

# **BANCO HIDRÁULICO PARA EL ENSAYO DE PEQUEÑOS SENSORES DE CAUDAL**

M. Á. LEAL, A. MOLINA, A. ARIEL GÓMEZ, F. J. MOLINA  
*Departamento de Tecnología Electrónica. Escuela Universitaria Politécnica de Sevilla. Universidad de Sevilla. 41011-Sevilla. España.*

*El presente artículo muestra un pequeño banco hidráulico “portátil”, completamente funcional de forma autónoma, que introducirá al alumno en las medidas con fluidos ensayando con sensores de caudal de pequeño tamaño.*

## **1. Introducción**

Todos sabemos la gran importancia de realizar experiencias prácticas en asignaturas de instrumentación electrónica, donde el alumno pueda comprobar la problemática de los sensores reales y, puedan apreciar en las medidas que realicen, los errores, la precisión, la resolución... y tantos otros parámetros relacionados.

Pero estas experiencias requieren de un material costoso, tanto a nivel de sensores como de patrones o referencias fiables [1]. Todo esto se agrava un poco más si queremos realizar algún ejercicio donde intervengan líquidos como elemento a medir, por las incómodas razones de manejo, montaje, fugas, espacio necesario... que todos podemos intuir.

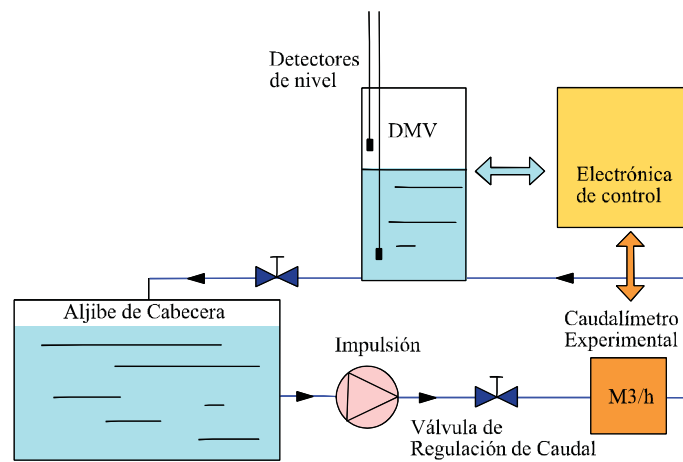
El banco de ensayos que hemos diseñado intenta solventar estos problemas, implementando a un bajo coste y en un espacio reducido (tanto, que puede considerarse portátil) un conjunto hidráulico-electrónico que nos permita ensayar caudalímetros y/o contadores de forma cómoda y segura.

## **2. Descripción general**

Tal y como podemos observar en la figura 1, nuestro montaje desde el punto de vista hidráulico consta de un pequeño aljibe de cabecera donde se almacena el agua necesaria para el ensayo. Un tubo de salida lo conecta a la bomba de impulsión, que será la encargada de mover el agua por todo nuestro circuito hidráulico.

Se pretende que el banco hidráulico (BH) pueda hacer circular diferentes caudales para poder ensayar los caudalímetros en diferentes condiciones; la solución de menor coste a esta necesidad, fue instalar una válvula a la salida de la bomba de impulsión, de modo que en función del grado de apertura de ésta, circulará mayor o menor caudal.

A continuación y tras un tramo recto de aproximadamente 10 veces el diámetro de la tubería, tal y como nos recomiendan los fabricantes, se inserta el caudalímetro o contador a ensayar.



**Figura 1:** Diagrama de bloques del banco hidráulico

El agua que proviene de éstos se vierte en el que denominamos Depósito de Medida Volumétrica (DMV), el cual tiene por misión permitir la medida precisa del volumen de agua que ha circulado (esta será una medida patrón en nuestra práctica, pues se realizará la verificación de su volumen exhaustivamente).

En el DMV se instalan detectores de nivel (realizadas con un simple hilo conductor y aprovechando la conductividad del agua), gracias a las cuales se consigue una buena repetitividad en los ensayos, además de brindarnos la posibilidad de automatizarlos (llenado, vaciado, medida de tiempos...) como luego veremos.

Una vez finalizado el proceso, el agua que está en el DMV se devolverá por gravedad al aljibe de cabecera abriendo una válvula insertada en un tubo que conecta estos dos depósitos. Destacar que no se pueden producir reboses del DMV pues la cantidad de agua que posee el aljibe de cabecera es inferior a la capacidad del DMV.

### 3. Descripción del ensayo

La primera parte del ensayo consiste en aforar el DMV, pues su volumen es imprescindible conocerlo para el desarrollo de la experiencia, como veremos más adelante. Para ello se procederá a la medida del DMV con ayuda de una regla graduada, teniendo en cuenta los posibles errores sistemáticos que se puedan cometer, debido a la precisión y resolución del instrumento de medida. De este modo se calculará el volumen existente entre los dos detectores de nivel colocadas en el DMV con una desviación ( $X \pm y$ ), determinada por el estudio de errores apropiado.

El siguiente paso sería el ensayo real del caudalímetro o contador. Para ello comenzaremos retornando el agua desde el DMV hasta el aljibe de cabecera (si no lo estuviera ya) y cerrando la válvula de vaciado. Abrimos la válvula de regulación de caudal a un 15% de su recorrido total y conectamos la bomba de impulsión.

El agua comenzará a fluir hacia el DMV a través de nuestro sensor [2], de modo que cuando “moje” el primer detector de nivel, pondremos en marcha un cronómetro, que se parará cuando llegue el agua al segundo detector de nivel. También pararemos en este momento la bomba de impulsión y daremos por finalizado el ensayo.

