

Figura 1.
El nuevo caudalímetro multifase VIS

Caudalímetro multifase de alta precisión

Por N. Bonavita y G. Ciarlo (ABB Italia) y P. Ciandri (TEA Sistemi),
ABB, www.abb.com.ar

VIS (*Vega Isokinetic Sampling*, 'muestreo isocinético Vega') es el nuevo caudalímetro de ABB cuyos diseño y características lo convierten en una opción ideal para aplicaciones gasíferas. Tal como revela el acrónimo, VIS está basado en el medidor Vega de TEA Sistemi, instalado con éxito en más de cuarenta aplicaciones alrededor del mundo desde los inicios de 2000.

El nuevo caudalímetro multifase está basado en el mismo principio de operación que su versión anterior –el muestreo isocinético– y añade un diseño totalmente nuevo que minimiza su peso y su impacto. El resultado es un medidor con la misma precisión pero mucho más compacto.

En la figura 2 se muestra un esquema del nuevo diseño del medidor, con sus principales componentes. El caudal se dirige aguas abajo y el medidor VIS toma como muestra una pequeña parte del fluido, que dirige hacia el separador gas-líquido y luego reinyecta en la tubería principal, aguas abajo hacia el orificio multifase. La toma de la muestra se lleva a cabo por medio de una sonda multipuertos de diseño especial y colocada en una sección de la tubería en donde las concentraciones y velocidades del fluido son uniformes.

Dentro del separador gas-líquido, se separan las diferentes fases de las muestras y los separadores rotacionales –en la parte superior del medidor– remueven las trazas de líquido dispersos en el gas.

El caudal de gas se mide antes de la reinyección con un medidor convencional (un típico medidor Venturi), a la vez que el caudal del líquido se computa por el tiempo requerido para completar un cierto volumen del separador mismo. La determinación del tiempo de llenado se lleva a cabo por medio de transmisores de presión

diferenciales que miden la presión estática en diferentes posiciones del separador gas-líquido.

Una vez que el líquido alcanza un valor predefinido, se abre la válvula de descarga y se produce la reinyección de la fase líquida en la tubería principal. Luego de la total remoción de la fase líquida del cuerpo del medidor, se cierra la válvula y el ciclo de medición vuelve a comenzar.

Descripción de la tecnología: muestreo isocinético

En palabras simples, el caudalímetro multifase VIS deriva los diferentes valores basándose en las muestras extraídas a través de la sonda. El requerimiento clave es que tales muestras sean cien por ciento (100%) representativas de las características del caudal en la tubería principal.

El método de muestreo isocinético, principio de operación VIS, permite la extracción de muestras del caudal principal sin modificar el perfil de flujo de la sonda. Por lo tanto, si la sonda se instala en un lugar apropiado, en donde los perfiles de velocidad de las fases líquidas y de gas sean uniformes (note que las velocidades del gas y del líquido pueden diferir), esta técnica garantiza que las porciones muestreadas sean totalmente representativas del flujo principal.

*Nuevo caudalímetro multifase
cuyos diseño y características lo
convierten en una opción ideal
para aplicaciones gasíferas*

Las condiciones de muestreo isocinético se establecen dentro del medidor colocando la válvula de control de presión en una posición tal que la relación entre las caídas de presión por el orificio

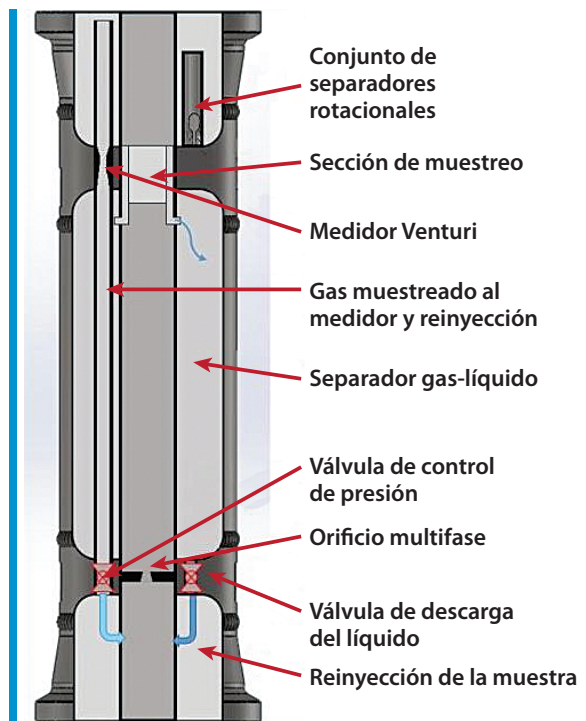


Figura 2. Componentes principales del medidor VIS

multifase en presencia de las muestras $\Delta p_{TP,S}$ y sin las muestras Δp_{TP} sea igual a:

$$(1) \Delta p_{TP,S} / \Delta p_{TP} = (1 - r_A)^2$$

en donde r_A se define como la relación de muestreo, que es igual a la relación entre la tubería principal en la sección de muestreo y la sección de la sonda:

$$(2) r_A = A_P / A_S$$

De la ecuación el caudal a través de un orificio combinada con la expresión anterior, también es posible derivar que:

$$(3) \Delta p_{TP,S} / \Delta p_{TP} = [1 - (q_G / Q_G)]^2$$

en donde q_G es el promedio del caudal del gas en la muestra y Q_G es el promedio del caudal total del gas a través del orificio.

