

MEDICIÓN DE LA POSICIÓN DE UN DETECTOR CCD DENTRO DE UNA BOTELLA CRIOGÉNICA.

J.M. Núñez, J. Herrera, M. Pedrayes, J. Valdez, F. Murillo, B. Martínez.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

RESUMEN:

En este trabajo se presenta un método para medir la posición que guarda el detector CCD dentro de una botella criogénica. Recordemos que el CCD se encuentra

inmerso al vacío dentro de la botella. Este método propuesto permite realizar la medición sin necesidad de abrir la botella criogénica.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. MÉTODO PROPUESTO	2
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO	2
3. APLICACIÓN DEL MÉTODO	7
3.1 POSICIÓN DEL DETECTOR CCD MARCONI (PROPIEDAD DEL PROYECTO ESOP)	7
3.2 POSICIÓN DEL DETECTOR CCD MARCONI 2 (PROPIEDAD DEL OAN)	10
4. CONCLUSIONES	11
5. AGRADECIMIENTO	12
6. REFERENCIAS	12

1. INTRODUCCIÓN

El Observatorio Astronómico Nacional (OAN) ubicado en San Pedro Mártir (SPM) cuenta con mas de cinco detectores CCD's (acrónimo del inglés, Charged Coupled Device) en su mayoría todos se encuentran al vacío dentro de una botella criogénica¹. Los CCD's del OAN son usados de dos maneras: una es como cámara directa, donde el CCD es acoplado directamente al telescopio lo que permite colectar directamente los rayos de luz que salen del telescopio, y la segunda manera es colectar la luz después de pasar por un instrumento astronómico, como espectrógrafo, fotómetro, etc.

Para el modo de cámara directa el enfoque de la imagen sobre el CCD se lleva a cabo con el movimiento del espejo secundario del telescopio. Cuando el CCD será acoplado a un instrumento, muchos de estos instrumentos usan cámaras ópticas, por lo cual se vuelve importante conocer la distancia que guarda el CCD respecto de la platina de la botella. Una manera de medir esta distancia es realizarlo de manera mecánica (usando un vernier con precisiones del orden de 1 a 5 milésimas de pulgada), lo cual implica abrir la botella criogénica y se corre el riesgo de ocasionar daños al detector dado que queda expuesto (sin la ventana). En este trabajo presentamos un método óptico de no contacto que permite realizar esta medición sin tener que abrir la botella criogénica. Además con este método es posible estimar el espesor de la ventana.

2. MÉTODO PROPUESTO

El método esta basado en el uso de un microscopio acoplado a una cámara CCD. El sistema de microscopio y cámara CCD fue montado sobre una regleta digital con resolución de un micrómetro que le permite desplazarse en dirección vertical (ver figura 1).

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

Para la caracterización del método se utilizaron tres vidrios de espesores conocidos (ventanas de botellas criogénicas). La medición de los espesores fue realizada con un vernier, y están listados en la tabla 1. Se utilizó un objetivo de microscopio con amplificación de 4x.

TABLA 1

Mediciones de espesores de las ventanas realizadas con el Vernier.

Ventana	Espesor [mm]
V ₁	3.08
V ₂	4.03
V ₃	6.09

En la figura 2 se muestran los arreglos usados para estimar la diferencia en altura existente entre dos placas metálicas rectificadas vista a través de una ventana de vidrio. Se enfocó la superficie de la placa metálica (M₁) mas cercana a la ventana (ver figura 2a), y posteriormente se

enfocó la superficie metálica (M₂) mas alejada a la ventana (ver figura 2b). Este proceso se repitió con tres ventanas distintas y las mediciones se encuentran listadas en la tabla 2.

