

# ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO METROLÓGICO DE CONTADORES ESTÁTICOS DE AGUA EN RÉGIMEN NO PERMANENTE

F.J. Gavara Tortes<sup>(1)</sup> y F.J. Arregui de la Cruz<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense, S.A. (FACSA) C/ Mayor, 82-84 12001 Castelló de la Plana

<sup>(2)</sup> Universitat Politècnica de València (UPV) Camino de Vera s/n 46022 València

<sup>(1)</sup> +34 619 103 726 – fjpgavara@facsa.com.

**RESUMEN:** Los contadores de agua son utilizados para registrar el volumen de agua a facturar a los usuarios. Habitualmente todos los estudios y análisis del comportamiento metrológico de los mismos se han realizado bajo unas condiciones de laboratorio determinadas que en muchas ocasiones difieren del funcionamiento real que tienen los contadores cuando están instalados en un abastecimiento. Con el presente proyecto, se pretende estudiar el comportamiento metrológico de diferentes tecnologías de medición, simulando condiciones de funcionamiento reales, en las cuales el caudal circulante puede variar y los periodos de puesta en marcha y paro son muy frecuentes y pueden condicionar el comportamiento global de los instrumentos. Dependiendo del comportamiento de cada uno de los modelos analizados se podrá optimizar la selección del modelo más adecuado para determinados patrones de consumo reduciendo las pérdidas de agua provocadas por los errores de medición de los contadores y protegiendo al consumidor frente a posibles errores de medida.

## 1. INTRODUCCIÓN

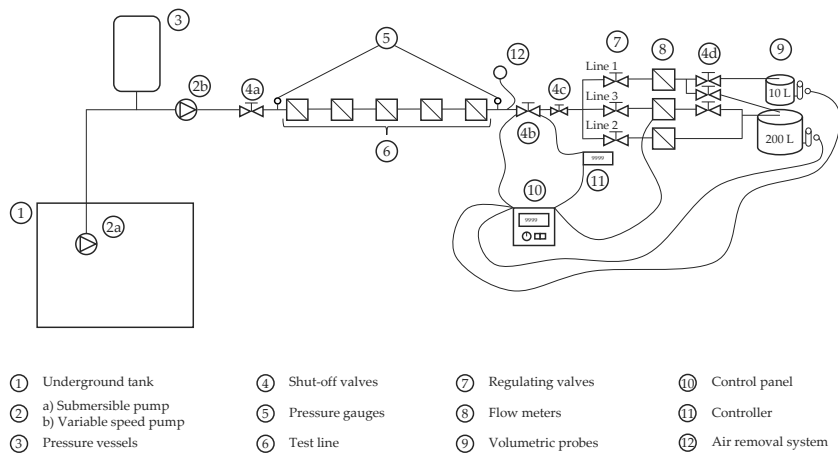
Hasta ahora, prácticamente la totalidad de contadores utilizados para medir el consumo de agua doméstico estaban basados en principios mecánicos. A lo largo de la última década, se han desarrollado contadores basados en principios de medición no mecánicos, también conocidos como contadores estáticos. Estos no disponen de componentes móviles y utilizan sensores estáticos como principios físicos de medición que necesitan suministro de energía. La durabilidad de las baterías es uno de los principales aspectos a analizar por lo que una técnica común para lograr este objetivo es la activación intermitente de los sensores, muestreando el caudal únicamente en periodos regulares y no en continuo. Este funcionamiento implica que estos contadores no registran el caudal continuamente, sino que lo hacen en determinados intervalos de tiempo por lo que la precisión en la medición puede verse afectada bajo regímenes no permanentes donde el caudal presente variaciones y su duración sea limitada.

Para estudiar y analizar el comportamiento metrológico en régimen no permanente de los contadores domésticos de agua se han realizado ensayos en laboratorio de diferentes modelos de contadores de diversas tecnologías de medición. La precisión de los contadores bajo condiciones intermitentes de funcionamiento se ha comparado con los resultados obtenidos en condiciones permanentes de funcionamiento, obteniendo diferencias importantes en algunos casos.

