Figura 1**), donde se clasifican las pérdidas en reales y comerciales, deben de realizarse todos los esfuerzos posibles para mantener su magnitud bajo unos niveles de control aceptables.

Durante décadas se han implantado muchas estrategias y técnicas para el control y reducción de las pérdidas reales, pero no así para las comerciales. En los países desarrollados, la componente más importante de las pérdidas comerciales es el error de medición de los contadores. Aunque el uso de contadores podría asumirse de extensivo, el control que se ejerce sobre ellos es preocupantemente reducido. Partiendo de la premisa de que para poder mejorar un sistema debe de conocerse exactamente su comportamiento y para ello es necesario medir las variables afectadas, resulta paradójico el es-

caso control que se ejerce sobre el parque de contadores de un abastecimiento. Evidentemente una de las respuestas a esta situación es la complejidad que representa la implantación de planes de actuación a largo plazo.

Por todo ello resulta imprescindible establecer las medidas oportunas para alcanzar niveles óptimos de pérdidas. Asimismo resulta incuestionable aceptar que la reducción total de las pérdidas comerciales es inalcanzable. Como se verá en el desarrollo del artículo, simplemente motivado por los errores iniciales que presentan los contadores de agua, resulta inevitable aceptar la presencia de un mínimo nivel de pérdidas comerciales desde el primer momento de la gestión. Por ello, deben de establecerse ratios de mejora realistas.

El objetivo del proyecto de investigación llevado a cabo en FACSA, ha sido el contribuir en la reducción de los niveles de las pérdidas comerciales mediante el estudio del comportamiento metrológico de los contadores y la minimización de sus errores de medición.

Un punto crucial a considerar es que el error de un contador de agua

no es constante e independiente del caudal que circula a través de él. Por lo general, a caudales bajos, los errores son más grandes y más sensibles a las variables externas, mientras que para caudales medios y altos, las variaciones de error son más pequeñas. Por lo tanto, la diferencia entre el volumen de agua registrada por el contador y el volumen real consumido, depende directamente de dos parámetros fundamentales: el patrón de consumo del usuario y la curva característica de error del contador.

Visto que los principales factores que afectan al error de medición de un contador son la curva de error y el patrón de consumo, inicialmente se profundiza en el análisis y obtención del patrón de consumo. Resulta imprescindible saber cómo consumen los usuarios, a que caudales y en qué proporción se distribuye su consumo total, tanto para establecer una planificación de la demanda, como para dimensionar correctamente los contadores y las redes de distribución, pero sobre todo para poder obtener el error global de medición. Pero la obtención del patrón presenta una serie de complejidades que determinan su validez.

FIGURA 1. Balance hídrico propuesto por la International Water Association (IWA).



Debe de prestarse especial atención a la selección de los rangos de caudal seleccionados para distribuir el consumo total. El rango de caudales más sensible y que más influencia tendrá en el error global es aquel que se produce a caudales bajos. Por este motivo deberán seleccionarse aquellos rangos de caudal que permitan representar con el detalle más óptimo, la evolución del consumo en este rango. Debe de considerarse, que para un mismo contador, diferentes patrones, incluso diferentes selecciones de los rangos de caudal para un mismo patrón, pueden provocar que los resultados del error de la medición sean bien distintos.

