

PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE UN POLÍGONO ÓPTICO CON UN ÚNICO AUTOCOLIMADOR

Rigoberto Nava Sandoval, Benjamín Valera Orozco
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM
Apdo. Postal 70-186, Coyoacán, 04510, México, D.F., MEXICO
Tel. 56 22 86 02 ext. 1143, Fax 56 22 86 24
nava2@aleph.cinstrum.unam.mx, valerab@aleph.cinstrum.unam.mx

Resumen: En este artículo presentamos un método de medición nuevo para obtener las variaciones angulares de las caras de un polígono óptico usando solamente un autocolimador. El método requiere adicionalmente un espejo semi-reflector para dividir el haz del autocolimador y un espejo plano para la emulación de un segundo autocolimador. El método puede ser usado con polígonos de cualquier número de caras. En este caso presentamos los resultados de calibración de un polígono de doce caras.

1. INTRODUCCIÓN

Los polígonos ópticos se utilizan como patrones de ángulo por ejemplo para determinar la exactitud del desplazamiento angular de las mesas rotatorias de las máquinas herramientas. Hay tres métodos establecidos y muy conocidos para calibrar polígonos ópticos [1,2]. Uno de ellos emplea dos polígonos ópticos con el mismo número de caras (o al menos un múltiplo entero) y un autocolimador. Ese método compara los errores entre ambos polígonos; a partir de esa comparación es posible determinar separadamente los errores de cada uno de los polígonos involucrados. El otro método usa solamente un polígono pero en cambio utiliza dos autocolimadores. En ese caso, el ángulo entre cada par de caras adyacentes del polígono es comparado con el ángulo formado por los dos autocolimadores. Un tercer método requiere de una mesa divisora de muy alta exactitud y un autocolimador, éste método compara los ángulos de la mesa divisora con los del polígono.

Un caso particular del tercer método mencionado es el de T. Yandayan (2002) [3], quien publicó una nueva técnica para calibrar polígonos ópticos cuyo ángulo entre caras no corresponde a una subdivisión entera de una mesa divisora, refiriéndose en particular a un polígono de 7 lados el cual tiene un ángulo entre caras aproximadamente de $51,4286^\circ$. La técnica requiere de un autocolimador y una mesa divisora la cual no necesita división tan fina para resolver tal ángulo.

El problema principal que afrontamos para llevar a cabo cualquiera de éstos tres métodos mencionados, es que no contamos con los recursos

necesarios, únicamente tenemos un autocolimador y el polígono que debemos calibrar. De manera que desarrollamos un método adecuado a esos recursos.

En "ASPE 1996 Annual Meeting" propusimos un método el cual emplea un haz de luz láser de He-Ne, un divisor de haz, un espejo plano, algunos lentes, una navaja que obstruye verticalmente la mitad del haz y un fotodetector con su electrónica asociada. Además el método requiere de una calibración previa del fotodetector el cual correlaciona la intensidad del haz de luz con el desplazamiento angular de dos trayectorias del mismo y no tiene la suficiente repetibilidad para calibrar nuestro polígono.

En éste artículo presentamos un método diferente que supera los problemas presentados arriba. En el procedimiento de calibración con éste método utilizamos únicamente un autocolimador para calibrar un solo polígono a la vez, en éste caso el arreglo óptico es similar al mencionado en la referencia [4]. El método que aquí presentamos puede ser usado para calibrar polígono óptico con cualquier número de caras que sean especulares y tengan una planitud de $\lambda/10$ o mejor.

2. MÉTODO

2.1. Arreglo experimental

El polígono óptico puede colocarse sobre la superficie de rotación una mesa giratoria con error de perpendicularidad respecto al eje de giro no mayor a 20 segundos de arco, o bien, si el polígono

tiene un orificio central, puede ser colocado en superficie plana que tenga un pivote fijo que permita el giro del polígono. El autocolimador se alinea sobre la cara de 0° . Enseguida, un espejo semi-reflector o divisor de haz se coloca entre polígono y autocolimador con lo cual se obtienen los haces A y B. Uno de ellos, A, se dirige hacia la cara de 0° , mientras que el otro haz, B, se dirige hacia la cara adyacente por medio de un espejo plano, tal como se muestra en la fig. 1 a) y la Fig. 2).