## 2. DESARROLLO. MATERIALES Y MÉTODOS

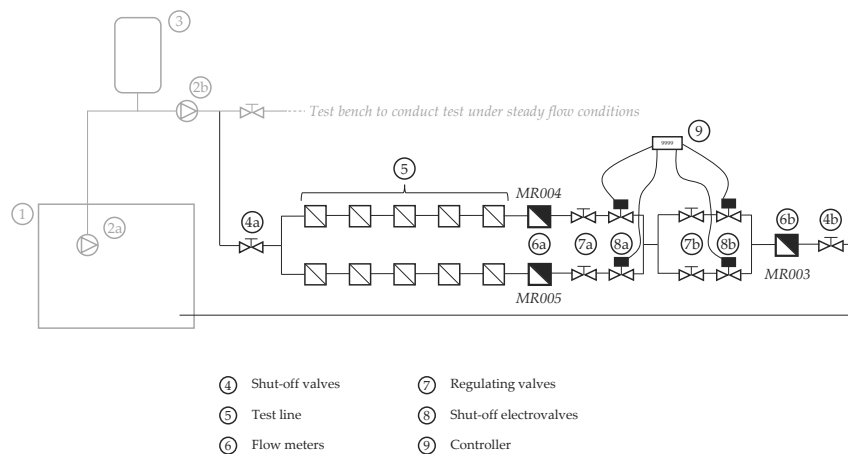
### 2.1. Descripción del laboratorio de ensayo

Para la realización del proyecto se utilizaron dos bancos de ensayo diferentes. El primero se utilizó para realizar los ensayos en condiciones de caudal constante. Dispone de dos vasijas calibradas de volúmenes conocidos que se utilizan como patrones para la obtención de los resultados.



**Figura 1: Banco de ensayo para condiciones de caudal constante**

El segundo se empleó para los ensayos realizados en condiciones de caudal intermitente.



**Figura 2: Banco de ensayo para condiciones de caudal intermitente**

Este banco de ensayo utiliza tres contadores volumétricos DN15 completamente nuevos como contadores de referencia. Estos contadores, de los que se sabe que son extremadamente repetitivos, se caracterizaron con la vasija de 200 L para obtener una curva de error detallada a diferentes caudales y para verificar que sus errores de medición no cambiaban significativamente en condiciones de caudal intermitente.

## 2.2. Descripción de la muestra

Para el estudio, se contó con una muestra de diferentes contadores DN15 y DN20 disponibles en el mercado de diversos fabricantes. En total, se sometieron a ensayo 35 unidades de contadores.

