

## Instituto de astronomía

### Publicaciones Técnicas



---

**“Comunicación interna”**

**CI-2010-01**

**ESTIMACIÓN DE DEFORMACIONES EN LAS REJILLAS DE DIFRACCIÓN  
DEL ESPECTRÓGRAFO ESOPO PROVOCADAS POR LOS TORNILLOS DE  
SUJECIÓN.**

J.M. Núñez, E. Luna, L. Gutiérrez, G. Sierra, M.H. Pedrayes.

Junio de 2010

---

**Estimación de deformaciones en las rejillas de difracción del espectrógrafo ESOPO provocadas por los tornillos de sujeción.**

Juan Manuel Núñez, Esteban Luna, Leonel Gutiérrez, Gerardo Sierra y  
María Pedrayes.

Instituto de Astronomía, Observatorio Astronómico Nacional, UNAM.

**RESUMEN**

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la celda de las rejillas de difracción; el objetivo de esta prueba era determinar las deformaciones de la rejilla de difracción provocadas por la fuerza aplicada por los tornillos de sujeción.

## ÍNDICE

|   |   |
|---|---|
| 1.- INTRODUCCIÓN  | 1 |
| 2.- DESCRIPCIÓN DE LA CELDA DE LA REJILLA DE DIFRACCIÓN | 1 |
| 3.- PRUEBAS EXPERIMENTALES                              | 2 |
| 4.- RESULTADOS  | 6 |
| 5.- CONCLUSIONES  | 6 |
| AGRADECIMIENTOS   | 6 |
| REFERENCIAS   | 7 |

## 1.- INTRODUCCIÓN

El espectrógrafo ESOPO (**ES**pectrógrafo **OP**tico de mediana resolución para el **OAN**) se encuentra en etapa de construcción. Muchas de las partes mecánicas están ya construidas, y actualmente se les está realizando un conjunto de pruebas para determinar su óptimo funcionamiento. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la celda de las rejillas de difracción; el objetivo de esta prueba era determinar las deformaciones de la rejilla de difracción provocadas por la fuerza aplicada por los tornillos de sujeción. Un experimento para visualizar las deformaciones producidas por este método de sujeción es la fotoelasticidad, que permite estimar cualitativamente la birrefringencia inducida por las deformaciones; sin embargo, este experimento no se pudo realizar ya que se necesita que la montura esté abierta por la base. En nuestro caso usamos un método alternativo para visualizar y cuantificar las deformaciones usando un interferómetro de Fizeau.

## 2.- DESCRIPCIÓN DE LA CELDA DE LA REJILLA DE DIFRACCIÓN

Cada una de las rejillas de difracción del espectrógrafo ESOPO van montadas en una celda diseñada específicamente para ello. Esta celda está formada por una envolvente fabricada en aluminio en la que va contenida la rejilla de difracción (ver figura 1), la cual se tapa con un marco del mismo material que cuenta con 3 pequeños topes de Delrin<sup>1</sup>. Estos tres puntos definen el plano de la rejilla. Lateralmente, la celda cuenta con 8 mecanismos de sujeción que soportan la rejilla y evitan cualquier posible movimiento de la misma. Estos se localizan en posiciones opuestas entre sí, 2 en cada costado de la rejilla.

Los mecanismos de sujeción cuentan con un opresor que ejerce la fuerza de sujeción. Los opresores no actúan directamente sobre la rejilla, pues actúan sobre pequeños discos de acero inoxidable, que tienen una lámina de corcho en su interfaz con la rejilla, para distribuir la fuerza aplicada sobre el tejido. En la Figura 2 se muestra un esquema detallado de la celda. El método de sujeción de la rejilla en su celda es el mismo que se usa en los otros espectrógrafos que están funcionando en el OAN y es suficiente para que la rejilla no se mueva.

---

1 Resina acetálica muy versátil usada en ingeniería. Es un termoplástico cristalino al que se considera un termoplástico técnico. Entre sus propiedades se encuentran: buena estabilidad dimensional, dureza elevada, rigidez, resistencia y tenacidad, buena resistencia química y buenas propiedades de deslizamiento y abrasión.

