

Instituto de astronomía

Publicaciones Técnicas



“Comunicación interna”

CI-2010-08

**PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE LA MONTURA MECÁNICA USADA
PARA EL LENTE DE CAMPO DEL ESPECTRÓGRAFO ESOPO.**

J.M. Núñez, M. Pedrayes, G. Sierra.

Diciembre de 2010

PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE LA MONTURA MECANICA USADA PARA LA LENTE DE CAMPO DEL ESPECTROGRAFO ESOPO

Juan Manuel Núñez, Gerardo Sierra y María Pedrayes.

Observatorio Astronómico Nacional, Instituto de Astronomía de la UNAM

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la prueba de desempeño y funcionalidad del mecanismo de alineación de la montura que fue construida para soportar a la lente de campo en su incorporación dentro de la estructura mecánica del Espectrógrafo ESOPO.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE LA LENTE DE CAMPO	1
3.- ARREGLO EXPERIMENTAL	3
4.- PROCEDIMIENTO Y OBSERVACIONES DE LAS PRUEBAS	6
5.- INCLINACIONES DE LA INTERFAZ	7
5.1 ESCALA DE PLACA DE UN SISTEMA ÓPTICO	7
5.2 INTERFAZ CON NUEVOS RESORTES	10
6.- CONCLUSIONES	12
REFERENCIAS	12

1.- INTRODUCCIÓN

El Instituto de Astronomía de la UNAM ha decidido diseñar y construir un **ES**pectrógrafo **OP**tico de mediana resolución para el **OAN** (ESOPO) con propósitos astronómicos generales, para usarse en el foco cassegrain $f/7.5$ del telescopio de 2.1m. El instrumento cubrirá simultáneamente un intervalo espectral óptico de 3500-9000 Å, con dos brazos, y tendrá una rendija larga que cubra un campo visual de 10 minutos de arco. El sistema se diseñó [1] y se está construyendo usando herramientas y componentes de tecnología actual. Además, consta de un mínimo de configuraciones movibles para el control de los movimientos y tener estabilidad una vez que se encuentre montado dentro del instrumento ESOPO.

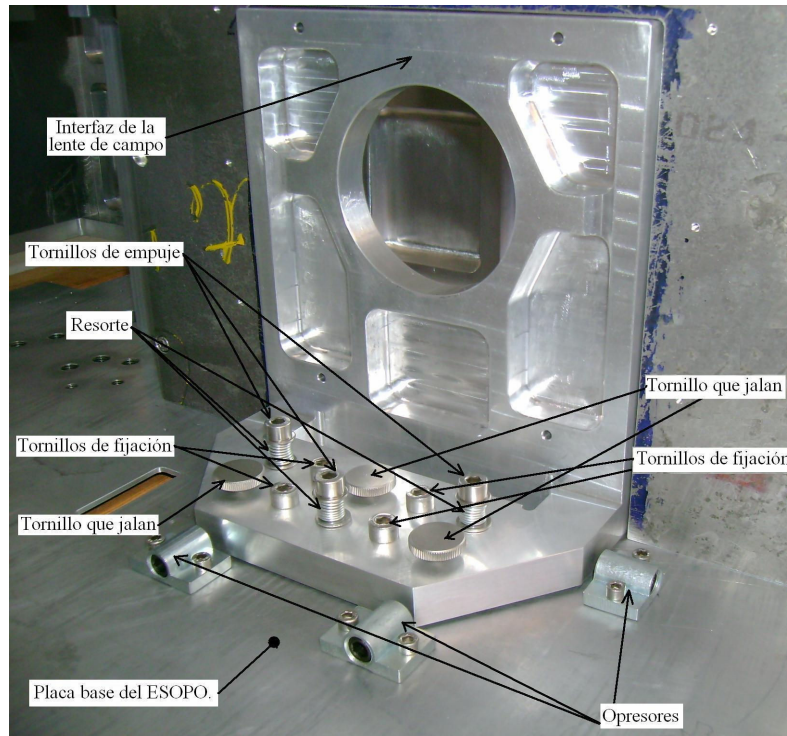
La gestión del proyecto implica, dentro de varias cosas, la creación de documentación mínima en cada etapa tanto de su construcción como de su funcionalidad y desempeño. El objetivo de este documento es presentar los resultados de la prueba de desempeño y funcionalidad del mecanismo de alineación de la montura (interfaz) que será usada para la lente de campo del Espectrógrafo ESOPO.