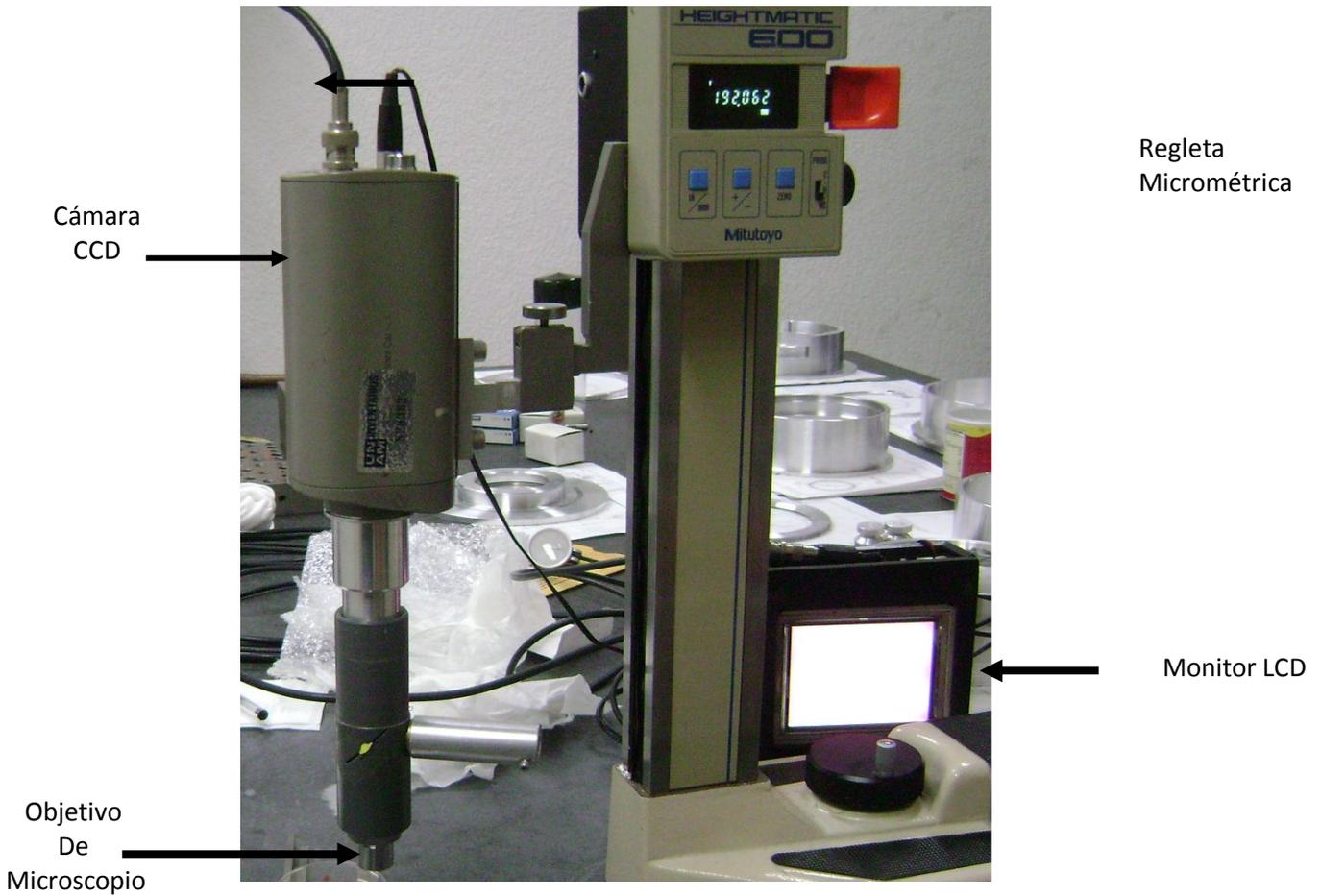


Figura 1: Arreglo óptico utilizado para la medición de distancias sin contacto.

