

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE TEÓRICA DE LA POTENCIA PRISMÁTICA DE UNALENTE PARA LA CALIBRACIÓN DE FRONTOFOCÓMETROS

García, María Pilar; Toledo, Florencia E.; Bergamini, Javier R.; Martorelli, Luis C.

Laboratorio de Óptica, Calibraciones y Ensayos (LOCE). Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.
Universidad Nacional de La Plata.

Centro de Investigaciones en Metrología y Calidad (CEMECA) Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)
- La Plata, Bs As.

+542214274914 / 4846672
florenciaetoledo@gmail.com

Resumen: Nuestro trabajo se centra en obtener los valores teóricos de incertidumbre estándar, con los cuales medir los parámetros que definen la potencia prismática de un conjunto de lentes utilizadas como patrón para la calibración de Frontofocómetros, según lo estipulado en la Norma UNE-EN ISO 9342-1:2005.

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la Salud Visual, el Frontofocómetro [1] es un instrumento utilizado diariamente por el profesional de la Óptica Oftálmica. La calidad de prestación y la exactitud de sus medidas, deben garantizar que las lentes tengan la corrección especificada por el profesional, evitándole al paciente posibles molestias o problemas.

El Frontofocómetro permite determinar el ángulo de desviación prismática y la potencia prismática de una lente (Δ), y/o generar dicha desviación en la prescripción del paciente [1]. Para lograr la confiabilidad de un instrumento de medición, este debe ser calibrado periódicamente [2].

La calibración de los Frontofocómetros se realiza utilizando un set de lentes patrones según la Norma UNE-EN ISO 9342-1:2005. Con el fin de lograr la trazabilidad de las mediciones y dar confiabilidad a las mismas, las lentes también deben ser verificadas y calibradas.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

En el presente trabajo buscamos determinar las incertidumbres máximas teóricas con las cuales se deben medir las magnitudes que definen a las lentes prismáticas patrones, para que su Δ se encuentre dentro de la tolerancia exigida por la norma.

Para un juego de lentes patrón prismáticas, la Norma UNE-EN ISO 9342-1:2005 en su punto 5.2, recomienda utilizar potencias de 2, 5, 10, 15 y 20 Δ , con un índice de refracción $n_d = 1,523 \pm 0,002$.

La Δ se define como la distancia que se desvía la imagen de un objeto al atravesar un prisma, si se calcula esa desviación a la distancia de 1 metro (Figura 1), definida por la Ec. (1).

$$\Delta = 100 \cdot \tan \delta \tag{1}$$

Al medir el prisma en un Frontofocómetro, la luz incide normal a una de sus caras (Figura 1). Tendremos la relación angular definida en la Ec. (2).

$$\varphi = \alpha + \delta \tag{2}$$

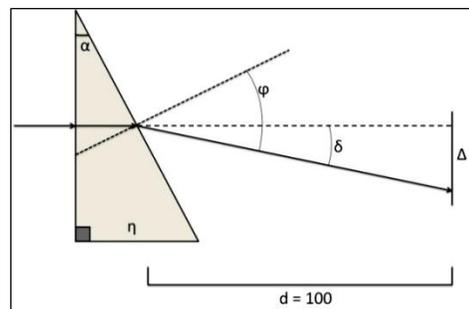


Fig. 1. Esquema de la aplicación de la Ley de Snell en una lente prismática con un ángulo de 90°, con sus parámetros Δ y δ .

Aplicando la Ley de Snell, y considerando que el n del aire es igual a 1, y el índice del material n , obtendremos el ángulo de desviación de los rayos que inciden perpendiculares a la primera superficie.

$$\delta = \sin^{-1}(n \sin \alpha) - \alpha \tag{3}$$

Definimos el ángulo α (ángulo apical o de refringencia) como el ángulo que forman los dos

dioptrios planos de un prisma [3]. Combinando las Ecuaciones, tendremos la relación entre Δ y los parámetros que caracterizan el prisma (Ec. (4)).

