

Desarrollo de una infraestructura para la medida de grandes caudalímetros.

Ángel M. García de La Chica, Víctor Martín López, Javier Fernández Delgado ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Canal de Isabel II, S.A.

⁽²⁾ Teléfono: 91.545.10.00. Correo electrónico: amgdelachica@canal.madrid

RESUMEN:

Canal de Isabel II ha finalizado la construcción de un banco para el ensayo de caudalímetros de grandes diámetros, hasta 1 m. Este equipo forma parte del equipamiento del laboratorio de caudal de la empresa, que es un laboratorio colaborador del Centro Español de Metrología desde 2019, por lo que España podrá contar con una de las mayores infraestructuras europeas para mejorar la medida de un bien tan vital como es el agua.

En este artículo se va a analizar, por qué una empresa de abastecimiento de agua ha sentido la necesidad de disponer de un banco para el ensayo de grandes caudalímetros. Para pasar a indicar los elementos y las particularidades que componen el banco de ensayo, como son un banco de ensayo sin bombeos y sin necesidad de construir depósitos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Necesidad de medir en canal de Isabel II

Canal de Isabel II es una empresa de titularidad pública que gestiona el ciclo integral de agua para más de 6,5 millones de personas.

La misión de Canal de Isabel II es (Ref. 1):

Cuidamos nuestra Comunidad gestionando el agua de todos con transparencia, eficiencia y sostenibilidad.

Nada se puede gestionar si no se mide, con lo que el compromiso del Canal por la metrología está en la propia misión de la empresa.

Esta misión se concreta en una serie de líneas estratégicas. La línea estratégica 1: Asegurar la garantía de suministro. Con el siguiente objetivo: contribuir a disminuir el agua no controlada aumentando la precisión en la medida.

1.2 El papel del Centro de Control en la metrología de caudal

Llevar una correcta explotación y mantenimiento de las infraestructuras del Canal, desperdigadas por toda la región, requiere disponer de un sistema de telecontrol. Gracias a 60.000 sensores y más de 2.200 estaciones remotas, le permite conocer en tiempo real el estado de sus infraestructuras, la calidad del agua a lo largo de sus redes, y los caudales que circulan por los principales puntos de la red.

Su evolución natural, la telelectura de millón y medio de contadores ya está en marcha, apoyada en los nuevos estándares de comunicación como NB-IoT que lo hacen posible a nuestra escala de una manera rápida y sostenible. Así, en el periodo 2020-2030 se irán incorporando estos contadores al sistema, hasta completar nuestro **proyecto Smart Region**. Ref. 5.

1.3 Sectorización y balances hídricos

Para mejorar la gestión de una red tan grande como la del Canal, esta se divide en sectores (ref. 2). Cada sector tiene un conjunto reducido de entradas y salidas controladas por caudalímetros con lo que se puede hacer un balance hídrico en cada sector. Si el balance se separa sensiblemente del valor establecido como objetivo para cada sector, se detectan las causas de la desviación (a modo de ejemplo, problemas en los equipos de medida, fugas o fraudes), y se toman las medidas adecuadas para devolverlo al punto deseado. Además, la sectorización permite realizar una mejor gestión de presiones, es decir bajar la presión en las horas de menor consumo para minimizar las fugas.

Las medidas de caudal se realizan mediante caudalímetros distribuidos a lo largo de las redes de abastecimiento, la información de esos caudalímetros se lleva al Centro de Control.

La función de estos caudalímetros de control de red se explica en el esquema de la figura 1. Si C1, C2, C3 y C4 son caudalímetros de control, en el que C1 es el caudalímetro instalado en la salida del depósito regulador, se tiene que cumplir las relaciones siguientes:

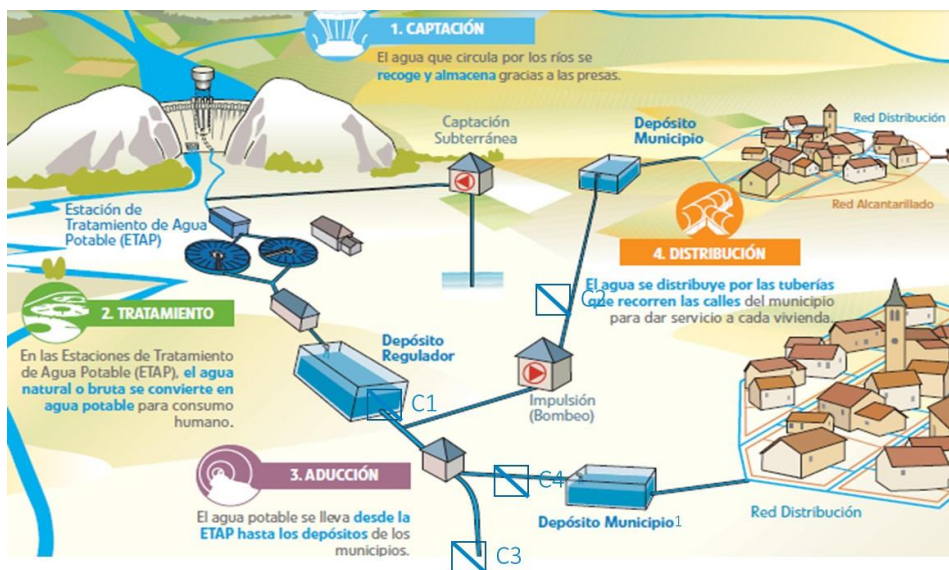


Figura 1 balance hídrico

$$C1 = C2 + C3 + C4$$

$$C4 = \sum(\text{Contadores municipio } i)$$

.....

De esta forma, se obtiene un sistema de ecuaciones que tiene que ser coherente. Pero, para ello, los caudalímetros deben tener unos errores e incertidumbres conocidas y adecuadas a las magnitudes que se desean medir.

La información de los contadores del municipio actualmente se obtiene en las lecturas que se realizan en los domicilios, cada dos meses. En un futuro, estará integrado mediante la telelectura de los contadores. (Ref. 8).

Basándose en la información del sistema de telecontrol, Canal de Isabel II lleva dos décadas usando modelos matemáticos para hacer un uso óptimo de los recursos naturales,

especialmente importantes en periodos de escasez. Además, la división de nuestra enorme red de distribución en casi 700 sectores y el análisis detallado de los datos de cada uno de ellos ha permitido reducir, en el periodo 2011-2019, el nivel de agua no registrada prácticamente a la mitad, cantidad suficiente para abastecer a más de 586.000 personas. (Ref. 6)

1.4 Laboratorio de contadores del Canal de Isabel II

Hasta ahora se ha descrito cómo se gestiona el agua mediante sucesivas medidas de volumen y caudal. Esos instrumentos deben ser calibrados, esto se realiza en el laboratorio de Contadores de Canal de Isabel II.

El laboratorio dispone de bancos de ensayo para realizar calibrar caudalímetros desde DN 2 mm hasta DN 500 mm. Se encuentra acreditado para ensayos desde 2009 y para la calibración de caudalímetros desde mayo de 2015.

Por último, desde finales del 2019 es laboratorio colaborador del Centro Español de Metrología para la magnitud caudal de agua fría. (Ref. 9).

2. DESARROLLO/DESCRIPCIÓN

2.1 Necesidad de una instalación para ensayar caudalímetros DN 1000 mm

Para mejorar la calidad de los balances hídricos es necesario que los datos que suministran los caudalímetros de red sean fiables y con una exactitud conocida. Para ello hace falta calibrarlos, esto se debe realizar dentro del proceso de recepción y mediante calibraciones periódicas.

El laboratorio de contadores puede calibrar caudalímetros hasta DN 500 mm. La tabla 1 muestra los caudalímetros en telecontrol situados en las redes de distribución.

Caudalímetros Telecontrolados	
DN (mm)	Nº
hasta 300	502
de 350 a 500	276
de 600 a 1000	306
de 1200 a 3000	144

Tabla 1

Caudalímetros en telecontrol

Con lo que con la puesta en marcha del banco DN 1000 se dispone de capacidad para calibrar 1084 caudalímetros de los 1228, que es un 88 %. A esto hay que sumarle el proyecto de medidas en canales, que no es objeto de esta comunicación, con lo que queda razonablemente cubierto la calibración de los instrumentos que realizan medidas en la red de suministro de agua.

