

Calibración dimensional de conjuntos pistón-cilindro mediante máquina de medir por coordenadas

Aelio Arce Criado^{1a*}, Rafael Muñoz Bueno^{1a}, David Herranz Fernández^{1b}

¹Centro Español de Metrología (CEM). ^aÁrea de Longitud e Ingeniería de Precisión. ^bÁrea de Masa y Magnitudes Mecánicas C/ del Alfár, nº2. 28760 Tres Cantos (Madrid).

* Autor para correspondencia: Tlf. 91 807 48 01. correo electrónico: aarce@cem.es

RESUMEN

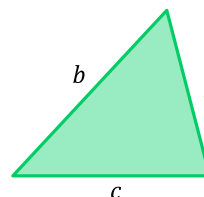
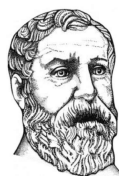
- Los **conjuntos pistón-cilindro** son patrones primarios de presión cuya característica principal es su **área efectiva** (figura 1).
- Se presenta una nueva técnica para la calibración de áreas de conjuntos pistón-cilindro empleando una **máquina de medir por coordenadas**.
- Los resultados de la aplicación de este método sobre diferentes conjuntos pistón-cilindro del CEM muestran una **buena concordancia** con los históricos disponibles.



Figura 1. Conjunto pistón-cilindro patrón de presión

MÉTODO

- Se ha empleado una máquina de medir por coordenadas Mitutoyo UQV 350 Pro, con 0,01 µm de resolución.
- El proceso consiste en la medición de una serie de **puntos** en el **contorno** de un patrón obteniendo sus coordenadas en el plano XY.
- Utilizando dos puntos consecutivos del contorno y el **centro de mínimos cuadrados** de todo el conjunto de datos, se pueden construir **triángulos** cuya área se calcula mediante una versión modificada de la **fórmula de Herón** (figura 2).
- La fórmula de Herón es **inestable** numéricamente para **ángulos pequeños** [W. Kahan, 2000], como sucede cuando se miden gran número de puntos (1440 en este método), por lo que se utiliza una **versión modificada** (figura 3).
- El **sumatorio de las áreas** de todos los triángulos permite conocer el área del elemento medido.
- El valor del área se corrige por la pérdida causada al aproximar arcos mediante triángulos (figura 4).
- El método se puede aplicar tanto a **medidas de exteriores** (pistones) como de **interiores** (cilindros).
- Las incertidumbres se obtienen mediante simulación de **Monte Carlo** [GUM – Suplemento 1], a partir de la incertidumbre de las coordenadas X e Y de cada punto, alcanzando **valores relativos de hasta 10⁻⁵**.



$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

Figura 2. Herón de Alejandría y su fórmula para el área de un triángulo

$$A = \frac{1}{4} \sqrt{(a+(b+c))(c-(a-b))(c+(a-b))(a+(b-c))}$$

$$a \geq b \geq c$$

Figura 3. Versión modificada de la fórmula de Herón

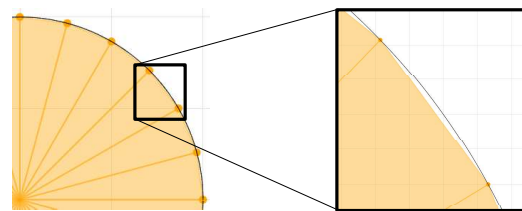


Figura 4. Defecto debido a la aproximación

APLICACIÓN

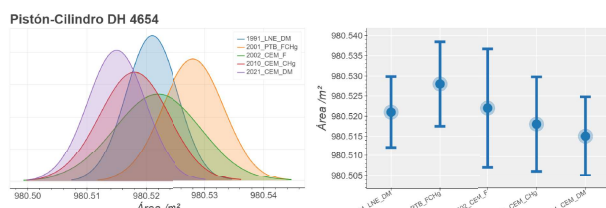


Figura 5. Compatibilidad entre medidas históricas (PC CEM DH 4654)

- Mediciones realizadas sobre diferentes conjuntos pistón-cilindro (en el rango de 49 mm² a 980 mm²) muestran una **buena concordancia** con los **históricos** de calibración de dichos patrones, en los que se han empleado diferentes técnicas de medición (figura 5).
- Se participará en una **comparación** de caracterización dimensional de conjuntos pistón-cilindro para **validar el método** de forma más robusta.