

CALIBRACION DE UN MEDIDOR DE VENTURI UTILIZANDO RADIOTRAZADORES

Juan Arellano

Instituto Peruano de Energía Nuclear, Apt. 1687, Perú

Recibido el 2 de noviembre de 1985

RESUMEN

Se han utilizado trazadores radioactivos para calibrar un medidor de flujo de tipo Venturi. Dicho medidor es normalmente utilizado en mediciones de flujo volumétrico. La curva de calibración obtenida esta representada por la relación $Q = 113.7 (\Delta H)^{0.535}$ en la cual Q es el flujo volumétrico en cm^3/s y ΔH es la diferencia de presión en mm Hg tal indicada epor el medidor de Venturi. Una incertidumbre del 2 % es estimada para cualquier medición en el rango del presente experimento. Buena concordancia se logró con mediciones anteriores.

ABSTRACT

Radiative Tracers have been used to calibrate a Venturi type flow meter. Such a meter is normally used in measuring volumetric flow rates. A calibration curve $Q = 113.7 (\Delta H)^{0.535}$ was obtained, in which Q is the volumetric flow rate in cm^3/s and ΔH is the pressure difference in mm Hg as given by the Venturi meter. An uncertainty of 2 % is estimated for any single measurement in the range of the present experiment. Good agreement with previous measurements was obtained.

(*) El experimento fue realizado en el Departamento de Química e Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

1. INTRODUCCION

Se denomina radiotrazador para estudio de flujos a cualquier sustancia radiactiva que incorporada a un fluido, proporciona información sobre el comportamiento del flujo en estudio, mediante la medición de la radiactividad emitida. Ej. In-113m, Tc-99m, Kr-85, etc. En el ámbito mundial, la utilización de radiotrazadores en las investigaciones industriales, se van multiplicando con rapidez inusitada.

Las técnicas nucleares utilizando radiotrazadores han demostrado que son un medio efectivo para la determinación de parámetros involucrados en procesos con flujo de fluidos, tales como: velocidad, flujos volumétricos, tiempos de residencia en reactores químicos e intercambiadores de calor, tiempos de recirculación, detección de fugas, fallas, obstrucciones etc.

Cabe destacar que las técnicas con radiotrazadores se adecúan de acuerdo a las necesidades y todas estas determinaciones se realizan "in situ" y generalmente en forma rápida, evitándose así pérdidas innecesarias de tiempo, factor fundamental en todo proceso tecnológico.

2. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El sistema experimental utilizado para la determinación del flujo volumétrico, Q , circulante a través del sistema de flujo es mostrado en Fig. 1.

El fluido en estudio proveniente del tanque surtidor recorre el ducto de fierro de 2" de diámetro nominal con una velocidad V , generando en el venturímetro una lectura manométrica ΔH .

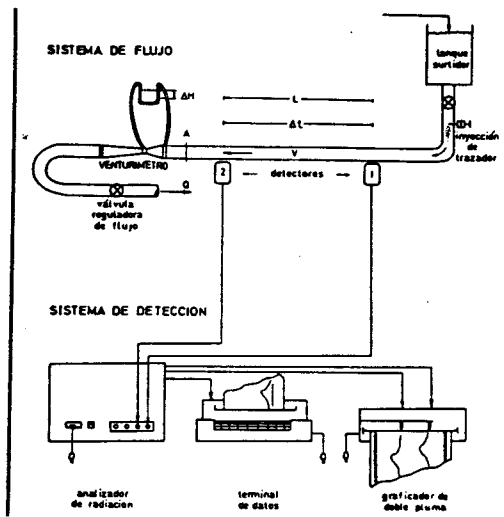


Fig. 1. Sistema Experimental utilizado durante la calibración del venturímetro. El agua proviene del tanque surtidor y el radiotrazador inyectado, fluyen a través de la sección transversal, A, con una misma velocidad, generando en el venturímetro una lectura manométrica ΔH . La radiación captada por detectores 1 y 2, informa sobre el tiempo Δt que utiliza el radiotrazador en recorrer la distancia L , dato que permite calcular el flujo volumétrico $Q (=LA/\Delta t)$ circulante. La curva de calibración del venturímetro se obtiene mediante el ajuste por mínimos cuadrados de puntos experimentales Q_i vs ΔH_i .