Durante este tiempo en el ensayo, habremos medido también la frecuencia de la señal de pulsos que nos ofrece el sensor (para saber que caudal está midiendo), así como totalizado el número de dichos pulsos (para calcular el volumen que ha circulado).

Esto lo haremos tres veces, repitiendo otras tres más para diferentes grado de apertura de la válvula que regula el caudal (por ejemplo 30% y 40%), para tener así una colección de datos con los que poder sacar conclusiones.

Con los tiempos que hemos medido podemos calcular el caudal medio que ha circulado durante cada ensayo, dividiendo el volumen de agua situado entre las sondas de nivel del DMV (dato conocido), entre dicho tiempo. Este grupo de datos es el que utilizaremos como patrón para verificar el correcto funcionamiento de nuestro caudalímetro.

Una vez con estos datos de referencia, los cotejaremos con los obtenidos del sensor, y daremos nuestras conclusiones al respecto: repetitividad, resolución, errores máximos, desviaciones...

#### **4. Electrónica asociada**

Hasta ahora hemos visto la composición hidráulica de nuestra plataforma y el proceso que pretendemos seguir para la realización del ensayo, pero evidentemente nos hará falta una electrónica de apoyo más o menos compleja que nos permita y/o facilite todas estas tareas. Ahora bien podemos optar por una solución sencilla y manipular el bando hidráulico de modo manual, o bien automatizar el ensayo adoptando una solución de compromiso entre automatización y coste.

Pero si no queremos asumir errores imponderables fruto de la apreciación humana, y de conferir al banco hidráulico la repetitividad esperada, debemos de dotarle de medios para que el ensayo se realice de forma automática en lo referente al protocolo de ensayo.

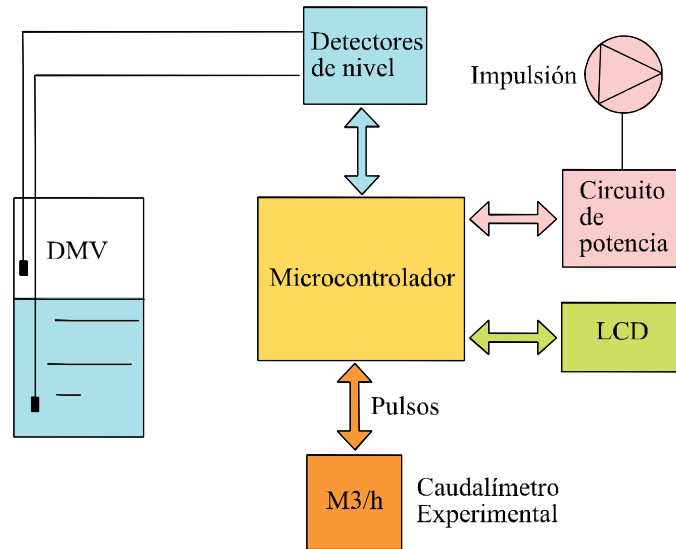
Para ello y después de analizar todos los requerimientos: frecuencímetro, cronómetro, contador, control de la bomba... y coordinarlos todos, no se presentaba una tarea fácil si lo hacíamos con electrónica discreta.

Todo esto nos llevó a utilizar como corazón del circuito un pequeño microcontrolador (del tipo PIC 16F84), en el cual aunamos todos los conceptos anteriormente expuestos. Nos confiere fiabilidad y bajo coste en un sólo bloque, siendo además muy versátil al poder ser fácilmente "reprogramado" si cambian nuestras necesidades.

En la figura 2 podemos ver un esquema de bloques de la electrónica utilizada, de la cual iremos viendo como actúan cada una de sus partes en las distintas etapas del ensayo:

Activamos el pulsador que da la señal de comienzo al micro, éste da la orden al circuito de potencia de conectar la bomba de impulsión. Esperamos a que el circuito conectado a los detectores de nivel (realizado con unos simples comparadores analógicos) nos indique que el agua ha llegado al primer nivel.

En este momento empezamos la cuenta del tiempo y de los pulsos que nos ofrece el caudalímetro. A la vez y en tiempo real, representamos en el LCD la frecuencia de dicha señal.



**Figura 1:** Estructura de la electrónica que controla el banco hidráulico

Continuamos en este estado hasta que el agua llegue al segundo detector de nivel, momento en el cual detendremos la bomba inmediatamente, pararemos la cuenta del tiempo y de los pulsos del caudalímetro, representando estos parámetros en el LCD.

Así daríamos por finalizado el ensayo, quedando a la espera de un nuevo ensayo.

## 6. Conclusiones

Hemos diseñado a un bajo coste, un pequeño banco hidráulico que nos permita ensayar caudalímetros. Se ha hecho de reducidas dimensiones y sobre una plataforma portátil, de modo que podamos usarlo en cualquier laboratorio de electrónica sin necesidad de más componentes externos.

En el diseño se ha pretendido establecer un balance equilibrado entre su fiabilidad y su simplicidad, obteniendo unos resultados satisfactorios que cumplen los objetivos marcados: introducir al alumno en la experimentación de este tipo de sensores.

## Referencias

- [1] A. Menéndez, A. Molina, A. Gómez, M. A. Leal. *Ensayo automatizado para el desarrollo de caudalímetros*. SAAEI-98.
- [2] Norma ISO 8316:1987. *Measurement of liquid flow in closed conduits - Method by collection of the liquid in a volumetric tank*.