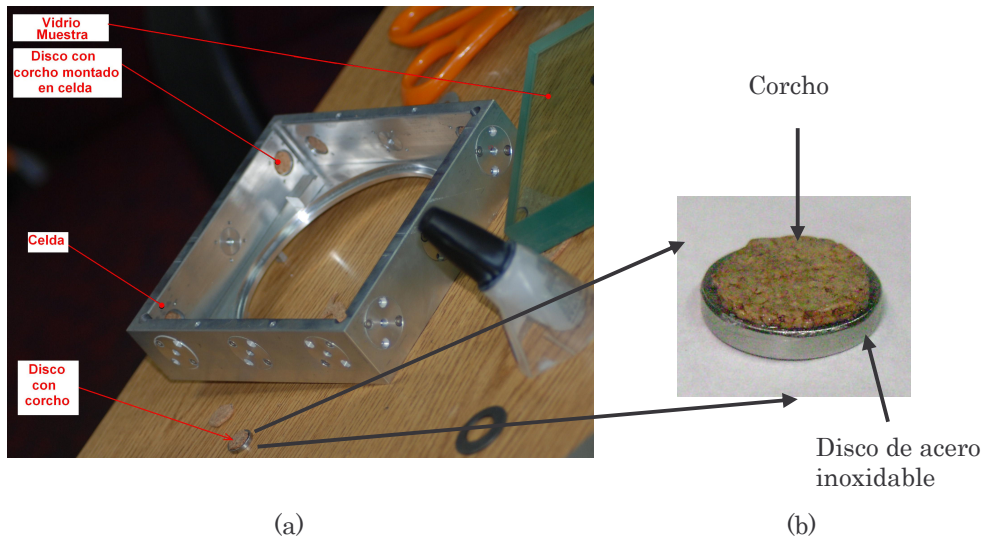


Figura 1.- a) Foto de la celda con el vidrio desmontado. b) Vista ampliada para apreciar en detalle el disco de acero inoxidable con la hoja de corcho pegado.

### 3.- PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para realizar las pruebas a la celda, la tapa tipo marco se retiró del ensamble para dejar el tejo expuesto y la rejilla se sustituyó por un vidrio muestra. El torque aplicado a los opresores es de 20 ozf-in, implicando una fuerza de sujeción de 1,100 ozf, aproximadamente. La calibración del torque aplicado se realizó con un torquímetro. Una preocupación con respecto a esta celda es que la fuerza de compresión ejercida por los pernos opresores, por un error involuntario, pueda llegar a ser mayor que lo especificado, ejerciendo un esfuerzo mayor al de cedencia del material de la rejilla ocasionando que se fracture.

Por esta razón, se diseñó un experimento para medir interferométricamente las deformaciones provocadas sobre un vidrio de ventana con las mismas dimensiones aproximadas que la rejilla de difracción. Al ser el vidrio empleado de menor dureza que la rejilla de difracción, las deformaciones medidas en el vidrio son una cota máxima para las deformaciones que podrían producirse en la rejilla.

Para este experimento se utilizó un interferómetro de Fizeau [1], el cual es usado comúnmente para probar superficies planas (ver Figura 3a). El

vidrio fue pintado en una de sus caras para evitar las reflexiones en la segunda cara que pueden producir un doble patrón de interferencia (por la alta coherencia del láser), con la consecuente pérdida de visibilidad de las franjas de interferencia [1].

El interferómetro utiliza una fuente de luz monocromática (láser He-Ne, con longitud de onda 632.8 nm). Esta luz se hace pasar a través de una fibra óptica en cuya salida se obtiene un frente de onda esférico. La salida de la fibra óptica es colocada en el foco de la lente del colimador. La superficie de referencia es una cuña con planicidad óptica certificada de  $\lambda/10$ . La superficie de prueba se coloca en el haz colimado, junto con la superficie de referencia. La interferencia se produce en los frentes de onda provenientes de las reflexiones entre una de las caras de la superficie de referencia y una de las caras de la superficie bajo prueba. En la Figura 3b se muestra el arreglo experimental usado.