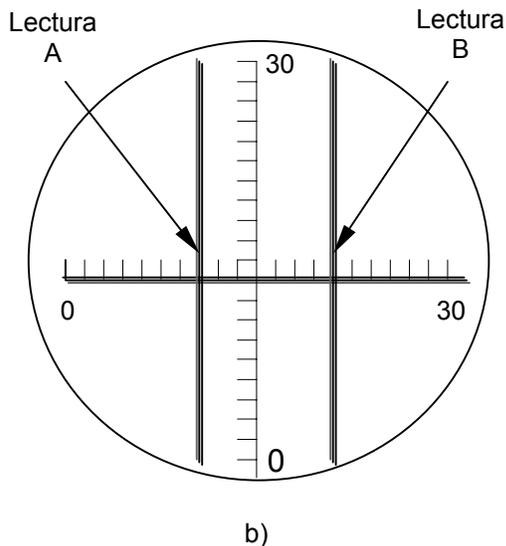
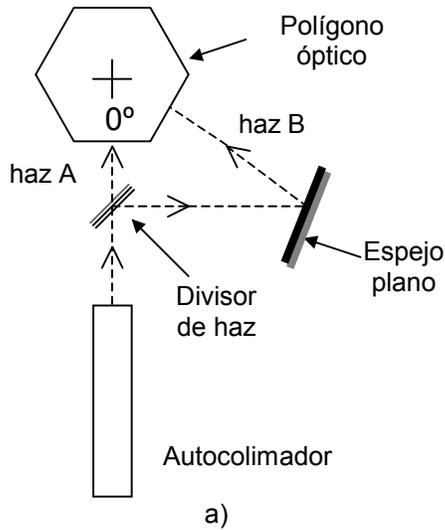


Fig. 1 a) Elementos ópticos y los haces "A" y "B". b) Posición de las lecturas "A" y "B" vistas en un autocolimador analógico.

Ahora, como se muestra en la fig. 1 b), con el autocolimador pueden efectuarse dos lecturas, cada una proveniente de sendos haces de luz (ver también fig. 3). Es conveniente tener lecturas menores para el haz A y lecturas mayores para el haz B con el fin de evitar confusiones con ambas lecturas. En el caso de autocolimadores electrónicos, es posible tapar el haz B y tomar la lectura del haz A y viceversa, con objeto de obtener las lecturas individualmente.

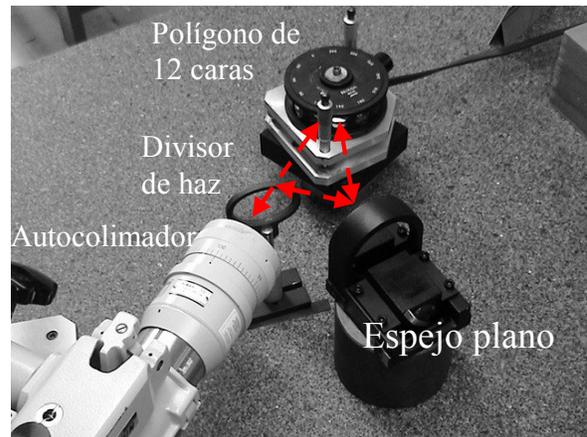


Fig.2 Arreglo experimental.



Fig. 3 Vista de los haces "A" y "B" reflejados a través del divisor de haz.

2.2. Procedimiento experimental

Una vez que los elementos se han colocado y alineado como se ha descrito, se toman las lecturas,

la lectura A_1 corresponde a la cara 0° y B_1 corresponde a la cara adyacente. Posteriormente, se gira el polígono de tal manera que la cara que era apuntada con el haz B ahora lo sea con el haz A , así la cara siguiente es apuntada con el haz B , teniendo así el siguiente par de lecturas A_2, B_2 . este procedimiento se repite hasta que las desviaciones de todos los otros pares de caras adyacentes sean medidos.

Para el caso de nuestro polígono que es de 12 caras, al iniciar el procedimiento, la lectura A_1 corresponde a la cara de 0° y la B_1 corresponde a la cara de 30° . Luego, después de tomar el primer par de lecturas, el polígono óptico se gira hasta que el haz A apunte hacia la cara de 30° y el haz B apunte hacia la cara de 60° para obtener las lecturas A_2 y B_2 . Así se continúa con el resto de las caras del polígono. Se sobreentiende que después de 360° A_{13} y B_{13} corresponderían a las lecturas de A_1 y B_1 de la segunda vuelta.

Hume [1] y Nava [5] describen detalladamente las consideraciones necesarias para la operación adecuada de las lecturas. El segundo se refiere específicamente al caso de un polígono de 12 caras.

2.3. Fórmulas para calcular las variaciones angulares de las caras del polígono

Si $\theta_1, \theta_2 \dots \theta_n$ son los ángulos de cada cara del polígono medidos a partir de la cara de 0° , las diferencias entre las caras adyacentes se calculan mediante:

$$D(N) = \theta_N - \theta_{N+1}$$

donde $N = 1, 2, \dots n$ y $\theta_{n+1} = \theta_1$.

Para nuestro caso $n = 12$ y el ángulo nominal entre caras adyacentes es de 30° .

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se montó el arreglo experimental como se muestra en la Fig. 2. Se empleó un divisor de haz de película, con el fin de evitar reflexiones secundarias múltiples.

