

CALIBRACION DEL ESPECTROFOTOMETRO DOBSON
EN LAS LONGITUDES DE ONDA B

TESIS DE LICENCIATURA EN FISICA

POR

JESUS ARTURO MOTA RAMIREZ

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

MEXICO

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- I N D I C E -

	Página
- RESUMEN	I
- INTODUCCION	II-III
- CAPITULO I.	
I-1. SOBRE PRINCIPIO DE MEDICION	1-7
I-2. SISTEMA OPTICO Y ELECTRICO	8-11
I-3. FUNCIONAMIENTO DEL ESPECTROFOTOMETRO.	12-13
- CAPITULO II.	
LOCALIZACION DE LAS LONGITUDES DE ONDA EN EL SISTEMA OPTICO DEL ESPECTROFOTOMETRO - DOBSON.	
II-1. OBJETIVO.	14
II-2. PRUEBA DE LA LAMPARA DE MERCURIO.	15-18
II-3. CALIBRACION CON LAMPARAS DE DESCARGA.	19-26
- CAPITULO III.	
CALIBRACION DE LA CUÑA OPTICA.	
III-1. OBJETIVO DE LA CALIBRACION.	27-28
III-2. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE - DOS LAMPARAS.	29-33

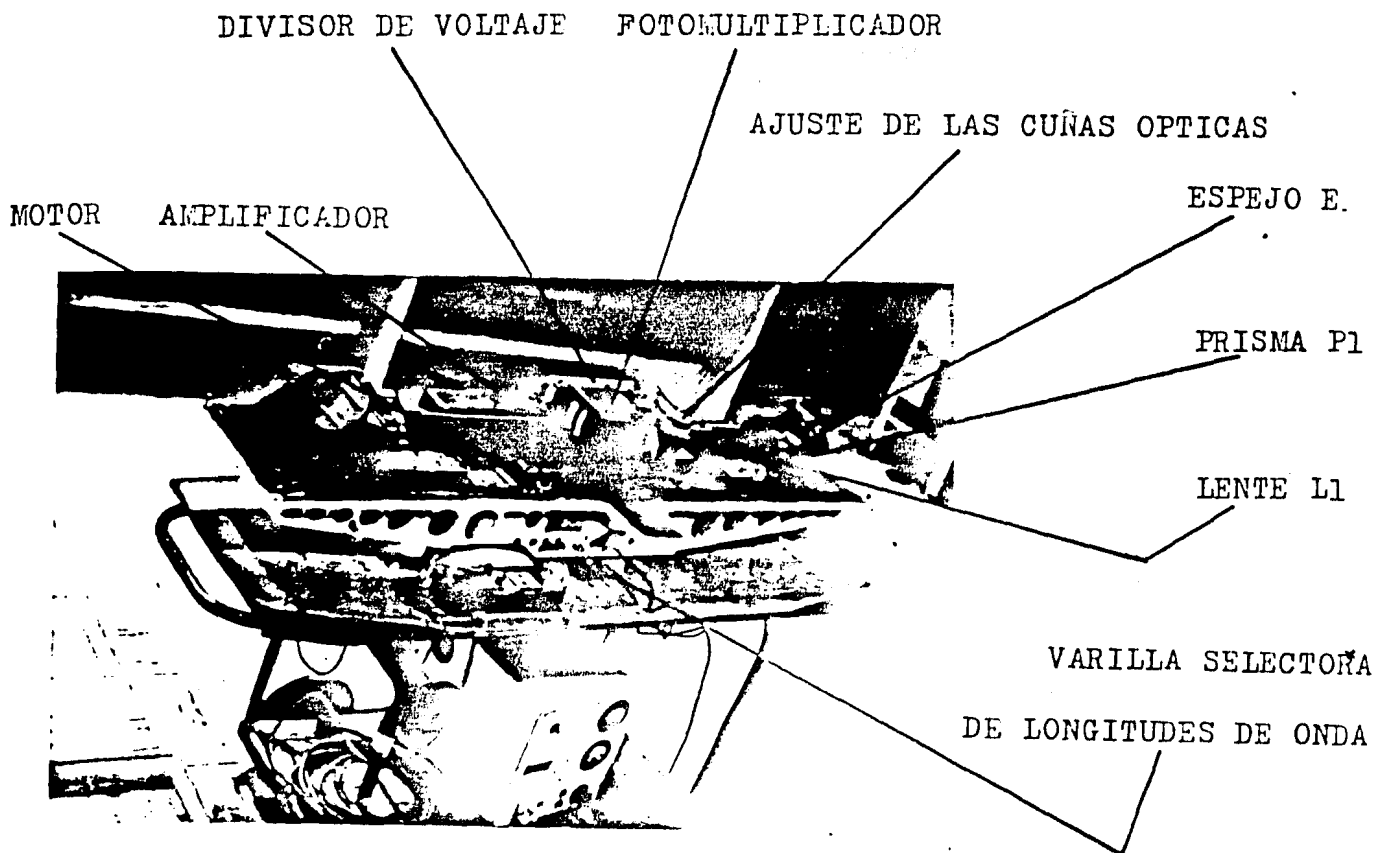
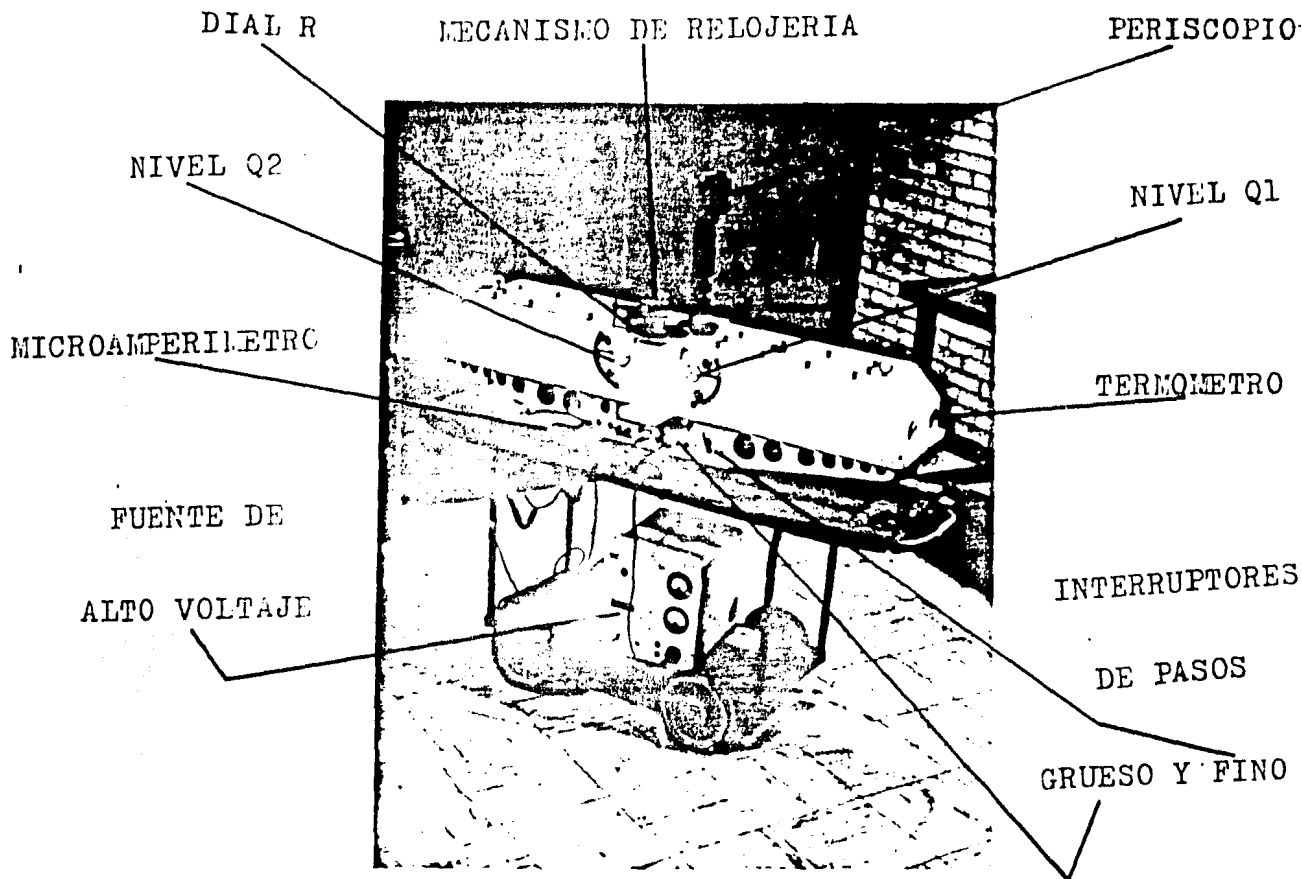
III-3. INTERPRETACION DE LA PRUEBA DE LAS
DOS LAMPARAS.

34-39

- CAPITULO IV.

CALIBRACION DEL ESPECTROFOTOMETRO DOBSON
EN UNA ESCALA ABSOLUTA.

IV-1.	OBJETIVO	40-41
IV-2.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	42
IV-3.	DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO PARA LA OBTENCION DE LA CONSTANTE L_0	43
IV-4.	RESULTADOS.	44-50
IV-5.	COMPARACION CON LAMPARAS PATRON.	51-52
-	CONCLUSIONES.	53-54
-	BIBLIOGRAFIA.	55-56
-	APENDICE A	57-59
-	APENDICE B	60-61
-	APENDICE C	62-64
-	APENDICE D	65-66



ESPECTROFOTOMETRO DOBSON

- R E S U M E N -

En esta tesis se presentan los resultados de la calibración del espectrofotómetro Dobson en las longitudes de onda "B" (3088 °A, 3291 °A). Esto se hace con el objeto de determinar el contenido de bióxido de azufre en la atmósfera, ya que este gas interfiere en la medición del contenido total de ozono en la atmósfera cuando se emplea el espectrofotómetro Dobson en dichas longitudes de onda.

Esta calibración consiste de la localización de las longitudes de onda en los posicionadores espectrales, la determinación de la transmisividad de la cuña óptica del espectrofotómetro y la calibración del aparato en una escala absoluta.

Esto se ha conseguido mediante el empleo de lámparas de descarga (Hg₁, Hg₂, In₁, In₂, Zn, He, Cd₁, Cd₂) con envoltura de cuarzo, mediante la realización de la prueba de dos lámparas, y empleando un método de extrapolación. Todos los resultados finales se presentan en forma de tablas.

INTRODUCCION

El objetivo de esta tesis es la deter --
minación de la transmisividad relativa de las cuñas ópticas del --
espectrofotómetro Dobson # 98 en las longitudes de onda "B" ----
(3088 °A, 3291 °A).

Esta calibración involucra la determi --
nación de una tabla de densidad de la cuña para las longitudes de
onda empleadas con la tabla que relaciona las lecturas (R) del-
dial con los cocientes logarítmicos de intensidades de pares de --
longitudes de onda, ó sea tablas de R contra $\log (I/I') + k$, ---
dónde k es una constante instrumental.

En la ciudad de México se realiza un ---
monitoreo sistemático de la cantidad total de ozono desde 1974.
A partir de entonces este instrumento se ha calibrado sistemati -
camente con una lámpara estandar en las longitudes de onda A, C, -
C', D, (valores de las longitudes de onda) que son los pares de -
longitudes de onda que se emplean para obtener la cantidad de ---
ozono total. La calibración del par de longitudes de onda "B" no -
se realiza comunmente ya que es sensible a interferencias de ---
otros gases, como el SO₂. Este gas es un contaminante frecuente -
en atmósferas urbanas, de modo que si se calibra el instrumento -
en estas longitudes de onda, es posible determinar el contenido -
total de SO₂ en la atmósfera.

El ozono es un gas que se forma en ----
niveles estratósfericos como resultado de la fotodisociación del -
oxígeno molecular, y es de gran importancia Biológica, ya que ---
detiene la Radiación Solar Ultravioleta (200 °A - 3000 °A) -----
dañina a las células vivas. En la meteorología es una componente
atmósferica importante, ya que determina la estructura vertical -
de la temperatura en la estratósfera.

De los resultados obtenidos con el -----
espectrofotómetro Dobson, se ha encontrado una variación diurna -
de ozono anormalmente alta. Esta variación puede atribuirse a ---
que en atmósferas altamente contaminadas existen gases tales ----
como el bioxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) -
que interfieren en la medición del ozono total.

Como el bioxido de azufre tiene su -----
espectro de absorción en la región de las longitudes de onda "B" -
del espectrofotómetro, se planteó la necesidad de calibrar este -
instrumento en estas longitudes de onda para cuantificar así la -
interferencia que tiene este gas sobre la medición del contenido -
de ozono total.

CAPITULO I.

I-1. SOBRE PRINCIPIO DE MEDICION

Existen varias formas de cuantificar el contenido de ozono en la atmósfera: Sondeos ópticos, métodos químicos, métodos espectrofotométricos, etc.

A nivel mundial el método más empleado es el que hace uso del espectrofotómetro Dobson; éste se considera el instrumento estandar de la red ozonométrica mundial: permite determinar la cantidad total de ozono contenida en una columna de aire que va desde la superficie terrestre hasta el límite superior de la atmósfera.

Este instrumento aprovecha la fuerte absorción que presenta el ozono en la región del espectro comprendida entre 3000 y 3400 °A, conocida como banda de Huggens. En esta región se presentan cambios muy rápidos en el valor del coeficiente de absorción del ozono, de modo que, es posible seleccionar pares cercanos de longitudes de onda en los cuáles el coeficiente de absorción de la longitud de onda corta sea mayor que el de la longitud de onda larga.

Con el espectrofotómetro Dobson se mide la intensidad relativa de cada uno de estos pares estandar, escogidos de tal modo que la diferencia de longitudes de onda en cada uno de ellos sea aproximadamente 200 °A.

Estos pares han sido seleccionados por acuerdo internacional para hacer comparables las mediciones de un instrumento a otro, y se les denomina A (3055 °A, 3254 °A), B (3088 °A, 3291 °A), C (3114.5 °A, 3354 °A), D (3176 °A, 3398 °A), y C' (3324 °A, 4536 °A), además de que se han hecho mediciones

precisas de los valores de los coeficientes de absorción para cada longitud de onda.

Para la determinación del contenido de ozono, empleando el espectrofotómetro de Dobson se hace la suposición de que la atmósfera esta compuesta de aire, ozono y polvo en suspensión, ya que estos tres componentes son los que fundamentalmente atenúan la Radiación Solar en los pares mencionados.

La intensidad de la luz para cada longitud de onda, suponiendo Radiación monocromática, viene dada por la ley de BOUGUER-LAMBERT (Dutch, 1968):

$$I = I_0 e^{-(\alpha \mu(Z)x - \beta mp/p_0 - d \sec Z)} \quad \dots\dots\dots I-1$$

donde:

I es la intensidad de la luz en la superficie terrestre.

I_0 es la intensidad de la luz en la parte externa de la atmósfera.

α es el coeficiente de absorción del ozono para la longitud de onda .

$\mu(Z)$ es la masa óptica del ozono, ó sea, la relación del camino óptico de un haz que atravieza la atmósfera con un ángulo cenital Z con respecto a uno que incide verticalmente.

x es la abundancia de ozono dada en centímetros del espesor de la capa de ozono que resultaría si todo el ozono de la columna estuviera en condiciones estandar de presión y temperatura.

β es el coeficiente de dispersión para el aire.

m es la masa óptica del aire y representa el mismo concepto que

la masa óptica μ del ozono.

p y p_0 representan la presión atmosférica en el punto de obser --
vación y la presión al nivel del mar.

d_λ es el coeficiente de extinción del polvo para la longitud --
de onda λ .

$\sec Z$ es la secante del ángulo cenital del sol.