Para hacer las mediciones se utilizó el método de corrimiento de fase [2], con 15 desplazamientos axiales de la superficie de referencia (dando origen a 15 interferogramas), a fin de obtener información (fase) de la superficie bajo prueba en un círculo de 4 pulgadas. De esta manera obtuvimos mediciones de la superficie en nanómetros para tres condiciones del vidrio bajo prueba:

- 1) Posición inicial (posición de referencia) con los opresores apretados manualmente tocando suavemente la superficie lateral del vidrio a través de los discos. En la figura 4 se muestran tres de los 15 interferogramas obtenidos para este caso.
- 2) Apretando los opresores un cuarto de vuelta adicional.
- 3) Apretando los opresores un cuarto de vuelta más a partir de la condición 2. Cabe señalar que éste ya es un apretón excesivo.

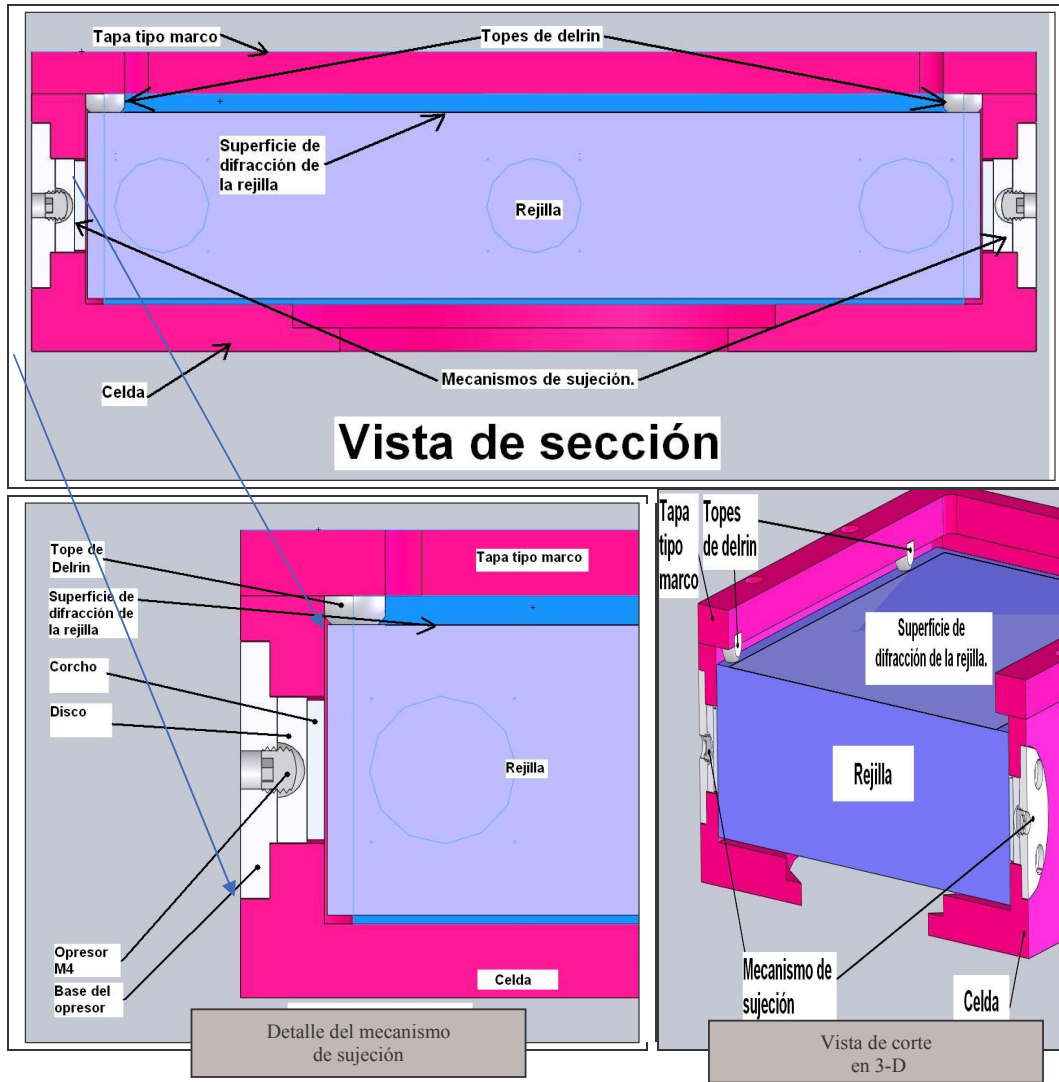


Figura 2.- Esquemas que presentan una vista de sección de la celda, un detalle de la misma y una vista de corte en 3-D.