2.- DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE LALENTE DE CAMPO

Empezaremos describiendo la interfaz de la lente de campo, que es la montura que soportará el barril que contiene la lente de campo. La interfaz y su mecanismo de alineación es mostrado en la figura 1a; el propósito de este mecanismo es alinear la lente de campo con el eje óptico del instrumento. El mecanismo consta de 3 tornillos con resortes que empujan, 3 tornillos que jalan, 4 tornillos que fijan y 3 opresores con punta de bola. Véase figura 1b. Estos 10 tornillos y 3 opresores trabajan para efectuar la alineación de la siguiente manera:

Los tornillos que empujan tienen la función de mantener siempre pegada la base de la interfaz con la estructura del espectrógrafo ESOPO, Los tonillos que jalan son tres manivelas roscadas que atraviesan el espesor de la base de la interfaz y tienen la función de jalar, separando la interfaz de la estructura. Estos dos tipos de tornillos, trabajando juntos, permiten los grados de libertad de inclinación en todas direcciones facilitando la alineación en Tip-Tilt a la interfaz.

Los opresores tienen la función de permitir mover la interfaz en desplazamientos paralelos a la superficie de la placa base de la estructura del ESOPO, dando el grado de libertad de traslación en un plano paralelo a la placa base. También sirven de guían para reinstalar la interfaz sobre el instrumento. Finalmente, los tornillos de fijación tienen la función de afianzar la posición final una vez que el proceso de alineación ha concluido y asegurar que el subsistema de lente de campo no se mueva cuando el instrumento este en operación.



(a)

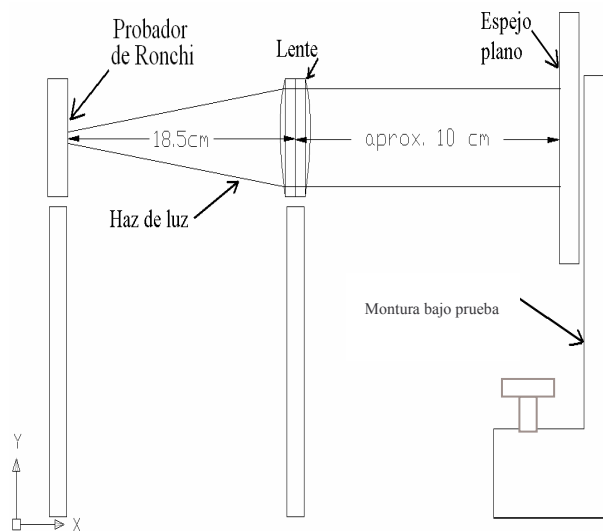


(b)