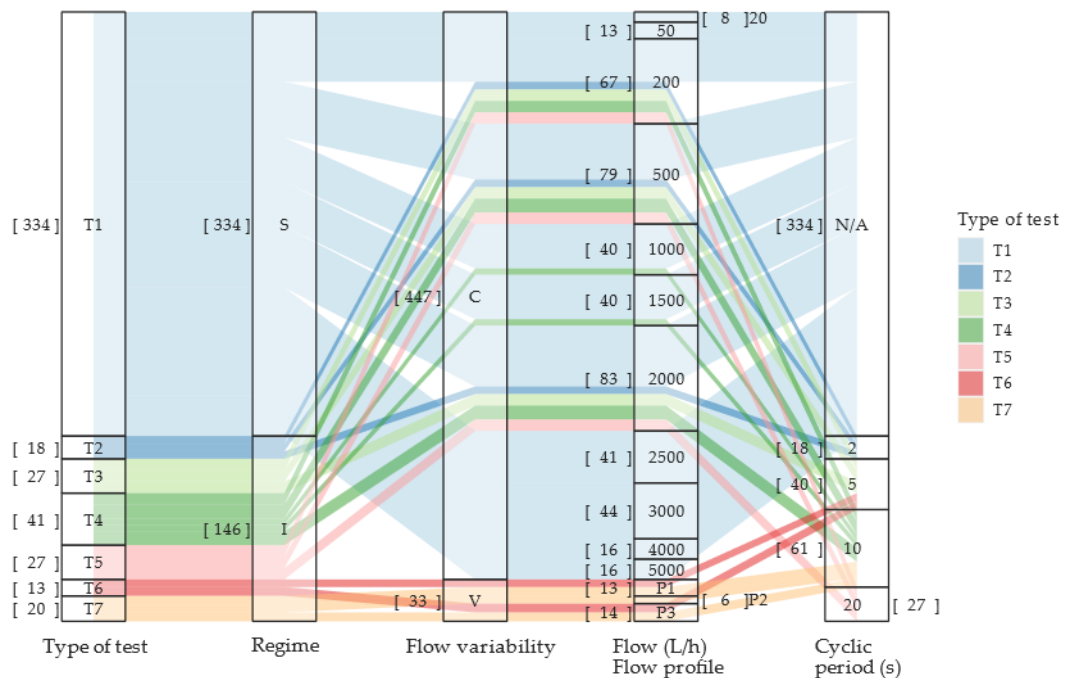
Fabricante	Modelo	Unidades	Tecnología	DN	Ratio (Q <sub>3</sub> /Q <sub>1</sub> )	Q <sub>1</sub> (L/h)	Q <sub>2</sub> (L/h)	Q <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /h)
B3	M1	3	US	15	400	6,25	10	2,5	3.125
B5	M2 (14) <sup>(*)</sup>	5	US	15	160	10	16	1,6	2.000
B5	M2 (17-18) <sup>(*)</sup>	8	US	15	160	10	16	1,6	2.000
B1	M3	2	US	15	400	6,25	10	2,5	3.125
B4	M4	1	EMF	15	800	3,125	5	2,5	3.125
B7	M5	1	US	15	800	3,125	5	2,5	3.125
B2	M6	5	M	15	125	20	32	2,5	3.125
B5	M7	2	US	20	250	10	16	2,5	3.125
B6	M8	1	US	20	400	10	16	4,0	5.000
B4	M9	2	M	20	160	25	40	4,0	5.000
B4	M10	5	EMF	20	800	5	8	4,0	5.000

**Tabla 1: Contadores ensayados distribuidos por fabricante, modelo, tecnología (EMF=electromagnético, US=ultrasonico, M=mecánico), DN y clase metrológica**

(\*) El modelo M2 está dividido en dos categorías en función de su edad: M2 (14) fabricados en 2014 y M2 (17-18) fabricados en 2017-2018.

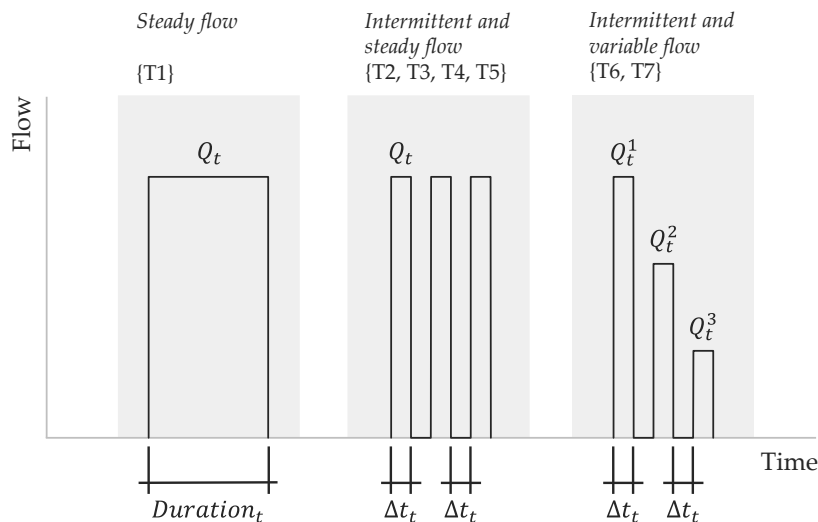
### 2.3. Descripción del programa de ensayos

El programa de ensayos se inició con la obtención de la curva de error de referencia de cada contador. Los detalles de estos ensayos, utilizados como referencia y denominados T1, se muestran en la Figura 3.