La ecuación I-1 es valida para cualquier --
longitud de onda, de modo que, puede plantearse para las dos lon --
gitudes de onda de cada uno de los pares mencionados. Por tanto --
después de sacar logaritmos de ambos lados de las ecuaciones y --
restar ambas se tiene :

$$\log I_\lambda - \log I_{\lambda'} = \log I_{0\lambda} - \log I_{0\lambda'} - \alpha_\lambda \mu x + \alpha_{\lambda'} \mu x -$$

$$\beta_\lambda m p / p_0 + \beta_{\lambda'} m p / p_0 - d_\lambda \sec Z + d_{\lambda'} \sec Z \quad \dots\dots\dots \text{I-2}$$

agrupando

$$\log (I_\lambda / I_{\lambda'}) = \log (I_{0\lambda} / I_{0\lambda'}) - \mu x (\alpha_\lambda - \alpha_{\lambda'}) -$$

$$- m p / p_0 (\beta_\lambda - \beta_{\lambda'}) - (d_\lambda - d_{\lambda'}) \sec Z \quad \dots\dots\dots \text{I-3}$$

definiendo:

$$L = \log (I_\lambda / I_{\lambda'}) , \quad L_0 = \log (I_{0\lambda} / I_{0\lambda'})$$

$$N = \log (I_{0\lambda} / I_{0\lambda'}) - \log (I_{\lambda} / I_{\lambda'}) = L_0 - L \quad ;$$

$$\alpha_{\lambda} - \alpha_{\lambda'} = \alpha - \alpha' \quad , \quad \beta_{\lambda} - \beta_{\lambda'} = \beta - \beta' \quad \text{y} \quad \delta_{\lambda} - \delta_{\lambda'} = \delta - \delta' \quad ,$$

se obtiene la siguiente ecuación :

$$L = L_0 - (\alpha - \alpha')\mu x - (\beta - \beta')mp/p_0 - (\delta - \delta') \sec Z \quad \dots\dots I-4$$

despejando la cantidad total de ozono x se tiene :

$$\bar{x} = \frac{L_0 - L}{\mu(\alpha - \alpha')} - \frac{(\beta - \beta')mp}{\mu(\alpha - \alpha')p_0} - \frac{(\delta - \delta') \sec Z}{\mu(\alpha - \alpha')} \quad \dots\dots I-5$$

$$x = \frac{N}{\mu(\alpha - \alpha')} - \frac{(\beta - \beta')mp}{\mu(\alpha - \alpha')p_0} - \frac{(\delta - \delta') \sec Z}{\mu(\alpha - \alpha')} \quad \dots\dots I-5'$$

Con esta ecuación puede obtenerse la ---- cantidad total de ozono para cada uno de los pares de longitudes de onda.

Los valores de α y α' han sido estu --- diados por una gran cantidad de autores, y han sufrido algunos --- cambios desde los primeros que se emplearon en la determinación de ozono evaluados por NY y CHOONG en 1932, (Ny and Choong 1932), hasta los empleados actualmente por acuerdo internacional de la --- comisión de ozono de la Asociación Internacional de Metereología y Física de la Atmósfera (IAMAP), en enero de 1968. Estos últi --- mos coeficientes han sido escogidos de tal modo que hacen homoge --- neas las observaciones de ozono en cualquiera de los pares de --- longitudes de onda.

Los valores de β y β' se conocen con bastante precisión de los trabajos de RAYLEIGH y CABBANES (Cabbanes J., 1921, Fröhlich C. 1980).

El valor de la masa óptica u se determina a partir de suponer la presencia de una capa de ozono a una altura de 22 Km. sobre el nivel del mar y de consideraciones geométricas, (Dobson G.M.B. 1957a, 1957d, Rindert S.B. 1975) (apendice B) llegando a la formula:

$$\mu = \frac{1 + (h/R)}{\sqrt{(2h/R) + \cos^2 Z}} \dots\dots\dots I-6$$

En donde h es la altura de la capa de ozono — R es el radio terrestre y Z el ángulo cenital del sol.

La masa óptica m de la atmósfera puede conocerse por medio de la tabla de BEMPORAD, que relaciona la masa óptica del aire con el ángulo cenital del sol (ver apendice C).

El valor de L se obtiene de la medición realizada con el espectrofotómetro y L_0 de observaciones especiales.

Substituyendo los valores para los coeficientes de absorción se obtienen las ecuaciones siguientes para cada par de longitudes de onda (apendice C):

$$x_A = \frac{N_A}{1.748 \mu} - 0.066 \frac{m p}{\mu p_0} - \frac{(\delta - \delta')}{1.748 \mu} \sec Z \dots\dots I-7$$

$$x_B = \frac{N_B}{1.140 \mu} - 0.099 \frac{m p}{\mu p_0} - \frac{(\delta - \delta')}{1.140 \mu} \sec Z \quad \dots\dots I-8$$

$$x_C = \frac{N_C}{0.800 \mu} - 0.138 \frac{m p}{\mu p_0} - \frac{(\delta - \delta')}{0.800 \mu} \sec Z \quad \dots\dots I-9$$

$$x_D = \frac{N_D}{0.360 \mu} - 0.289 \frac{m p}{\mu p_0} - \frac{(\delta - \delta')}{0.360 \mu} \sec Z \quad \dots\dots I-10$$

En estas ecuaciones son conocidas todas las variables, a excepción de la diferencia de los coeficientes de absorción $(\delta - \delta')$. En condiciones de poca turbiedad atmosférica, esta diferencia es pequeña, y puede despreciarse, sin embargo estas condiciones no son las condiciones generales en la atmósfera.

Para considerar la extinción por aerosoles se realizan mediciones usando dos pares de longitudes de onda, por ejemplo, AD, CD, etc.. Para cada uno de estos pares se pueden plantear dos ecuaciones del tipo I-5. Restandose una de otra obtenemos para el par AD por ejemplo :

$$x_{AD} = \frac{N_{AD}}{1.388 \mu} - 0.009 \frac{m p}{\mu p_0} \quad \dots\dots\dots I-11$$

Suponiendo que el coeficiente de atenuación por aerosoles es una función suave de la longitud de onda, el ---

término de aerosoles puede despreciarse, puesto que, la diferencia — entre las dos longitudes de onda de cada uno de los pares es ----- aproximadamente de 200 °A y los dos términos se cancelan.

El doble par AD es el que tiene más ----- confiabilidad en las determinaciones ozonométricas, y se recomienda — como estandar por la comisión Internacional de ozono (IOC) de la — IAMAP. Se emplean también los pares BD y CD, sin embargo, se ha ---- demostrado que las mediciones realizadas con el par BD se encuentran interferidas principalmente por la presencia del bióxido de azufre — en la atmósfera (Evans W.F.J. et. all. 1980, Komhyr W.D. et. all. — 1980).

I-2.

SISTEMA OPTICO Y ELECTRICO

Como se ha mencionado en el inciso anterior, el espectrofotómetro Dobson es el instrumento estandar para la determinación de la cantidad total de ozono en la red mundial de estaciones para la medición de ozono. Este instrumento operado cuidadosamente por una persona entrenada, es capaz de hacer determinaciones con un error menor al 2%.

El sistema óptico del instrumento se muestra en la figura 1 y consta esencialmente de dos espectrós copios y un par de cuñas ópticas semiplateadas.

La luz que penetra a través de la ventana w , localizada en la parte superior del instrumento, se refleja en un prisma de ángulo recto e incide sobre la rendija S_1 para pasar a través de un prisma grueso de cuarzo de caras paralelas denominado Q_1 . A la salida de este prisma, la luz se dirige a la lente convergente L_1 que tiene por objeto hacer incidir un haz paralelo sobre un prisma P_1 de 60° , el cual dispersa la luz en sus colores espectrales, posteriormente el haz se refleja en el espejo aluminizado por su cara frontal E_1 , para hacerlo pasar nuevamente por el prisma P_1 y dispersar aún más el espectro. Posteriormente la luz pasa nuevamente a través de la lente L_1 y forma una imagen del espectro en el plano focal del instrumento.

Las longitudes de onda A , B , C , C' y D , requeridas para las observaciones se aíslan por medio de rendijas denominadas S_2 , S_3 , y S_4 , que se localizan en dicho plano focal. Para la selección de las longitudes de onda se emplea el prisma Q_1 (ver la primera foto), que desplaza el haz proveniente de S_1 hacia arriba ó hacia abajo, según el ángulo con que le incide la luz. El haz después de atravesar el prisma Q_1 se encuentra por arriba ó por abajo del haz incidente, pero paralelo con respecto al primero; esto se debe a que el prisma Q_1 es de caras paralelas.

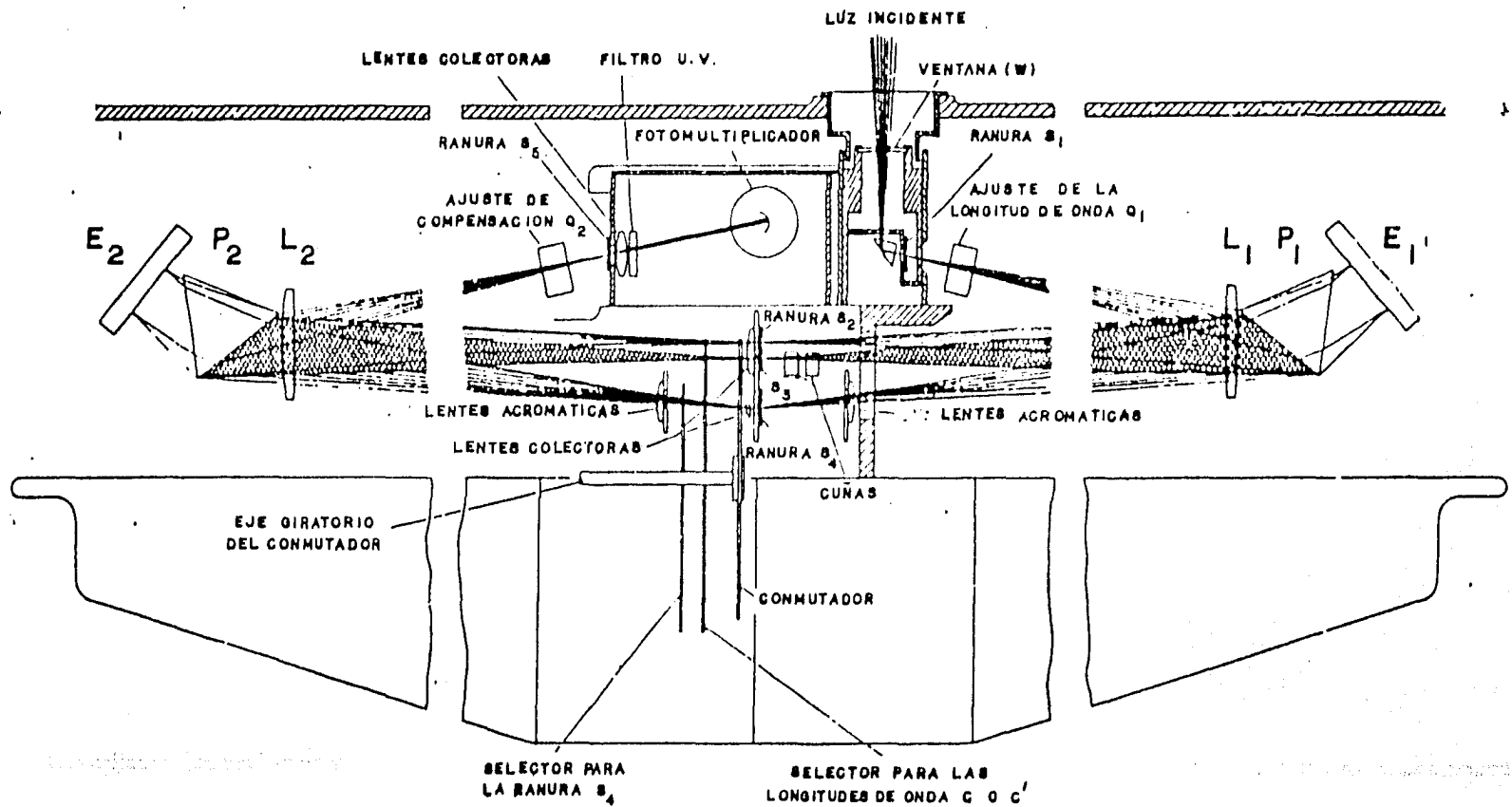


FIGURA I. SISTEMA OPTICO DEL ESPECTROFOTOMETRO DOBSON

Al girar el prisma Q1, el espectro formado en el plano focal del instrumento se desplaza hacia arriba ó --- hacia abajo pudiendose seleccionar de este modo las longitudes de onda deseadas con el movimiento del prisma Q1.

La posición del prisma Q1 para una longitud de onda determinada, depende de la temperatura del instrumento- puesto que el índice de refracción del cuarzo en aire depende de ella (Amoros J.L. 1958); además, el instrumento sufre pequeñas deformaciones al variar su temperatura.

El prisma Q1 puede moverse desde el exterior del instrumento mediante el uso de un dial. Para determinar la posición correcta para cada temperatura se emplea un procedimiento de localización de longitudes de onda que se describe posteriormente en el capítulo II.

Antes que el haz incida sobre la rendija S3 pasa a través de un par de cuñas ópticas que consisten de dos prismas de cuarzo de caras paralelas semiplateadas con gradientes logarítmicos, las cuales se encuentran montadas con sus gradientes en direcciones opuestas. Estas cuñas pueden moverse perpendicularmente al eje óptico, de manera que en la región donde se traslapan se produce una transmisión uniforme. Su movimiento se efectua desde fuera del instrumento mediante el dial graduado, de tal modo que la posición de éste indica exactamente la posición de las cuñas frente a la rendija S3.

Con el dial en cero grados, la porción delgada de la cuña óptica se coloca frente a la rendija S3, de manera que el haz que pasa a través de las cuñas y la rendija S3 lo hace prácticamente sin pérdida de intensidad. Con el dial colocado en 300° la parte más gruesa de la cuña óptica se coloca frente a la rendija S3 ; por lo tanto el haz que pasa por S3 es absorbido casi completamente. Asi, para cualquier posición del dial, el haz que pasa a través de las cuñas se reduce en una razón definida, determinada durante la

calibración mediante la prueba de dos lámparas, prueba que se describe posteriormente en el capítulo III.

Detrás de las rendijas se encuentra un conmutador de disco segmentado, movido por un motor eléctrico-- cuya función es alternar los haces que salen de las rendijas-- S2 y S3 , ó S3 y S4 , de modo que, cuando se trasmite la luz -- que proviene de la rendija S3 las rendijas S2 y S4 se encuentren bloqueadas y cuando la luz se trasmite a través de las rendijas S2 y S4 se encuentre bloqueada la rendija S3. A la salida de este conmutador tendremos entonces haces intermitentes con una frecuencia aproximada de 24 ciclos por segundo.

Después del conmutador se encuentra un selector movido desde el exterior del instrumento mediante un sistema de varillas, que permite obturar las haces provenientes de las rendijas S2 y S4 , de manera que al estar abierta-- una de ellas, la otra se encuentra cerrada. A la salida de -- este obturador se transmiten los haces pulsátiles S2 y S3 ó -- S3 y S4 dependiendo de la posición de la varilla selectora.

Cuando se encuentran abiertas las rendijas S2 y S3, el instrumento emplea para observación las longitudes de onda A, B, C ó D, y cuando se encuentran abiertas las rendijas S3 y S4 , el instrumento empleará para la observación las longitudes de onda C'.

A la salida de este sistema selector de longitudes de onda se encuentra un segundo espectroscopio -- idéntico al mencionado anteriormente. El propósito de este segundo espectroscopio es eliminar la luz dispersada por las -- superficies ópticas. A la salida de este espectroscopio, la -- luz se dirige a un segundo prisma grueso de caras paralelas -- denominado Q2, que permite realizar un ajuste fino a la longitud de onda seleccionada.

Después de este segundo prisma Q2 el haz --

intermitente se dirige hacia un fotomultiplicador a través de la --
rendija S5, una lente colectora y un filtro de cobalto, cuya ----
función es eliminar longitudes de onda no deseadas cuando el sol --
se encuentra muy cerca del horizonte (Dobson G.M.B. 1957a, 1957d, -
Komhyr W.D., 1980).

El sistema eléctrico que se muestra --
en la figura 2 consiste de un fotomultiplicador 1P28 (apéndice D)
un amplificador de corriente alterna, un rectificador mecánico, un
galvanómetro y sus fuentes respectivas.

El fotomultiplicador que detecta la -
luz proveniente del sistema óptico, es alimentado con un voltaje --
de 1000 a 1200 VCD aproximadamente, estando cada uno de sus ----
doce díodos a un potencial de 100 volts con respecto al adyacente -
y alimentados individualmente por una cadena de resistencias, como -
se muestra en la figura 2.

La salida del fotomultiplicador se --
conecta mediante un capacitor al amplificador de corriente alterna -
a la salida de este se conecta un rectificador mecánico sincro ----
nizado con el giro del disco conmutador; la salida de este se ----
conecta a un galvanómetro (Dobson 1957a, 1957d).