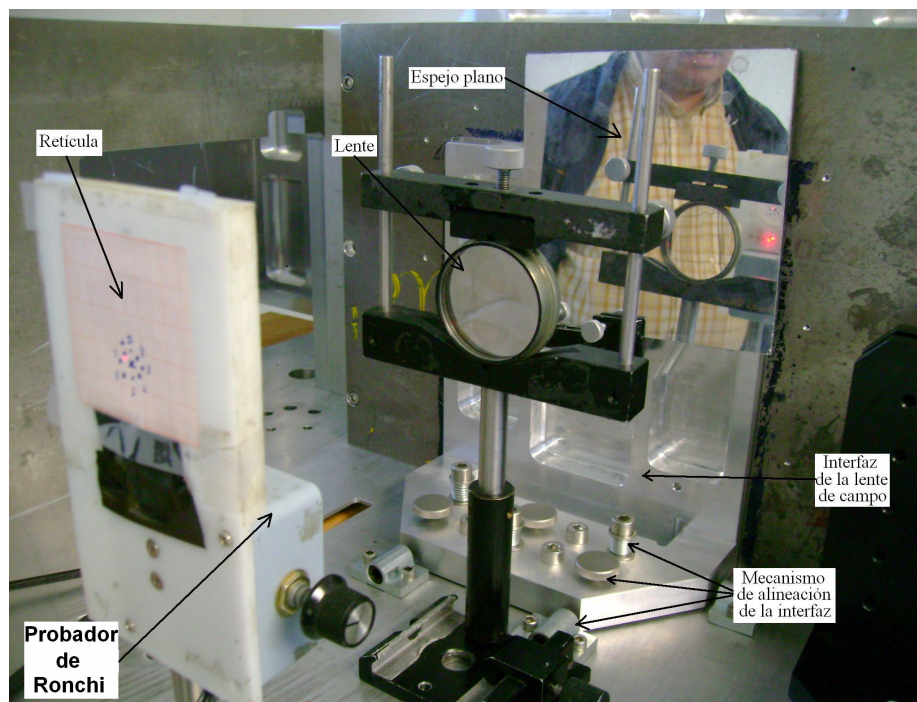
Figura 1. Fotos de la interfaz de la lente de campo del ESOPO, mostrando los diferentes componentes del mecanismo de alineación de la misma. A) Vista frontal, B) Vista desde arriba.

3.- ARREGLO EXPERIMENTAL

La prueba consistió en montar un espejo plano sobre la interfaz y se usó la prueba de Ronchi [2] con una lente auxiliar (Doblete acromático) que tiene una doble función la de colimar y a la vez servir de lente de enfoque (o cámara), ver figura 2a. El probador de Ronchi (descrito a mayor detalle por J.M. Núñez et al, [3]) contiene la rejilla de Ronchi la cual es iluminada con un LED (Diodo Emisor de Luz) que fue colocado cerca de la distancia focal de la lente auxiliar y se fue desplazando axialmente hasta encontrar la distancia focal de la lente la cual es muy fácil de determinar ya que esto ocurre cuando el patrón de franjas (o ronchigrama) tiene el menor número de franjas en nuestro caso el número de franjas fue cero y se obtuvo usando una rejilla de Ronchi de 50 líneas por pulgada. Una vez que se determinó la posición de la distancia focal de la lente se retiró la rejilla de Ronchi y se colocó una retícula (hoja milimétrica) y el orificio de la luz (del probador de Ronchi) se le diafragmó reduciendo el tamaño de la fuente (con esto obtener mayor precisión en la medida). Dado que la fuente de luz se encuentra en la distancia focal de la lente entonces el haz de rayos que emerge de esta lente es un haz colimado el cual incide sobre el espejo plano que se encuentra sobre la interfaz que estamos probando, el haz de rayos es reflejado por la superficie plana de regreso hacia la lente auxiliar, ahora el haz que entra esta colimado y por lo tanto la imagen se forma en el mismo plano de la fuente de luz que es muy cerca de donde se ubico la retícula, ver figura 2b.



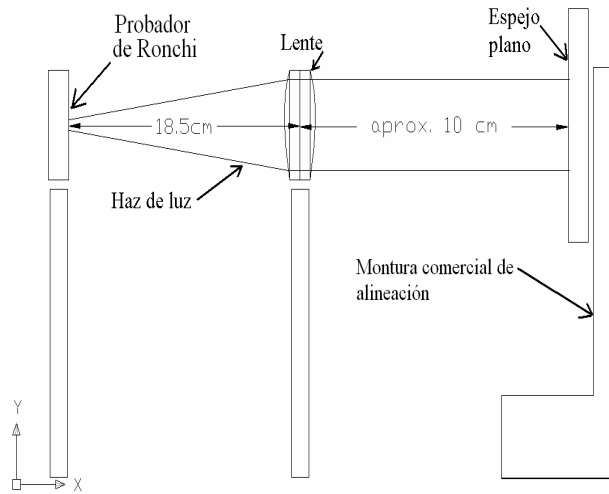
(a)