**Figura 3: Distribución de los ensayos realizados en función del tipo de programa**

Una vez obtenidas las curvas de error de cada contador en régimen permanente, se realizaron los ensayos en condiciones de caudal intermitente. Con el fin de establecer un programa de ensayos reproducible, la configuración de estas pruebas sólo modifica dos parámetros: la periodicidad cíclica y el caudal. De este modo, fue posible crear consumos de una duración y un caudal determinados que se repitieron en el tiempo (*Figura 4*).



**Figura 4: Parametrización de los ensayos en condiciones de caudal intermitente**

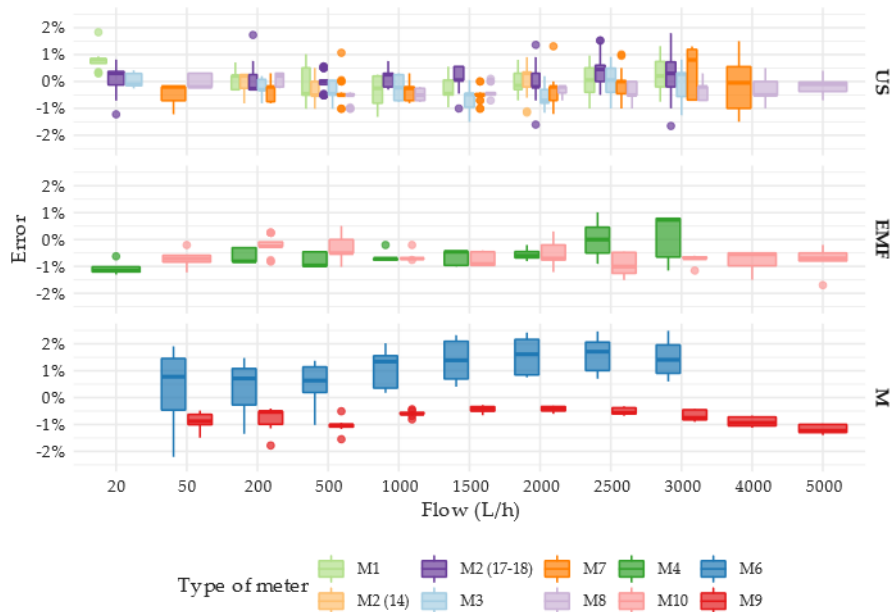
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se han sometido a un proceso de validación preliminar para identificar los valores atípicos y los puntos de datos anormales.

#### 3.1. Comportamiento metrológico en condiciones de caudal constante

Prácticamente la totalidad de los contadores ensayados cumplían los requisitos metrológicos de la norma ISO 4064-1 para los caudales considerados. Los contadores M7 mostraron un error medio de aproximadamente -8.5% en el caudal más alto ensayado de 5 000 L/h, que para estos contadores corresponde al caudal de sobrecarga ( $Q_4$ ).

Sorprendentemente, los contadores estáticos no muestran ninguna mejora significativa en cuanto a la estabilidad de su comportamiento con respecto a los contadores mecánicos nuevos, especialmente cuando se comparan con los contadores volumétricos.



**Figura 5: Distribución del error por caudal, tecnología y modelo de contador. Ensayo T1**

### 3.2. Comportamiento metroológico en condiciones de caudal intermitente

El programa de ensayos utilizado pretende limitar la intermitencia y la variabilidad del caudal. Los caudales de ensayo se han elegido principalmente en el intervalo entre 200 L/h y 2 000 L/h que es donde se encuentra el consumo típico de los electrodomésticos mientras que, en el caso de la intermitencia del caudal, la periodicidad cíclica de los pulsos de consumo se fijó en 2, 5, 10 y 20 s.