La radiación emitida por el radiotrazador inyectado, Tc-99m, es captada y convertida en señales eléctricas por detectores WALLAC de cristal cilíndrico de NaI(Tl) de 2"x2". Las señales eléctricas son procesadas en el analizador de radiación multipropósito WALLAC RD_1600, cuyos datos son extraídos finalmente por el terminal KSR-743 SILENT 700 y/o por el graficador de doble pluma B-500 OMNIESCRIBE.

Se desea obtener la curva característica del venturímetro, que puede expresarse de la siguiente forma:

$$Q = K(\Delta H)^b, \quad (1)$$

donde Q es el flujo volumétrico que circula en el sistema, y ΔH es la lectura en el tubo diferencial en U, adjunto al venturímetro [1], por lo que indirectamente nuestro objetivo es la determinación de las constantes K y b .

Durante la experiencia se determinan diversos flujos volumétricos Q_i , que asociados a sus respectivos ΔH proporcionan datos suficientes para que mediante el método de ajuste por mínimos cuadrados, de la curva experimental $\ln(Q_i)$ versus $\ln(\Delta H)$ se obtengan los valores de las constante K y b y por ende la ecuación (1) característica del venturímetro.

Los diversos valores de Q_i se obtienen en forma indirecta mediante la relación,

$$Q_i = A V_i, \quad (2)$$

donde Q_i es el flujo volumétrico circulante en el sistema de flujo, A es el área de sección transversal de entrada al venturímetro y V_i es la velocidad de ingreso del fluido al venturímetro. Los parámetros anteriormente mencionados se esquematizan en la Fig. 2.

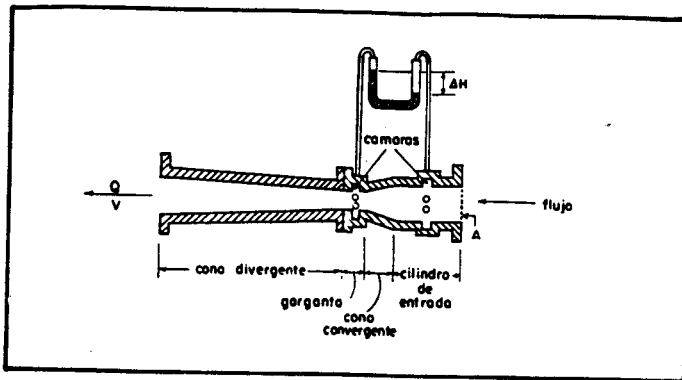


Fig. 2. Medidor de Venturi utilizado para medir la cantidad de fluido por unidad de tiempo. Posee dos cámaras anulares conectadas a un manómetro que proporcionan la diferencia de presiones, ΔH , existente entre el cilindro de entrada y la garganta, parámetro que depende exclusivamente del flujo volumétrico, q , circulante a través del medidor de Venturi.

Esta determinación de la velocidad V_1 se realiza en el ducto tubular que precede al venturímetro y que posee también un área de sección transversal A. Esta determinación se realiza utilizando radiotrazadores [2], fundamentándose en la fórmula elemental para la determinación de velocidades promedio:

$$V = L/\Delta t , \quad (3)$$

donde V es la velocidad del fluido, L la longitud recorrida y Δt es el intervalo de tiempo utilizado por una porción del fluido en recorrer la distancia L. Ver Fig. 3.