2. PATRÓN DE CONSUMO

La obtención del patrón de consumo es una de las tareas más costosas en

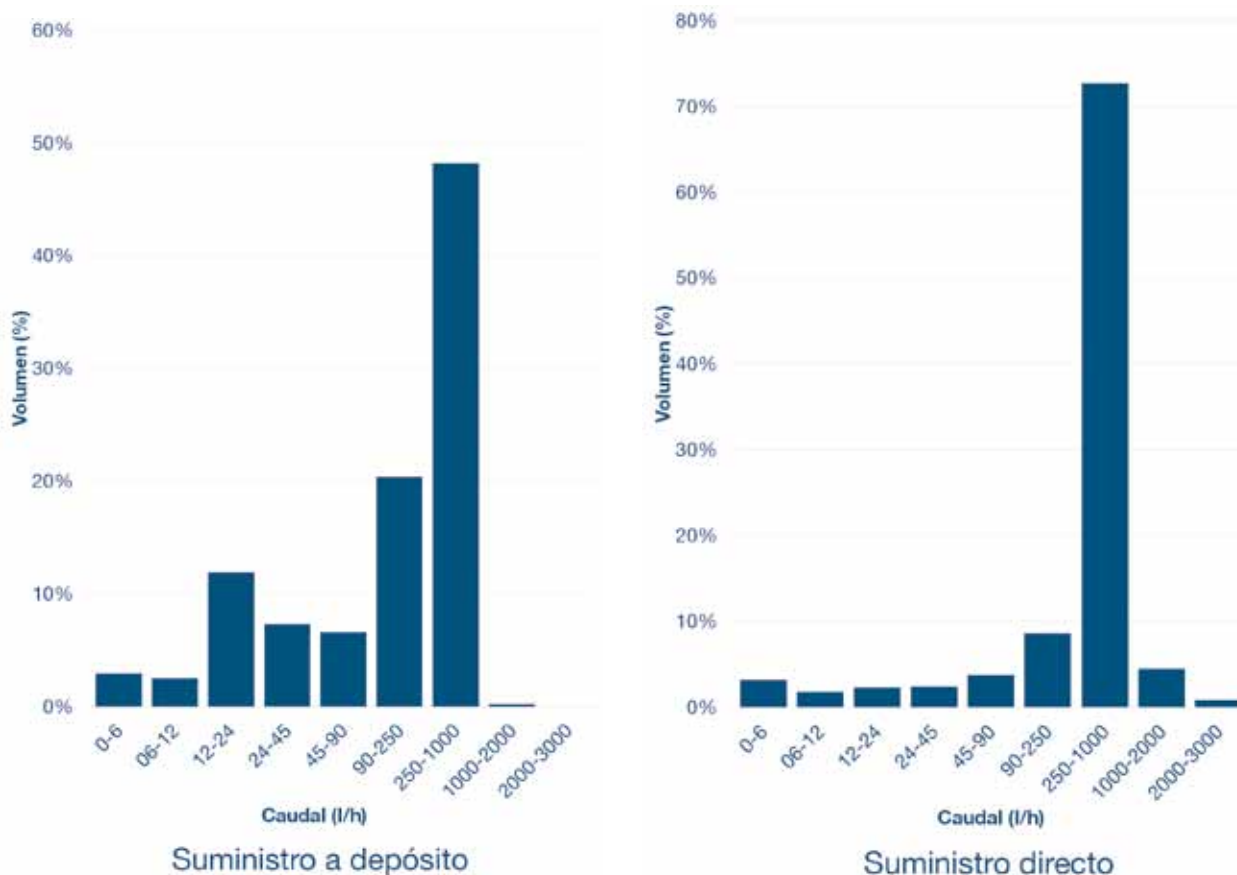
la gestión del parque de contadores, ya que requiere un trabajo muy minucioso tanto en campo como de análisis posterior. Como resulta inabordable la obtención de la totalidad de los patrones de consumo de los usuarios, debe de recurrirse a la selección de muestras que representen con la menor incertidumbre posible, el comportamiento general de los usuarios. Por ello, debe de considerarse que los resultados obtenidos siempre serán estimaciones de la realidad, por lo que el análisis del posterior error obtenido debe de realizarse con suma cautela. Esta consideración puede asumirse cuando el análisis se realiza sobre consumos domésticos. Pero cuando el objetivo es la obtención del patrón de consumo en consumidores no domésticos, esta debe de realizarse individualmente.

2.1. PATRÓN DE CONSUMO DE USUARIOS DOMÉSTICOS

Mediante la monitorización de 201 viviendas, se han obtenido hasta cuatro patrones de consumo diferentes, clasificados en función de la ubicación del contador y de la instalación del abonado. Mediante un análisis estadístico se comprueba que la totalidad de patrones pueden agruparse en únicamente dos tipologías (**Figura 2**): alimentación con el contador instalado antes de depósito; y alimentación con el contador directo a vivienda.

Resulta condicionante la presencia de depósitos en el suministro de agua. Pero más que el depósito en sí, la condición viene determinada por la válvula que regula su llenado. Frecuentemente estas válvulas son progresivas, por lo que en función

FIGURA 2. Patrones de consumo obtenidos para consumidores domésticos.





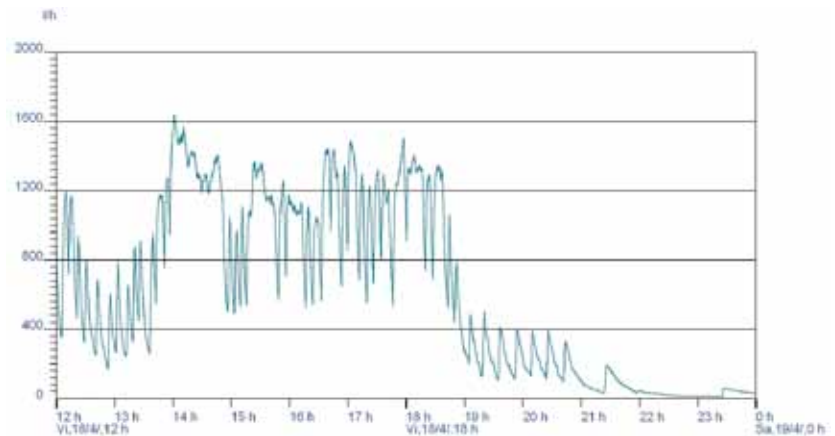
del nivel del depósito su grado de apertura o cierre condiciona el caudal circulante. Así, gran parte del volumen del llenado del depósito se realiza a caudales bajos (**Figura 3**). El porcentaje de consumo registrado hasta un caudal de 45 l/h para el patrón con contador antes de depósito resultaba del 24,6%, mientras que para suministros en directo, este porcentaje era del 8,5%. Una diferencia entre patrones a estos rangos de caudal del 16,1%, resulta fundamental a la hora de determinar el error global de medición.