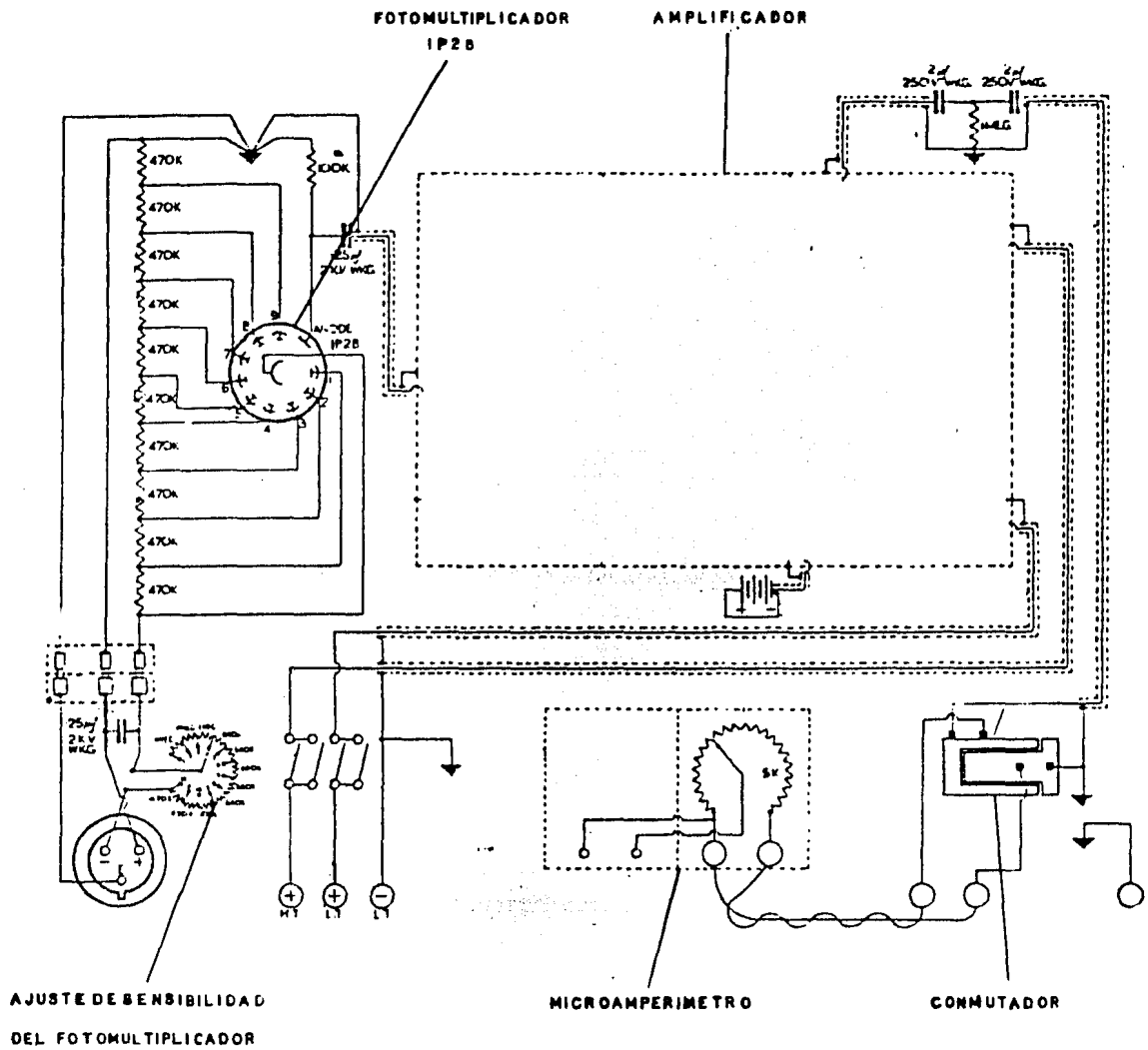


FIGURA 2. Sistema eléctrico del espectrofotómetro Dobson.

I-3. FUNCIONAMIENTO DEL ESPECTROFOTOMETRO.

Como se ha mencionado anteriormente a través de las rendijas S2 y S3 atraviesa un par de longitudes de onda; la que pasa por la rendija S2 es de menor intensidad que la que pasa por S3; al fotomultiplicador llega un haz intermitente en el que se alternan las dos longitudes de onda por efecto del conmutador giratorio ya mencionado

A la salida del fotomultiplicador se obtiene un voltaje intermitente con componente alterna -- que pasa a través del capacitor hacia el amplificador ;este la amplifica, y la manda al rectificador, dónde es detectada por el galvanómetro.

Moviendo las cuñas ópticas es posible atenuar el haz que pasa por S3, de modo que su intensidad sea igual a la del haz que pasa por S2. Cuando se da esta condición, el voltaje a la salida del fotomultiplicador no tiene componente alterna, de manera que por el capacitor no se trasmite ninguna señal.

Si el galvanómetro no marca corriente, eso significa que las intensidades de las dos longitudes de onda que inciden en el fotomultiplicador son iguales y eso implica que la luz que pasa por la rendija S3 ha sido atenuada por las cuñas ópticas semiplatedadas e igualada en intensidad con la de S2, y de este modo es posible saber la relación que guardan las dos intensidades si se conoce la transmisividad de las cuñas ópticas.

Para conocer la transmisividad de las cuñas ópticas se realiza la prueba de las dos lámparas, la cual se describe en el capítulo III.

La transmisión de la cuña se expresa — en una tabla que relaciona la posición del dial que las mueve con la función ;

$$N_{\lambda} = \log \frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda'}} - \log \frac{I_{0\lambda}}{I_{0\lambda'}} = L - L_0 \quad (\text{I-12})$$

en dónde L es el logaritmo del cociente de las intensidades — de las dos longitudes de onda en el punto de medición y L_0 es el logaritmo del cociente de las dos intensidades de las dos — longitudes de onda en la parte superior de la atmósfera.

CAPITULO II.

LOCALIZACION DE LAS LONGITUDES DE ONDA EN EL SISTEMA OPTICO DEL ESPECTROFOTOMETRO DOBSON.

II-1. OBJETIVO.

Como se mencionó en el capítulo anterior la posición vertical del espectro en el plano focal del instrumento depende del ángulo con que incide el haz sobre el prisma de caras paralelas Q1. Este prisma puede ser girado desde fuera del instrumento por medio de indicadores que se mueven sobre un dial graduado.

El objetivo de esta calibración es la localización de los ángulos del prisma Q1 para los cuales inciden en la rendija S2 las longitudes de onda cortas de cada par A, B, C y D (3055°A , 3088°A , 3114.5°A , 3176°A). Cuando en la rendija S2 incide la longitud de onda deseada, en las rendijas S3 y S4 incidirán también las longitudes de onda adecuadas, debido a que sus centros, respecto a la rendija S2, están ajustados de acuerdo a la apertura del espectro, es necesario, entonces, ajustar solamente la longitud de onda que incide sobre S2.

El ángulo que debe tener el prisma Q1 para que en la rendija S2 incida la longitud de onda deseada, es una función de la temperatura del instrumento; esto se debe a que el índice de refracción entre el cuarzo y el aire depende de la temperatura.

La función que relaciona la posición del indicador Q1 y en consecuencia la posición del prisma, es una función lineal de la temperatura y se da generalmente en forma de tabla.

II-2. PRUEBA DE LA LAMPARA DE MERCURIO.

Esta prueba permite localizar la posición del indicador Q1, para la cual la línea de emisión del mercurio (de $3129 \text{ }^{\circ}\text{A}$) incide sobre la rendija S2; esta posición, como en el caso anterior, es también función de la temperatura. La prueba con la lámpara de mercurio debe realizarse sistemáticamente (mensualmente) para comprobar que las características geométricas ópticas del instrumento no han modificado.

Para la realización de la prueba se requiere de una lámpara de mercurio con envoltura de cuarzo que tiene una línea de emisión en la longitud de onda mencionada. La lámpara se coloca en la ventana w del espectrofotómetro para hacer incidir la luz sobre la rendija S1; enseguida se ajusta el indicador Q1 de acuerdo con la tabla de posiciones de Q con respecto a la temperatura, para que la longitud de onda deseada incida en la rendija S2.

El dial que mueve las cuñas ópticas debe colocarse en la posición de 300 grados, de manera que la rendija S3 quede bloqueada por la cuña y la luz se trasmite únicamente por la rendija S2 ;posteriormente se ajusta el voltaje del fotomultiplicador para que la lectura en el galvanómetro sea aproximadamente de $16 \mu\text{A}$, enseguida se desplaza el indicador Q1 en cualquier dirección hasta conseguir una lectura en el galvanómetro de $8 \mu\text{A}$. Con esto se consigue mover el espectro en el plano focal del instrumento hasta que la parte media del perfil de intensidad de la línea de emisión del mercurio incida sobre S2.

Posteriormente se desplaza el indicador en dirección contraria hasta conseguir nuevamente en el galvanómetro una lectura de $8 \mu\text{A}$, con esto se consigue que la parte media del lado contrario del perfil de intensidades incida

sobre S2. El perfil de la líneas de emisión es simétrico, de modo - que promediando los dos valores del indicador Q1 para los que el - valor de la lectura del microamperímetro fue de $8 \mu\text{A}$, obtenemos - la posición del indicador para la cual incide sobre la rendija S2 - el máximo de intensidad de la línea de mercurio ó sea su parte --- central. El procedimiento se debe repetir 6 ó 7 veces y pro ---- mediar los resultados (Dobson G.M.B. 1957a, 1957d, Komhyr W.D. -- 1980)

Esta prueba debe realizarse cuando - la temperatura del instrumento se mantenga constante (esto es -- que su temperatura no varíe más de 0.5°). El resultado es un punto de la función que relaciona la temperatura con la posición del -- indicador para la selección de longitudes de onda. La prueba debe-- realizarse por lo menos una vez al mes a diferentes temperaturas, - cubriendo un intervalo de al menos 15°C . Con este procedimiento - se comprueba que las longitudes deseadas para la observación ---- rutinaria están siendo seleccionadas por las rendijas S2, S3, y -- S4 correctamente. Se consigue también evaluar el coeficiente de - temperatura del instrumento, esto es la pendiente de la línea ---- recta que relaciona las posiciones del indicador con la tempera - tura.

La prueba rutinaria con la lámpara -- de mercurio se ha realizado con el espectrofotómetro de Dobson --- # 98 a partir de agosto de 1978, fecha en que el instrumento fue - modernizado e intercomparado con el espectrofotómetro estándar --- # 83 en la ciudad de Boulder, Colorado, U.S.A.

Para las pruebas con temperaturas --- menores que 15°C se empleó un cuarto con temperatura controlada * para temperaturas superiores, el instrumento se mantuvo a ----- temperatura ambiente.

Los resultados de la prueba se --
presentan en la grafica # 3 y en la tabla II-1. A estos : ---
valores se les ajusta una línea por el método de mínimos ----
cuadrados; cuyo resultado fue :

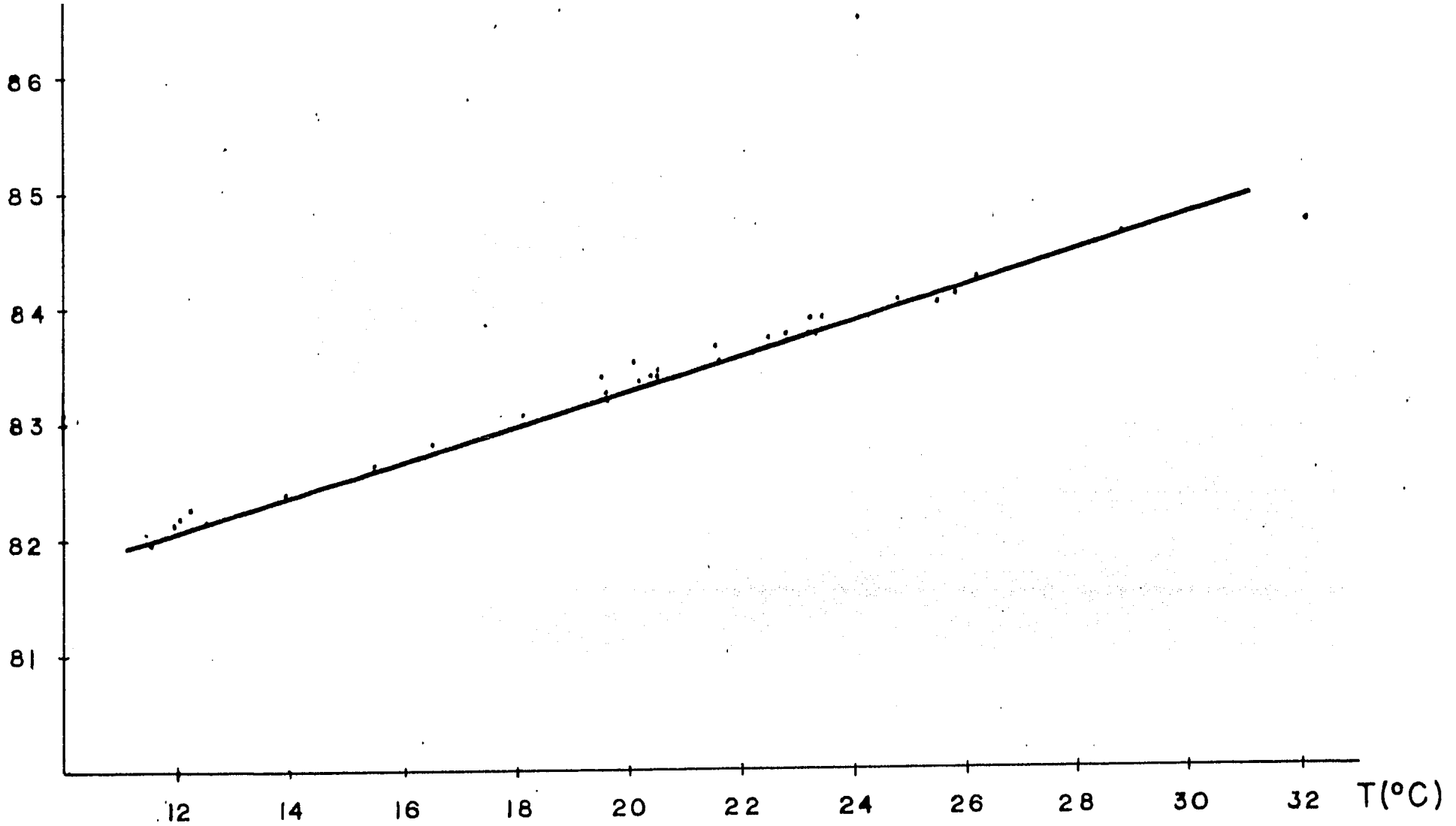
$$^{\circ}Q = 0.1422(^{\circ}Q/^{\circ}C) \cdot t + 80.48 ^{\circ}Q$$

De modo que el coeficiente de ---
temperatura del espectrofotómetro Dobson # 98 es de :

$$0.1422 ^{\circ}Q/^{\circ}C.$$

TABLA II-1. Tabla de las pruebas de Q_1 realizadas para obtener el coeficiente de temperatura del mercurio para la línea de 3129 °A, - realizadas mensualmente desde el 2 de agosto de 1978 hasta el 5 de marzo de 1981.

Temperatura promedio (°C)	\bar{Q}_1 (°)	Temperatura promedio (°)	\bar{Q} (°)
26.2	84.26	23.3	83.76
20.4	83.40	19.5	83.38
24.8	84.05	12.2	82.27
25.5	84.02	19.6	83.24
20.2	83.35	16.5	82.82
32.1	84.74	19.2	83.26
11.5	81.98	23.4	83.89
21.6	83.53	21.5	83.65
13.9	82.40	22.5	83.73
12.5	82.17	20.1	83.53
12.1	82.08	22.8	83.74
22.2	83.59	18.1	83.08
25.8	84.08	23.2	83.76
28.8	84.59	15.5	82.64
23.2	83.87	19.6	83.20
20.5	83.40	12.0	82.19
20.5	83.43	11.9	82.15



GRAFICA 3. Resultados de la prueba de la lámpara de mercurio.

II-3. CALIBRACION CON LAMPARAS DE DESCARGA.

La posición de los indicadores para los pares de longitudes de onda A, B, C, y D, puede determinarse usando un conjunto de lámparas de descarga. Para este propósito se requieren lámparas con envolturas transparentes a la radiación ultravioleta que contengan Zinc, Helio y Cadmio sumandose a éstas la lámpara de mercurio ordinaria. Se podrían agregar lámparas de Indio para tener un mayor número de puntos aunque no son absolutamente indispensables.