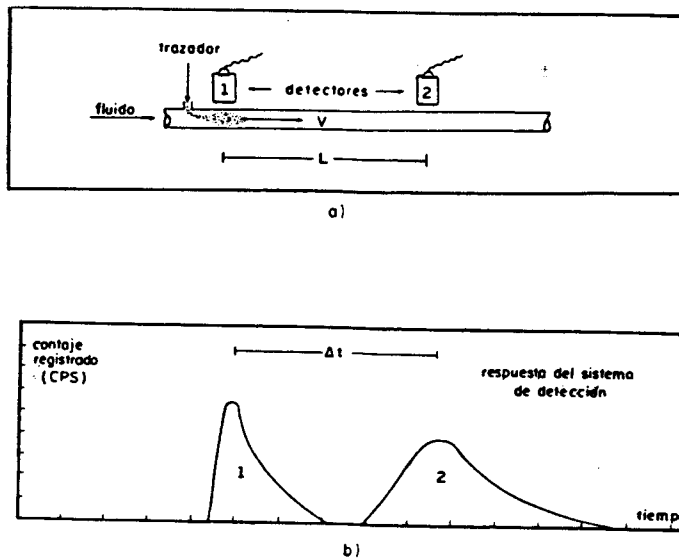


Fig. 3. Determinación de velocidad de fluidos utilizando radiotrazadores. En la parte superior se muestra esquemáticamente el ducto por el que circula el fluido. En la parte inferior se muestra la forma del registro del paso del radiotrazador, con una diferencia de tiempo Δt , viajando así el fluido a lo largo de la distancia L a una velocidad $V = L/\Delta t$.

Para determinar la velocidad es necesario inyectar una alícuota de solución trazadora, que viajará a la misma velocidad del fluido en estudio y que será detectada durante su recorrido en 2 puntos diferentes del ducto (ver Fig. 3a), separados por una distancia L, de tal modo que los átomos trazadores recorren esta distancia en un intervalo de tiempo Δt (dado proporcionado por el sistema de detección, Fig. 3b), viajando por lo tanto el fluido a una velocidad V de acuerdo con la ecuación (3).

3. RESULTADOS

La curva de calibración del venturímetro, obtenida mediante ajuste

por mínimos cuadrados de 7 puntos experimentales, concerniente a la relación (1) da $K = 113.7$, $b = 0.535$, donde Q está expresado en cm^3/s y ΔH está en mm Hg y F_c , el factor de correlación, es igual a 0.993. Para lo cual es necesario determinar experimentalmente 7 flujos volumétricos diferentes, variando la lectura manométrica ΔH en el medidor de Venturi. Ver tabla 2.

Para determinar cada flujo, se realiza una inyección de solución trazadora de $40 \mu\text{Ci}$ de Tc-99m disueltos en 2 ml de agua. Durante cada inyección se registra la razón del contaje (Cps) vs tiempo (s) en detectores 1 y 2. Ver tabla 1. Esto permite calcular Δt , correspondiente a una distancia de 816 cm. conocido Δt , se determina la velocidad con que viaja el fluido (V) y el flujo volumétrico, según la relación (2), circulante a través de la sección transversal $A = 21.6467 \text{ cm}^2$ del ducto tubular de Fe negro.

Tabla 1. Evolución temporal de la razón de contaje en detectores 1 y 2. Registro obtenido durante la prueba n° 2 donde $\Delta H = 113 \text{ mm Hg}$. t_i es el tiempo transcurrido, $(c_i)_{1,2}$ son los contajes en el detector 1 y 2, respectivamente.

t_i s	$(c_i)_1$ cps	$(c_i)_2$ cps	t_i s	$(c_i)_2$ cps
0	850	7	14	387
1	792	5	15	205
2	346	4	16	100
3	180	7	17	60
4	66	7	18	37
5	45	11	19	25
6	27	11	20	22
7	32	2	21	26
8	6	1	22	23
9	7	0	23	20
10	-	37	24	-
11	-	310	25	-
12	-	624	-	-
13	-	624	-	-

Tabla 2. Resultados generales, obtenidos en las siete pruebas, realizadas con los diferentes lecturas manométricas ΔH ; para obtener diversos valores experimentales de flujos volumétricos. NP es el número de la prueba, ΔH es la lectura manométrica, Δt es la diferencia de tiempos, V es la velocidad del agua, Q_{SM} y Q_{IPEN} son los valores de los flujos volumétricos obtenidos por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (SM) y el IPEN (con radiotrazadores), respectivamente.