Realizada una comparativa de los patrones de consumo obtenidos con los de otros autores, se comprueba como existe gran similitud para aquellos con suministros directos, pero las diferencias son notables para los patrones que representan el consumo a depósito. Debe realizarse especial mención a que la presencia de caudales bajos no únicamente se genera por la presencia de depósitos sino que también por la existencia de fugas en la instalación del abonado. De esta forma, deben de analizarse con especial detalle, aquellas instalaciones o abonados donde se intuya o detecte la presencia de caudales bajos, bien por la presencia de depósitos o por la alta probabilidad de existencia de fugas.

2.2. PATRÓN DE CONSUMO DE GRANDES CONSUMIDORES

Tratamiento muy diferente debe darse a los consumidores no domésticos o también identificados como grandes consumidores. Estos, aunque su proporción en un abastecimiento respecto a los consumidores domésticos es baja, representan un elevado porcentaje de la facturación, que frecuentemente supera el 30% y para los que, además, existe un elevado potencial de mejora res-

FIGURA 3. Perfil de consumo perteneciente a un llenado de depósito mediante válvula progresiva simultáneamente con consumo directo.



pecto al aprovechamiento de los recursos. La gran variabilidad y heterogeneidad tanto en las instalaciones de suministro como en los diferentes procesos productivos, hace imposible generalizar comportamientos de consumo, por lo que resulta necesario el estudio individualizado de cada gran consumidor a la hora de obtener su patrón de consumo.

De los 106 patrones obtenidos en grandes consumidores, aparte de evidenciarse su heterogeneidad e individual comportamiento en el consumo, destaca el grave problema de dimensionamiento de los contadores instalados. Únicamente se encontraban correctamente dimensionados el 32% de ellos. Pero es que el 17% de los contadores estudiados, superaban considerablemente su caudal máximo. Graves deterioros, incluso roturas del contador se han detectado (**Figura 4**), lo que ha provocado directamente un incremento en las pérdidas comerciales aparte del coste asociado al necesario cambio del contador. Pero agravando aún más la situación, muchos de estos problemas se han producido de forma reiterada para un mismo abonado, llegando a cambiar su contador continuamente en trimestres sucesivos.

Asimismo, más del 32% de los abonados analizados, presentaban fugas interiores, sin tener en consideración que parte del consumo continuo motivado por llenado de depósitos (19%), pueda estar causado por la existencia de fugas interiores no controladas. Con todo, dada la importancia en el control y seguimiento de los consumos registrados por los grandes consumidores así como para evaluar el comportamiento de su contador, resulta evidente que debe de establecerse una planificación que permita obtener una continuidad en el mismo. Puede resultar conveniente la instalación de sistemas de monitorización, telelectura o telegestión que permitan disponer de datos del funcionamiento del contador en continuo.

3. ANÁLISIS DE LOS ERRORES INICIALES EN CONTADORES DE AGUA

Una vez establecida la forma en que consumen los abonados, resta obtener la curva de error de los contadores para, combinados los dos parámetros, obtener el error global de medición. Se profundiza en el análisis detallado de los errores iniciales en contadores. De los 5.904 conta-

FIGURA 4. Rotura del pistón rotativo en contadores volumétricos.



dores analizados, correspondientes a 52 modelos diferentes y a 5 tecnologías de medición, una de las principales conclusiones que se obtienen del análisis, es la contradicción que suponen muchos estudios técnicos e informes anteriores, asumiendo que el error inicial de un contador nuevo es próximo a cero.

A la vista de los resultados expuestos en la **Figura 5**, esta conclusión es muy cuestionable sobre todo considerando la gran dificultad que tienen los contadores, aún siendo nuevos, en la correcta medición de caudales bajos o muy bajos. Asumiendo que el error medio ponderado de un contador depende directa y fuertemente del patrón de consumo del abonado, los valores obtenidos en el presente estudio, muestran claramente que el orden de magnitud de estos errores para usuarios domésticos, está bastante lejos del utópico 0%, considerado en no pocas ocasiones para un contador nuevo.

