

El fotómetro Strömngren del OAN-SPM

Manual del instrumento.

**L. Gutiérrez, E. Colorado, F. Quiroz, J. M. Murillo, G. Sierra, W.
Schuster.**

Noviembre de 2004.

Contenido

Introducción	5
1. Una breve descripción del instrumento.....	7
1.1. Sección uvby.....	8
1.2. Sección H β	9
1.3. Despolarizador.....	10
1.4. Filtros neutros.....	10
1.5. Tubos fotomultiplicadores.....	11
1.6. Preamplificadores-discriminadores.....	13
1.7. Tiempos muertos.....	13
2.Descripción de los programas de adquisición y control.....	15
2.1. La ventana principal	16
2.1.1. Integración directa.....	17
2.1.2. Movimientos y configuración.....	18
2.1.3. Lecturas.....	18
2.1.4. Estado del fotómetro.....	19
2.1.5. Archivos del usuario y operación semiautomática.....	19
2.1.6. Tiempo y comentarios.....	22
2.2. Configuración.....	23
2.3. Ventana para el manejo de las cámaras auxiliares.....	24
3. Uso del teclado.....	27
4. Los datos de salida.....	29
4.1. Gráficas de los datos.....	29
4.2. Los archivos de salida.....	30
5. Manual del usuario.....	33
5.1 Proceso de encendido.....	33
5.2. Al terminar una noche de observación.....	34
5.3. Apagado.....	34
5.4. Usando las cámaras.....	34
5.5. Para ubicar el centro del campo.....	35
5.6. Actualizando los parámetros.....	37
5.7. Sugerencias para sus observaciones.....	38
6. Calibraciones y ajustes.....	41
6.1. Ajustes de la inclinación de la rejilla.....	41
6.2. Ajustes al voltaje de alimentación y al nivel de discriminación...44	44
6.3. Determinación de las constantes de tiempo muerto.....	46
6.4. Alineación óptica.....	47
Apéndice A. Diagrama esquemático del divisor de voltaje de los fototubos	49
Apéndice B. Hojas de datos de las fuentes de alto voltaje.....	50
Apéndice C. Hojas de datos de todos los fototubos adquiridos para el fotómetro.....	53
Apéndice D. Diagrama electrónico de los preamplificadores-	

discriminadores.....	57
Apéndice E. Fórmulas utilizadas para el cálculo de la estadística.	58

INTRODUCCIÓN

El fotómetro Strömgren del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir fue diseñado y construido originalmente durante 1981-1982, en los talleres del Observatorio de la Universidad de Copenhague, en Brorfelde, Dinamarca. Los responsables de su diseño genérico son B. Strömgren, E. H. Olsen, P. E. Nissen y R. F. Nielsen. El diseño óptico y mecánico fue realizado por R. F. Nielsen y P. Bechmann, respectivamente.

Este instrumento ha sido una herramienta de trabajo muy socorrida por los astrónomos en el Observatorio, siendo un instrumento con el que se han producido gran cantidad de artículos. Dados los cambios tecnológicos desde entonces, se hacía ya necesaria una remodelación que permitiera un uso más confiable y cómodo.

En este sentido, se han diseñado y construido nuevos circuitos para el control de los movimientos y la adquisición de los datos, basados en dos microcontroladores, uno que realiza la lectura de los pulsos de los 6 fotomultiplicadores y otro que controla los movimientos de los periscopios de campo y de diafragma, así como del prisma de modo y de la rueda de diafragmas. El módulo que realiza la lectura de los pulsos envía cada segundo el número de pulsos que ha contado durante el segundo inmediato anterior para los 6 canales.