**Figura 6: Distribución del error bajo condiciones intermitentes de caudal. Ensayos T2, T3, T4, T5, T6 and T7. DN15. Los resultados T1 se muestran como referencia**

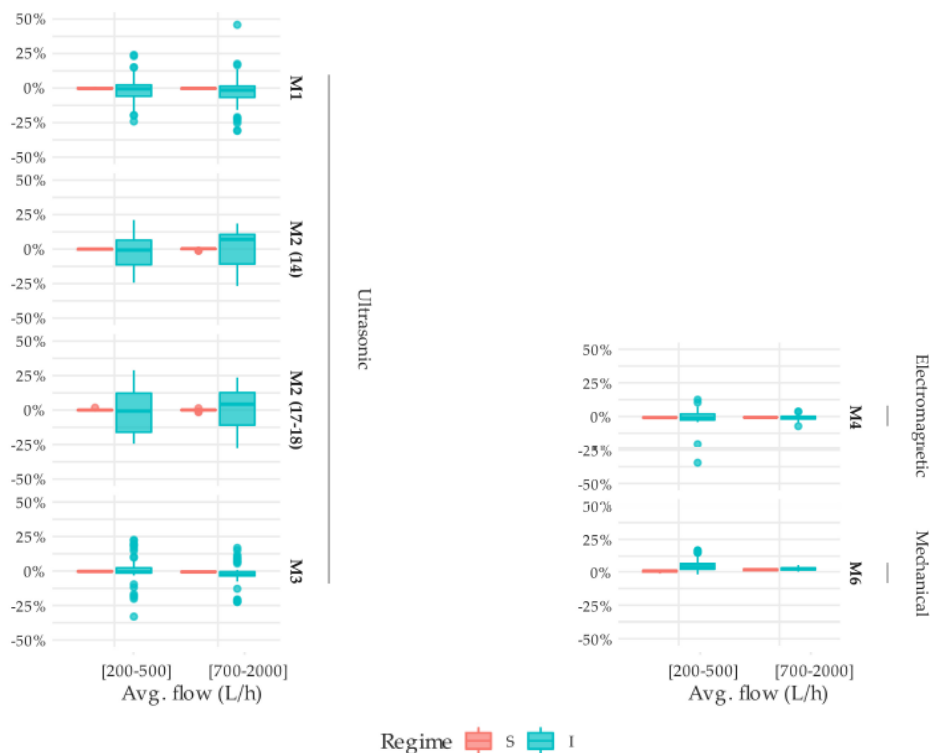
La *Figura 6* muestra la distribución de errores de los ensayos realizados en régimen intermitente a diferentes caudales por tipo de contador.

Los resultados muestran que la magnitud del error aumenta significativamente cuando se compara con las condiciones en régimen estacionario. Los contadores ultrasónicos se ven más afectados que los contadores electromagnéticos examinados. Esto se debe principalmente al hecho de que la frecuencia de muestreo de la señal es mayor para los contadores electromagnéticos ( $\geq 1$  Hz) que para los contadores ultrasónicos ( $\leq 0.2$  Hz).

Todos los tipos de contadores presentaron una diferencia significativa de comportamiento entre las condiciones de caudal constante e intermitente. Esta diferencia se ve afectada por la periodicidad cíclica del caudal, siendo más significativa la duración de un evento de consumo que el caudal de ensayo.

En el caso de los contadores estáticos, también se ha observado un aumento de la dispersión de errores, la cual está estrictamente relacionada con los algoritmos internos y la periodicidad de muestreo de la señal. Los contadores mecánicos son, con diferencia, los que presentan una mejor repetibilidad.

Se ha realizado una comparación detallada de los resultados obtenidos en condiciones de caudal constante e intermitente (*Figura 7*). Los resultados de los ensayos se han agrupado en dos rangos de caudal 1) el rango inferior comprende los caudales medios entre 200 L/h y 500 L/h; 2) el rango superior incluye los errores obtenidos entre 700 L/h y 2 000 L/h.