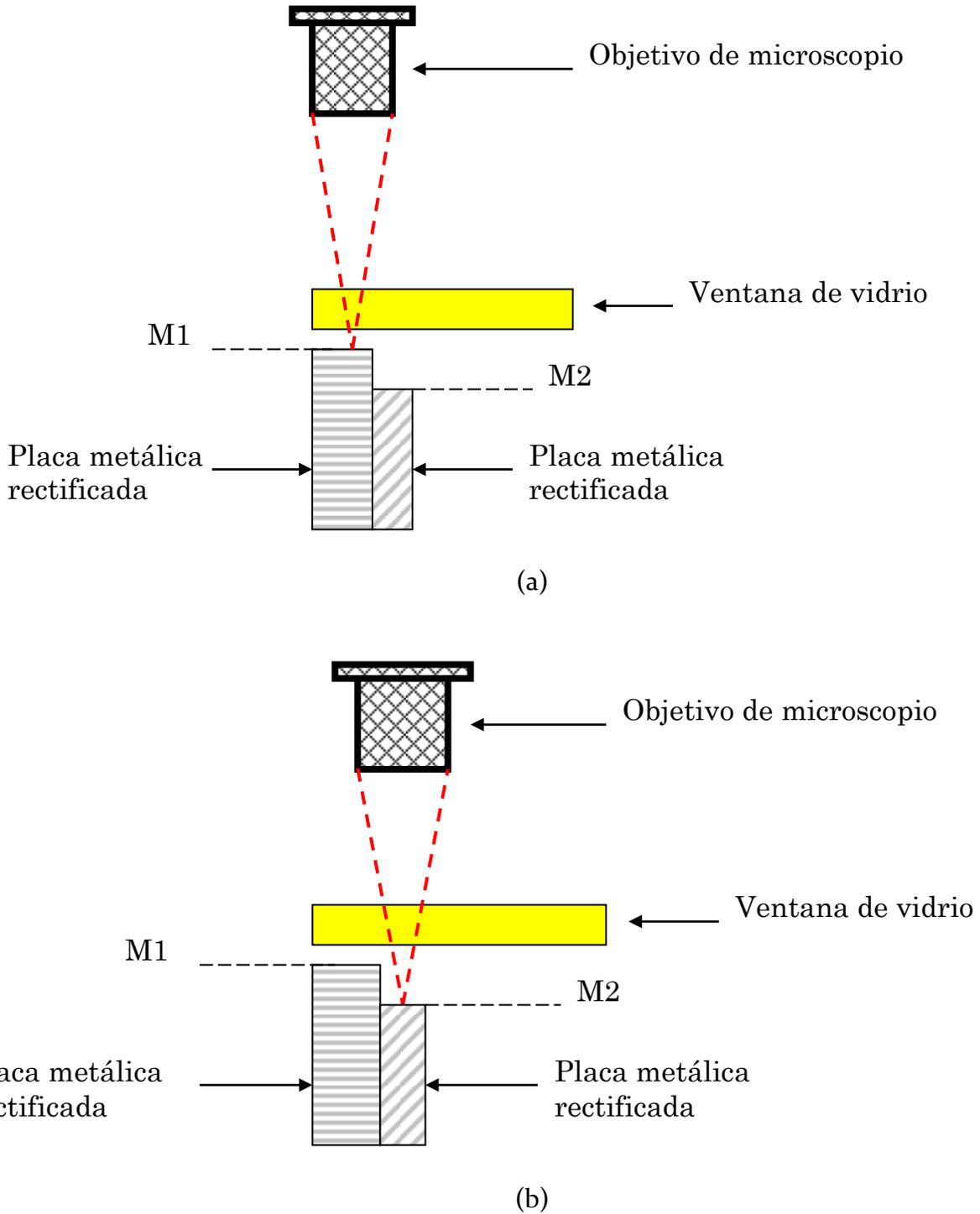


Figura 2: Arreglos esquemáticos para estimar la diferencia en altura entre dos placas metálicas rectificadas vista a través de una ventana de vidrio. (a) Enfoque de la superficie metálica (M1) y (b) enfoque de la superficie metálica (M2).

La medición real de la diferencia en alturas ($M_1 - M_2$), es de 3.15mm llevado a cabo con un sistema de medición de contacto directo, esto fue medido para tenerlo de referencia.

TABLA 2
Mediciones realizadas con el microscopio.

Espesor de la Ventana [mm]	M ₁ -M ₂ [mm]
V ₁ =3.08	3.20
V ₂ =4.03	3.19
V ₃ =6.09	3.19

Nótese que la diferencia entre alturas (en este caso M₁ y M₂) vistos a través de la ventana de vidrio no requiere ningún factor de corrección puesto que ambas medidas se obtienen en las mismas condiciones y es una diferencia relativa.