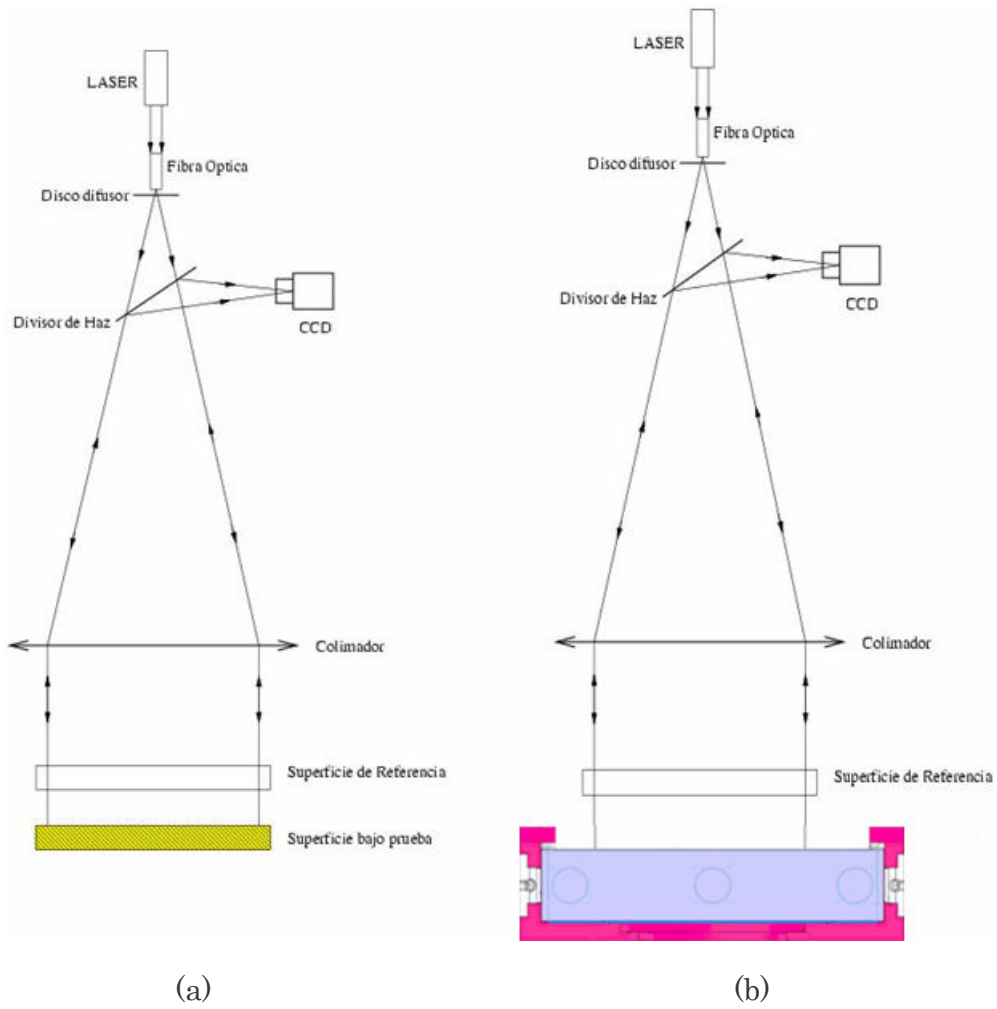


Figura 3.- a) Arreglo esquemático del Interferómetro de Fizeau, b) esquema usado para medir las deformaciones del vidrio montado dentro de la celda.