Esto significa que cuando el muestreo es isocinético, la relación entre el caudal del gas de la muestra y el caudal total es igual a la relación de muestreo; $q_g/Q_G = r_A$. Una expresión similar se utiliza para el líquido, incluso en el caso en que la muestra no sea perfectamente isocinética, si la distribución del líquido y las velocidades son uniformes en la sección de muestreo.

Dado que r_A es un parámetro conocido que depende solo de la forma geométrica del medidor, el caudal general de líquido y gas se puede derivar fácilmente, dividiendo los valores de flujo de las muestras por la relación de muestreo:

$$(4) Q_g = q_g / r_A$$

$$(5) Q_L = q_L / r_A$$

La tecnología VIS ha demostrado ser capaz de proporcionar un alto rendimiento incluso en las condiciones más difíciles, es decir, cuando la fracción de volumen de gas (GVF) es extremadamente alta (superior al noventa y ocho -98- e incluso noventa y nueve por ciento -99%-). En realidad, el VIS ha demostrado ser capaz de detectar aun rastros mínimos de líquido en gas y esto obviamente estimula el interés en probarlo para aplicaciones como el almacenamiento de gas.

Experiencias de campo

Las aplicaciones del caudalímetro multifase para detectar mínimas cantidades

El nuevo caudalímetro multifase añade un diseño totalmente nuevo: un medidor preciso y más compacto.

de contaminantes líquidos en el gas no son muy comunes debido a las extremas sensibilidades requeridas en los dispositivos. Los autores de este artículo no han podido detectar en la bibliografía sobre el tema ningún reporte acerca de otro caudalímetro multifase convencional capaz de satisfacer requisitos tan exigentes. El muestreo isocinético parece

ser la tecnología más efectiva como se demostró en varias aplicaciones de campo del medidor Vega desde 2007.

La primera instalación comercial de GVF (*Gas Volume Fraction*, 'fracción de volumen de gas') exigente está vinculada con la medición del líquido que corría por una columna de deshidratación operada por *Stogit*, en Ripalta, Italia. A fin de dar con el rendimiento real de la tecnología de muestreo isocinético, se instaló el medidor *Vega* aguas abajo de la columna de deshidratación, en donde, solo por propósitos experimentales, una pequeña bomba inyectaba cantidades predefinidas de TEG

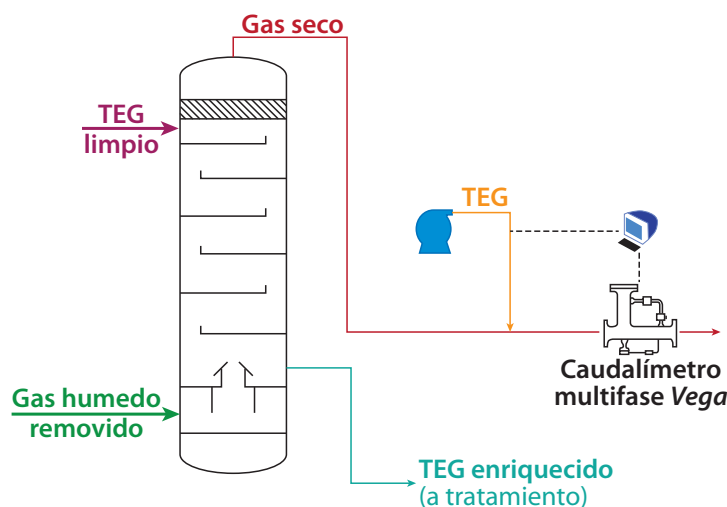


Figure 3. Prueba de instalación del caudalímetro multifase en Ripalta

(trietileno glicol) dentro del gas seco (ver figura 3). La lectura del medidor podía compararse con las cantidades conocidas de líquido inyectado, resultando en un procedimiento efectivo y válido.

El método de muestreo isocinético permite la extracción de muestras del caudal principal sin modificar el perfil de flujo alrededor de la sonda.

La aplicación de prueba presentó una complicación adicional bastante importante. De hecho, por las limitaciones de la instalación y logísticas, el medidor debió diseñarse especialmente, y entre varias condiciones, por ejemplo, se debió diseñar para operar en posición horizontal. La posición horizontal es muy desfavorable porque altera la homogeneidad ideal del flujo favoreciendo la



Figura 5. Instalación en Ripalta del caudalímetro multifase basado en muestreo isocinético

estratificación, es decir, se aleja de las condiciones isocinéticas ideales.