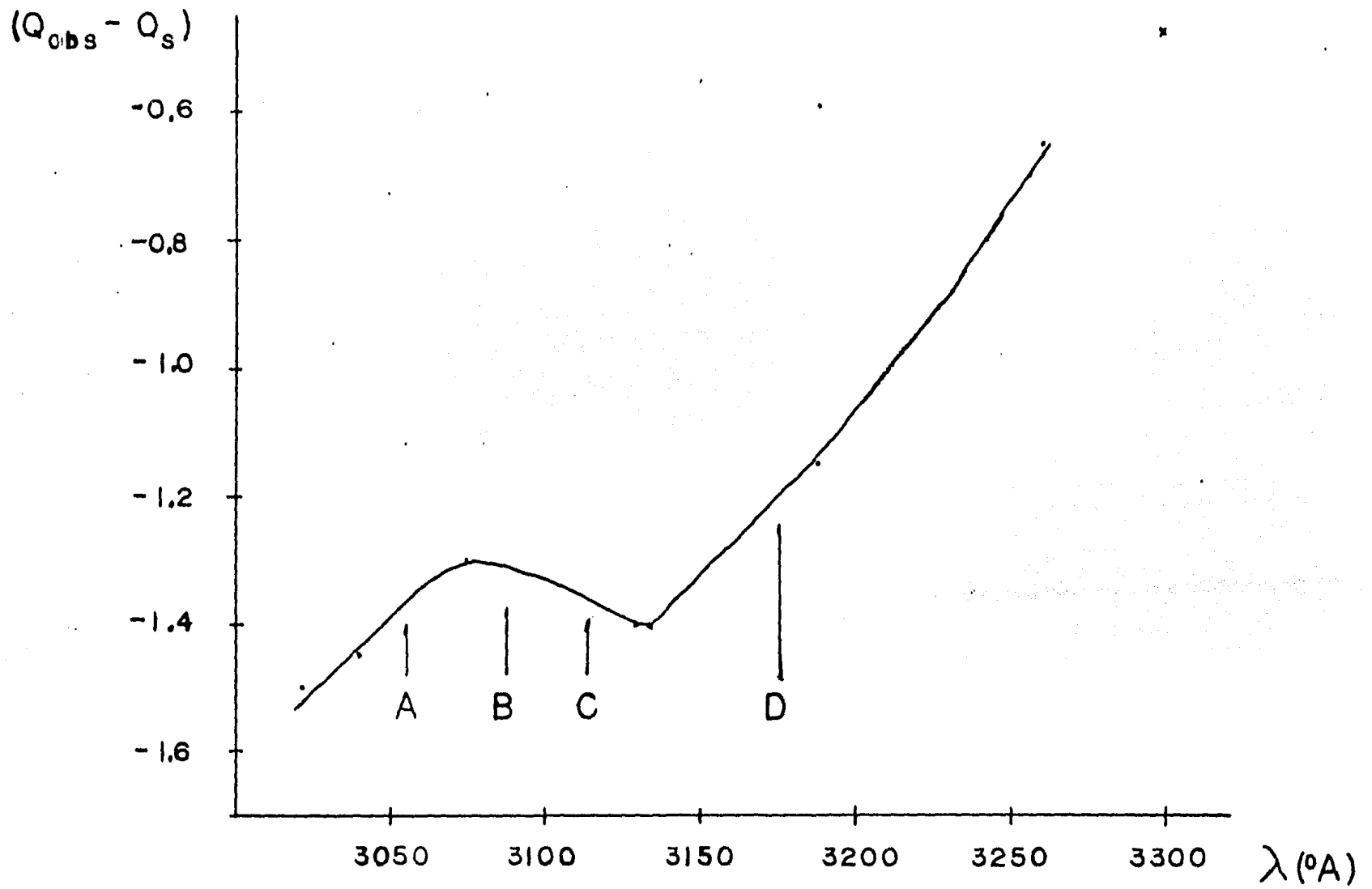
Las longitudes de onda de las líneas que se emplean se muestran en la tabla II-2 estas líneas incidirán aproximadamente sobre la rendija S2 en la posición del indicador Q1 que aparece en el encabezado Q_s de dicha tabla. Las medidas se realizan siguiendo el mismo procedimiento de la rutina para la prueba de la lámpara de mercurio.

Los valores de Q1 deben corregirse a la temperatura de 15°C , usando los factores de temperatura f de la tabla II-2 y el coeficiente de temperatura de la línea de mercurio de 3129°A determinado mediante la prueba rutinaria con la lámpara de mercurio como se mencionó en el inciso anterior. Los valores observados de Q1 son restados de los valores aproximados Q_s , y estas diferencias graficadas contra las longitudes de onda, obteniendose la curva que se muestra en la grafica # 4. Finalmente los valores de $Q_{\text{obs}} - Q_s$ para las longitudes de onda A, B, C, y D, se interpolan en la curva y se suman a los valores de Q_s dados en la tabla II-3, para obtener así el valor de Q para estas longitudes de onda a 15°C .

Con el valor del indicador para 15°C ($Q_{15^{\circ}\text{C}}$) para cada par de longitudes de onda y con el coeficiente de temperatura, es posible construir la tabla que relaciona la posición del indicador con la temperatura, haciendo pasar una línea recta por el valor $Q_{15^{\circ}\text{C}}$ y teniendo como pen -

TABLA II-2.- Lámparas empleadas y valores estandar empleados
para la calibración con lámparas de descarga.

elemento	longitud de onda en Å	Q_s	factor de temperatura, f.	$Q_{\text{obs.}}$	$Q_{\text{obs.}} - Q_s$	temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
H_{g1}	3021.5	38.20	0.58	36.75	-1.5	15.3
I_{n1}	3039.4	44.05	0.61	42.60	-1.45	15.0
Z_n	3075.3	57.90	0.79	56.60	-1.3	15.1
H_{g2}	3129.6	84.10	1.00	82.70	-1.4	15.2
Cd_1	3133.2	86.10	1.00	84.70	-1.4	14.7
He	3187.7	112.75	0.92	111.60	-1.15	14.7
I_{n2}	3256.1	135.90	0.68	135.20	-0.70	15.0
Cd_2	3259.9	136.85	0.67	136.20	-0.65	14.7



GRAFICA 4. Resultados del método de lámporas de descargo.

diente el coeficiente de temperatura (Komhyr W.D. 1980, Dobson — G.M.B. 1957a).

par de longitudes de onda	(°A)	Q_s (°)	factor de temperatura	coeficiente de temperatura a 15 °C
A	3054.8	49.65	0.69 °Q/°C	0.0938
B	3087.8	63.40	0.87 °Q/°C	0.1237
C	3114.6	76.35	0.99 °Q/°C	0.1386
D	3175.8	107.45	0.97 °Q/°C	0.1358

TABLA II-3

Las ecuaciones de las rectas que se ---- obtuvieron fueron las siguientes :

para el par de longitudes de onda A :

$$Q_A = 0.093 t + 46.87$$

para el par de longitudes de onda B :

$$Q_B = 0.1237 t + 60.22$$

para el par de longitudes de onda C :

$$Q_C = 0.1386 t + 72.91$$

para el par de longitudes de onda D :

$$Q_D = 0.1358 t + 104.21$$

donde t representa la temperatura.

El resultado final se presenta en las tablas II-4, II-5, II-6, y II-7, para las longitudes de onda A, B, C, y D respectivamente :

Después de la modernización del instrumento se obtuvieron las siguientes rectas para las longitudes de onda A, C, y D:

$$Q_A = 0.092 t + 46.81$$

$$Q_C = 0.133 t + 72.91$$

$$Q_D = 0.1325 t + 104.06$$

Comparando estas pendientes con las obtenidas en nuestro experimento, se observa que entre ambas hay una discrepancia menor de 1.5°C .

Tabla II-4. Tabla de colocaciones Q_1 para las longitudes de onda "A".

Tempe- ratura (°C)	Q_A	Tempe- ratura (°C)	Q_A	Tempe- ratura (°C)	Q_A	Tempe- ratura (°C)	Q_A
-5.0	46.40	7.0	47.53	19.0	48.65	31.0	49.78
-4.0	46.50	8.0	47.62	20.0	48.75	32.0	49.88
-3.0	46.59	9.0	47.71	21.0	48.84	33.0	49.97
-2.0	46.68	10.0	47.81	22.0	48.94	34.0	50.06
-1.0	46.78	11.0	47.90	23.0	49.03	35.0	50.16
0.0	46.87	12.0	48.00	24.0	49.12	36.0	50.25
1.0	46.97	13.0	48.09	25.0	49.22	37.0	50.34
2.0	47.06	14.0	48.18	26.0	49.31	38.0	50.40
3.0	47.15	15.0	48.28	27.0	49.41	39.0	50.53
4.0	47.24	16.0	48.37	28.0	49.50	40.0	50.62
5.0	47.34	17.0	48.47	29.0	49.59		
6.0	47.44	18.0	48.56	30.0	49.69		

TABLA II-5. Tabla de colocaciones Q_1 para las -
longuitudes de onda " B ".

Temperatura (°C)	Q_B	Temperatura (°C)	Q_B	Temperatura (°C)	Q_B
-5.0	59.61	10.0	61.46	25.0	63.32
-4.5	59.67	10.5	61.52	25.5	63.38
-4.0	59.73	11.0	61.59	26.0	63.44
-3.5	59.79	11.5	61.65	26.5	63.50
-3.0	59.85	12.0	61.71	27.0	63.56
-2.5	59.92	12.5	61.77	27.5	63.63
-2.0	59.98	13.0	61.83	28.0	63.69
-1.5	60.04	13.5	61.89	28.5	63.75
-1.0	60.10	14.0	61.96	29.0	63.81
-0.5	60.16	14.5	62.02	29.5	63.87
0.0	60.22	15.0	62.08	30.0	63.94
0.5	60.29	15.5	62.14	30.5	64.00
1.0	60.35	16.0	62.20	31.0	64.06
1.5	60.41	16.5	62.27	31.5	64.12
2.0	60.47	17.0	62.33	32.0	64.18
2.5	60.53	17.5	62.39	32.5	64.24
3.0	60.60	18.0	62.45	33.0	64.31
3.5	60.66	18.5	62.51	33.5	64.37
4.0	60.72	19.0	62.57	34.0	64.43
4.5	60.78	19.5	62.64	34.5	64.49
5.0	60.84	20.0	62.70	35.0	64.55
5.5	60.90	20.5	62.76	35.5	64.62
6.0	60.97	21.0	62.82	36.0	64.68
6.5	61.03	21.5	62.88	36.5	64.74
7.0	61.09	22.0	62.95	37.0	64.80
7.5	61.15	22.5	63.01	37.5	64.86
8.0	61.21	23.0	63.07	38.0	64.92
8.5	61.28	23.5	63.13	38.5	64.99
9.0	61.34	24.0	63.19	39.0	65.05
9.5	61.40	24.5	63.26	39.5	65.11

Tabla II-6. Tabla de colocaciones Q_1 para las longitudes de onda "C"

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Q_C	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Q_C
-5.0	72.22	18.0	75.41
-4.0	72.36	19.0	75.54
-3.0	72.50	20.0	75.68
-2.0	72.63	21.0	75.82
-1.0	72.77	22.0	75.96
00.0	72.91	23.0	76.10
1.0	78.05	24.0	76.24
2.0	73.19	25.0	76.38
3.0	73.30	26.0	76.51
4.0	73.46	27.0	76.65
5.0	73.60	28.0	76.79
6.0	73.74	29.0	76.93
7.0	73.88	30.0	77.07
8.0	74.02	31.0	77.21
9.0	74.16	32.0	77.35
10.0	74.30	33.0	77.48
11.0	74.43	34.0	77.62
12.0	74.57	35.0	77.76
13.0	74.71	36.0	77.90
14.0	74.85	37.0	78.04
15.0	74.99	38.0	78.18
16.0	75.13	39.0	78.32
17.0	75.27	40.0	78.46

Tabla II-7. Tabla de colocaciones Q_D para las longitudes de onda "D".

Temperatura (°C)	Q_D	Temperatura (°C)	Q_D
-5.0	103.53	18.0	106.65
-4.0	103.67	19.0	106.79
-3.0	103.81	20.0	106.93
-2.0	103.94	21.0	107.07
-1.0	104.08	22.0	107.20
0.0	104.21	23.0	107.34
1.0	104.35	24.0	107.47
2.0	104.49	25.0	107.61
3.0	104.62	26.0	107.74
4.0	104.76	27.0	107.88
5.0	104.76	28.0	108.02
6.0	104.89	29.0	108.15
7.0	105.03	30.0	108.29
8.0	105.29	31.0	108.42
9.0	105.44	32.0	108.56
10.0	105.57	33.0	108.69
11.0	105.71	34.0	108.83
12.0	105.84	35.0	108.97
13.0	105.98	36.0	109.10
14.0	106.11	37.0	109.24
15.0	106.25	38.0	109.37
16.0	106.39	39.0	109.51
17	106.52	40.0	109.65

CAPITULO III

CALIBRACION DE LA CUÑA OPTICA

III-1. OBJETIVO DE LA CALIBRACION

Como se mencionó en el capítulo I, la determinación del contenido total de ozono en la atmósfera se realiza comparando entre si las intensidades de los pares de longitudes de onda A, B, C y D. Para esto se requiere conocer con precisión la transmisividad relativa de las cuñas ópticas en cada uno de estos pares.

La calibración de la cuña requiere de la determinación de tablas que relacionen la densidad óptica con la posición (R) del dial que las mueve desde el exterior del instrumento, ó sea, esta tabla debe relacionar R con $\log_{10} I/I' + k$, en donde k es una constante instrumental.

Para realizar esta calibración se requiere efectuar la prueba de dos lámparas que describiremos a continuación: Se colocan, en la entrada del instrumento un par de lámparas incandescentes (X y Y) con envoltura transparente a la luz ultravioleta. Estas lámparas se colocan simétricamente de modo que iluminen aproximadamente con la misma intensidad la ventana de entrada w (figura 1); además se coloca frente a la rendija S4 (figura 1); en el interior del instrumento y reemplazando a la lente colectora una lámpara (S4) con un difusor de cuarzo.

La prueba en si consiste en igualar la intensidad de las dos lámparas en la parte superior del instrumento comparandolas con la lámpara S4, posteriormente se toma una lectura en el dial (R) permitiendo que la luz de la lámpara X incida en el instrumento, después se toma otra lectura per

mitiendo que la luz de las dos lámparas X y Y incidan sobre el instrumento, y finalmente se hace una lectura más permitiendo — que únicamente la luz de la lámpara Y incida en el.

Promediando los valores de las lecturas del dial R cuando inciden en el instrumento la luz de las lámparas X y Y separadamente y restando este valor de la lectura del dial cuando la luz de las dos lámparas incide sobre la ventana w, se obtiene un valor ΔR que representa un incremento en el dial equivalente a $\log_{10} 2I/I = 0.3010$.

Este procedimiento se efectúa a todo lo largo de la cuña óptica y después mediante el método de interpolación que se describirá a continuación se elabora la tabla mencionada.

III-2. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE DOS LÁMPARAS

En la calibración del instrumento ---
 # 98, se empleó una unidad de dos lámparas que consiste de dos ---
 reflectores con disipadores de calor frente a las cuales se -----
 instalan las lámparas de 250 watts. Los reflectores se montaron --
 sobre una caja rectangular de aluminio con un tabique central y --
 dos obturadores manuales para permitir la entrada al instrumento --
 de la luz de cada una de las lámparas, separada ó simultáneamente.
 La unidad se enfria por medio de una corriente de aire que se ---
 hace pasar a través de los disipadores de calor y se fija firme --
 mente al instrumento por medio de tornillos.

Las dos lámparas se alimentaron inde-
 pendentemente una de otra por medio de un par de reguladores de --
 voltaje. Entre los reguladores y las lámparas se colocaron dos ---
 transformadores variables con objeto de regular el voltaje de las --
 lámparas. El voltaje de la lámpara S4 se varió entre 0 y 12 --
 volts.

Para realizar esta prueba se procedió --
 de la manera siguiente: una vez fijado el portalámparas en la ---
 parte superior del instrumento y después de haber sustituido las --
 lentes de la rendija S4 con difusor de cuarzo, se encendieron --
 las lámparas X e Y a su voltaje de trabajo. Para conseguir ---
 igualar las intensidades en las longitudes de onda se colocaron --
 los diales Q1 y Q2 según la temperatura del instrumento, para --
 esto se empleó la tabla obtenida en el capítulo II.

Una vez realizado lo anterior se igua-
 laron las intensidades de las lámparas X y Y colocando el dial
 R en la posición 5° . Para igualar la intensidad de las dos lámpa-
 ras se permite que únicamente la luz de la lámpara X incida ---
 sobre el instrumento y se ajusta el voltaje de la lámpara S4 ---
 hasta obtener una lectura de cero en el galvanómetro; a continua --
 ción se hace que únicamente la luz de la lámpara Y incida sobre
 el instrumento y se ajusta su voltaje hasta obtener una -----

lectura de cero en el galvanómetro.