Se han agregado sensores que permiten supervisar el estado de los mecanismos del fotómetro y se han sustituido los oculares por cámaras para facilitar el uso remoto del instrumento. Las cámaras empleadas son de la marca Pulnix modelo TM-72EX, las cuales son capaces de realizar la integración de la imagen en el detector mismo. La cámara de campo cuenta con un intensificador que permite ver estrellas muy débiles. Sin el intensificador, la cámara puede ver estrellas hasta de magnitud 11 con 2 segundos de integración; con el intensificador se estima al menos magnitud 19~20.

Se ha elaborado un nuevo programa con una interfaz gráfica para su manejo desde una PC con sistema operativo Linux desde el cuarto de observación, en la que el usuario puede generar sus propios archivos de objetos para hacer observaciones más dinámicas.

1. UNA BREVE DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO

El instrumento se emplea para fotometría fotoeléctrica a conteo de fotones con dos modos de funcionamiento: el modo *uvby*, destinado a medir en el sistema Strömgren y el modo H β . Un espejo plano inclinado, intercalado opcionalmente en el camino óptico, desvía el haz hacia la sección H β ; si el espejo está fuera, el haz se dirige a la sección *uvby*.

En el modo *uvby*, el fotómetro utiliza una rejilla de difracción para separar las componentes espectrales en las cuatro bandas del sistema Strömgren y usa cuatro tubos fotomultiplicadores para la medida simultánea de los cuatro canales.

En el modo H β , el haz de luz se divide mediante un filtro dicróico y se envía cada haz resultante a dos tubos fotomultiplicadores a través de filtros de interferencia centrados en la banda H β , uno ancho y otro angosto, para medir el continuo y la banda H β , respectivamente.

El plano focal del instrumento se encuentra a 185 mm de la superficie frontal. Allí se encuentra una rueda motorizada con seis diafragmas de diferentes tamaños. Estos son los siguientes:

<i>Diafragma</i>	<i>Diámetro (mm)</i>	<i>Campo (")</i>
0	3	31.6
1	2	21.1
2	1.2	12.6
3	abierto	-
4	0.6	6.3
5	0.45	4.7

En la figura 1 se muestra un diagrama general del fotómetro.

1.1. Sección uvby

Después de la rueda de diafragmas se encuentra el objetivo acromático, cuya distancia focal es de 402 mm con una relación $f/6$, que colima el haz sobre la rejilla de difracción. Esta misma lente vuelve a actuar después como cámara sobre el haz dispersado por la rejilla, enfocándolo sobre un arreglo de rendijas colocadas en el plano focal cilíndrico que se encuentra ubicado a la misma altura que la rueda de diafragmas.