2.2 Ubicación en Majadahonda.

Ubicar el DN 1000 en Majadahonda ha supuesto las ventajas siguientes:

- Para suministrar agua con los caudales requeridos se utiliza la diferencia de cota entre la estación de tratamiento de Valmayor y los depósitos de Majadahonda. Lo primero que llama la atención es que los ensayos se realizan sin necesidad de una instalación de bombeo para impulsar el agua. La presión se obtiene de la propia arteria de distribución, debido a la diferencia de cota que hay desde la estación de tratamiento, ETAP, de

Valmayor a las instalaciones de Majadahonda. Esto es una enorme ventaja, no solamente por los ahorros que supone: equipos, mantenimiento, ubicación, energía, etc., sino por la calidad del ensayo. Las bombas siempre producen efectos indeseables y difíciles de evaluar en los ensayos de caudalímetros, tan necesitados de disponer de un perfil de velocidades uniforme.

- Tampoco ha sido necesario la construcción de un depósito de agua auxiliar, para la realización de los ensayos, ya que se dispone del depósito de regulación del agua de consumo del sur de Madrid, situado en Majadahonda. Este gran ahorro supone algunas servidumbres en la operativa de los ensayos.
- También se dan una serie de ventajas operativas como son:
 - En Majadahonda se encuentra también el laboratorio de contadores indicado anteriormente, con lo que la ubicación en Majadahonda supone poder optimizar la gestión conjunta de ambas infraestructuras.
 - También en Majadahonda se encuentra el Almacén Central, que es donde se almacenan los grandes caudalímetros, por lo tanto, esto supone un ahorro en desplazamientos de estos instrumentos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Construcción del banco de ensayo

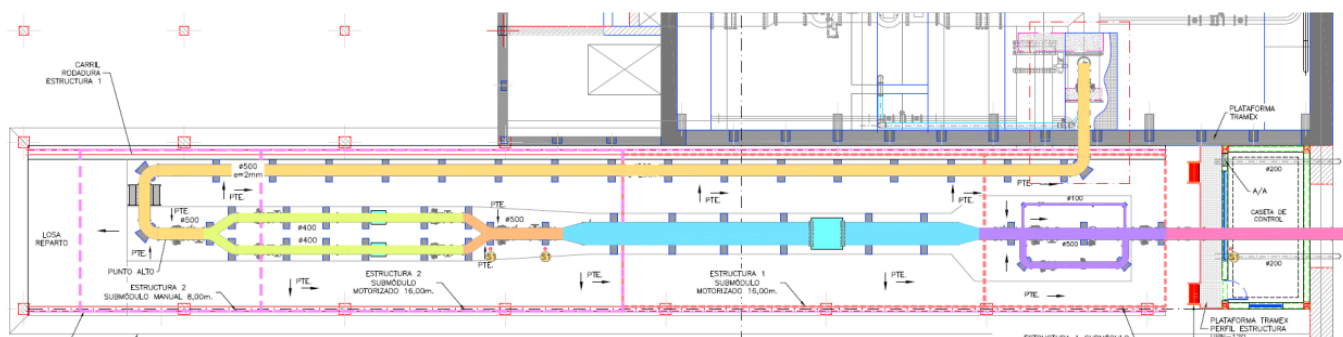


Figura 5. Construcción del banco de ensayo

El banco de ensayo se estructura en los siguientes tramos:

- **TRAMO-1: Conexión de banco de ensayo:**
 - Se procede a la conexión a colector de llenado DN 1400 mm utilizando un acceso a un registro de mantenimiento, tal como se indica en la figura 6. Se instala una ventosa trifuncional de DN 100 mm.
 - Posteriormente se dispone de junta de desmontaje y válvula de corte motorizada de DN 500 mm, subiendo el colector pegado a la pared de la caseta de válvulas, hasta sobrepasar la cubierta del depósito donde se realiza una apertura de hueco en el muro y se instala un pasamuros de DN 500 mm L=1,0 m.
 - En el punto bajo de la pieza L de DN500mm, se dispone de una válvula de corte y desagüe de DN 200 mm que permite el vaciado de la vena líquida. El desagüe

se conecta al pozo de filtraciones del depósito pasando por debajo del trames y el muro divisorio.