En la realización de la prueba se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla III-1 y en la tabla III-2. En la tabla III-1 se muestran los valores de R para la lámpara X, XY, y Y, la temperatura del instrumento y la posición del dial Q1, según la temperatura. En la tabla III-2 se muestra el valor de R_x y el valor de ΔR calculado, promediando la lectura R_x y R_y y restando este valor de la lectura R_{xy} .

TABLA III-1. Resultados experimentales ---
obtenidos para la calibración de la cuña --
óptica en las longitudes de onda "B", por --
el método de las dos lámparas (X y Y) ---
para el espectrofotómetro Dobson # 98.

R	X	XY	Y	T (°C)	Q (°)
5	5.0	37.2	5.0	27.0	63.55
10	10.2	42.0	10.3	27.0	63.55
15	14.6	46.6	15.5	27.0	63.55
20	20.0	51.3	20.9	27.0	63.55
25	24.4	56.7	25.2	27.0	63.55
30	30.1	62.4	30.3	27.0	63.55
35	34.8	66.6	35.2	27.0	63.55
40	39.1	71.3	40.0	27.0	63.55
45	45.1	78.2	46.6	27.0	63.55
50	50.6	83.0	51.4	27.0	63.55
55	54.7	87.4	56.4	27.5	63.63
60	59.4	92.6	61.3	27.5	63.63
65	64.2	95.4	63.8	27.5	63.63
70	71.1	102.5	71.5	27.5	63.63
75	74.8	106.6	75.4	27.5	63.63
80	79.6	110.7	79.7	27.5	63.63
85	84.9	115.8	84.7	28.0	63.69
90	89.5	120.4	90.2	28.0	63.69
95	95.1	125.9	95.7	28.0	63.69
100	101.0	131.0	99.4	28.0	63.69
105	104.5	135.2	104.6	28.0	63.69
110	110.9	141.6	110.5	28.0	63.69
115	115.1	146.1	115.5	28.0	63.69

TABLA III-1.(Continuación).

R	X	XY	Y	T(°C)	q(°)
120	120.0	151.5	120.1	28.0	63.69
125	124.7	156.4	125.0	28.0	63.69
130	129.9	160.9	129.6	28.0	63.69
135	134.8	167.0	136.4	28.0	63.69
140	139.9	171.3	141.4	28.0	63.69
145	144.5	175.7	145.0	28.0	63.69
150	149.5	180.7	149.7	28.0	63.69
155	154.5	186.5	155.6	28.0	63.69
160	159.6	190.4	160.0	28.0	63.69
165	165.2	195.4	165.5	28.0	63.69
170	169.4	199.9	170.2	28.0	63.69
175	174.1	203.8	173.5	28.0	63.69
180	179.5	209.8	179.1	28.0	63.69
185	184.8	214.1	184.8	28.0	63.69
190	187.0	218.6	188.0	28.0	63.69
195	193.5	223.2	193.5	28.0	63.69
200	200.0	228.6	199.5	28.0	63.69
205	205.5	233.7	205.0	28.0	63.69
210	210.1	238.1	209.0	28.0	63.69
215	215.2	243.5	215.0	28.0	63.69
220	220.7	249.5	220.2	28.0	63.69
225	225.0	252.9	223.8	28.0	63.69
230	229.8	258.9	229.5	28.5	63.69
235	235.0	263.2	234.2	28.0	63.69
240	239.7	267.7	238.5	28.0	63.69
245	246.0	274.0	244.5	28.0	63.69
250	---	---	---	---	---
255	255.5	282.3	254.0	28.0	63.69

TABLA III-2. Resultados obtenidos de ΔR y R_x para la obtención de la grafica # 5, para la calibración de la cuña óptica por el método de las dos lámparas.

R_x	ΔR	R_x	ΔR
5.0	32.2	134.8	31.4
10.2	31.75	139.9	30.8
14.6	31.55	144.5	30.95
20.0	30.85	149.5	31.1
24.4	31.90	154.5	31.45
30.1	32.20	159.6	30.6
34.8	31.6	165.2	30.05
39.1	31.75	169.4	30.1
45.1	32.35	174.1	30.0
50.6	32.0	179.5	29.9
54.7	31.85	184.8	29.3
59.4	32.25	187.0	31.1
64.2	31.4	193.5	29.7
71.1	31.2	200.0	28.85
74.8	31.5	205.5	28.45
79.6	31.05	210.1	28.55
84.9	31.0	215.2	28.40
89.5	30.55	220.7	29.05
95.1	30.50	225.0	28.5
101.0	30.80	229.8	28.55
104.5	30.65	235.0	28.6
110.9	30.90	239.7	28.6
115.1	30.80	246.0	28.75
120.0	31.45	255.5	27.55
124.7	31.55	---	
129.9	31.15		

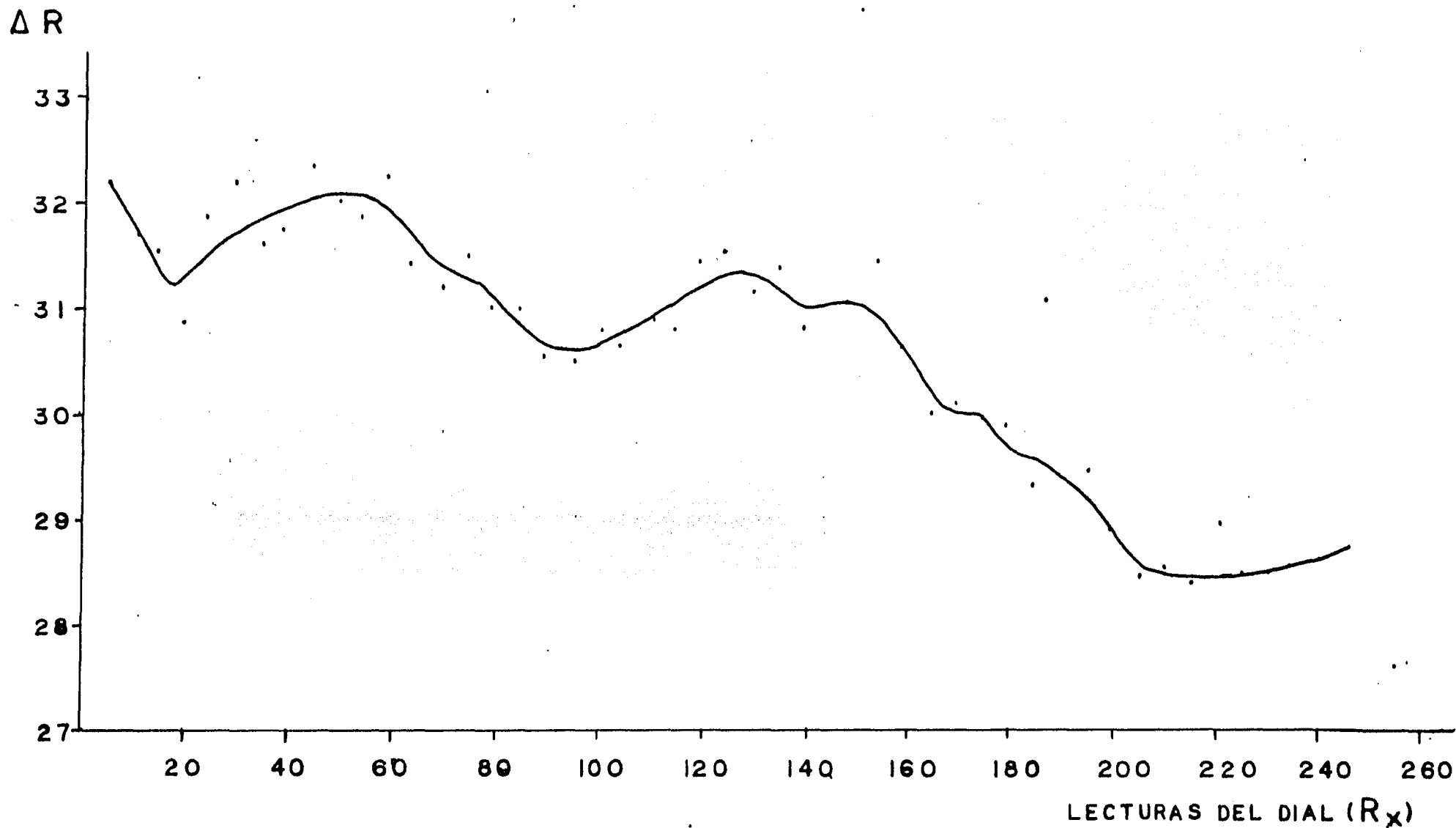
III-3. INTERPRETACION DE LA PRUEBA DE LAS DOS LAMPARAS .

Para la interpretación de los resultados de la prueba de dos lámparas se comienza por graficar los -- valores de ΔR contra R_x (tabla III-2) y se traza una gráfica suave a través de los puntos.

Empezando en algún punto de la --- parte delgada de la cuña, al que llamaremos R_{11} , de la gráfica -- ΔR contra R_x (gráfica # 5), encontramos puntos sucesivos que se incrementan en densidad por una cantidad igual a $\log_{10} 2 = 0.3010$, denotemos a esta serie de puntos por $R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}, \dots$ (figura 6); donde cada uno de estos puntos difiere del anterior en densidad por 0.3010.

Enseguida se repite este procedi --- miento con un segundo punto R_{21} escogido a pocos grados de R_{11} obteniéndose de este modo una segunda serie $R_{21}, R_{22}, R_{23}, \dots$ con las mismas características en los incrementos de densidad que la serie anterior. Siguiendo este procedimiento se escogen puntos sucesivos, generando otras series similares ($R_{31}, R_{32}, R_{33}, R_{34}, \dots$ etc.) hasta cubrir el intervalo ($R_{21} - R_{11}$) con un ---- número impar de subíndices (ver figura # 6).

El intervalo de densidades entre los puntos de cada una de las series, como se ha mencionado, es cons --- tante con un valor de 0.3010. Por ejemplo, el incremento en ---- densidad de R_{14} a R_{24} es 0.3010, a R_{34} es $2(0.3010)$, a R_{44} es $3(0.3010)$, análogamente, de R_{15} a R_{25} es también 0.3010, a R_{35} es $2(0.3010)$, a R_{45} es $3(0.3010)$, De esto se deduce que los subintervalos correspondientes a series suce --- sivas representan intervalos de igual densidad; por ejemplo, el -- intervalo ($R_{15} - R_{14}$), denotado en la figura # 6 por f_4 , repre --- senta el mismo incremento en densidad que los intervalos ----- ($R_{25} - R_{24}$), ($R_{35} - R_{34}$), ($R_{45} - R_{44}$), etc.



GRAFICA 5. Resultados experimentales de la prueba de las dos lámparas para la longitud de onda "B".

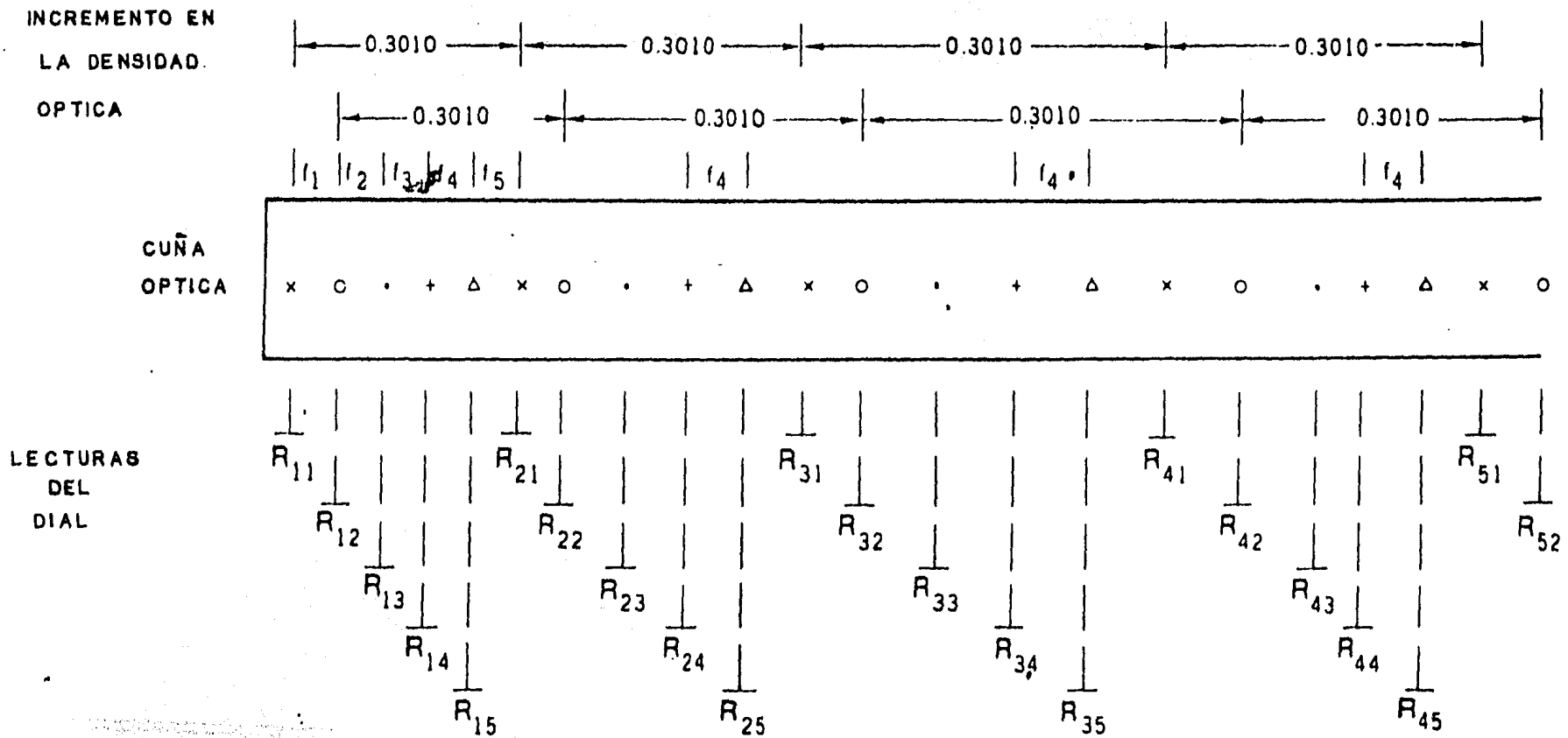


FIGURA 6. Ilustración del método de las dos lámparas.

En este diagrama cada intervalo mayor de densidad se compone de cinco subintervalos de densidad f_1 a f_5 y la magnitud de cada uno de ellos debe determinarse con respecto a 0.3010. Se sabe que el incremento de la densidad de la cuña es casi regular y las pequeñas irregularidades en su construcción son atenuadas por las dimensiones de la rendija S3, que en cada posición del dial promedia una porción considerable de la cuña. Esto implica que a incrementos constantes de la densidad corresponden incrementos constantes de las lecturas del dial. En consecuencia, el cociente de la diferencia de las lecturas en un subintervalo dividido entre 0.3010 será igual al cociente de la diferencia de lecturas del subintervalo central correspondiente entre su incremento en densidad f . Por ejemplo $(R_{15} - R_{14})$ es el subintervalo central en el intervalo $(R_{22} - R_{12})$, y la relación $f_4 / 0.3010$ debe ser aproximadamente igual a la relación $(R_{15} - R_{14}) / (R_{22} - R_{12})$.

Otras estimaciones para la magnitud de $f_4 / (0.3010)$ son las razones $(R_{25} - R_{24}) / (R_{32} - R_{22})$, $(R_{35} - R_{34}) / (R_{42} - R_{32})$,etc., de estas estimaciones a lo largo de toda la cuña óptica podemos obtener un valor medio de $f / 0.3010$ para cada uno de los cinco subintervalos de densidad.

La suma de estos promedios deberá estar próxima a la unidad, a no ser por pequeños errores ó irregularidades en el gradiente de la cuña óptica; cuando sea este el caso deben hacerse pequeños ajustes para reducirla a la unidad. Al finalizar este procedimiento, a cada uno de los puntos (a partir de R_{11}) puede asignársele un valor en relación de 0.3010 y los valores de los puntos intermedios pueden obtenerse mediante cualquier procedimiento de interpolación. Los resultados de la interpretación de la prueba se muestran en la tabla III-3; los valores de los incrementos de densidad se han multiplicado por 100.

TABLA III-3. Tabla G , la cual relaciona las lecturas del dial R a valores de $\log_{10}(I/I') + k$.