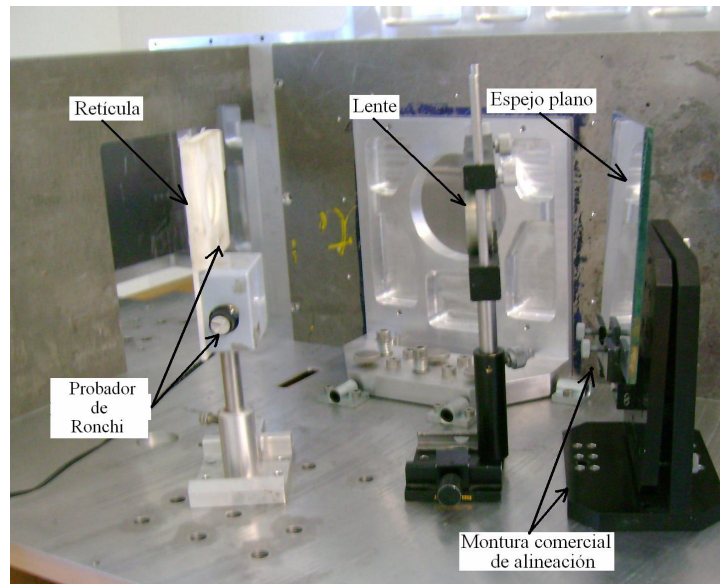
(b)

Figura 2. a) Arreglo esquemático de la prueba de Ronchi con lente auxiliar para probar superficies planas, b) Arreglo experimental de la implementación de la prueba de Ronchi.

En forma análoga se implementó el mismo arreglo experimental ahora usando el espejo plano sobre una interfaz comercial la cual usa un mecanismo de alineación diferente al de la interfaz descrita en la figura 1. Con esto se busca rectificar las variables de la prueba anterior como son las distancias focales de la lente y la estabilidad de las monturas de la retícula, lente auxiliar y espejo plano. Véase esquema óptico y foto del arreglo experimental en la figura 3.



(a)



(b)

Figura 3. a) Arreglo esquemático de la prueba de Ronchi con lente auxiliar para probar superficies planas, b) Arreglo experimental de la implementación de la prueba de Ronchi con interfaz comercial.

4.- PROCEDIMIENTO Y OBSERVACIONES DE LAS PRUEBAS.

Una vez implementada la prueba de Ronchi y teniendo la imagen del LED formada sobre el plano de la retícula (papel milimétrico) se iniciaron los movimientos con los diferentes tornillos del mecanismo de alineación para ver la carrera máxima de cada tornillo. Todos los tornillos se dejaron a media carrera y se marcó sobre la retícula de papel, véase Figura 4a. Moviendo el sistema de alineación, se llevó el punto luminoso a diferentes posiciones preestablecidas sobre la retícula, véase Figura 4b. El primer movimiento fue mover el punto luminoso (imagen del LED) hacia la derecha del punto central. Esta acción fue relativamente fácil, después se regreso el punto luminoso al centro, donde se encontraba inicialmente. Así se realizaron varios movimientos, desde el punto central a 8 puntos alrededor. Véase Figura 4 c.

Las observaciones a esta parte de la prueba son las siguientes:

- Al girar los tornillos que jalan, cuando actúan a favor del resorte hacen vibrar a la interfaz. Las vibraciones son menores cuando actúan en contra del mismo.
- Los tornillos que empujan no presentan vibraciones tan notorias como los que jalan pero también inducen pequeños “brinquitos” al soltarlos.
- Los puntos más difíciles de alcanzar fueron aquellos que se localizaron no ortogonales a los ejes formados por los puntos 1,5 y 3,7. Véase Figura 4 c.