Los contadores volumétricos presentan en general mejores resultados que los de velocidad. Con errores próximos al -1% para calibres domésticos y una variabilidad en sus resultados muy baja, demuestran su gran calidad tanto de componentes como de fabricación. Los contado-

res de velocidad presentan errores superiores al -3,3% para los mismos calibres y las desviaciones en sus resultados son aproximadamente el doble que en los volumétricos. Si la desviación media en los errores obtenidos para los contadores volumétricos es del 0,3%, los errores en los contadores de velocidad pueden variar hasta un 0,6%.

Si la magnitud de los errores iniciales es importante, no lo es menos la variabilidad que presentan estos en función del modelo, calibre y tecnología de medición. Y a su vez, la variabilidad que presentan los contadores de un mismo modelo. Se

ha visto que estas variaciones en un mismo modelo o dentro de un mismo calibre, pueden llegar hasta el 3,5%. Para calibres superiores a 20mm estas variaciones no son tan acusadas.

Del pequeño análisis realizado a contadores de diámetro nominal superior a 40 mm, se desprende la gran necesidad de control a origen de cualquier contador, y en especial de aquellos que van a instalarse en grandes consumidores. Destacable puede considerarse que de los 7 contadores ensayados, dos de ellos no cumplan con las exigencias de los rangos de error permitidos para

FIGURA 5. Errores medios ponderados de contadores nuevos de 13 mm.

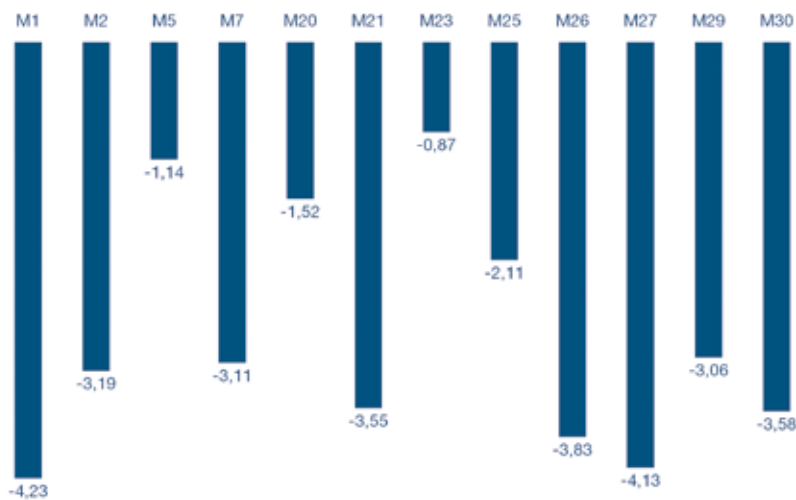
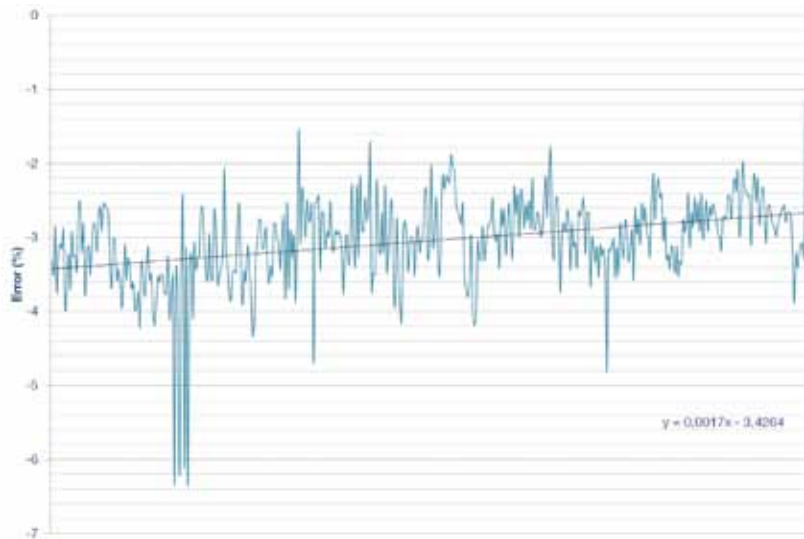




FIGURA 6. Evolución del error medio ponderado de un modelo de contador.



su clasificación metrológica. Con un error medio obtenido para uno de ellos en torno al -15%, no resulta difícil de intuir cuales hubieran sido los resultados en el registro y sus consecuencias derivadas, más tratándose de un contador destinado a un gran consumidor.

Queda suficientemente justificado que en aquellos suministros que se consideren grandes consumidores (industriales, comerciales, servicios...), sus instalaciones deben de inspeccionarse previamente a la instalación del contador para dimensionar correctamente este y al mismo tiempo determinar cuáles son los elementos y dimensiones necesarias para su correcta instalación. No cabe duda de que el contador debe de ser ensayado previamente a su instalación ya que ha quedado claramente demostrado que no todos los contadores aseguran una precisión adecuada.