Figura 6. Tramo 1 Colector de conexión

- Una vez en la cubierta del depósito se une mediante una tubería de DN 500 mm AISI316L, con válvula de corte motorizada, junta de desmontaje y válvula de seccionamiento manual.
- En el punto alto se dispone de una ventosa de DN 150mm con válvula de corte.
- **Tramo-2: patrón.**
 - Tras el colector de llenado se dispone de un pantalón 500/400-400 mm con dos bifurcaciones a ramales de DN 400 mm.
 - En cada uno de estos ramales están los caudalímetros electromagnéticos patrón de DN 400 mm. Estos son calibrados en el laboratorio de contadores. (Fig. 7)
 - Para cada caudalímetro se dispone de válvula de corte motorizada, junta de desmontaje y válvula de seccionamiento manual. En el tramo de aguas arriba y entre válvula motorizada y junta de desmontaje se dispone de una purga con llave de corte de bola.
- **Tramo-3 Transición**
 - Tras el tramo patrón se dispone de un pantalón 400-400/500 mm, que conecta con un tramo de transición de DN 500mm.
 - En el tramo de transición de DN 500 mm se dispone de válvula de corte motorizada, junta de desmontaje y válvula de seccionamiento manual.
 - Se dispone de sensor de temperatura, presión y purga entre la junta de desmontaje y la válvula de seccionamiento manual.



Figura 7. Tramo 2 Patrones

- **Tramo-4: Caudalímetro de ensayo**

- Es el tramo para comprobar los diversos tipos de caudalímetros (electromagnéticos o ultrasonidos) de diámetros de 600 mm a 1.000 mm.
- El tramo tiene una longitud de 18,40 m, de forma que para el mayor de los diámetros se garantiza una longitud de 10 veces el diámetro aguas arriba del caudalímetro y 5 veces el diámetro aguas abajo.
- La conexión con el tramo de transición se realiza mediante piezas especiales cónicas.

- **Tramo-5: Regulación.**

- Tras el tramo de ensayo se dispone de un colector de 500 mm con purga, posteriormente: válvula motorizada, junta de desmontaje y válvula de corte manual. Inmediatamente después se encuentra la válvula reguladora hidráulica encargada de regular el caudal de paso para la medida. (Fig. 8)
- Para asegurar un mejor ajuste de caudales de paso se tienen dos baipás, el primero de DN 300mm y el segundo de DN 100mm. Cada baipás tiene su válvula motorizada, junta de desmontaje, válvula de seccionamiento y válvula reguladora de caudal.

- **Tramo-6: Retorno de depósito**

- Tras el tramo de regulación se dispone un colector de DN 500mm que conecta con el depósito y devuelve el caudal ensayado.
- Es necesaria la apertura de huecos en muros de depósito e instalación de pasamuros estanco de DN 500 mm

Todas las tuberías son de acero inoxidable AISI316L, cuyos espesores son los siguientes:

DN =<400 , e=4 mm. DN500 y 600mm, e =5 mm. DN700, 800, 900 y 1000 e=6 mm

Dado que el agua retorna a un depósito para consumo hay que tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Solo se pueden ensayar caudalímetros nuevos o que se hayan utilizado para agua limpia.

- El sistema está dotado de las caídas necesarias para poder vaciar completamente la línea al finalizar el ensayo.



Figura 8. Tramo 5 Regulación

3.2 Bases de datos

Se dispone de las siguientes bases de Datos:

- **PROCESS:** Es la base de datos que guarda los resultados de la calibración de los caudalímetros patrón, las incidencias del banco, y demás factores de corrección aplicar en los ensayos. Es una base de datos que se actualiza cuando se calibran los caudalímetros, y demás sensores de presión y temperatura, una vez al año, o se produce alguna incidencia en el banco.
- **DEFINITIONS:** Es la base de datos donde se guardan las características de los caudalímetros a ensayar y la definición de los ensayos. Esta base de datos se actualiza cada vez que se define un nuevo modelo de caudalímetro o cambia alguna característica de ensayo, como añadir un nuevo caudal. Una vez definido todo lo anterior, al caudalímetro objeto de ensayo, el metrologo le asigna un modelo de caudalímetro y un ensayo.
- **RESULT,** es donde se guardan los resultados del ensayo y los parámetros de influencia.