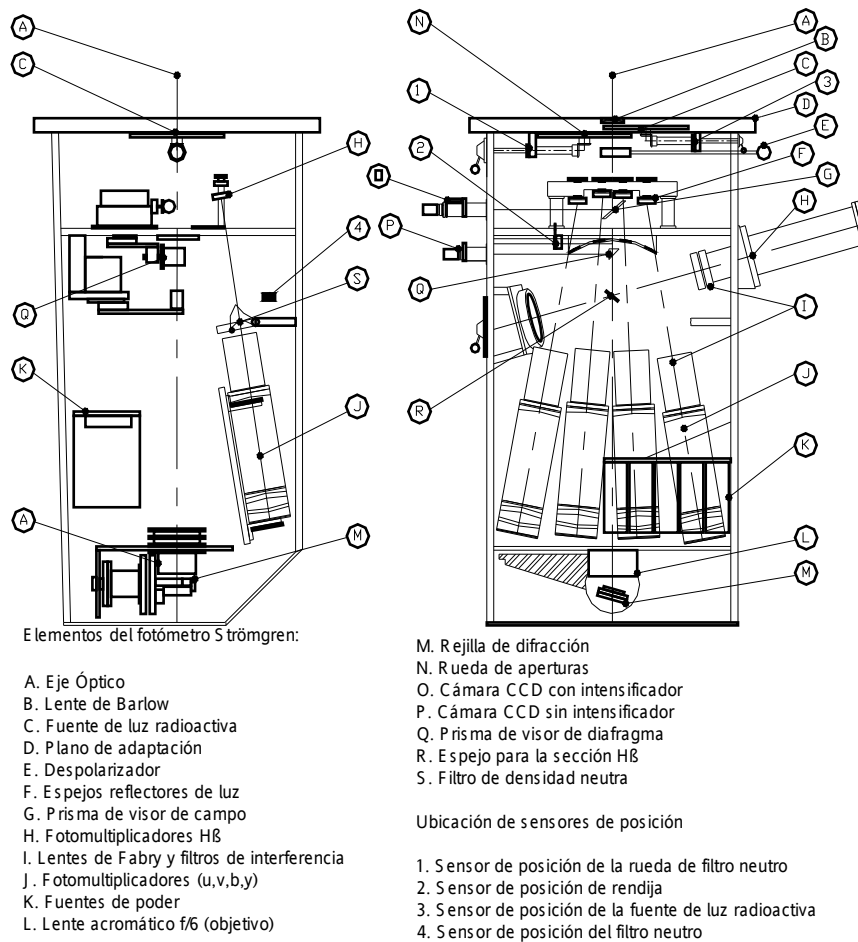


Figura 1. Diagrama general de fotómetro.

La rejilla de difracción, que funciona en modo Litrow, cuenta con 1200 líneas/mm y está optimizada para 5000 \AA en el primer orden.

Después del arreglo de rendijas selectoras, se encuentra un conjunto

de espejos esféricos colectores que reenvían los respectivos haces hacia los fotomultiplicadores. Los espejos¹ cuentan con un recubrimiento interferencial para optimizar la reflectividad en su respectiva banda y reducir la luz espuria.

A la entrada de los tubos fotomultiplicadores existen filtros de interferencia de muy alta transmisividad. El alto rendimiento de estos filtros se debe a que no necesitan bloquear los lóbulos laterales, ni los ordenes superiores ya que de ello se encarga la máscara de rendijas.

El conjunto de rendijas, combinado con los filtros de interferencia, ofrecen las bandas espectrales mostradas en la tabla 1.

	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>b</i>	<i>y</i>
λ_{\max} (Å) (rendija)	3686	4222	4801	5636
λ_{\min} (Å) (rendija)	3324	4006	4572	5346
λ_{central} (Å) (filtro)	3505	4110	4685	5488
FWHM (Å) (filtro)	330	170	183	235
Transmisividad (%)	76	83	89	90

Tabla 1. Bandas espectrales para uvby.

1.2. Sección H β

Después de la rueda de diafragmas se encuentra un espejo plano intercalable mediante la acción de un motor, el cual dobla el haz óptico, enviándolo hacia la sección H β . Después de este espejo hay un filtro dicróico para dividir el haz, el cual lo separa en dos haces de un 80 % y 20 %, respectivamente. Estos haces inciden luego en los canales H β _n (angosto) y H β _w (ancho), en cuyas entradas se ubican los filtros de interferencia mostrados en la tabla 2.

El flujo final recibido por cada canal H β resulta bastante igualado

¹ Nota: Estos espejos cuentan con un sistema de alineación muy delicado, que no debe ser ajustado más que en el laboratorio, con instrumentos de precisión. Debido a su recubrimiento, tampoco deben limpiarse por contacto.

gracias a esta distribución de transmisividades, dando un coeficiente $H\beta$ neutro que debería ser muy próximo a la unidad.

	$H\beta_n$	$H\beta_w$
$\lambda_{\text{central}} (\text{Å})$	4864	4865
FWHM (Å)	30	137
Transmisividad (%)	70	82

Tabla 2. Bandas espectrales para $H\beta$.