		ΔR		ΔR		ΔR		ΔR	
G	0.0	32.17	30.10	31.93	60.21	31.43	90.31	30.75	120.41
R	5.0		37.17		69.10		100.53		131.28
f_1			7.45		5.53		5.57		5.62
G	5.64	31.60	35.74	32.00	65.84	31.30	95.94	30.80	126.04
R	11.40		43.0		75.0		106.3		137.10
f_2			5.79		5.87		5.8		5.87
G	11.51	31.20	41.61	32.10	71.71	31.00	101.81	31.00	131.91
R	17.90		49.10		81.2		112.20		143.20
f_3	5.99		6.32		6.42		6.75		6.83
G	18.15	31.50	48.25	32.10	78.35	31.20	108.45	31.20	138.55
R	24.30		55.80		87.90		119.10		150.30
f_4	6.1		6.21		6.06		5.57		5.61
G	23.90	31.70	54.03	31.80	84.13	30.60	114.23	31.30	144.33
R	30.7		62.40		94.20		124.80		156.10
f_5	6.24		6.28		6.15		6.29		6.29

TABLA III-3. (Continuación).

	AR		AR		AR		\bar{f}	f_{a_i}	Σf_{a_i}
150.51	30.4	180.62	29.3	210.72	28.45	240.82			
162.58		192.98		222.28		250.70	91		
5.46		5.29		5.20		5.26	5.67	5.64	5.64
156.14	30.0	186.24	29.0	216.34	28.50	246.44			
168.2		198.2		227.2		255.7	92		
5.86		6.12		5.92		5.98	5.90	5.87	11.51
162.01	30.0	192.11	28.6	222.21	28.60	252.31			
174.2		204.2		232.8		261.40	93		
7.02		6.99		7.1			6.68	6.64	18.15
168.65	29.7	198.75	28.5	228.85	28.60	264.70			
181.3		211.0		239.5		268.1	94		
5.62		5.61		5.7			5.81	5.78	23.93
174.43	29.5	204.53	28.5	234.63	28.70	273.60	95		
186.9		216.4		244.9					
6.10		6.19		6.1			6.21	6.18	30.10
							30.27	30.11	

Se escogieron nueve series distintas divididas en cinco subintervalos cada una de ellas. El punto inicial R_{11} en la parte delgada de la cuña se escogió en 5° , los valores R_{21}, R_{31}, \dots que aparecen en el segundo renglón de la tabla se leyeron en la grafica # 5.

Para escoger los subintervalos, la diferencia entre $R_{21} - R_{11}$ se dividió en cinco partes iguales de 6.4° cada una; nuevamente de la grafica # 5 se construyeron los demás puntos que aparecen en los demás renglones señalados con la letra R. Los incrementos ΔR leídos en la gráfica # 5 aparecen también señalados en la tabla; los promedios de f_1, \dots, f_5 , sus valores ajustados y la suma de estas aparecen en las tres últimas columnas de la tabla (Komyr W.D. 1980, Dobson G.K.B. 1957c)

Los valores de G ó sea el logaritmo de la transmisividad de la cuña más una constante aditiva se encuentra asignando arbitrariamente el valor de cero a la lectura de 5° y mediante la adición de los valores ajustados de los incrementos f_1, \dots, f_5 se asigna a cada uno de los puntos de la tabla su valor correspondiente. Este procedimiento permite asignar a puntos discretos de la cuña óptica sus valores de transmisividad, conociendo estos valores y empleando interpolación lineal, es posible calcular el valor de la transmisividad para cualquier posición del dial. El valor de la transmisividad calculada de grado en grado, aparece en la tabla III-4.

TABLA III-4. Tabla N_B obtenida al calibrar el espectrofotómetro Dobson # 98 por el método de las dos lámparas.

R	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-4.4	-3.5	-2.6	-1.8	-0.9	00.0	0.9	1.8	2.6	3.5
10	4.4	5.3	6.2	7.1	8.0	8.9	9.8	10.7	11.6	12.7
20	13.7	14.7	15.8	16.8	17.8	18.8	19.7	20.6	21.5	22.4
30	23.3	24.2	25.2	26.1	27.1	28.0	29.0	29.9	30.9	31.9
40	32.8	33.8	34.8	35.7	36.7	37.7	38.6	39.6	40.5	41.5
50	42.5	43.5	44.5	45.5	46.5	47.5	48.4	49.3	50.2	51.1
60	51.9	52.8	53.7	54.6	55.5	56.4	57.4	58.3	59.2	60.1
70	61.1	62.0	63.0	63.9	64.9	65.8	66.8	67.7	68.7	69.6
80	70.6	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.4	79.4
90	80.3	81.2	82.1	83.0	83.9	84.9	85.9	86.9	87.8	88.8
100	89.8	90.8	91.7	92.7	93.7	94.7	95.6	96.6	97.6	98.6
110	99.6	100.6	101.6	102.6	103.5	104.5	105.5	106.4	107.4	108.4
120	109.4	110.4	111.4	112.4	113.4	114.4	115.4	116.3	117.3	118.2
130	119.2	120.1	121.1	122.1	123.0	124.0	125.0	125.9	126.9	127.4
140	128.8	129.8	130.8	131.7	132.7	133.6	134.5	135.5	136.4	137.3
150	138.3	139.2	140.2	141.2	142.2	143.2	144.2	145.2	146.1	147.1
160	148.0	149.0	150.0	150.9	151.9	152.9	153.9	154.9	155.9	156.9
170	157.9	158.9	159.9	160.8	161.8	162.8	163.7	164.6	165.6	166.5
180	167.4	168.4	169.4	170.4	171.4	172.5	173.5	174.5	175.6	176.6
190	177.7	178.7	179.8	180.6	181.7	182.8	183.9	184.9	186.0	187.0
200	188.0	189.0	190.0	190.9	191.9	192.9	193.9	194.8	195.8	196.8
210	197.8	198.8	199.8	200.9	202.0	203.0	204.1	205.2	206.2	207.3
220	208.3	209.4	210.4	211.5	212.7	213.8	215.0	216.1	217.2	218.2
230	219.3	220.3	221.4	222.4	223.4	224.4	225.4	226.4	227.4	228.4
240	229.4	230.5	231.5	232.6	233.7	234.7	235.8	236.9	237.9	239.0
250	240.1	241.2	242.3	243.4	244.5	245.7	-----			

CAPITULO IV

CALIBRACION DEL ESPECTROFOTOMETRO DOBSON
EN UNA ESCALA ABSOLUTA

IV-1. OBJETIVO

El objetivo de la calibración del espectrofotómetro Dobson en una escala absoluta es la determinación de la constante L_0 (formula I-4 del capítulo I) ó sea de la "Constante extratmósferica del instrumento", cuyo valor, como se explicó en el capítulo I, es el logaritmo de la relación de las intensidades I_0 / I'_0 que haria cero el valor de N (ver definición en el capítulo I) si este se midiera fuera de la atmósfera.

En los capítulos anteriores se han evaluado las tablas Q para la localización de las longitudes de onda y la transmisividad relativa de la cuña, de modo que sólo resta determinar la constante L_0 y sumarla a la tabla G de transmisividades relativas para completar la calibración del instrumento en las longitudes de onda B .

El procedimiento para efectuar esta calibración consiste en hacer observaciones con radiación directa en una atmósfera excepcionalmente limpia, en un rango de masas ópticas amplio. Los resultados de estas observaciones se extrapolan para masa óptica cero, obteniéndose de este modo la lectura del instrumento si éste se encontrara fuera de la atmósfera.

Para propósitos de homogeneidad en los resultados, se acostumbra realizar esta prueba para un instrumento de óptima estabilidad y tomarlo como estandar. Una vez calibrado el instrumento estandar en la escala absoluta, la calibración se transfiere al resto de los instrumentos por intercomparación,

haciendo observaciones simultaneas de Radiación Directa en todos --- los pares de longitudes de onda.

Este procedimiento requiere el transporte - de los espectrofotómetros a un lugar ya establecido, lo cual resulta difícil, costoso y riesgoso para los instrumentos. Se ha ideado un - procedimiento mediante lámparas estandar que permite hacer una trans - ferencia aproximada de la calibración, sin embargo, es preferible -- el empleo del método de intercomparación.

El instrumento designado como estandar por la Organización Metereológica Mundial (WMO), para la región IV, es - el número 83 localizado en la ciudad de Boulder Colorado U.S.A.. Como se ha mencionado en capítulos anteriores el instrumento con --- que se cuenta en la ciudad de México, el número 98, fue trasladado - a dicha ciudad para su modernización e intercomparación; sin embargo como el par de longitudes de onda B no se emplea para la determina - ción de la cantidad total de ozono, puesto que, la presencia del --- bióxido de azufre perturba las observaciones en estas longitudes de - onda, se omitió su calibración.

IV-2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Esta prueba consiste en la realización de observaciones de radiación directa en una atmósfera limpia. De la ecuación I-4 del capítulo I podemos despejar el valor N para la longitud de onda λ :

$$G_{\lambda} + k_{\lambda} = N_{\lambda} = L_0 - L = (\alpha - \alpha')_{\lambda} \mu x + (\beta - \beta') mp/p_0 + (\delta - \delta') \sec Z \quad \dots\dots\dots \text{IV-1}$$

Si se hacen observaciones para diferentes masas ópticas y se grafica el valor de G , obtenido de la calibración de las cuñas ópticas, se obtendrá, con mucha aproximación, una recta para valores del ángulo cenital menores que 65° puesto que, para este caso $\mu \cong m \cong \sec Z$ y podemos suponer que la cantidad de ozono y la turbiedad atmosférica permanecen constantes.

Cuando los valores del ángulo cenital son mayores, la curvatura se hace más evidente, sin embargo, reescribiendo la expresión IV-1 obtenemos :

$$P = G_{\lambda} + k_{\lambda} - (\beta - \beta') mp/p_0 = (\alpha - \alpha')_{\lambda} \mu x + (\delta - \delta') \sec Z \quad \dots\dots \text{IV-2}$$

Si la atmósfera se encuentra limpia, el valor de $(\delta - \delta')$ será pequeño y en consecuencia no se cometerá mucho error suponiendo que $\sec Z = \mu$; de manera que graficando $G_{\lambda} + k_{\lambda} - (\beta - \beta') mp/p_0$ contra μ , se obtendrá también, con bastante aproximación una recta.

Extrapolando en las ecuaciones IV-1 y IV-2 para valores de $\mu = 0$ obtendremos el valor de la ordenada al origen k_{λ} , ó sea, el valor G que el instrumento registraría si se encontrara fuera de la atmósfera. (Dobson G.W.B. 1957b).

IV-3.

DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO PARA LA
OBTENCION DE LA CONSTANTE L_0 .

Este experimento consistió en realizar - observaciones de radiación directa en las longitudes de onda A, - B, y D en una atmósfera limpia. Para esto se transportó el ins - trumento a San Felipe Tlalmimilolpan, una localidad rural cer -- cana a la ciudad de Toluca en el Estado de México.

Aunque la Ciudad de Toluca cuenta con -- bastante industria, su nivel de contaminación es sensiblemente - menor que el de la Ciudad de México; esto se ve del análisis de - las mediciones ozonométricas realizadas en este lugar (Bravo J. L. 1984). Las observaciones se llevaron a cabo durante cinco -- días en los cuales las condiciones del cielo permitieron iniciar las observaciones entre 10 y 11 de la mañana con masas ópticas - de 1~2 y continuarlas hasta las 17~18 horas de la tarde con -- masas ópticas cercanas ó mayores que 3.

Como control del experimento se hicieron mediciones con las longitudes de onda A y D de las cuáles se -- conoce la constante extratmosférica por comparación con el ----- espectrofotómetro Dobson # 83, el instrumento estandar.

Los resultados de las observaciones se muestran en las tablas IV-1, junto con la masa óptica se muestran los valores calculados de N_A , N_B , N_D para los cinco días de observación. Con los datos obtenidos se ajustó una recta por el método de mínimos cuadrados; los parámetros de las regresiones se muestran en la tabla IV-2. Como puede apreciarse, los coeficientes de correlación en todos los casos fueron muy altos, superiores a 99%, notese también que los coeficientes de correlación para las regresiones de la lectura directa del instrumento contra la masa óptica tienen un coeficiente de correlación ligeramente mayor que las regresiones correspondientes al parámetro P contra la masa óptica, indicando ésto que la linealidad de las primeras es mayor que la de las segundas.

Cuando el instrumento esta correctamente calibrado, la ordenada al origen de las rectas deberá ser cero, puesto que en la ecuación IV-1 ambos miembros se igualan a cero ya que el valor de la observación :

$$N = \log (I_0/I_0') - \log (I/I') = L_0 - L$$

se anula siendo $I_0 = I$ y $I_0' = I'$, por suponer el instrumento fuera de la atmósfera. La ecuación IV-2 se anula también puesto que al extrapolar $\mu = \sec Z = 0$ el lado derecho de la ecuación se anula.

De la tabla IV-2, en donde se muestran los parámetros de las regresiones para las longitudes de onda A, B y D, puede apreciarse que los valores de la ordenada al origen para las dos rectas es muy similar para los cinco días observados tanto para la recta que relaciona P con μ como para la que relaciona G con μ . Como los coeficientes de correlación fueron altos en todas las rectas no existe razón para rechazar ninguna de ellas por lo que se decidió promediar los resultados de las cinco rectas

TABLA IV-1. Resultados de las observaciones realizadas en San Felipe Tlalmimilolpan Estado de --- México con el espectrofotómetro Dobson # 98 mostrando los valores de N para las longitudes de onda A, B, y D.

25-septiembre-1981					8-October-1981				
Hora	μ	Na	Nb	Nd	Hora	μ	Na	Nb	Nd
12;31	1.0668	62.40		19.90	11;23	1.1501	67.07		21.21
12;39	1.0666		54.61	19.75	11;27	1.1445		56.65	20.99
13;02	1.0763	63.30		20.25	12.01	1.1125	64.87		20.58
13;09	1.0814		64.60	20.45	12;04	1.1110		55.10	20.40
13;41	1.1188	65.74		20.94	12.15	1.1070	64.30		20.40
13;48	1.1303		56.74	21.08	12.20	1.1060		54.75	20.20
14.50	1.3000	76.00		24.10	12.33	1.1061	64.33		20.45
14.54	1.3162		63.80	24.40	12;36	1.1067		54.87	20.40
15.46	1.6209	93.50		29.60	13.15	1.1322	65.77		20.94
15.50	1.6540		77.23	30.20	13.18	1.1356		56.13	21.08
16.08	1.8292	106.1		33.37	13.49	1.1847	68.10		21.08
16.11	1.8631		86.10	34.00	13.54	1.1951		58.00	21.35
16.31	2.1352	123.9		39.65	14.11	1.2370	70.81		21.85
16.34	2.1844		99.00	40.55	14.14	1.2554		59.73	22.15
16.44	2.3689	137.9		44.40	14.46	1.3583	77.67		24.30
16;49	2.4749		110.8	46.35	14.49	1.3714		64.94	24.40
16.53	2.5684	156.6		50.15	15.04	1.4453	82.60		26.00
17.02	2.8071		124.7	52.20	15.08	1.4673		68.73	26.35
					15.50	1.7855	102.17		32.25
					15.54	1.8267		83.20	32.92
					16.41	2.5785	147.5		46.65
					16.44	2.6520		116.8	48.30
					16.54	2.9335	167.83		43.01
					16.59	3.0996	-----		-----

TABLA IV-11. (Continuación)

10/Octubre/1981					16/Octubre/1981				
Hora	μ	Na	Nb	Nd	Hora	μ	Na	Nb	Nd
12:29	1.1128	64.40		20.35	10:26	1.3138	75.52		24.40
12:33	1.1132		54.90	20.35	10:33	1.2909		61.63	23.25
12:59	1.1252	65.17		20.67	10:58	1.2246	69.77		21.95
13:02	1.1275		55.47	20.81	11:01	1.2181		58.33	21.50
14:14	1.2556	71.70		22.60	11:28	1.1716	66.33		20.81
14:18	1.2676		61.08	23.15	11:32	1.1664		56.33	20.67
15:05	1.4651	84.20		26.95	12:00	1.1417	65.65		21.03
15:11	1.4998		70.60	27.35	12:03	1.1401		56.17	21.03
15:58	1.8951	107.8		34.05	12:30	1.1354	65.74		21.35
16:01	1.9306		86.74	34.54	12:33	1.1359		56.53	21.35
16:20	2.1999	124.7		39.26	13:00	1.4999	67.03		21.50
16:23	2.2509		99.50	40.45	13:03	1.1523		57.37	21.65
16:37	2.5296	143.0		45.50	13:30	1.1855	68.80		22.10
16:40	2.5997		113.2	46.85	13:33	1.1904		58.60	22.05
16:49	2.8381	161.0		51.25	14:00	1.2483	72.83		23.35
16:52	2.9284		126.3	52.96	14:04	1.2588		61.73	23.75
					14:30	1.3424	78.80		26.80
					14:33	1.3540		66.18	26.80
					14:59	1.4755	86.01		28.30
					15:02	1.4923		71.50	28.65
					15:15	1.5729	91.33		29.75
					15:18	1.5935		75.79	30.40
					16:04	2.0488	119.6		38.66
					16:07	2.0910		96.03	39.43
					16:17	2.2481	131.3		42.70
					16:20	2.3008		104.8	43.68
					16:34	2.5895	115.6		48.75
					16:37	2.6623		154.8	50.25
					16:48	2.9721	171.9		55.86
					16:51	3.0704	--	--	--