En la figura 3 se muestra el arreglo esquemático utilizado para estimar el espesor de la ventana de vidrio. Esto se lleva acabo midiendo la distancia de enfoque de la superficie superior de la ventana y posteriormente la de la superficie inferior. Esto se realizó para las tres ventanas y los resultados se muestran en la segunda columna de la tabla 3. En la figura 4 se muestra el arreglo experimental real.

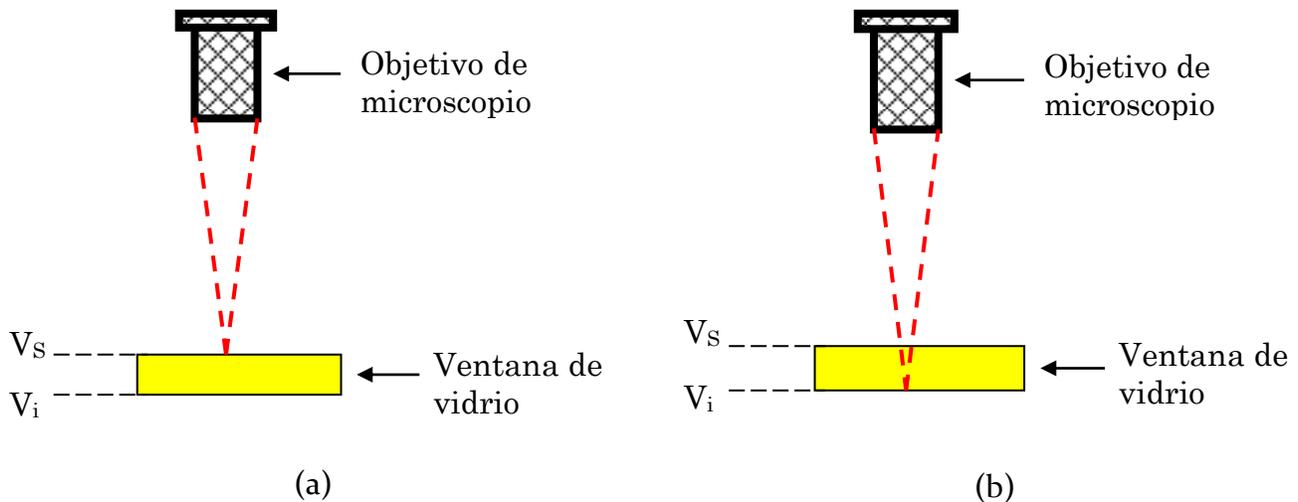


Figura 3: Arreglo esquemático usado para estimar el espesor de la ventana de vidrio. (a) Enfoque de la superficie (V_s). (b) Enfoque de la superficie inferior (V_i).



Figura 4: Arreglo experimental durante el proceso de calibración.

A continuación procederemos a determinar la constante que permita obtener de manera aproximada el valor del espesor de la primera ventana (V_1), ya que en el primer enfoque el medio es el aire y en el segundo el medio es el vidrio². Entonces la constante para este medio es,

$$K_1 = \frac{V_1}{V_{1S} - V_{1i}} = \frac{3.08}{2.28} = 1.31 \quad (1)$$

En forma análoga la constante para las ventanas V_2 y V_3 están dadas por,

$$K_2 = \frac{V_2}{V_{2S} - V_{2i}} = \frac{4.03}{2.63} = 1.52 \quad (2)$$

$$K_3 \frac{V_3}{V_{3S} - V_{3i}} = \frac{6.09}{4.11} = 1.46 \quad (3)$$

La constante real K , podemos obtenerla a partir del promedio de los tres casos, esto es:

$$K = \frac{1.31 + 1.52 + 1.46}{3} = 1.43 \quad (4)$$

Por tanto el espesor de la ventana puede ahora ser calculada a través de la siguiente ecuación,

$$E_{RV} = K(V_s - V_i) \quad (5)$$

Se calculó el espesor real de cada una de las ventanas usando esta última ecuación, y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.

TABLA 3
Medición de los espesores de las ventanas.