La implantación de un control de calidad a la recepción queda completamente justificada. No únicamente para determinar los valores en los errores que presenta un determinado modelo de contador, sino también para analizar la evolución de estos (**Figura 6**). Factores como

la modificación de alguno de los componentes del contador, cambios en los procesos de fabricación, lotes de un mismo contador provenientes de diferentes centros de producción o simplemente algún fallo de producción o ajuste en fábrica no detectado en los controles de calidad del fabricante, pueden modificar sustancialmente el comportamiento de un contador a otro de un mismo modelo.

4. ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN DEL ERROR GLOBAL EN CONTADORES DE AGUA

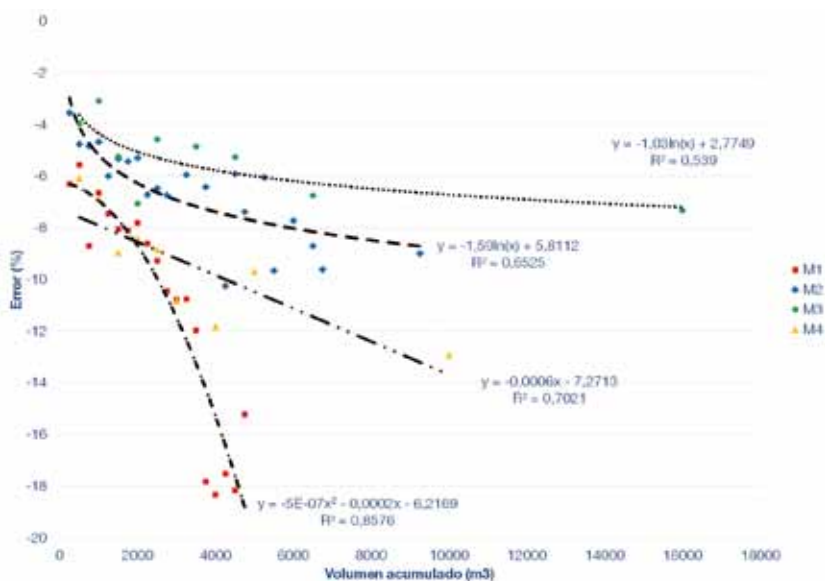
Una vez determinados los errores iniciales que pueden presentar los contadores en función de su tecnología de medición, modelo y calibre, resulta imprescindible estudiar cual es la degradación a la que se ven afectados los contadores cuando estos están instalados y están siendo usados en condiciones reales en un abastecimiento. Resulta evidente que cualquier equipo de medida va a ver modificadas sus condiciones iniciales de funcionamiento con el paso del tiempo. Por lo tanto debe de conocerse cómo evoluciona la

curva de error del contador y en definitiva su error global, para así determinar cuál es el estado del parque de contadores. Para ello se han analizado un total de 1.456 contadores en uso, distribuidos entre los calibres 15 mm y 40 mm, correspondientes a 7 modelos y a 3 tecnologías de medición diferentes.

En el análisis se ha distinguido entre contadores domésticos y no domésticos. La mayor muestra ha correspondido a los contadores domésticos, todos ellos de calibre 15 mm, donde han sido un total de 1.413 los contadores analizados, correspondientes a dos tecnologías de medición y cuatro modelos diferentes. El análisis de la degradación se ha realizado en función de dos parámetros, la edad y el volumen acumulado. De los resultados obtenidos destaca que los contadores volumétricos se degradan rápidamente llegando a alcanzar valores del error global superiores al -10% en 6 años de vida. En cambio, los contadores de velocidad chorro único, demuestran que son más robustos. Su degradación es mucho menor y esta depende fuertemente del modelo analizado. Así, la degradación media anual obtenida para contadores domésticos de velocidad y chorro único ha resultado del -0,72%, mientras que para los contadores volumétricos de pistón rotativo la degradación media es del -1,56%.

Si se considera toda la muestra analizada sin diferenciar por tecnologías de medición, la degradación media anual resulta del -0,84%. La proporción de cada tecnología de medición de la muestra analizada es del 86,5% de contadores de velocidad y del 13,5% de contadores volumétricos, por lo que esta degradación media puede representar a la de un abastecimiento con una

FIGURA 7. Degradación del error medio ponderado en contadores domésticos en función del volumen acumulado.



distribución de contadores en función de su tecnología de medición similar a la de la muestra. Estas degradaciones incluyen los contadores defectuosos detectados. Si se eliminan las unidades defectuosas, la degradación media es del -0,64%/año, mientras que la de los contadores de velocidad sería del -0,57%/año y la de los volumétricos se convierte en -1,10%/año. Y es que la fragilidad de los contadores volumétricos también influye en la proporción de contadores defectuosos detectados. Los contadores de velocidad y chorro único presentaban de media un 1,3% de contadores defectuosos, mientras que el porcentaje para los volumétricos de pistón rotativo ha sido del 4,7%.