**Figura 7: Comparativa de los resultados obtenidos en condiciones de caudal constante (S) e intermitente (I) a caudales medios**

#### 4. CONCLUSIONES

Al no disponer de partes móviles, los contadores estáticos no están sujetos al mismo tipo de degradación que tienen los contadores mecánicos. Sin embargo, el principal inconveniente de las técnicas de medición estática está asociado a los requisitos de alimentación eléctrica de los sensores utilizados para medir los caudales de agua. Por este motivo, los contadores estáticos no miden el caudal ni alimentan los componentes electrónicos continuamente. Para prolongar la vida de la batería, estos contadores muestrean la señal de caudal a intervalos periódicos. Esto significa que hay una posibilidad considerable de que los eventos de consumo de agua cortos no se midan correctamente.

Esta limitación puede convertirse en un problema cuando se mide el consumo de agua en usuarios domésticos. De hecho, una parte importante del consumo de agua en las viviendas tiene una duración inferior a 30 s. Los eventos de corta duración pueden tener un efecto muy negativo en el comportamiento metrológico global de los contadores, dependiendo de cómo se sincronicen el consumo y el muestreo de la señal de caudal.

Asimismo, a caudales muy elevados, el comportamiento metrológico de los contadores estáticos también puede ser poco fiable. La mayoría de los contadores ultrasónicos tienen un corte de caudal alto a partir del cual el contador se satura o incluso deja de contar.

El programa de ensayos propuesto en esta investigación se divide en dos etapas:

- (i) Ensayo en condiciones de caudal constante.
- (ii) Ensayo en condiciones de caudal intermitente.

Las tecnologías de medición consideradas fueron la ultrasónica y la electromagnética. A efectos de comparación, también se añadieron a la muestra de ensayo contadores mecánicos. En total, se consideraron 28 contadores estáticos y 7 contadores mecánicos. Para obtener cifras realistas, más cercanas a las que se habrían alcanzado en campo, todos los contadores de agua se ensayaron sin activar el modo de prueba (modo *test*). Este modo reduce el intervalo de la escala de lectura y posiblemente pueda afectar a la frecuencia de muestreo.

Los resultados obtenidos en los ensayos en condiciones de caudal intermitente muestran que la magnitud del error aumenta significativamente en comparación con las condiciones de caudal constante. No ha sido infrecuente obtener errores de medición de  $\pm 20\%$  o más. En general, puede afirmarse que la dispersión de errores de los contadores estáticos ha aumentado considerablemente respecto de los resultados en régimen constante.

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de diseñar un programa de ensayos más detallado que contemple ensayos específicos para verificar la precisión de los contadores en condiciones de trabajo intermitente, así como la importancia de incluir este tipo de ensayos en las actuales normas de contadores de agua de la ISO y la OIML para proteger a los usuarios y a las empresas de suministro de agua.

## 5. REFERENCIAS

Arregui, F. & Gavara, F., 2015. *Analysis of residential single jet water meter accuracy degradation rate*. Cincinnati, USA, IWA Water Efficiency and Performance Assessment of Water Services Conference.

Arregui, F., Gavara, F., Soriano, J. & Cobacho, R., 2014. *Analysis of domestic water meters field performance*. Viena, Austria, IWA Water Loss Conference.

Arregui, F.; Gavara, F.; Soriano, J.; Pastor-Jabaloyes, L. Performance Analysis of Ageing Single-Jet Water Meters for Measuring Residential Water Consumption. *Water* 2018, 10, 612, doi:10.3390/w10050612.

Arregui, F.; Gavara, F.; Mercedes, A.V.; Pastor-Jabaloyes, L. Accuracy of solid state residential water meters under intermittent flow conditions. *Sensors (MDPI)* 2020.

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*. Valencia. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.

Gavara, F. & Arregui, F. 2016. *Analysis of metering inaccuracies of residential meters in a water supply system*. Bangalore, India, IWA Water Loss Conference.