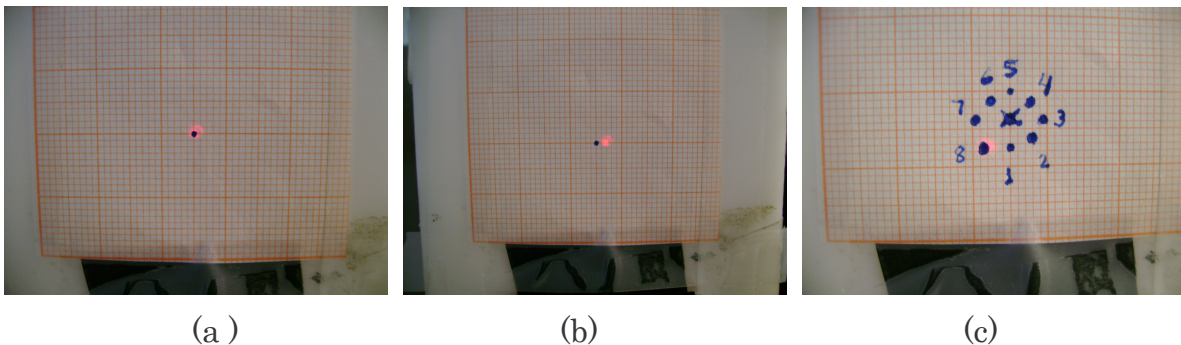


Figura 4. a) punto central coincide con la luz luminosa. b), Movimiento del punto luminoso a la derecha del punto central. C) retícula con los puntos de referencia con imagen formada sobre el punto 8.

Posteriormente, estando la imagen del LED sobre el punto 8, decidimos fijarlo usando los tornillos de fijación. Esto se realizó apretando al “llegue” todos los tornillos y después apretándolos con cautela. Si el primer tornillo que se apretaba al “llegue” era uno de los tornillos de fijación más cerca de las lentes, esto hacia

que la imagen del LED se desplazara un milímetro en dirección vertical hacia abajo. Y si el tornillo de fijación que se apretaba primero, al “llegue”, era uno de los mas alejados a las lentes, la imagen del LED se subía hacia arriba con un ángulo de 145 grados. Véase Figura 5. La distancia de movimiento de la imagen del LED sobre la retícula, en ambos casos se mantenía constante, era de 1mm aproximadamente.

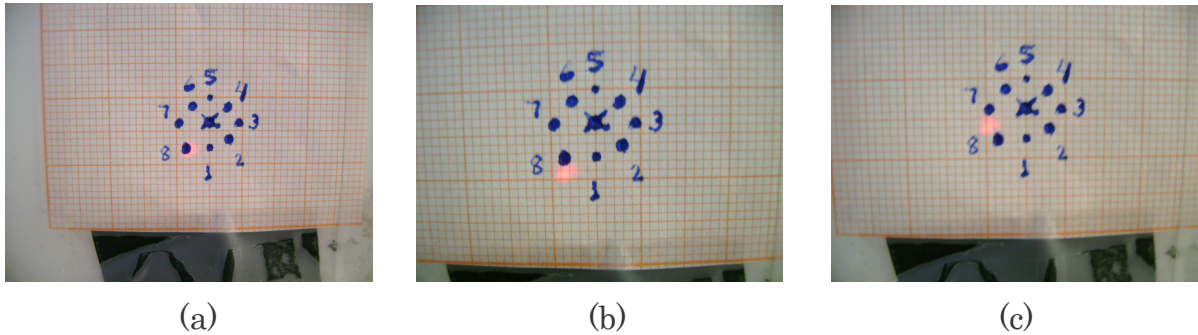


Figura 5. a) Imagen del LED coincide con el punto 8. B) Se fija la interfaz con cuidado y la imagen se desplaza hacia abajo 1mm aprox. C) Se fija la interfaz y la imagen se desplaza hacia arriba aprox. 1mm.

5.- INCLINACIONES DE LA INTERFAZ

En este punto se analizan los movimientos que se midieron al fijar la interfaz. La información que tenemos es el desplazamiento de la imagen del LED en el plano imagen. Y lo que nos interesa es la inclinación que sufre la interfaz para producir dicho desplazamiento. Para eso tenemos que usar la escala de placa de nuestro sistema óptico, en este caso de la lente auxiliar.

5.1 ESCALA DE PLACA DE UN SISTEMA ÓPTICO.

El tamaño de la imagen está determinado por la llamada "escala" del plano focal o “escala de placa”, que nos dice cuántos segundos de arco del tamaño angular de un objeto corresponden a un milímetro en el plano de la imagen. Esta escala depende de la distancia focal efectiva del sistema óptico.