TABLA IV-1. (Continuación)				
17/Octubre/1981				
Hora	μ	Na	Nb	Nd ⁻
10.40	1.2741	72.65		22.20
10.44	1.2629		60.54	22.20
11.03	1.2179	69.90		21.60
11.06	1.2118		59.90	22.60
11.27	1.1768	68.07		21.30
11.30	1.1728		67.31	21.08
12.00	1.1455	67.10		21.40
12.03	1.1440		56.74	21.30
12.31	1.1395	66.33		21.80
12.35	1.1403		56.71	21.21
13.00	1.1541	67.55		21.50
13.06	1.1596		57.63	21.70
13.31	1.1924	69.45		22.30
13.35	1.1992		59.18	22.45
14.12	1.2870	74.80		24.05
14.15	1.2962		63.40	24.40
14.39	1.3848	80.90		26.25
14.43	1.4024		67.90	26.35
15.39	1.7744	103.3		34.09
15.43	1.8735		84.80	34.72
16.01	2.0219	117.9		38.25
16.04	2.0626		95.30	39.48
16.32	2.5642	149.5		49.02
16.36	2.6599		118.6	50.55
16.47	2.9682	171.8		56.50

TABLA IV-2 .- Parametros de regresión lineal para el calculo de la constante extratmosférica.

fecha	longitud de onda "A"	longitud de onda "B"	longitud de onda "D"
25/IX/1981	$P=57.532\mu + 1.103$ $r=0.99990$ $N_a=48.892\mu + 1.292$ $r=0.99987$	$P=31.924\mu + 11.183$ $r=0.99989$ $N_b=40.384\mu + 10.936$ $r=0.99992$	$P=10.796\mu + 0.182$ $r=0.9987$ $N_d=18.565\mu + 0.022$ $r=0.9995$
8/X/1981	$P=48.150\mu + 1.120$ $r=0.99994$ $N_a=56.874\mu + 0.806$ $r=0.99995$	$P=31.818\mu + 10.048$ $r=0.99991$ $N_b=40.311\mu + 9.721$ $r=0.99993$	$P=10.327\mu + 0.182$ $r=0.9978$ $N_d=18.146\mu + 0.126$ $r=0.9993$
10/X/1981	$P=47.137\mu + 2.273$ $r=0.99995$ $N_a=55.842\mu + 2.088$ $r=0.99996$	$P=30.711\mu + 11.645$ $r=0.99995$ $N_b=39.197\mu + 11.36$ $r=0.99997$	$P=9.956\mu + 0.870$ $r=0.9995$ $N_d=17.798\mu + 0.529$ $r=0.9998$
16/X/1981	$P=49.182\mu + 0.813$ $r=0.99990$ $N_a=57.906\mu + 0.497$ $r=0.99994$	$P=32.438\mu + 10.585$ $r=0.99975$ $N_b=40.880\mu + 10.354$ $r=0.99986$	$P=11.123\mu + 0.1703$ $r=0.9992$ $N_d=18.927\mu - 0.085$ $r=0.9998$
17/X/1981	$P=49.145\mu + 0.915$ $r=0.99994$ $N_a=57.877\mu + 0.583$ $r=0.99997$	$P=32.186\mu + 10.755$ $r=0.99932$ $N_b=40.585\mu + 10.537$ $r=0.99935$	$P=11.473\mu + 0.334$ $r=0.9994$ $N_d=19.265\mu - 0.60$ $r=0.9997$

De estas rectas, para las longitudes de ---
onda B puede deducirse que es necesario restar 10.6 ± 0.6 a la -
tabla G obtenida en el capítulo anterior, como resultado de la -
prueba de dos lámparas. Con este procedimiento se calcula el ----
valor de la tabla N_B en una escala absoluta (tabla IV-3).

De la tabla IV-2 puede notarse que la orde-
nada al origen de las rectas para el par de longitudes de onda A
difiere de cero en una unidad, sugiriendo esto un ligero error --
en la calibración absoluta de esta longitud de onda. El valor de-
la ordenada al origen del par de longitudes de onda D es igual -
a cero.

Como se mencionó, los pares de longitudes -
de onda A y D se emplearon como testigo, resultando una corre ---
cción pequeña a las longitudes de onda A y confirmandose el resul-
tado de las longitudes de onda D.

TABLA IV-3. Tabla N_B obtenida al realizar la corrección por la constante extratmosférica

R	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	-15.0	-14.1	-13.2	-12.4	-11.5	-10.6	-9.7	-8.8	-8.0	-7.1
10	-6.2	-5.3	-4.4	-3.5	-2.6	-1.7	-0.8	0.1	1.0	2.1
20	3.1	4.1	5.2	6.2	7.2	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8
30	12.7	13.6	14.6	15.5	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3	21.3
40	22.2	23.2	24.2	25.1	26.1	27.1	28.0	29.0	29.9	30.9
50	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	37.8	38.7	39.6	40.5
60	41.3	42.2	43.1	44.0	44.9	45.8	46.8	47.7	48.6	49.5
70	50.5	51.4	52.4	53.3	54.3	55.2	56.2	57.1	58.1	59.0
80	60.0	60.9	61.9	62.9	63.9	64.9	65.9	66.9	67.8	68.8
90	69.7	70.6	71.5	72.4	73.3	74.3	75.3	76.3	77.2	78.2
100	79.2	80.2	81.1	82.1	83.1	84.1	85.0	86.0	87.0	88.0
110	89.0	90.0	91.0	92.0	92.9	93.9	94.9	95.8	96.8	97.8
120	98.8	99.8	100.8	101.8	102.8	103.8	104.8	105.7	106.7	107.6
130	108.6	109.5	110.5	111.5	112.4	113.4	114.4	115.3	116.3	117.3
140	118.2	119.2	120.2	121.1	122.1	123.0	123.9	124.9	125.8	126.7
150	127.7	128.6	129.6	130.5	131.5	132.5	133.5	134.5	135.5	136.5
160	137.4	138.4	139.4	140.3	141.3	142.3	144.3	145.3	145.3	146.3
170	147.3	148.3	149.3	150.2	151.2	152.2	153.1	154.0	155.0	155.9
180	156.8	157.8	158.8	159.8	160.8	161.9	162.9	163.9	165.0	166.0
190	167.1	168.1	169.2	170.0	170.9	172.0	173.1	174.1	175.2	176.0
200	177.4	178.4	179.4	180.3	181.3	182.3	183.3	184.2	185.2	186.2
210	187.2	188.2	189.2	190.3	191.4	192.4	193.5	194.6	195.6	196.7
220	197.7	198.8	199.8	200.9	202.1	203.2	204.4	205.5	206.6	207.6
230	208.7	209.7	210.8	211.8	212.8	213.8	214.8	215.8	216.8	217.8
240	218.8	219.9	220.9	222.0	223.1	224.1	225.2	226.3	227.3	228.4
250	229.5	230.6	231.7	232.8	233.9	235.1	-----			

IV-5

COMPARACION CON LAMPARAS PATRON

Durante el mes de Noviembre de 1981 se recibió en el observatorio central de Radiación Solar de Ciudad Universitaria un juego de lámparas estandar proporcionadas por la WMO, con el objeto de realizar la comparación del instrumento en las longitudes de onda empleadas. Debe hacerse notar que estas lámparas fueron enviadas para ser circuladas en todas las estaciones que tengan espectrofotómetros Dobson en la región IV, para comparar los instrumentos con respecto al espectrofotómetro Dobson # 83 que es el instrumento estandar.

Los resultados obtenidos de la prueba estandar, para el espectrofotómetro Dobson # 98 con las lámparas denominadas, lámparas R21 y R22 fueron los siguientes :

L A M P A R A R21

Par de longitudes de onda	A	B	C	D	C'
R	24.2	25.2	27.5	33.6	85.8
N	12.6	3.6	16.7	18.2	70.1

L A M P A R A R22

Par de longitudes de onda	A	B	C	D	C'
R	24.7	25.8	28.0	34.1	85.1
N	13.1	4.1	17.2	18.7	69.4

Estos valores deben compararse con los obtenidos con el instrumento estandar # 83.

En los pares de longitudes de onda más --
usados, los valores que se obtuvieron en Boulder, Colorado con --
éstas lámparas en el instrumento estandar fueron :

L A M P A R A R21

Par de longitudes de onda	A	B	C	D	C'
N	11.8	---	16.4	18.3	---

L A M P A R A R22

Par de longitudes de onda	A	B	C	D	C'
N	12.2	---	16.8	18.7	---

Comparando los resultados que se obtu --
vieron con los del instrumento patrón, podemos ver que en el par --
A existe un corrimiento de la tabla N, el cual es de 0.8 para la --
lámpara R21 y 0.9 para la lámpara R22. Mientras para el par D --
que es el otro par que se empleó como testigo, presenta un corri-
miento mínimo en lo que respecta a la lámpara R21 y no presenta --
ningún corrimiento en lo que respecta a la lámpara R22.

Comparando los resultados del inciso ---
anterior con los obtenidos en esta sección, puede decirse que ---
éstos confirman el corrimiento que existe en las longitudes de ---
onda A, y la estabilidad de las longitudes de onda D.

-- C O N C L U S I O N E S --

En este trabajo se presentaron los resultados de los experimentos que se realizaron con el espectrofotómetro de Dobson # 98. Estos experimentos se realizaron con la finalidad de conocer la transmisividad de las cuñas ópticas para el par de longitudes de onda "B", lo que permite cuantificar posteriormente los efectos de interferencia que el bioóxido de azufre tiene en la determinación del contenido de ozono.

El bioóxido de azufre es un contaminante frecuente en atmósferas urbanas, de manera que con la calibración del espectrofotómetro en las longitudes de onda "B" se determina el contenido total de este gas en la atmósfera.

De los resultados obtenidos en el primer experimento debe notarse que en las pendientes de las rectas con las cuales se calcularon las tablas II-4, II-6 y II-7 existe una desviación poco significativa cuando se comparan con las rectas que se proporcionaron con el instrumento Dobson, como puede apreciarse en la tabla siguiente, donde se listan para las longitudes de onda A, C y D los valores de las pendientes (m_t) y ordenadas al origen (b_t) proporcionadas con el instrumento y las pendientes (m_e) y ordenadas al origen (b_e) obtenidas en el experimento :

λ_A	λ_C	λ_D
$m_t = 0.092$	$m_t = 0.1337$	$m_t = 0.1325$
$m_e = 0.093$	$m_e = 0.1386$	$m_e = 0.1358$
$b_t = 46,81$	$b_t = 72.91$	$b_t = 104.60$
$b_e = 46.87$	$b_e = 72.91$	$b_e = 104.21$

De esta tabla se observa que las desviaciones en las pendientes son de 0.1%, 3.6% y 2.4% para las longitudes de onda A, C y D respectivamente, los cuales se hallan dentro del error experimental permitido.

En lo que respecta al segundo experimento, su importancia radica en que la tabla III-4 es la primera tabla para las longitudes de onda "B" que se calcula para el espectrofotómetro Dobson # 98.

En el tercer experimento que se realizó se obtuvo la constante extratmósferica para las longitudes de onda "B". Aquí los factores de correlación obtenidos fueron altos para las tres longitudes de onda A, B, y D respectivamente.

En este experimento se emplearon los pares de longitudes de onda A y D como testigo. Al analizar nuestros resultados se encontró que al par A había que hacerle una corrección en su constante extratmósferica y en lo que respecta al par D se confirmó su constante.

Es importante mencionar que con la llegada de las lámparas patrón que fueron enviadas por la WMO para determinar las variaciones del espectrofotómetro Dobson # 98 se lograron comprobar los resultados obtenidos anteriormente para los pares de longitudes de onda "A" y "D".

-- R E F E R E N C I A S --

- AMOROS J.L. Cristalofísica, propiedades continuas Vol. 1, Ed. --- Aguilar, México, 1958. pagina 148.
- BRAVO J. L. Determinación del espesor de la capa de ozono con un-espectrofotómetro de Dobson en una atmósfera urbana. - Tesis de Maestria en Física (Geofísica) U.N.A.M. --- México, 1984.
- CABBANES J. Thesis, Paris. 1921.
- DOBSON G.M.B. Observer's handbook for the ozone spectrophotometer (on behalf of the international ozone comission ---- (I.M.A.) in conjunction with Messrs. and J. Beck LTD.) revised January 1957a. pp. 48-72
- DOBSON G.M.B. and NORMAND C.W.B. Determination of constants, etc. etc., used in the calculation of the amount of ozone - from spectrophotometer measurements and an analysis - of the accuracy of the results. 1957b. pp. 161-171.
- DOBSON G.M.B. Adjustment and calibration of the ozone spectropho-tometer in annals of the International Geophysical --- Year, V, part I, 1957c. Pergamon Press. pp. 90-113.
- DOBSON G.M.B. Observer's handbook for the ozone spectrophometer - in annals of the International Geophysical Year, V, - part I, 1957d, Pergamon Press pp. 46-89.
- DÜTCH H.U. Measurement of atmospheric ozone, Ann. IQSY, Vol. 1 - Ch. 15, App. 1, 1968.

- EVANS W. F. J., ASBRIDGE I.A., KERR J.B., MATEER C.L., and ---
OLAFSON R.A. The effects of SO₂ on Dobson and Brewer total ozone
measurements. Proceedings of the quadrienal interna-
tional ozone symposium. Boulder, Colorado, 4-9 ----
august 1980. pp. 48-56.
- FRÖHLICH C. and GLENN E. SHAW. New determination of Rayleigh ----
scattering in the terrestrial atmosphere. Applied -
optics. Vol. 19, June 1, 1980. pp. 1773.
- KOMHYR W.D. Operations handbook - ozone observations with a ---
Dobson spectrophotometer. Report No. 6 of the WMO -
global ozone research and monitoring project. June -
1980. pp. 4-18, 66-92.
- KOMYR W.D. and EVANS R.D. Dobson spectrophotometer total ozone ---
measurement error caused by interfering absorbing -
species such as SO₂ , NO₂ photochemical produced O₃
in polluted air. Geophys. Res. Letters, 7, No. 2, -
1980, pp.157-160.
- NY TSI-SE and SHIN PIAW CHOONG. L'absorption de la lumiere par --
l'ozone entre 3050 et 3400 °A (region des bandes -
de Huggins), Acad.Sci. Compes Rendus,195. 139.1932
- RINDERT S.B. Fifteen years of ozone observations at Uppsala. --
Doctoral dissertation. Departament of Meteorology.-
University of Uppsala. Uppsala 1970.

A P E N D I C E A

SOBRE LA RUTINA DE OBSERVACION DEL --
ESPECTROFOTOMETRO DOBSON # 98

Para realizar la rutina de observación el instrumento se coloca sobre una base giratoria a la intemperie al menos diez minutos antes de la observación para estabilizar su temperatura. Una vez realizado lo anterior, debe chequearse que la aguja indicadora del microamperímetro marque cero y que su potenciómetro de sensibilidad este apagado. A continuación debe asegurarse que el interruptor de pasos del fotomultiplicador este en la posición 1, ó sea la posición mínima.

Después de realizado lo anterior se enciende el motor que controla el disco segmentado y las fuentes de bajo y alto voltaje en este orden. Coloque enseguida la varilla selectora de longitudes de onda en la posición SHORT. Posteriormente se lee la temperatura del instrumento con la precisión de 0.5°C y se colocan los niveles Q1 para las longitudes de onda A y D de acuerdo a los valores dados en la tabla de colocaciones respectiva. El nivel Q2 debe colocarse en los valores dados en la tabla correspondiente para la temperatura de 15°C . Enseguida coloque un plato ahumado sobre el dial R del espectrofotómetro, de cuerda al mecanismo de relojería que se encuentra sobre el, y quite la tapa de la ventana de entrada w.