De los resultados obtenidos diferenciados por tecnologías de medición, se evidencia la gran dificultad que supone conseguir contadores que sean capaces de registrar caudales bajos con mucha precisión y que, al mismo tiempo, tengan la capacidad de mantener estas condiciones. Resulta evidente que conseguir contadores precisos a caudales

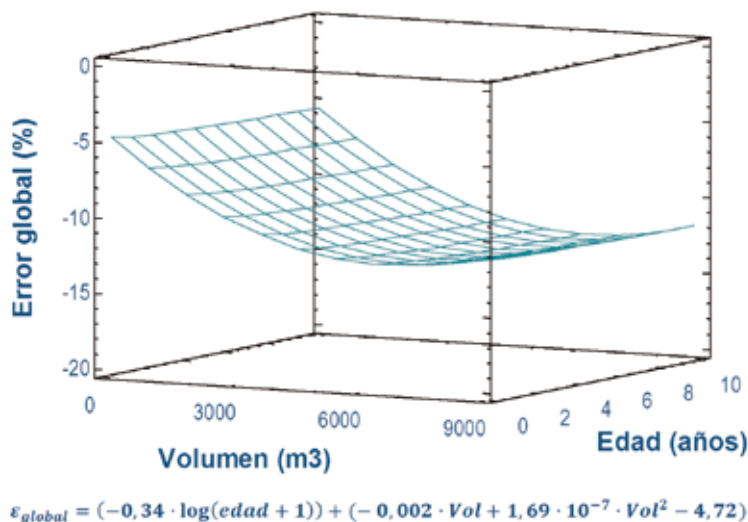
bajos y, a la vez, que estos sean robustos, es uno de los desafíos más importantes a los que se enfrentan los fabricantes de contadores. Así, los contadores volumétricos poseen unas condiciones iniciales excepcionales en el registro a caudales bajos, pero esta precisión se degrada rápidamente.

Otro de los aspectos importantes obtenidos ha sido la evolución del error global, es decir, de qué forma

se ha ido degradando. La degradación del error en función de la edad, excepto para uno de los modelos, ha sido lineal, conforme también han obtenido la mayoría de los estudios realizados hasta el momento. En cambio, la degradación del error en función del volumen acumulado depende directamente del modelo analizado (Figura 7).

Se ha visto cómo influye cada parámetro en la evolución del error para cada modelo, incluso cómo afectan conjuntamente ambos parámetros, obteniendo finalmente un modelo combinado para estimar el error medio ponderado no solo en función de la edad, sino también el volumen acumulado (Figura 8). Para obtener cada modelo combinado, se han realizado diferentes regresiones múltiples tratando de buscar los parámetros más óptimos que mejor se adapten a los valores obtenidos. De esta forma, tras diversas iteraciones, se ha obtenido el modelo que mejor se adapta a los resultados obtenidos. Obviamente, los coeficientes necesarios en la ecuación deben determinarse para cada modelo de contador.

FIGURA 8. Evolución del error medio ponderado de un contador en función de la edad y del volumen acumulado. Modelo combinado.





Se ha realizado un análisis comparativo de los errores globales de los cuatro modelos de contadores domésticos analizados, en función de siete patrones de consumo diferentes. Se ha llegado a la conclusión de que el patrón de consumo es determinante en el error global de un contador, cobrando especial importancia cuando el suministro se realiza indirectamente mediante el llenado de depósitos. La diferencia del error para un mismo modelo de contador en función de patrones de consumo diferentes puede llegar a ser del 8,56%. Se evidencia, una vez más, la importancia que tiene no solo el comportamiento del contador unilateralmente, sino la combinación del contador con el tipo de suministro en el que está instalado, pudiendo obtener para un mismo contador resultados completamente diferentes.

5. CONCLUSIONES

Una vez realizado el análisis de los resultados obtenidos de los errores en contadores de agua, tanto iniciales como en uso, resulta conveniente realizar una reflexión. No hay que olvidar que los ensayos realizados a origen valoran únicamente las condiciones iniciales del contador. Que un contador presente unas condiciones excelentes a origen, no asegura que este comportamiento lo mantenga constante a lo largo del tiempo que esté en uso. Puede darse la circunstancia que un contador excelente a origen pierda rápidamente sus características para presentar, en un período de tiempo relativamente corto, una degradación que comporte unas variaciones en los errores importantes. Y también puede ocurrir al contrario, es decir, que un contador con unas condiciones iniciales no destacables o incluso mediocres,

tenga la capacidad de mantenerlas durante más tiempo, ofreciendo unos mejores resultados que aquel que destacaba inicialmente, convirtiéndose así en una mejor opción para las condiciones particulares del abastecimiento.