Si consideramos la distancia focal de la lente, F , la imagen en el plano focal tiene una altura, h , los rayos marginales subtiende un ángulo, θ . Véase Figura 6.

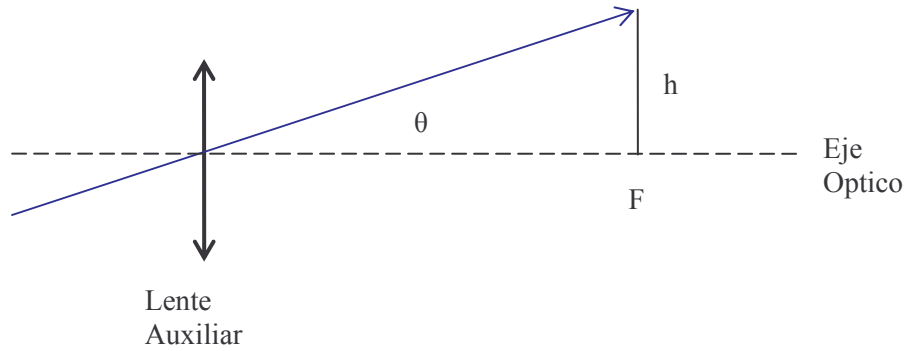


Figura 6. Parámetros involucrados en la determinación de la escala de placa de un sistema óptico.

Del triángulo de la figura 6, podemos ver que

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h}{F} \quad (1)$$

Si consideramos que el ángulo θ es pequeño, entonces $\operatorname{tg} \theta \approx \theta$.

La escala de placa, E_P , podemos calcularla como sigue:

$$E_P = \frac{\Delta \theta}{\Delta h} = \frac{1 \operatorname{rad}}{F[\operatorname{mm}]} = \frac{0.000004848 \operatorname{rad} / \prime}{F[\operatorname{mm}]} = \frac{206265 \prime}{F[\operatorname{mm}]} \quad (2)$$

Ahora tomando en cuenta que la distancia focal de la lente es de 185 mm la escala de placa es,

$$E_P = \frac{206265 \prime}{F[\operatorname{mm}]} = \frac{206265 \prime}{185 \operatorname{mm}} = 1114.94 \prime / \operatorname{mm} = 18.58 \prime / \operatorname{mm} = 0.309^\circ / \operatorname{mm} \quad (3)$$

El resultado se comprobó gráficamente por medio de un programa computacional de CAD (Computer Aid Drawing), ver figura 7.

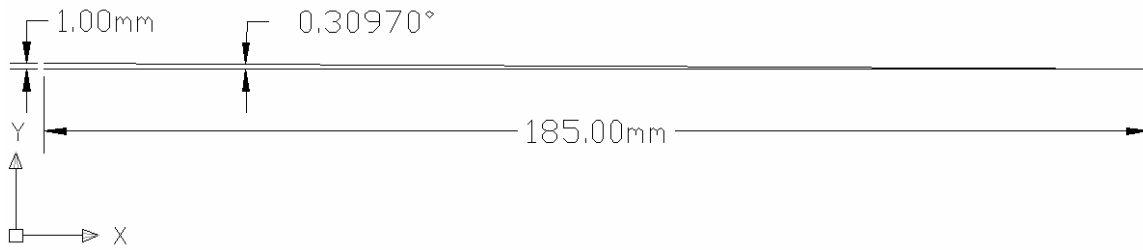


Figura 7. Solución gráfica del ángulo que se desplaza.

Con la determinación de la escala de placa, ahora conocemos la equivalencia angular del desplazamiento de la imagen del LED en la retícula (papel milimétrico). Además debemos de tomar en cuenta que el ángulo θ es el que subtiende el rayo incidente respecto el rayo reflejado, en nuestro caso hacemos incidir un haz colimado al espejo plano que se encuentra montado en la interfaz que estamos probando. Si consideramos que el espejo esta inclinado un ángulo β medido respecto del haz colimado (ver figura 8), entonces el rayo incidente tendrá un ángulo β respecto de la normal (N) del espejo, y de acuerdo con la ley de reflexión [4] podemos afirmar dos cosas: primero que el rayo reflejado tendrá un ángulo β' y segundo que $\beta = \beta'$.