$$\Delta = \tan(\sin^{-1}(\eta \sin \alpha) - \alpha) \quad (4)$$

La expresión para la incertidumbre estándar combinada de Δ , $U_c(\Delta)$, para magnitudes de entradas no correlacionadas, en acuerdo con la Guía ISO [4], viene dada por la Ec. (5).

$$U_c^2(\Delta) = \sum_i C(i)^2 x U(i)^2 \quad (5)$$

Dónde los coeficientes de sensibilidad $C(i)$, de cada magnitud de entrada, se obtienen calculando la derivada parcial de la función Δ (Ec. 4), con respecto a la variable (i). En tanto $u(i)$, será la incertidumbre estándar asociada a la determinación de dicha magnitud.

Para ver la variación de los coeficientes de sensibilidad de las lentes, utilizamos los parámetros

Δ	$\pm\Delta$	η	δ (rad)	α (rad)	$C\alpha$	$C\eta$	$U(\alpha)$ (rad)	$U(\eta)$	$U(\Delta)$ calculada	$U(\Delta)$ requerida
2	0.02	1.523	0.0199	0.0382	1.00178	0.0384	0.0009	0.002	0.001809722	0.002
5	0.03	1.523	0.0499	0.0949	1.01133	0.0975	0.001	0.002	0.00205994	0.003
10	0.05	1.523	0.0997	0.1863	1.04840	0.2066	0.002	0.002	0.004274287	0.005
15	0.1	1.523	0.1489	0.2709	1.12093	0.3395	0.004	0.002	0.009069679	0.01
20	0.15	1.523	0.1973	0.3469	1.247	0.5095	0.005	0.002	0.012635945	0.015

Tabla 1. Parámetros de un set de lentes, valores de Δ , α , η , los coeficientes de sensibilidad correspondientes, y los valores de las incertidumbres de cada magnitud de entrada para obtener una $U(\Delta)$ de un orden de magnitud por debajo de la tolerancia dada por la norma.

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De la Tabla 1 podemos observar que $C\alpha$ es preponderante por sobre $C\eta$, y de los resultados de $U(\Delta)$, observamos que los valores de incertidumbre de los parámetros de entrada son consecuentes con lo esperado. Es el coeficiente de mayor preponderancia el que tendrá los valores de incertidumbre limitantes.

Los centros de calibración y la bibliografía específica recomiendan que el valor de incertidumbre sea inferior al de la tolerancia, la incertidumbre expandida debe ser un orden de magnitud inferior a dicha tolerancia.

La medición de los parámetros de entrada supone contar con métodos y tecnología que nos garanticen

que nos proporciona la Norma (Δ y η), y obtuvimos los ángulos correspondientes. Los resultados obtenidos para los coeficientes se muestran en el Tabla 1, donde consideramos Δ en el medio del intervalo indicado por la Norma.

Luego, asignamos a las incertidumbres estándar $u(i)$, valores teóricos de referencia. Utilizando la Ec. (5) obtuvimos la incertidumbre estándar combinada $U_c(\Delta)$, y, finalmente, a partir de la Ec. (6), la incertidumbre expandida, $U(\Delta)$.

$$U(\Delta) = k \cdot U_c(\Delta) \quad (6)$$

Proponemos un intervalo donde la $U(\Delta)$ es de un orden de magnitud por debajo de la tolerancia (Tabla 1) y consideramos un factor de cobertura $k = 2$.

obtener una incertidumbre dentro de lo establecido en el presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Martínez Corral M., Furlan W., Pons A., Saavedra G., *Instrumentos Ópticos y Optométricos. Teoría y prácticas*. Universitat de València. Col·lecció Educació. Sèrie Materials, Valencia, 1998.
- [2] Punto 5.5 de la Norma ISO/IEC 17025.
- [3] Salvadó Arqués J., Fransoy Bel M., *Tecnología Óptica, Lentes oftálmicas, diseño y adaptación*, Alfaomega Grupo Editor S. A., México D. F., 2006
- [4] Puntos 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, *Guide to the expression of uncertainty in measurements* (edition 1993) ISO/ IRAM 35050.