Queda clara la importancia que tienen las pérdidas comerciales en un abastecimiento y, por lo tanto, también su optimización y correcta gestión. Realizado el balance hídrico de un abastecimiento y obtenidos los indicadores que muestran cuál es la diferencia entre el agua inyectada al sistema y el agua o consumo autorizado, tradicionalmente se han destinado todos los esfuerzos en minimizar únicamente las pérdidas reales. Y se ha realizado sin al menos estudiar la viabilidad o efectividad de las acciones a abordar. De esta forma, todas las pérdidas comerciales existentes, quedaban enmascaradas o integradas en el gran 'cajón de sastre' en el que se convertían las pérdidas reales. Posiblemente se estén destinando recursos a la minimización de las pérdidas reales cuando la optimización de las pérdidas comerciales pueda resultar mucho más efectiva. Por lo tanto, resulta necesaria la optimización conjunta de ambos procesos.

El desarrollo de un plan estratégico de reducción del agua no facturada, en el que se detallen estructuralmente las fases para reducir las pérdidas de agua, tanto las reales como las comerciales, debe de constituirse en uno de los principales objetivos de cualquier gestor de servicios de abastecimiento de agua. El diseño de la estrategia para la reducción de las pérdidas comerciales, que dependen fuertemente de las condiciones locales y particulares del abastecimiento de estudio y cuya incertidumbre es muy elevada, debe

realizarse con el objetivo de asegurar los siguientes compromisos:

- Mejora del sistema de medición minimizando los errores, asegurando un adecuado estado de los contadores domiciliarios. Para ello es necesario establecer la vida útil de cada uno de ellos para proceder a su sustitución cuando resulte conveniente.
- Mejora de la lectura de los contadores y de la facturación de los consumos.
- Detección de consumos fraudulentos y conexiones ilegales. Contrariamente a lo que comúnmente se pueda creer, gran parte de los consumos fraudulentos no se producen en áreas marginales o pobres, sino en áreas residenciales e industriales.

En la actualidad está proliferando la implantación de sistemas inteligentes para la lectura de contadores (*smart metering systems*). Destacando la gran utilidad que ellos pueden suponer para la gestión del parque de contadores, no debe de caerse en el error de asumir que por sí solos estos sistemas van a solucionar todos los problemas relacionados con el control de las pérdidas comerciales provocadas por los errores de medición en los contadores. Debe de analizarse detalladamente la implantación de estos sistemas automáticos. En muchas ocasiones, la problemática asociada a la compatibilidad entre contador, emisor de pulsos, dispositivo de comunicación y base de datos receptora, condiciona la elección del tipo o modelo de contador a instalar. De esta forma puede seleccionarse el contador a instalar simplemente por criterios de compatibilidad en la comunicación y no por los estrictamente metrológicos u óptimos según el patrón

de consumo y características del abonado. Así, se puede resolver un problema pero generar otro, ya que ni el mejor de los sistemas inteligentes puede detectar fugas por debajo del mínimo caudal de contador, por lo que debe de analizarse detenidamente toda la información para no llegar a conclusiones erróneas.

Bibliografía

- [1] Allender, H. (1996). Determining the economical optimum life of residential water meters. *Water Eng. Manag.*, núm. 143, págs. 20-24.
- [2] Arregui, F.; Cabrera, E.; Cobacho, R. (2006). *Gestión integral de contadores de agua*. IWA Publishing, Londres, ISBN 84-608-0539-5.
- [3] Arregui, F.; Gavara, F. (2012). An integrated approach to large customers water meter management. IWA Water Loss Conference, Manila (Filipinas).
- [4] Arregui, F.; Gavara, F. (2015). Analysis of residential single jet water meter accuracy degradation rate. IWA Water Efficiency and Performance Assessment of Water Services Conference, Cincinnati (Estados Unidos).
- [5] Arregui, F.; Gavara, F.; Soriano, J.; Cobacho, R. (2014). Analysis of domestic water meters field performance. IWA Water Loss Conference, Viena (Austria).
- [6] Barfuss, S.L.; Johnson, M.C.; Neilsen, M.A. (2011). Accuracy of in-service water meters at low and high flow rates. Water Research Foundation, Denver (Estados Unidos).
- [7] Beal, C.; Stewart, R. (2011). South East Queensland residential end use study: final report. City East, Australia: Urban Water Security Research Alliance Technical Report, núm. 47.
- [8] Bowen, P.T.; Association, A.W.W.; Foundation, A.R. (1993). Residential water use patterns. (Denver (CO). The Foundation and American Water Works Association.
- [9] Davis, S. (2005). Residential water meter replacement economics. In IWA Leakage Conference Leakage 2005. Halifax (Nova Scotia, Canadá), 1-10.
- [10] Fontanazza, C.M.; Freni, G.; la Loggia, G.; Notaro, V.; Puleo, V. (2012). A composite indicator for water meter replacement in an urban distribution network. *Urban Water J.*, núm. 9, págs. 419-428.
- [11] Gavara, F. (2016). Estudio del comportamiento metrológico de los contadores en abastecimientos de agua. Optimización de su gestión para la reducción de las pérdidas comerciales. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, Valencia.
- [12] Gavara, F.; Arregui, F. (2016). Analysis of metering inaccuracies of residential meters in a water supply system. IWA Water Loss Conference, Bangalore (India).
- [13] Gavara, F.; Bagán, F.; Bolos, F. (2017). Estudio del comportamiento metrológico de los contadores en abastecimientos de agua. XXXIV Jornadas Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), Tarragona.
- [14] Kingdom, B.; Liemberger, R.; Marin, P. (2006). The challenge of reducing non-revenue water (NRW) in developing countries. The World Bank Group, Washington (Estados Unidos).
- [15] Larraona, G.S.; Rivas, A.; Ramos, J.C. (2008). Computational modeling and simulation of a single-jet water meter. *J. Fluids Eng. Trans. ASME*, núm. 130.
- [16] Mutikanga, H.; Sharma, S.; Vairavamoorthy, K. (2011). Assessment of apparent losses in urban water meters. *Water and Environment Journal*, núm. 25, págs. 327-335.
- [17] Neilsen, M.A.; Barfuss, S.L.; Johnson, M.C. (2011). Off-the-shelf accuracies of residential water meters. *J. Am. Water Works Assoc.*, núm. 103, págs. 48-55.