1.3. Despolarizador

La reflectividad de la rejilla y del divisor de haz depende de la dirección de polarización de la luz. Por lo tanto, los índices medidos para estrellas polarizadas se pueden desviar sistemáticamente de las no polarizadas, efecto que puede ser notable fotométricamente para estrellas con polarizaciones superiores al 3%. Es por esto que el fotómetro cuenta con un despolarizador rotativo, que puede intercalarse a la entrada del haz óptico principal para compensar este efecto. Este despolarizador consiste en una placa retardadora súper acromática de $\lambda/2$ que rota a una frecuencia de 1.5 Hz. Este dispositivo produce una pérdida de luz de cerca del 10 %.

1.4. Filtros neutros

La compuerta de entrada consta de tres posiciones: una para tapan el fotómetro (cerrado), otra con la ventana abierta y otra con un filtro neutro de densidad óptica 10. (En la tabla 3 se muestran los valores efectivos medidos entre agosto y octubre de 2003 para cada uno de los tubos.) El propósito de este filtro es ampliar la magnitud límite inferior de trabajo, al mismo tiempo que pretende proteger a los tubos fotomultiplicadores de objetos brillantes. El movimiento de esta compuerta no está motorizado y debe realizarse manualmente con la perilla ubicada en la parte superior del lado que normalmente da al

Este cuando está montado en el telescopio.

Existen dos filtros neutros adicionales en los canales *v* y *b*, intercalables simultáneamente, para atenuar más estos canales, lo que permite extender un poco más la magnitud límite para determinados tipos espectrales.

Canal	Densidad efectiva del filtro neutro
u	11.60 +- 0.1
v	10.12 +=0.05
b	10.48 +- 0.04
y	10.77 +- 0.03
n	10.60 +- 0.03
w	10.60 +- 0.03

Tabla 3

1.5. Tubos fotomultiplicadores

El fotómetro cuenta con dos conjuntos de tubos fotomultiplicadores, ambos de la misma marca (EMI, ahora Electron Tubes Limited). El conjunto colocado en la sección H β es del modelo 9789QA, mientras que el conjunto colocado en la sección *uvby* es del modelo 9893Q. El primer modelo cuenta con 13 dínodos y el segundo con 14. Todos cuentan con un fotocátodo bialcalino y fueron seleccionados de fábrica con calidad astronómica. Originalmente, todos los tubos fotomultiplicadores eran del modelo 9789QA; pero, al haberse deteriorado, algunos tuvieron que ser sustituidos. Debido a la imposibilidad de adquirir tubos del modelo 9789QA con calidad astronómica, los tubos de *uvby* fueron reemplazados por otros del modelo 9893Q. Esto permite aprovechar los que aún quedaban buenos del conjunto anterior en la sección de H β , ya que no son

intercambiables: sus dimensiones son diferentes, así como su conector. De cada conjunto se seleccionaron los idóneos para cada canal, de acuerdo con sus características, mostradas en la tabla 4.

El alto voltaje lo proporcionan seis pequeñas fuentes de alto voltaje de alta estabilidad. El valor del voltaje ha sido determinado experimentalmente encontrando los valores de compromiso entre máxima respuesta y mínima corriente oscura. Los fototubos se encuentran montados en bases comerciales de Electron Tubes. Las bases de los tubos 9893 ya incluyen los divisores de voltaje para los dínodos en un circuito impreso; en las otras se han soldado las resistencias en sus pines. El diagrama típico del divisor usado se muestra en el Apéndice A. En el Apéndice B se encuentran las hojas de datos de las fuentes de alto voltaje y en el Apéndice C las hojas de datos de los tubos fotomultiplicadores proporcionadas por el fabricante.