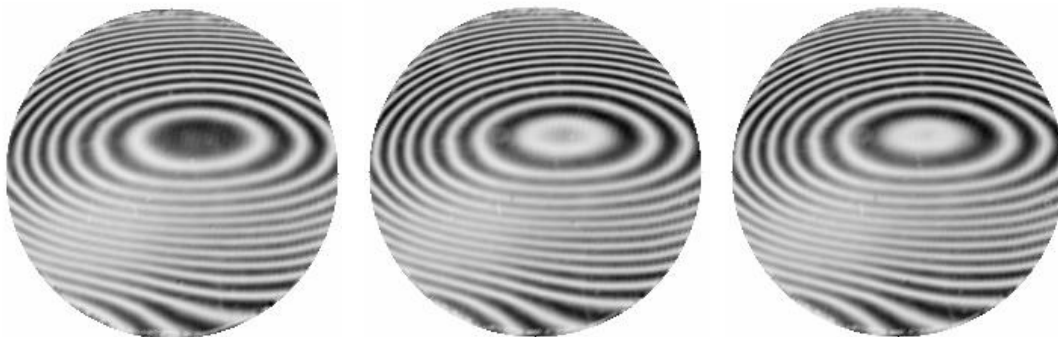


Figura 4.- Tres de los quince Interferogramas que muestran el corrimiento de fase correspondientes a la condición (1) de la posición inicial.



#### **4.- RESULTADOS**

Encontramos que, con el primer apretón de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, la superficie sufre una deformación máxima de  $0.65\lambda$ ; con el segundo apretón de  $\frac{1}{4}$  de vuelta la deformación adicional fue de  $0.27\lambda$ . Por lo tanto, cuando el vidrio se encuentra bien apretado, la deformación total es de  $0.92\lambda$ , estas estimaciones son pico-valle y localizadas muy cerca de donde está el tornillo y, por supuesto, en el RMS (por sus siglas en inglés Root Mean Square) será mucho menor. Esta deformación, ya de por sí despreciable, es una cota máxima para la deformación que sufriría la rejilla de difracción, cuyo material Zerodur es más duro que el vidrio empleado en el experimento.

#### **5.- CONCLUSIONES**

Se realizó un estudio para determinar las deformaciones de la rejilla de difracción provocadas por la fuerza aplicada por los tornillos de sujeción. Se usó un interferómetro de Fizeau para cuantificar estas deformaciones. También es importante decir que como superficie de prueba se usó un vidrio de ventana con las mismas dimensiones aproximadas que la rejilla de difracción. Aún cuando las deformaciones medidas son despreciables, es importante resaltar dos hechos:

a) La deformación máxima cuantificada fue de  $0.92 \lambda$  (o bien  $687\text{nm}$ ) y está localizada en la zona donde el opresor hace contacto; por lo tanto, en el RMS el valor es menor.

b) Tomando en cuenta que el vidrio de ventana usado presenta menor dureza que el vidrio de la rejilla de difracción (Zerodur), es de esperarse que el valor máximo medido sea menor para el caso de la rejilla real.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer la invaluable labor por parte del grupo de mecánica de precisión a Jorge Valdez, Benjamín García, Benjamín Martínez, Gerardo Guisa y Antolín Córdova quienes estuvieron involucrados durante la construcción de la celda para la rejilla de difracción.

#### **REFERENCIAS**

- 1.- Núñez-Alfonso, J. M., Luna-Aguilar, E., Salas-Casales, L., López-Ángeles, E., Quirós-Parra, F., y Salinas-Luna, J. **"Interferómetro de Fizeau para prueba de superficies planas."** Reporte Técnico No. RT-2004-01, Instituto de Astronomía UNAM, Febrero 2004.
- 2.- Luna, E., Salas, L., Sohn, E., Ruiz, E., Núñez, J. M., & Herrera, J., **"Deterministic convergence in iterative phase shifting,"** Vol. 48, No. 18, Pag. 1494-1501 Applied Optics (2009).



**Comité Editorial de Publicaciones Técnicas  
Instituto de Astronomía  
UNAM**

**M.C. Urania Ceseña  
Dr. Carlos Chavarria  
M.C. Francisco Murillo**

**Observatorio Astronómico Nacional  
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada  
22860 Ensenada B.C.  
[editorial@astrosen.unam.mx](mailto:editorial@astrosen.unam.mx)**