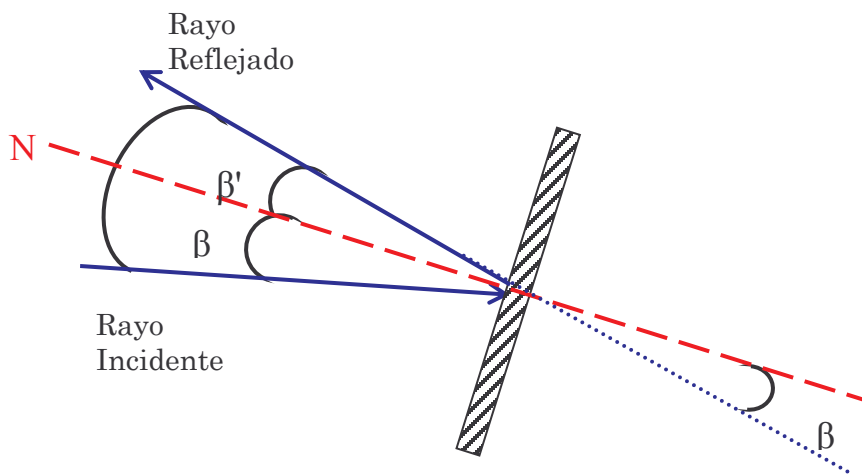


Figura 8.- Trazo de rayos sobre un espejo plano inclinado.

Entonces de la figura 8 tenemos que

$$\theta = 2\beta \quad (4)$$

O bien

$$\beta = \frac{\theta}{2} \quad (5)$$

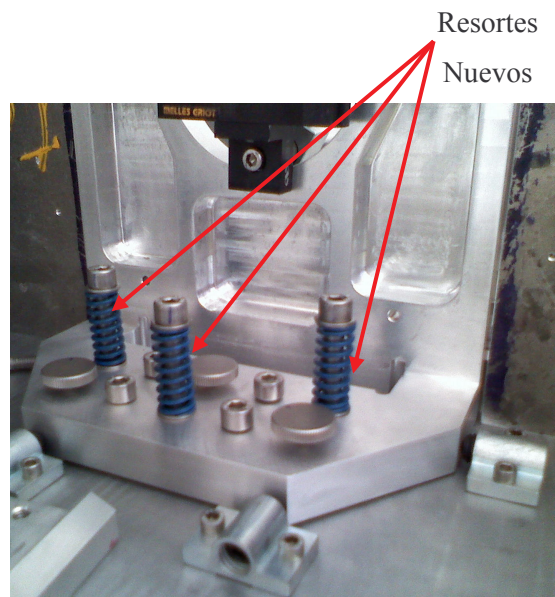
Ahora podemos ya determinar que el desplazamiento de 1mm de la imagen del LED medido en el plano de la retícula corresponde a un desplazamiento angular $\theta=0.30^\circ$ y consecuentemente a una inclinación de la interfaz de $\beta=0.15^\circ$.