3.3 Operaciones para la realización de ensayos

La operativa es la siguiente: cuando llega un caudalímetro para ensayo, el metrologo comprueba si está definido. Si lo está, le asigna un modelo mediante el número de identificación, contenido en las tablas. Si no está definido, se pasa a rellenar los campos de la tabla Meters, que es una de las tablas contenidas en la base de datos Definitions, donde figuran los datos del caudalímetro necesarios para el ensayo.

Una vez definido el caudalímetro, el metrologo le asigna un ensayo aplicable. En el caso que no se le pueda asignar uno de los ensayos establecidos, se le asigna un nuevo ensayo que se define la tabla MeterVerificationsFlows, que es otra de las tablas contenidas en la base de datos Definitions.

Con lo que un ensayo de un caudalímetro tiene dos partes, la definición de las características del caudalímetro, y los caudales de ensayo aplicables. De esta forma un caudalímetro de las mismas características puede tener varios ensayos aplicables, en función de los caudales que sean requeridos. Cada vez que se define un nuevo ensayo, este debe ser validado, tal como se indica en los procedimientos del laboratorio.

Una vez definido el ensayo y el contador el proceso está automatizado median un programa SCADA:

- Los contadores de pulsos de todos los caudalímetros, patrón e instrumento deben parar de forma sincronizada.
- El SCADA, internamente debe realizar la conversión de esos pulsos a unidades de volumen. Cada caudalímetro tiene asociado un valor propio de peso por impulso que permite realizar el cálculo de dicha conversión).
- Una vez que el SCADA calcula el volumen, también calcula el error y la incertidumbre asociada.

Los ensayos a realizar serán a contador lanzado de forma automática, pero también se quiere tener la posibilidad de poder realizar ensayo en Modo Administrador donde el operario tenga la posibilidad de controlar la instalación manualmente desde el SCADA, abriendo y cerrando válvulas o ajustando las válvulas de regulación.

4. CONCLUSIONES

Actualmente Canal de Isabel II dispone de un banco de ensayo multimarca para diámetros de caudalímetros hasta DN 1000 mm, esta infraestructura es vital para asegurar la medida de los caudalímetros colocados en la red de distribución y nos independiza de las medidas realizadas por fabricantes de otros países sobre sus propios caudalímetros. La condición de laboratorio colaborador del CEM, facilita el uso de esta infraestructura por otras entidades.

Se ha procurado que las bases de datos y la operativa sea similar a los bancos existentes en el laboratorio, aunque el DN 1000 es más sencillo, ya que compara caudal con caudal en unos instrumentos patrón.

5. REFERENCIAS

- (1) <https://www.canaldeisabelsegunda.es/quienes-somos>. Junio de 2022.
- (2) J. Fernández Delgado. “Gestión de sectores” Presentación a EMASESA. Marzo 2017.
- (3) A. García de la Chica. “La Metrología de caudal en el Canal de Isabel II”. e-medida. Revista Española de Metrología. Diciembre 2014.
- (4) Javier Fernández (Canal de Isabel II) en la jornada Smart & Digital Water Solutions. 2021.
- (5) Javier Fernández La digitalización en el sector del agua: nuestro presente es el futuro. RETEMA. Artículo publicado en el número 212 Enero/Febrero 2020
- (6) Javier Fernández (Canal de Isabel II) Jornadas de Telecontrol del Ciclo Integral del Agua. Sierra Nevada, marzo 2015.
- (7) M^a Humbelina Vallejo Aparicio. El contador de agua en la digitalización de los abastecimientos. Ávila. 7 Congreso de Metrología. Septiembre 2022.
- (8) Resolución de 9 de octubre de 2019, del Centro Español de Metrología, por la que se publica el Convenio con Canal de Isabel II, SA, por el que se nombra laboratorio colaborador del Centro Español de Metrología.