

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PATRON PARA LA CALIBRACIÓN DE MICROMANÓMETROS DIFERENCIALES

Constantino P, Acquarone A.
Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Av. Italia 6201, Montevideo, Uruguay
+598 2 6013724 / Ext.1189 – pconstan@latu.org.uy

Resumen: Este trabajo resume los resultados de diseño, construcción y caracterización de un medidor de campana invertida con lectura digital, realizado completamente en el LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay). El área efectiva del instrumento se calibra por dos métodos independientes, primero en forma dimensional y luego por comparación contra una balanza dinamométrica de pistón. Finalmente se discuten algunas particularidades del diseño propuesto.

1. INTRODUCCIÓN

El manómetro de campana invertida (o campana sumergida) es un antiguo aparato de medición de tipo primario en cuanto a que es calibrado a partir de magnitudes fundamentales de longitud y masa. El instrumento consta de un cilindro cerrado en su base superior, y sumergido parcialmente en un fluido que, a su vez, está contenido en un depósito también cilíndrico. En el esquema tradicional, este sistema se monta en una balanza de dos platos, con el depósito fijo. El diseño propuesto en este trabajo, sustituye la balanza de dos platos por una balanza digital de la cual se suspende la campana invertida, parcialmente sumergida en agua destilada. En este caso, se variará la presión dentro de la campana, observando la diferencia de masa en la balanza digital para el cálculo de la presión generada. Este equipo incluye mejoras a un prototipo similar realizado en LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay) el 2014.

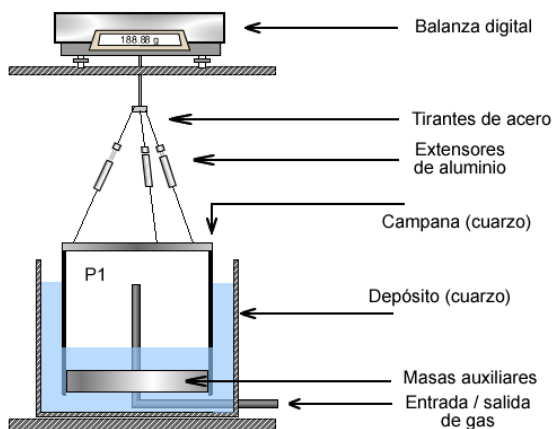


Fig. 1. Diagrama del instrumento propuesto.

El objetivo de este trabajo es la construcción de un instrumento que alcance una precisión adecuada

para la calibración de manómetros diferenciales corrientes de intervalos de presión ultra-bajos (1,5 kPa). Al mismo tiempo se busca minimizar la dificultad y el costo en la obtención de los materiales de manera que pueda repetirse la experiencia en laboratorios secundarios.

2. MATERIALES Y MÉTODO DE CÁLCULO

2.1. Materiales utilizados

- .- La campana y contenedor están hechos de cuarzo y ambas piezas fueron adquiridos en el exterior. Constan de cilindros de cuarzo cerrados en una base de diámetro interior nominal 22 cm y 25 cm, con un espesor de 5 mm en ambos casos.
- .- La campana está suspendida de 3 alambres de acero de 0.33 mm de diámetro.
- .- Para nivelar el instrumento se dispusieron extensores de aluminio en cada uno de estos tirantes.
- .- Al extremo sumergido de la campana se le acoplaron 4 kg de acero 304 de forma de bajar el centro de masa del elemento medidor mejorando la flotabilidad e incrementando el intervalo de operación a un mínimo de 1,5 kPa.
- .- Para la medición de masa se utiliza una balanza Sartorius modelo CP34001S, con un intervalo de 34 kg y resolución 0,1 g.

2.2. Patrones utilizados en la calibración.

Reloj comparador Mitutoyo modelo ID-C112X, Bloques Patrón cerámicos grado 0 marca Mitutoyo. Micrómetro Mitutoyo modelo 293-265, balanza dinamométrica de pistón marca DH modelo 24610. Finalmente, se evalúa la repetibilidad del instrumento utilizando un módulo Fluke Modelo 700P01 con 0,0001 kPa de resolución.