Posteriormente el eje del instrumento se orienta hacia el sol, de tal modo que el observador tenga el sol a mano derecha. Coloque el periscopio sobre la ventana de entrada orientándolo de acuerdo al instrumento y ajuste el prisma del periscopio, de manera que la banda de luz incida centralmente sobre la ventana de entrada, asegurándose que esta-

banda sea de al menos 5 mm. de ancho, y se encuentre perpendicular al eje del aparato. Si esta banda es menor a esta medida, entonces hay que quitar la lente que está dentro del cuerpo del periscopio y volver a colocarlo en su posición.

Una vez orientado el instrumento y antes de registrar los valores observados, se colocan los niveles Q1 y Q2 para la longitud de onda A y se incrementa la sensibilidad del microamperímetro girando el potenciómetro en el sentido de las manecillas del reloj, notando que existe una deflexión en la aguja del microamperímetro. A continuación se gira el dial R hasta que se obtiene la lectura de cero y se incrementa gradualmente el voltaje del fotomultiplicador con el interruptor de pasos grueso y fino, hasta obtener una sensibilidad indicada por una ligera inestabilidad del microamperímetro manteniendo el cero.

Con los valores de los dos interruptores en mente, se reduce el voltaje del fotomultiplicador con el interruptor de pasos grueso y se colocan los niveles Q1 y Q2 para las longitudes de onda D, y se aumenta el voltaje del fotomultiplicador como se hizo anteriormente manteniendo también el cero para ajustar la sensibilidad como en el caso anterior.

La hora de la observación debe registrarse lo más precisamente posible, procurando empezarla al inicio de un minuto exacto y completarla en un lapso de dos minutos. Posteriormente se colocan los niveles Q1 y Q2 y los dos interruptores de pasos para la longitud de onda A, verificando la orientación del instrumento y del periscopio, y una vez obtenido el cero en el minuto de comienzo, se baja la punta del mecanismo de relojería sobre el plato ahumado y cuidadosamente se hace oscilar el dial R de modo que el microamperímetro defleccione la aguja a uno y otro lado del cero, continuando la manipulación del dial R por un lapso de veinte segundos, de este modo se obtiene una traza en el plato ahumado.

A continuación se reduce la sensibilidad para las longitudes de onda D y se quita la aguja del plato ahumado. Después se colocan los niveles Q1 y Q2 para las longitudes de onda D, ajustando el dial R a la lectura de cero y se repite el mismo procedimiento descrito anteriormente. Estas operaciones se repiten hasta completar una serie de observaciones, la cual consta de la secuencia de longitudes de onda ADADA.

Una vez terminada la observación se coloca primero el interruptor de pasos en la posición 1, y se disminuye la sensibilidad del microamperímetro a cero y finalmente se apagan las fuentes de alto y bajo voltaje y el motor en este orden, se quita el periscopio y se coloca la tapa sobre la ventana de entrada. Después se reproducen cuidadosamente las trazas hechas sobre el plato ahumado con la aguja del mecanismo de relojería y se leen estos valores registrándolos en las hojas de reporte junto con toda la información pertinente para su interpretación.

A P E N D I C E B

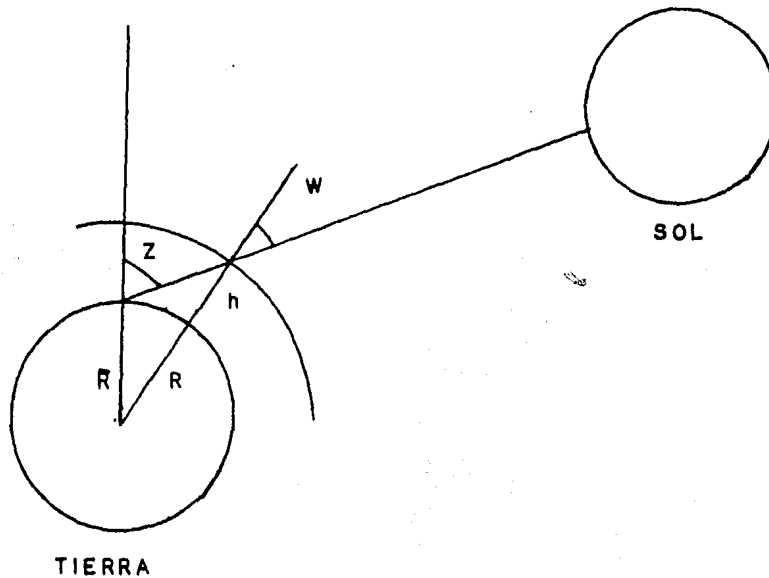
OBTENCION DE LA FORMULA PARA EL CALCULO DE
LA MASA OPTICA μ DEL OZONO.

FIGURA B

Consideremos la figura B, donde:

R es el radio de la tierra.

h es la altura media de la capa de ozono.

Z es el ángulo cenital del sol.

W es el ángulo que forma un rayo de luz proveniente del sol --
con una normal terrestre, cortandose en la capa media de ozon

Empleando la ley de los senos en la figura ---
anterior tenemos:

$$R \operatorname{sen} Z = (R + h) \operatorname{sen} W \quad \dots\dots\dots (1)$$

de aqui tenemos:

$$\operatorname{sen} W = (R/(R + h)) \operatorname{sen} Z \quad \dots\dots\dots (2)$$

de la definición dada de μ en el capítulo I y de la figura B --
tenemos:

$$\mu = \sec W \quad \dots\dots\dots (3)$$

Por tanto empleando identidades trigonométricas obtenemos:

$$\mu = \sec W = \frac{1}{\sqrt{1 - \operatorname{sen}^2 W}} \dots\dots\dots (4)$$

substituyendo el valor de $\operatorname{sen} W$ de la ecuación 2 y agrupando ---
tenemos:

$$\mu = \frac{R + h}{\sqrt{(R + h)^2 - R^2 \operatorname{sen}^2 Z}} \dots\dots\dots (5)$$

desarrollando y como $\operatorname{sen}^2 Z = 1 - \operatorname{cos}^2 Z$ y además como $2hR \gg h^2$ ---
obtenemos:

$$\mu = \frac{R + h}{\sqrt{2Rh + R^2 \operatorname{cos}^2 Z}} \dots\dots\dots (6)$$

por tanto factorizando tenemos:

$$\mu = \frac{R + h}{R \sqrt{\frac{2h}{R} + \operatorname{cos}^2 Z}} \dots\dots\dots (7)$$

por lo que finalmente se llega a la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{1 + (h/R)}{\sqrt{(2h/R) + \operatorname{cos}^2 Z}} \dots\dots\dots (8).$$

A P E N D I C E C

Tabla de Bemporad. Masa relativa del aire (m) en
función de la altura aparente del sol (Z).

Z	m	Z	m	Z	m	Z	m
90	1,000	44,5	1,426	27,8	2,137	19,9	2,918
85	1,004	44,0	1,438	27,6	2,151	19,8	2,932
80	1,015	43,5	1,451	27,4	2,165	19,7	2,946
75	1,035	43,0	1,464	27,2	2,180	19,6	2,960
74	1,040	42,5	1,478	27,0	2,195	19,5	2,975
73	1,046	42,0	1,492	26,8	2,211	19,4	2,989
72	1,052	41,5	1,507	26,6	2,226	19,3	3,004
71	1,058	41,0	1,522	26,4	2,242	19,2	3,019
70	1,064	40,5	1,538	26,2	2,258	19,1	3,034
69	1,071	40,0	1,553	26,0	2,274	19,0	3,049
68	1,078	39,5	1,570	25,8	2,290	18,9	3,064
67	1,086	39,0	1,586	25,6	2,306	18,8	3,079
66	1,094	38,5	1,604	25,4	2,322	18,7	3,095
65	1,103	38,0	1,621	25,2	2,339	18,6	3,110
64	1,112	37,5	1,640	25,0	2,357	18,5	3,126
63	1,122	37,0	1,658	24,8	2,374	18,4	3,142
62	1,132	36,5	1,678	24,6	2,392	18,3	3,159
61	1,143	36,0	1,698	24,4	2,410	18,2	3,175
60	1,154	35,5	1,719	24,2	2,428	18,1	3,192
59	1,166	35,0	1,740	24,0	2,447	18,0	3,209
58	1,178	34,5	1,762	23,8	2,466	17,9	3,226
57	1,191	34,0	1,784	23,6	2,486	17,8	3,243
56	1,205	33,5	1,808	23,4	2,506	17,7	3,260
55	1,220	33,0	1,831	23,2	2,526	17,6	3,278
54	1,235	32,5	1,856	23,0	2,546	17,5	3,296
53	1,251	32,0	1,882	22,8	2,567	17,4	3,314
52	1,267	31,5	1,910	22,6	2,588	17,3	3,332
51	1,285	31,0	1,937	22,4	2,610	17,2	3,350
50	1,304	30,5	1,966	22,2	2,632	17,1	3,369
		30,0	1,995	22,0	2,654	17,0	3,388
49,5	1,314	29,8	2,007	21,8	2,677	16,9	3,407
49,0	1,324	29,6	2,019	21,6	2,700	16,8	3,426
48,5	1,334	29,4	2,031	21,4	2,724	16,7	3,445
48,0	1,344	29,2	2,044	21,2	2,748	16,6	3,465
47,5	1,355	29,0	2,056	21,0	2,773	16,5	3,485
47,0	1,366	28,8	2,069	20,8	2,798	16,4	3,505
46,5	1,378	28,6	2,083	20,6	2,824	16,3	3,526
46,0	1,389	28,4	2,096	20,4	2,850	16,2	3,546
45,5	1,401	28,2	2,109	20,2	2,877	16,1	3,567
45,0	1,413	28,0	2,123	20,0	2,904	16,0	3,588

Continuación.

Z	m	Z	m	Z	m	Z	m
15,9	3,610	11,9	4,753	7,9	6,96	3,9	12,69
15,8	3,632	11,8	4,792	7,8	7,05	3,8	12,94
15,7	3,654	11,7	4,831	7,7	7,13	3,7	13,20
15,6	3,676	11,6	4,870	7,6	7,21	3,6	13,48
15,5	3,699	11,5	4,910	7,5	7,30	3,5	13,76
15,4	3,722	11,4	4,950	7,4	7,39	3,4	14,06
15,3	3,745	11,3	4,992	7,3	7,48	3,3	14,37
15,2	3,768	11,2	5,034	7,2	7,57	3,2	14,69
15,1	3,792	11,1	5,077	7,1	7,67	3,1	15,02
15,0	3,816	11,0	5,120	7,0	7,77	3,0	15,36
14,9	3,840	10,9	5,164	6,9	7,87	2,5	17,3
14,8	3,865	10,8	5,210	6,8	7,97	2,0	19,8
14,7	3,890	10,7	5,256	6,7	8,08	1,5	22,9
14,6	3,915	10,6	5,303	6,6	8,19	1,0	27,0
14,5	3,941	10,5	5,351	6,5	8,30	0,5	32,3
14,4	3,967	10,4	5,399	6,4	8,41	0	39,7
14,3	3,993	10,3	5,448	6,3	8,53		
14,2	4,020	10,2	5,498	6,2	8,65		
14,1	4,047	10,1	5,549	6,1	8,77		
14,0	4,075	10,0	5,60	6,0	8,90		
13,9	4,103	9,9	5,65	5,9	9,03		
13,8	4,131	9,8	5,71	5,8	9,17		
13,7	4,159	9,7	5,76	5,7	9,30		
13,6	4,188	9,6	5,82	5,6	9,45		
13,5	4,218	9,5	5,87	5,5	9,59		
13,4	4,248	9,4	5,93	5,4	9,74		
13,3	4,278	9,3	5,99	5,3	9,90		
13,2	4,309	9,2	6,05	5,2	10,06		
13,1	4,340	9,1	6,11	5,1	10,22		
13,0	4,372	9,0	6,18	5,0	10,40		
12,9	4,404	8,9	6,24	4,9	10,57		
12,8	4,436	8,8	6,31	4,8	10,75		
12,7	4,469	8,7	6,37	4,7	10,94		
12,6	4,503	8,6	6,44	4,6	11,13		
12,5	4,537	8,5	6,51	4,5	11,33		
12,4	4,572	8,4	6,58	4,4	11,54		
12,3	4,607	8,3	6,66	4,3	11,75		
12,2	4,643	8,2	6,73	4,2	11,97		
12,1	4,679	8,1	6,81	4,1	12,20		
12,0	4,716	8,0	6,88	4,0	12,44		

LONGITUDES DE ONDA Y COEFICIENTES
DE ABSORCION Y DISPERSION

Par de longitudes de onda		Longitud media de la onda λ	Coeficiente de absorcion del ozono		Coeficiente de dispersion atmosferica		
			α α'	$(\alpha - \alpha')$	β β'	$(\beta - \beta')$	$\frac{\beta - \beta'}{\alpha - \alpha'}$
A	Corta	3055		1.748	0.491	0.116	0.066
	Larga	3254			0.375		
B	Corta	3088		1.140	0.470	0.113	0.099
	Larga	3291			0.357		
C	Corta	3114.5		0.800	0.453	0.110	0.138
	Larga	3324			0.343		
D	Corta	3176		0.360	0.416	0.104	0.289
	Larga	3398			0.312		
C'	Corta	3324			0.343	-	-
	Larga	4536	nulo		-	-	-

A P E N D I C E D

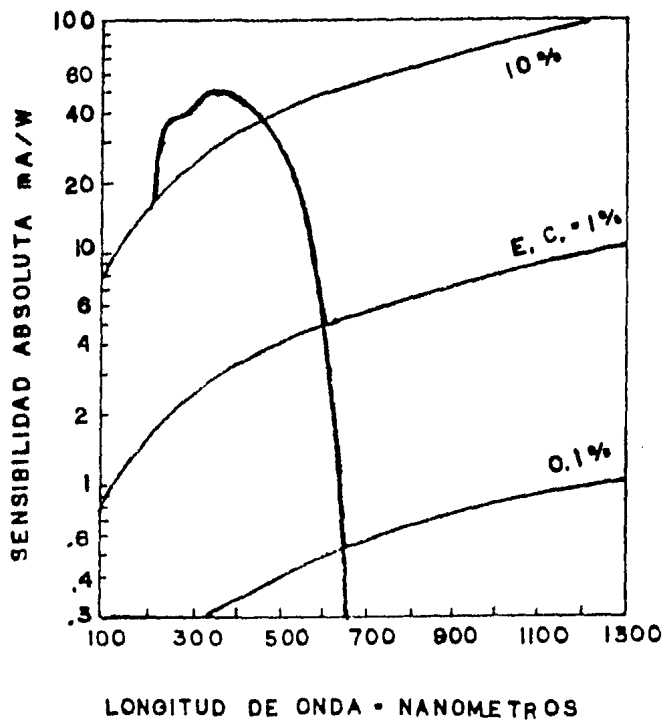
CARACTERISTICAS DEL FOTOMULTIPLICADOR 1P28.

El fotomultiplicador 1P28 empleado en el espectrofotómetro Dobson tiene en sus características mecánicas una estructura circular con nueve etapas de amplificación contadas en el sentido de las manecillas del reloj (visto de abajo), el material de la superficie de sus dínodos es de Cesio - Antimonio.

Con respecto a sus características eléctricas, el fotomultiplicador debe alimentarse con un voltaje máximo de 1250 volts y una corriente promedio de ánodo de 0.5 mA. Presenta una sensibilidad de cátodo radiante de 50 mA/w (el cociente de la corriente de fotoemisión del fotocátodo al flujo incidente en una longitud de onda, bajo condiciones específicas de irradiación) y una eficiencia cuántica de 20.7% a una longitud de onda de 3000 Å (la eficiencia cuántica del fotocátodo a una longitud de onda λ , se define como el número de fotoelectrones emitidos por el fotocátodo por electrón incidente), la longitud de onda de trabajo del instrumento Dobson.

Presenta una sensibilidad de ánodo radiante de 125,000 A/W, su sensibilidad luminosa de cátodo es de 40 uA/lm (cociente de la emisión de corriente fotoeléctrica del fotocátodo entre el flujo luminoso incidente bajo condiciones específicas de iluminación) y su sensibilidad luminosa de ánodo es de 100 A/lm.

El 1P28 tiene una ganancia de 2.5×10^6 aproximadamente y una corriente oscura de 5 nA; esto es la corriente en el fotomultiplicador medida en completa oscuridad. Además presenta un pulso de tiempo ≤ 2 n seg., esto es la diferencia de tiempo entre el 10 y el 90% de amplitud sobre la salida de la forma de onda para la iluminación total del cátodo y la función delta de excitación. Finalmente su respuesta espectral es mostrada en la figura A. Debido a estas características y a su respuesta espectral hacen al 1P28 ideal para su uso en el espectrofotómetro Dobson.



GRAFICA A