	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>b</i>	<i>y</i>	<i>Hβn</i>	<i>Hβw</i>
Modelo	9893Q	9893Q	9893Q	9893Q	9789QA	9789QA
No. de serie	5243	5244	5251	5247	7965	9336
DC@2000A/L (V)	-	-	-	-	890	1240
DC@5000A/L (V)	2294	2181	2051	2015	970	1360
DC@5000A/L (nA)	0.85	0.76	0.46	0.5	-	-
C.B.	11.1	11.6	12.2	11.1	12.5	12.6
C.R.	3.4	6.1	7.2	3.5	2.7	2.1
V. Operación (V)	1950	1950	1950	1950	1100	900
QE _{max}	27.1	25.6	26.7	23.6	-	29.7
λ @ QE _{max} (nm)	350	350	410	350	350	350

Tabla 4. Características de los fotomultiplicadores.

1.6. Preamplificadores-discriminadores

En el fotómetro se ha mantenido el circuito original que cuenta con una etapa de entrada basada en el $\mu\text{a}733$ con una ganancia fija de 10, a la que le sigue una etapa similar con ganancia seleccionable entre 10 y 100. La última etapa, la de discriminación, cuenta con un comparador $\mu\text{a}760$ que compara el valor de entrada con el de un divisor programable mediante un arreglo deslizable de seis posiciones. El diagrama se puede observar en el *Apéndice D*.

1.7. Tiempos muertos

El número de cuentas medida por unidad tiempo N_o y el número de cuentas real N_r se relacionan mediante la ecuación:

$$N_r = N_o / (1 - N_o \tau)$$

donde τ es la constante de tiempo muerto. Las constantes de tiempo muerto para cada fototubo son ahora diferentes de los valores originalmente reportados ya que han habido varias modificaciones al fotómetro. Los valores recientemente adoptados son el promedio de varias mediciones realizadas por diferentes observadores y se muestran en la tabla 5. En estas mediciones se han usado básicamente dos técnicas: usando un conjunto de estrellas estándar y usando una lámpara de tungsteno con el voltaje estabilizado, alternando mediciones con filtro neutro y sin filtro neutro; en ambos casos los valores han sido bastante coincidentes.

Para el cálculo de la constante de tiempo muerto se ha empleado la relación

$$\tau_i = (N_{of} b - N_{osf}) / (N_{of} N_{osf} (b_i - 1))$$

donde

N_{of} = Número de cuentas observado con filtro neutro

N_{osf} = Número de cuentas observado sin el filtro neutro y

b_i = Constante de atenuación del filtro neutro para el canal i .

Canal	Tiempo muerto τ (ns)
u	233 +- 13
v	174 +- 29
b	228 +- 20
y	189 +- 14
n	267 +- 4
w	194 +- 5

Tabla 5. Constantes de tiempo muerto (τ) para cada canal.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE ADQUISICIÓN Y CONTROL

El programa se ha separado en dos partes: una que corre en la computadora del fotómetro y otra, que es básicamente la interfaz de usuario, corre en la computadora de usuarios en el cuarto de observación del telescopio que, al momento de escribir este reporte, es "*agua1*".

La parte que corre en la computadora del fotómetro es transparente para el usuario, pues corre automáticamente al encender la computadora. Consta de:

- un módulo insertable en el kernel llamado *cx100.o*;
- un programa que maneja la tarjeta digitalizadora (frame grabber) al recibir órdenes de la interfaz de usuario; se llama *sdanes4*;
- un script de tcl que funge como árbitro para enrutar hacia los puertos serie los mandos que recibe por el ethernet y, al contrario, lleva los datos recibidos por los puertos serie hacia el ethernet; se llama *danes_local.tcl*.

La otra parte, la interfaz del usuario, se llama *stromgren* y corre en la computadora de uso general del cuarto de observación. Este programa se inicia activando con el mouse el ícono del panel de instrumentos de la pantalla de la computadora. Al empezar, aparecerá la ventana principal junto con una ventana donde se graficarán los datos obtenidos. También aparecerá una ventana desde donde es posible manejar las cámaras del sistema.

A continuación se describen las diferentes ventanas de la interfaz de usuario.