Se llevó a cabo el procedimiento como se describe en el apartado 2.2. Debido a la división mínima de nuestro autocolimador ($0,5$ segundos de arco), se llevaron a cabo varias series de mediciones para minimizar el valor de la desviación estándar y de la incertidumbre; esta última fue de $\pm 1,0$ segundos de arco. La tabla 1 muestra una comparación de los errores obtenidos con el método que se propone en este trabajo, contra los errores obtenidos con el método de los dos autocolimadores descrito en la referencia [5].

ÁNGULO NOMINAL [grados]	ERROR (promedio) [segundos de arco]	
	Un autocolimador	Dos autocolimadores
0	0	0,0
30	+0,7	+0,5
60	+0,3	+0,0
90	+1,8	+1,0
120	+3,3	+3,0
150	+1,2	+0,5
180	-0,3	-0,5
210	-3,5	-3,5
240	-2,5	-2,5
270	-0,5	-0,5
300	-3,2	-3,0
330	-0,1	0,0

Tabla 1 Comparación de errores obtenidos con los métodos usando uno y dos autocolimadores.

La incertidumbre reportada en [5] con el método de dos autocolimadores fue de $\pm 1,3$ segundos de arco, mientras que la obtenida con este método fue de $\pm 1,0$ debido a la disminución de la desviación estándar. En la Fig. 4 se puede apreciar que las gráficas de calibración del mismo polígono de 12 caras empleando ambos métodos, son muy similares.

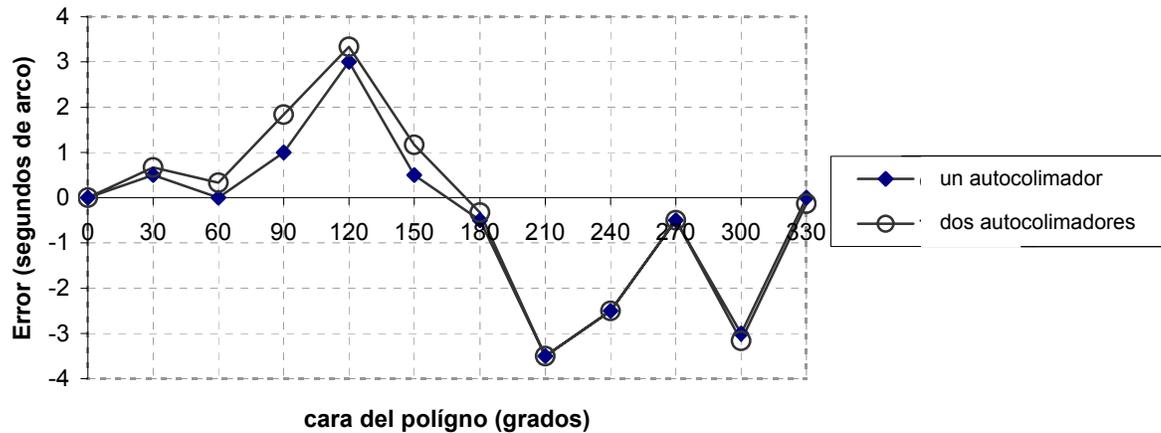


Fig. 4 Comparación de los errores obtenidos empleando los métodos de uno y dos autocolimadores.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hemos presentado un procedimiento para medición de los errores angulares de las caras de un polígono óptico empleando un único autocolimador el cual no requiere de otro polígono adicional ni de ninguna mesa divisora de índice.

En comparación con otros métodos, el arreglo experimental es muy simple y confiable. Además, se emplea poco tiempo en el alineamiento y la medición. Como ventaja adicional, usamos las mismas fórmulas descritas por Nava [5] para obtener los errores del polígono. Los resultados experimentales obtenidos con el método aquí propuesto, así como aquellos obtenidos mediante el uso de dos autocolimadores fueron presentados para confirmar la capacidad del método.

El procedimiento puede ser empleado por Laboratorios de metrología dimensional que cuenten solamente con un autocolimador, lo cual aumenta sus capacidades para ofrecer servicios de calibración de polígonos ópticos cuando no cuenten con un polígono propio.

REFERENCIAS

- [1]. K. J. Hume, *Metrology with Autocollimators*. Higler & Watts Ltd. (London, England, 1965).
- [2]. JIS Committee, *Optical Polygons for Angle Standards*, B 7432, 1985.
- [3]. T. Yandayan, S.A. Akgöz, H. Haitjema. *A novel technique for calibration of polygon angles with non-integer subdivision of index table*. Journal of International Societies for Precision Engineering and Nanotechnologies. (2002)
- [4]. Rufino Díaz, Rigoberto Nava, *Optical Polygon Calibration With a He-Ne Laser*, 1996 Proceedings Volume 14, ASPE, 158-162.
- [5]. R. Nava, *Calibración de un Polígono Óptico de 12 Caras Mediante Dos Autocolimadores (Calibration of a Twelve Faces Optical Polygon with Two Autocollimators)*. Technical Report. CIUNAM, (México, 1992).