NP	ΔH mmHg	Δt s	V cm/s	Q_{IPEN} cm ³ /s		Q_{SM}
				Experi.	Esti.	Esti.
1	118	11.9	68.5	1483±25	1460	1516
2	113	12.2	67.2	1455±24	1427	1477
3	110	12.4	65.7	1422±46	1406	1454
4	83	15.3	53.3	1158±45	1209	1230
5	63	17.3	47.2	1017±41	1044	1045
6	59	17.6	46.5	1007±46	1008	1005
7	38	21.6	37.8	818±27	796	775

4. DISCUSSION

La curva de calibración del venturímetro ha sido previamente calculado mediante un método que se fundamenta en la pesada de agua que sale por la descarga del sistema y que es recolectado en un intervalo de tiempo determinado. Los valores obtenidos son $K = 89.7$ y $b = 0.593$. Ver relación (1). En el presente trabajo se determina la curva de calibración utilizando radiotrazadores. La discrepancia entre los valores de flujo obtenidos con este y el anterior método es de un máximo de 3%. Ambas curvas de calibración, arriba mencionadas, se presentan en al Fig. 4. Las

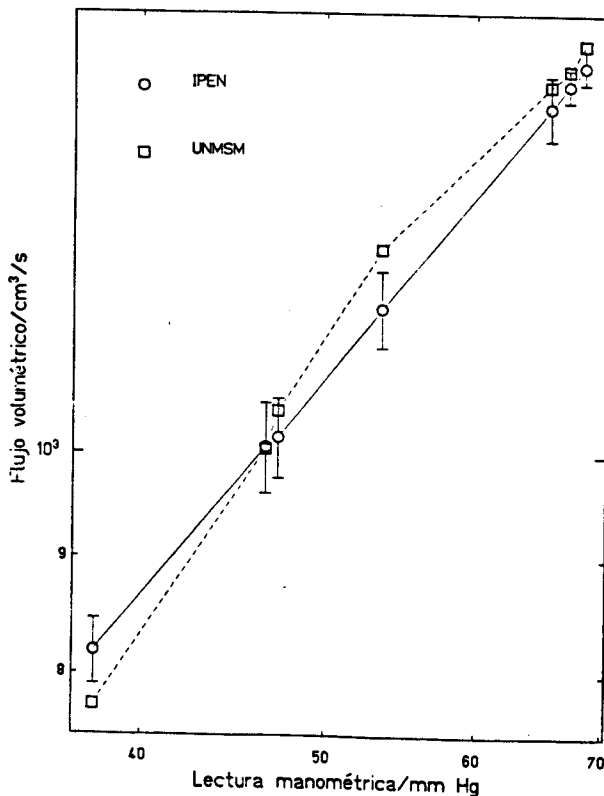


Fig. 4. Las curvas de calibración del venturímetro obtenidas por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos mediante un método basado en peso del líquido y por el IPEN, mediante radiotrazadores. Ver texto.

considerables desviaciones estándar que presentan los diversos flujo volumétricos, determinados experimentalmente mediante radiotrazadores y que se exponen en la tabla 2, son debido a que el sistema de flujo, no era completamente estacionario por diversas perturbaciones, tales como variaciones en el nivel de agua en el tanque surtidor, formación de burbujas en el fluido circulante, vibraciones, etc.

El método de radiotrazadores puede usarse calibrar venturímetros, como en este caso, u otros medidores de flujo de fluido. Mediante esta técnica es posible realizar calibraciones "in situ", en forma rápida y sin

alterar la operación del sistema de flujo en estudio; consideraciones fundamentales en todo tipo de proceso industrial.

REFERENCIAS

- [1] T. Baumeister, E. Avallone, Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, Mc. Graw Hill Book Company, New York, 1978
- [2] V. Kamarainen, Curso sobre Utilización de Radiotrazadores en la Industria, IPEN, Lima, 1983
- [3] R. Perry, C. Chilton, Chemical Engineers' Handbook, Mc Graw-Hill, 1973

Calibración de un medidor de Venturi utilizando radiotrazadores por Juan Arellano se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.