

# CAUDALIMETROS ELECTROMAGNETICOS

**Eduardo Martín Lopez Suevos. Departamento de Ingeniería central de Heineken España y Enrique Herranz, Food + Beverage Industry Manager de Endress y Hauser S.A.**

*Contaba mi admirado Javier Krahe en sus conciertos en la Sala Galileo de Madrid que tenía muchos libros clásicos pero que apenas los leía. Sin embargo le tranquilizaba saber que estaban allí y se iba a dormir más a gusto sabiendo que si tenía alguna consulta o buscaba alguna fuente de inspiración siempre los podía consultar. Nunca lo hacía. Pero allí estaban. Hay veces que tenemos que volver a la física y a los clásicos para entender los aparatos que usamos en nuestras fábricas de Cerveza. Realmente, en cuanto a instrumentación, no manejamos tantos. Cualquiera puede consultar en la web videos maravillosos donde te lo explican de manera magistral. En este artículo de Endress, te lo ponemos fácil. Los principios de funcionamiento son bien clásicos. Hablamos en otro número de los detectores de vacío, hoy toca caudal. ¿Cuándo montar un caudalímetro magnético?, ¿cuándo un másico? ¿Cuánto dinero tienes? Hay varios tipos. Empecemos en este número por los más frecuentes. Ya tendremos otras ocasiones para hablar de medir el caudal de vapor y sus problemas. Ya resueltos por cierto.*

## **1 Medida de caudal en tuberías de líquidos con caudalímetro electromagnéticos.**



### **1.1 Principio de funcionamiento:**

Los caudalímetros electromagnéticos (contadores magnéticos) existen desde aproximadamente 1939. El clérigo e inventor suizo Padre Bonaventura Thürlemann (1909–1997) fue un pionero en el uso industrial de este principio de medición.

El fenómeno físico en el que esta técnica se basa, se conoce, sin embargo, desde mucho antes.

El físico inglés Michael Faraday (1791–1867) se percató de que al mover una barra metálica conductora de longitud (L) con velocidad (v) en el seno de un campo magnético (B), se induce una corriente eléctrica que genera entre los dos extremos de la barra una tensión (Ue) de algunos milivoltios (Fig. 1). Faraday también descubrió que la magnitud de la tensión inducida de este modo es directamente proporcional a la velocidad (v) de movimiento y a la intensidad (B) del campo magnético.

$$U_e = B \cdot L \cdot v$$

Ue: Tensión inducida

B: Intensidad del campo magnético

L: Longitud del conductor eléctrico (corresponde a la distancia entre los electrodos en el tubo de medición)

V: Velocidad de movimiento del conductor (corresponde a la velocidad del fluido en el tubo de medición).

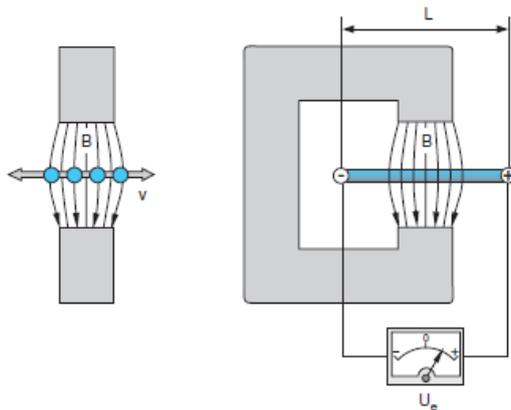


Fig. 1: Principio de inducción electromagnética según la formulación de M. Faraday (1791–1867).

En un caudalímetro magnético (Fig. 2), el fluido conductor que circula por el interior del tubo de medición corresponde a la barra metálica del experimento de Faraday. Dos bobinas situadas a ambos lados del tubo de medición generan un campo magnético de intensidad constante. Dos electrodos en la pared interior de la tubería detectan la tensión inducida por el fluido en movimiento al circular en el seno del campo magnético. El tubo de medición está eléctricamente aislado del fluido y del electrodo por un revestimiento no conductor (por ejemplo, goma, teflón, etc.).

Dado un campo magnético de intensidad constante (B), la tensión de medición inducida (Ue) es directamente proporcional a la velocidad del fluido (v). Por otra parte, la sección transversal

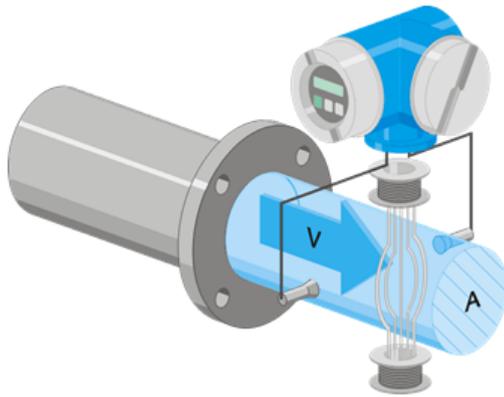
de la tubería (A) es un parámetro conocido, de modo que el caudal volumétrico ( $Q_v$ ) se calcula directamente a partir de la expresión siguiente:

$$Q_v = v \cdot A = \frac{U_e}{B \cdot L} \cdot A$$

$U_e$  = voltaje inducido

$v$  = velocidad de caudal

$Q$  = volumen de caudal



$$U_{\text{caudal}} \sim v$$

$$Q = v * A$$

Fig. 2: Principio de medición electromagnética del caudal.