Se requirieron calibraciones ad-hoc y compensaciones adicionales solo por el diseño horizontal. Cuando se miden fracciones extremadamente pequeñas de líquido, como en las instalaciones de Ripalta, la precisión de las mediciones descansa en gran medida sobre la separación total de las

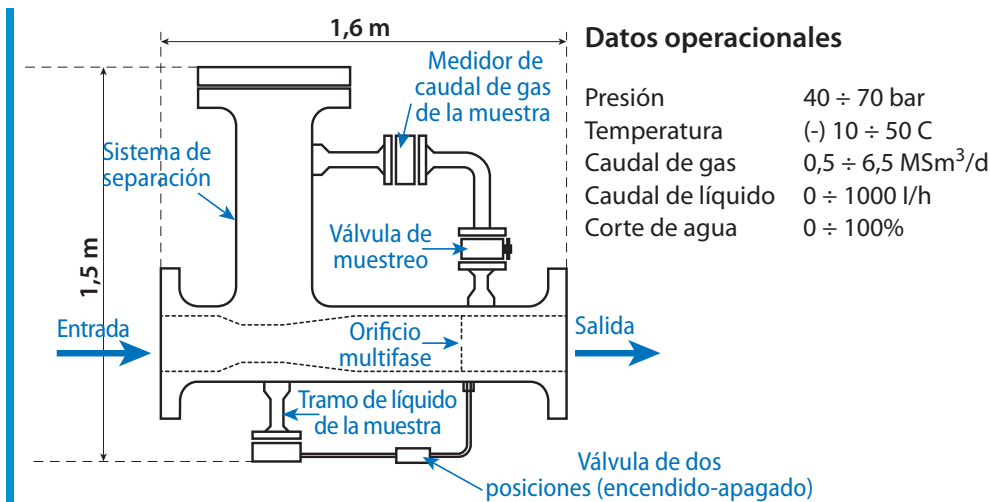


Figura 4. Esquema del medidor horizontal en Ripalta

pequeñas gotas dispersas en el gas. A fin de alcanzar una separación completa, debió desarrollarse un nuevo diseño para el separador rotacional. La forma de este separador se optimizó con una simulación 3D del perfil de caudal y la forma final fue probada a través de un conjunto de experimentos de laboratorio que indicaron que la eficiencia de la separación de gotitas de un diámetro menor o igual a cinco micrones (5 μm) era superior al noventa y nueve por ciento (99%).

Aquel no fue el único desafío: el diámetro de la tubería era extremadamente grande (doce pulgadas; 30,48 centímetros), muy por encima del tamaño típico del medidor multifase.

Estas complicaciones y la tan pequeña LVF (Liquid Void Fraction, 'fracción de líquido') que debía detectarse (configurado en $2 \cdot 10^{-4}$ - 4%) causaron una esperada precisión del diez por ciento (10%) del caudal líquido real, que es definitivamente superior al rendimiento de otros instrumentos típicos.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por el medidor en Ripalta: debe destacarse que, a pesar de las condiciones severas, a velocidades

intermedias, el error es cercano a cero y también que es muy fácil suprimir los errores y satisfacer el requisito de mantener la incertidumbre de estas mediciones por debajo del diez por ciento (10%) después de la calibración en campo.

Los resultados probaron la potencialidad de la tecnología de muestreo isocinético y proveyeron la base para la instalación normal, en posición vertical a la salida

de los pozos de extracción en varias locaciones. Incluso sin la 'ayuda' de la gravedad se lograron niveles de precisión normales típicos de tal tecnología (tres por ciento para gas y cinco para líquido) también para aplicaciones de almacenamiento de gas.❖

Nota del editor: La nota aquí publicada es un extracto del trabajo presentado por los autores en la Conferencia Internacional de Medición de Caudal, titulado "Optimizing gas storage fields. Operation through high accuracy. Multiphase flow metering", y traducido por nuestra editorial especialmente para esta revista.

La técnica de medición garantiza que las porciones muestreadas sean totalmente representativas del caudal principal.

Test	Presión (Bar/g)	Temperatura (°C)	Caudal de gas (KSm ³ /h)	Caudal de gas medido (KSm ³ /h)	Error del caudal de gas (%)	TEG inyectado (l/h)	LVF (%)	Medición de caudal líquido corregido (l/h)	Error de caudal líquido (%)
1	55,6	-3,8	188	185	-1,3	16	4,74E-04	14,5	-9,1
2	55,7	-3,2	250	251	0,4	14	3,12E-04	15,2	8,6
3	55,4	-3	250	249	-0,4	18	3,99E-04	19,7	9,4
4	56,4	-2,3	250	252	0,8	20	4,51E-04	18,4	-8,2
5	58,9	-1,4	83,3	84	0,8	10,5	7,42E-04	9,8	-7
6	59,7	-0,1	83,3	83	-0,4	19	1,36E-03	21,3	12,1
7	58	-0,6	170	173	1,8	34	1,16E-03	32,2	-5,3

Tabla 1. Resultados de la instalación en Ripalta