2.3. Método de cálculo

El área efectiva se calcula a partir de medidas dimensionales según [1]:

$$A_e = A_i + \Delta A \cdot \frac{A_i - A_z}{A_r + A_i - A_z}$$

Siendo A_i el área interna de la campana, ΔA el área de sección correspondiente a la pared de cuarzo, A_z la sección del tubo de entrada de gas, mientras que A_r representa el área entre el diámetro exterior de la campana y el área interior del depósito.

Por su parte, para la evaluación A_e con el manómetro de pistón se realizaron medidas de masa correspondientes a 1500 Pa, calculando el área según:

$$A_e = \frac{\Delta M \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_m}\right) \cdot g}{P_e \cdot [1 + 2 \cdot \alpha \cdot (t - 20)]}$$

Siendo ΔM la diferencia de masas observadas en la balanza entre los estados de medición a presión atmosférica y con presión dentro de la campana, ρ_a y ρ_m , las densidades del aire circundante y de las masas respectivamente. g es la gravedad local, α , el coeficiente de deformación lineal del cuarzo, t la temperatura de ensayo y P_e la presión leída en el manómetro de pistón.

3. RESULTADOS



Fig. 2. Aparato construido y detalles.

Para evaluar la compatibilidad de los resultados en la calibración del área efectiva se calcula el error normalizado respecto de sus incertidumbres asociadas, obteniéndose un valor de $En = 0,56$ por lo que ambas medidas pueden considerarse compatibles. Finalmente, la mayor repetibilidad para

los puntos 0,5 kPa, 1,0 kPa y 1,5 kPa, obtenida como el desvío estándar de 10 medidas es de $7,7 \times 10^{-4}$ kPa.

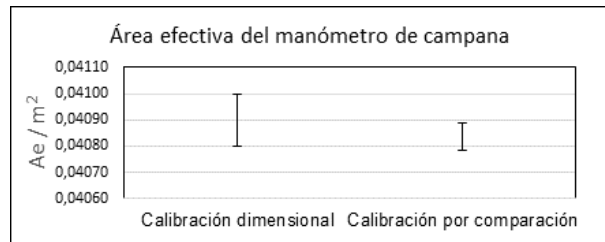


Fig. 3. Resultados comparativos de área efectiva.

4. DISCUSIÓN

Si bien se obtuvieron resultados aceptables, es pertinente mencionar que el diseño permite aun algún grado de optimización. En particular puede evaluarse nuevamente el tamaño de la campana ya que las mayores dificultades para caracterizar el equipo se encontraron en la calibración dimensional de la campana y el depósito. Por otra parte las características geométricas de los tubos de cuarzo de este diámetro no alcanzaron la calidad esperada, presentando variaciones en el diámetro medido de hasta 1 mm a diferentes alturas, incrementando la incertidumbre más de lo esperado. Esto puede ser corregido a diámetros menores sin afectar el desempeño general del equipo.

5. CONCLUSIONES

De las mediciones que se realizaron se concluye que el equipo construido presenta un desempeño adecuado para la calibración de micromanómetros de precisión media. El bajo costo total del equipo, la estabilidad a largo plazo y la posibilidad de calibración por el método dimensional constituyen importantes ventajas frente a otros patrones comerciales en estos intervalos de presión.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. Jorge Venis del depto. de Ingeniería y Mantenimiento del LATU por su proactividad y experiencia volcadas a la elección y elaboración de distintas partes del instrumento.

REFERENCIAS

[1] D Zvizdic · L Grgec Bermanec · W Schultz · T Veliki "Characterization of LPM diving-bell manometer". IMEKO 20th TC3, 3rd TC16 and 1st TC22 International Conference.