## 1.2 Ventajas e inconvenientes

Los caudalímetros basados en este principio se emplean en todos los ámbitos de la industria cervecera. La gran diversidad de modelos permite su aplicación incluso en procesos altamente corrosivos. Las posibles limitaciones de presión y temperatura que puedan presentar se deben fundamentalmente a las propiedades del material de revestimiento o a las características particulares de algunos modelos de caudalímetro específicos.

### Ventajas:

- El principio de medición en que están basados es virtualmente independiente de la presión, la temperatura y la viscosidad.
- Permiten mediciones incluso en presencia de partículas sólidas (zumos con pulpa,..).
- Disponen de un amplio rango de diámetros nominales: DN 2 hasta 2.400.

- Tubo de medición de instalación longitudinal sin partes móviles.
- No experimenta pérdidas de carga
- No requiere estrangulamientos en la sección transversal de la tubería (de fácil limpieza-CIP- y esterilización -SIP-, apto para limpieza con cepillo).
- Alto grado de fiabilidad y reproducibilidad de medición, buena estabilidad a largo plazo.
- Gasto mínimo en mantenimiento y renovación.

*Inconvenientes:*

- Sólo funciona con líquidos conductores.
- Las mediciones son menos exactas y más difíciles con líquidos poco conductores, por ejemplo, con agua desmineralizada o algunos siropes
- Las deposiciones en el interior del tubo de medición o en los electrodos pueden generar errores.
- Es necesario guardar unas distancias antes y después donde la tubería no debe tener elementos singulares (codos, válvulas, reducciones)

## **2 Caudalímetros másicos por efecto Coriolis**

### **2.1 Medición de caudal por efecto Coriolis: medición simultánea de masa, densidad, temperatura**

El principio de medición Coriolis se utiliza en un amplio rango de distintas ramas de la industria, como las ciencias de la vida, los productos químicos y petroquímicos, oil & gas, la alimentación, y, no menos importante, en aplicaciones custody transfer (facturación). Los caudalímetros Coriolis pueden medir prácticamente todos los fluidos: detergentes, disolventes, combustibles, petróleo crudo, aceites vegetales, grasas animales, látex, aceites de silicona, alcohol, soluciones de fruta, pasta de dientes, vinagre, ketchup, mayonesa, gases o gases licuados

La medición simultánea del caudal másico, la densidad y la temperatura proporciona perspectivas completamente nuevas para el control de procesos, el control de calidad y la seguridad de la planta. Es posible asimismo calcular el valor de otras características importantes a partir de las variables primarias medidas:

- Caudal volumétrico
- Contenido de sólidos en el fluido

- Concentraciones en fluidos multifásicos

### **2.1.1 Principio de medición de caudal por efecto Coriolis**

Cada caudalímetro por efecto Coriolis dispone de uno o más tubos de medición que oscilan artificialmente a causa de un excitador. Cuando un fluido pasa por el tubo de medición, se superpone una torsión a dichas oscilaciones a causa de la inercia del fluido. Dos sensores detectan este cambio en la oscilación del tubo en tiempo y espacio como "desfase". Este desfase es una medida directa del caudal másico.

Además, la densidad de fluido también puede determinarse a partir de la frecuencia de oscilación de los tubos de medición. La temperatura del tubo de medición se registra del mismo modo para compensar las influencias térmicas. La temperatura de proceso que de aquí se deriva está disponible en una señal de salida adicional.

#### **Ventajas**

- Principio de medición universal para líquidos y gases
- Medición multivariable - medición simultánea del caudal másico, la densidad, la temperatura y la viscosidad
- Gran precisión de medición: típicamente  $\pm 0,1\%$  lect., opcionalmente:  $\pm 0,05\%$  lect. (PremiumCal)
- Principio de medición independiente de las propiedades físicas del fluido y del perfil de caudal
- No son necesarios tramos rectos de entrada/salida
- Se puede usar para determinar y separar levadura de cerveza en la cosecha de levadura de Fermentación o guarda
- Se puede usar en siropes con baja conductividad

#### **Inconvenientes**

- Precio: 3 veces más caro que un magnético