5.2 INTERFAZ CON NUEVOS RESORTES.

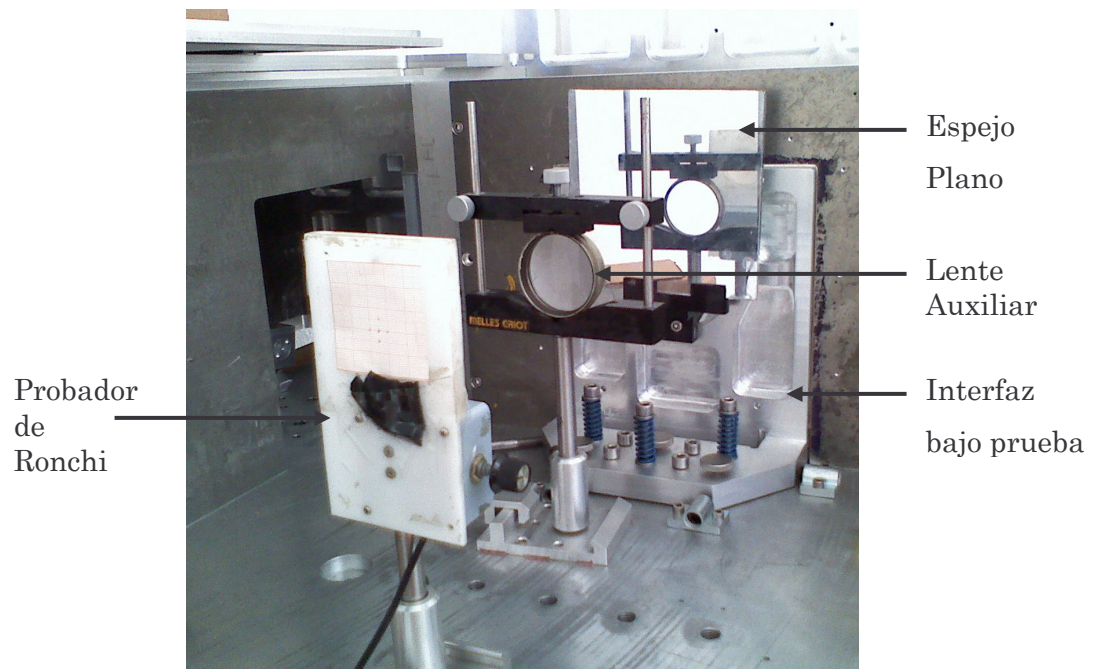
Se sustituyeron los resortes a los tornillos que empujan (ver figura 9) buscando tener mayor compresión y poder disminuir el efecto del movimiento de la montura provocado al poner los candados (con los tornillos de fijación). Después de repetir la prueba a la interfaz encontramos que la desviación encontrada fue de aproximadamente 0.25mm. En forma análoga al proceso anterior corresponde a una inclinación de la interfaz de $\beta=0.03^\circ$. De aquí podemos ver que el desempeño de la interfaz presenta una mejoría bastante notable.

Por último mencionaremos que recientemente esta interfaz (montura) fue ya usada satisfactoriamente durante las pruebas del sistema colimador más lente de campo del espectrógrafo ESOPO.

Esto es se colocó el barril de las lentes de campo en la interfaz obteniendo que el efecto de la carga agregada y desplazamiento del centro de masa no afectó su desempeño y permitió alinear satisfactoriamente la lente de campo con el sistema colimador.



(a)



(b)

Figura 8.- a) Vista frontal de la interfaz mostrando los resortes nuevos, b) Fotografía que muestra el arreglo durante la prueba con los resortes nuevos.

6.- CONCLUSIONES

Se presentaron los resultados de la prueba de desempeño y funcionalidad del mecanismo de alineación de la interfaz (montura) que fue construida para soportar a la lente de campo en su incorporación dentro de la plataforma mecánica del Espectrógrafo ESOPO. Se uso la prueba de Ronchi con lente auxiliar. Encontramos que el sistema tiene repetibilidad del orden de 0.03° . Recientemente ésta montura fue usada satisfactoriamente usando ya la lente de campo montada en barriles provisionales durante las pruebas realizadas al sistema colimador mas lente de campo dentro de la plataforma mecánica del espectrógrafo ESOPO. El efecto de la carga agregada y desplazamiento del centro de masa no afecto su desempeño y permitió alinear satisfactoriamente la lente de campo con el sistema colimador.

REFERENCIAS

- 1.- J. González, C. Tejada y F. Cobos, “Diseño óptico”, reportes internos del proyecto ESOPO, ESOPO-OP-A-DO1.
- 2.- A. Cornejo-Rodríguez, “Ronchi Test,” in *Optical Shop Testing*, 3rd ed., D. Malacara, (Wiley, New Jersey, 2007), Chap 9.
- 3.- J.M. Nuñez, A. Cordero et al. “Improved Ronchi tester,” *Applied Optics*, **40**, 501-505 (2001).
- 4.- D. Malacara and Z. Malacara “Geometrical Optics Principles” in *Handbook of Optical Design*, 2nd ed. (Marcel Dekker, New York, 2004) Chap. 1.



**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**