TECNOAQUA

Normas de publicación para autores

Estimado Colaborador:

Para facilitar la publicación de los artículos técnicos (o procesos y sistemas) en nuestra revista TECNOAQUA se han elaborado unas breves normas de forma y contenidos para sus autores.

RECOMENDACIONES A LOS AUTORES DE ARTÍCULOS

- Los artículos deben ser inéditos, nuestra política editorial requiere exclusividad para publicarlos. No obstante, si tuviera interés en publicarlos en otro medio a posteriori, dicho medio deberá pedirnos autorización.
- Deberán figurar el nombre y dos apellidos del autor o autores, su titulación y/o cargo en la entidad a la que pertenezcan, dirección completa, teléfono de contacto, fax, e-mail y web.
- El título no debe sobrepasar las 20 palabras, con su traducción al inglés. (La traducción no es necesaria en caso de procesos y sistemas).
- Se debe incluir un breve resumen del artículo de unas 100 palabras, junto a 5-8 palabras clave, y la traducción de todo ello al inglés (Todo este punto debe obviarse en el caso de procesos y sistemas).
- El texto seguirá una línea de explicación coherente y progresiva, contando de partes con títulos y subtítulos numerados, que habitualmente empiezan con una introducción al tema (número 1), para pasar a su estudio de planteamientos, resultados, discusión....- número 2, 3, 4, 4.1, 4.2...), terminando con las conclusiones y, si los hubiera, los agradecimientos (punto final). Por último, se añade la bibliografía (numerada dentro de corchetes [1], [2]...).
- El artículo se redactará evitando el lenguaje académico o excesivamente denso, sin por ello dejar de mantener un rigor conceptual, explicando cuando convenga aquellos términos o conceptos de uso poco habitual.
- Preferentemente se utilizarán frases y párrafos cortos. Debe evitarse la inclusión de notas a pie de página, incorporándolas dentro del texto.

- Se cuidará la correcta expresión de las unidades, símbolos y abreviaciones.
- El texto tendrá una extensión de unas 5-8 hojas, formato DIN A4 a espacio simple. Tipo de letra preferente: Times New Roman, 12.
- Se incluirán gráficos, esquemas o fotografías en color para facilitar la comprensión del texto, todos ellos bajo el epígrafe de Figura, indicándose su ubicación en el texto escrito. Cada figura llevará su número y pie explicativo. Todas las figuras deben tener la suficiente calidad gráfica para su reproducción (300 píxeles por pulgada) y deben enviarse por separado. (Es aconsejable añadirles en el texto escrito en baja calidad para, al menos, conocer su ubicación).
- Las fotografías y dibujos deben tener un mínimo de 300 píxeles de resolución, tamaño 13x8 cm (mínimo), y en formato jpg, tiff o bmp, preferentemente.
- El artículo se dirigirá al coordinador editorial de la revista TECNOAQUA, vía e-mail a: tecnoaqua@infoedita.net
- Una vez recibido el artículo, la dirección de la revista estudiará su contenido. En caso de aceptación se indicará la fecha aproximada de publicación, que depende del tema del artículo y su relación con el contenido de cada número de la revista, así como del orden de artículos recibidos con anterioridad.
- Una vez publicado el artículo, la revista envía un ejemplar de cortesía a cada autor firmante. A solicitud del interesado se puede enviar una carta o fax donde se especifique la aceptación del mismo antes de su publicación.