Espesor de la Ventana [mm]	$V_s - V_i$ [mm]	$K(V_s - V_i)$ [mm]	Diferencias [mm]
$V_1 = 3.08$	2.28	3.20	0.12
$V_2 = 4.03$	2.63	3.77	0.26
$V_3 = 6.09$	4.11	5.88	0.21

Si se conociera el índice de refracción del material de la ventana sería posible conocer el espesor de la ventana multiplicando el espesor medido con el microscopio por el índice de refracción; por ejemplo para la sílica (índice de refracción, $N_d = 1.4584$) arrojaría diferencias similares a las obtenidas en la tabla 3.

3. APLICACIÓN DEL MÉTODO

Este método fue usado para conocer la posición del detector CCD dentro de una botella criogénica.

3.1 POSICIÓN DEL DETECTOR CCD MARCONI (PROPIEDAD DEL PROYECTO ESOPO)

Para la medición de la posición del detector CCD dentro de la botella criogénica se tuvo que usar otro objetivo de microscopio con mayor distancia de trabajo. El objetivo usado fue de 2X el cual tiene una distancia de trabajo de 34 mm y una profundidad de foco de 91 μm . En las figuras 5 y 6 se muestra el arreglo experimental usado con el objetivo de 2X, y la aplicación del método incluyendo una imagen del enfoque del peine del CCD respectivamente. En la tabla 4 se muestran las mediciones realizadas.

TABLA 4
Mediciones usando el método propuesto.

Descripción de la distancia a medir	Mediciones
Distancia de la superficie externa de la ventana al sustrato del detector	12.90 mm
	12.84 mm
Distancia de la superficie interna de la ventana al sustrato del detector	9.70 mm
	9.69 mm

De aquí entonces podemos estimar el espesor de la ventana usando la ecuación (5), esto es,

$$E_{RV} = (1.43)(12.9\text{mm} - 9.7\text{mm}) = 4.6\text{mm}$$

Recordemos que aunque la regleta tiene una resolución de $1\ \mu\text{m}$, la profundidad de foco ($91\ \mu\text{m}$ o equivalentemente 3.5 milésimas de pulgada) del objetivo de microscopio limitará la precisión de la medida.



(a)



(b)

Figura 5: (a) Arreglo experimental usando el objetivo de microscopio 2X y (b) Objetivo de microscopio 2X.



(a)

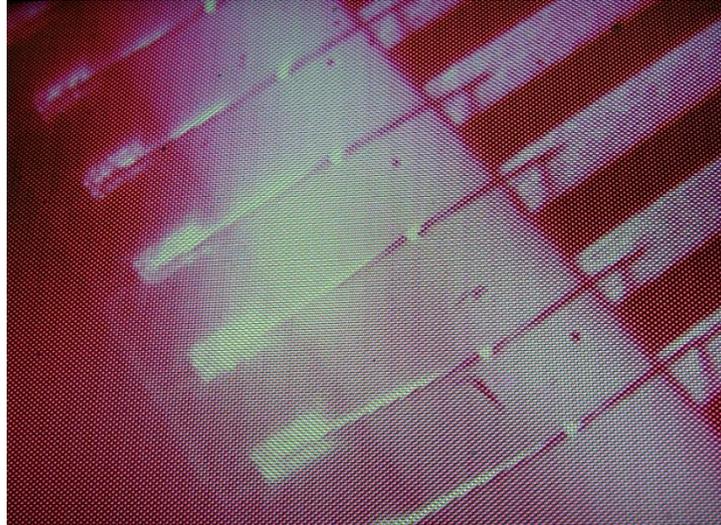


(b)

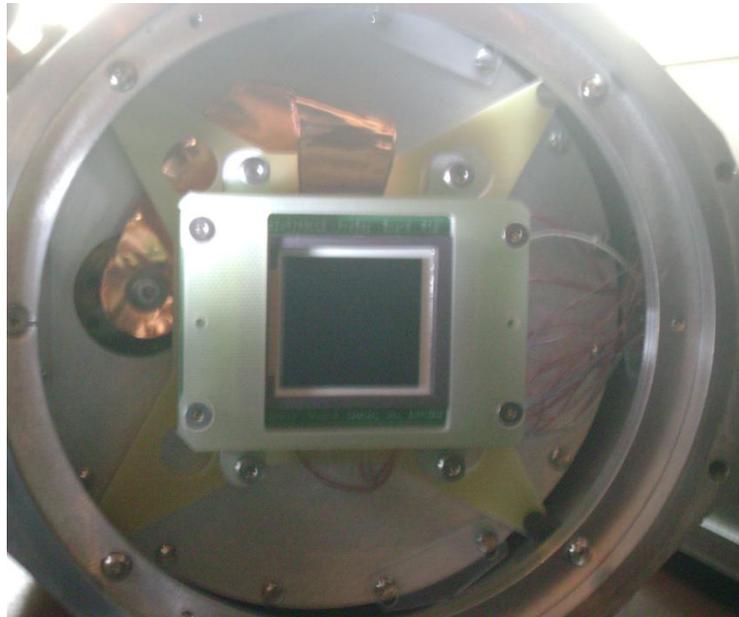
Figura 6: (a) Arreglo experimental usado durante la medición y (b) imagen que muestra el microscopio enfocado en el peine que contiene los conectores que llegan al sustrato del CCD.

3.2 POSICIÓN DEL DETECTOR CCD MARCONI 2 (PROPIEDAD DEL OAN)

En esta sección se describe la medición de la posición del detector para el CCD Marconi 2. En la figura 7 se muestra la imagen enfocada del peine que contiene los conectores que llegan al sustrato del CCD y una vista del CCD Marconi 2.



(a)



(b)

Figura 7: (a) Imagen enfocada del peine que contiene los conectores que llegan al sustrato del CCD y (b) Fotografía del CCD Marconi antes de desplazarlo hacia la ventana.

En este caso se requería medir la posición del detector dado que el detector cuando fue acoplado con el espectrógrafo Echelle no logró enfocar.

La distancia focal de la cámara del espectrógrafo Echelle medida desde la última lente al plano focal es de 17 mm. Por tanto era importante saber si la posición que guarda el CCD estaba dentro de esta distancia. La referencia es la placa metálica de la botella criogénica que es la que se usa para acoplar la botella criogénica al espectrógrafo.

Primeramente se realizó una medida en la posición inicial tomando como referencia la platina de la botella y otra medida tomando como referencia la superficie interna de la ventana. Como podemos ver en la tabla 5, la posición inicial la distancia es de 19.50 mm y es mayor que la distancia de focal de la cámara (17 mm), por lo cual fue necesario acercar el CCD hacia la ventana, esto lo llevó a cabo el personal de mantenimiento en turno del OAN y después se realizó la medición en la posición final, la cual fue de 14.36 mm con esto permitió enfocar el CCD en el espectrógrafo Echelle.

TABLA 5

Mediciones de la posición del detector dentro de la botella criogénica.

	Distancia del detector a la superficie interna de la Ventana	Distancia del detector a la platina de la botella criogénica
Posición Inicial	15.68 mm	19.50 mm
Posición Final	10.56 mm	14.36 mm

4. **CONCLUSIONES**

En este trabajo se presentó un método para realizar mediciones de distancia sin contacto, dicho método fue probado en dos ocasiones para medir la posición del detector CCD dentro de una botella criogénica. La exactitud de la medida esta en función de la profundidad de foco del objetivo de microscopio usado en este caso fue de $91\mu\text{m}$ o 3.5 milésimas de pulgada, este resultado es similar al que se obtiene con un vernier (con precisión del orden de 1 a 5 milésimas de pulgada). Además se ha demostrado que es posible también estimar el espesor de la ventana.

5. AGRADECIMIENTO

Al revisor de este trabajo, por sus comentarios y sugerencias.

6. REFERENCIAS

1.- M.H. Pedrayes, S. Zazueta, F. Quiroz, B. Martínez, B. García y G. Guisa “**Diseño y Construcción de botellas criogénicas como contenedores de detectores astronómicos**” RT-2011-01, Publicaciones Internas del IA-UNAM (Marzo, 2011).

2.- D. Malacara and Z. Malacara, “**Geometrical Optics Principales**” in *Handbook of Optical Design*, 2^a Edition, Ed. Marcel Dekker, New York, (2004) Chap 1.