2.1. La ventana principal

La ventana principal, que se presenta en la figura 2, cuenta con varias secciones que denotaremos de la siguiente manera:

- integración directa,
- movimientos y configuración,
- lecturas,
- estado del fotómetro,
- archivos del usuario y operación semiautomática,
- tiempo y comentarios.

K Fotómetro Danés

estrella Simple Múltiple ALTO

	suma	media	desv/n	error %	N*	PE*	V(B,*)
u	5379	537	419	2.05	0	0	0
v	22636	2263	331	1.25	0	0	0
b	537213	53721	339	0.19	0	0	0
y	532089	53208	390	0.23	0	0	0

tiempo 10 s multiplicidad 1080 id tritio 14oct02_1.uv

uvby hB Campo Micro Diafragma Configuración

modo uvby campo fuera micro fuera diafragma 0 depol fuera

rendija Hd sin usar ventana cerrada filtro v-b fuera fuente dentro

Archivo: nombre HbetaOct.dan

#	id	AR	Dec	epoca	t_int	mult	o,c	otros
1	HD186025	19:41:14.0	+01:08:51	1985.7	15	3	o	- 8.862 2.661
2	HD191264	20:08:17.5	+01:36:24	1985.7	10	3	o	- 8.347 2.588
3	HD191365	20:09:13.7	-13:05:25	1985.7	10	3	o	- 8.380 2.644
4	HD193901	20:22:45.2	-21:24:46	1985.7	15	3	o	- 8.658 2.568

3 HD191365 20:09:13.7 -13:05:25 1985.7 Agregar

<-> Mueve Campo Micro Corrige Integra

1080 x 10 = 10800 s 1080/1080

[*+B]:tritio:10800 - [B]:---:0 Comentarios

TU 15:51:20 SALIR TS 09:41:32

Figura 2. Ventana principal de la interfaz del usuario.

A continuación se describirá cada una de tales secciones:

2.1.1. Integración directa

Esta sección se encuentra en la parte superior de la ventana. Allí es posible realizar integraciones simples o múltiples usando los botones marcados con ese propósito. La integración de hará con el tiempo de integración indicado, el número de veces señalado por la multiplicidad.

En la parte superior, que se reproduce en la figura 3, se muestran los botones. El botón que está identificado como "*Simple*" inicia una integración sencilla con un tiempo de integración dado por "*tiempo*" (ver figura 4). El botón marcado como "*Múltiple*" inicia una integración múltiple con el tiempo de integración dado por "*tiempo*" el número de veces dado por "*multiplicidad*" (figura 4). Con el botón de la derecha marcado como "*Alto*" es posible interrumpir una integración. En este caso, los datos se almacenarán con el comentario previo "*Revisar el siguiente dato. Te cleaste ALTO.*"; será responsabilidad del usuario eliminarlo o trabajar con él con las reservas del caso.



Figura 3. Selección del tipo de integración.

Con los botones excluyentes "*estrella*" y "*cielo*" es posible asignarle el atributo correspondiente al objeto observado. Esto sólo puede hacerse si ha transcurrido el primer segundo de tiempo de integración, ya que normalmente el programa asigna este atributo de manera automática durante la primera adquisición, de acuerdo con los umbrales indicados en la ventana "*Configuración*" (véase la sección correspondiente).

En la figura 4 se muestra una franja de la ventana donde se puede

asignar el tiempo de integración ("*tiempo*"), el número de veces que se repetirá una integración cuando se opte por que sea "múltiple" (*multiplicidad*) y el identificador del objeto observado (*id*). Cabe hacer notar que el tiempo, la multiplicidad y el identificador se pueden teclear directamente en los recuadros de edición correspondientes. Pero, además, en el caso del tiempo y la multiplicidad, al oprimir los botones respectivos, se abrirá un menú con algunos valores predeterminados. (tiempo = 1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 20 s, 50 s; multiplicidad = 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20.)



Figura 4. Selección de tiempo de integración y multiplicidad.

2.1.2. Movimientos y configuración

En esta ventana existe también una sección donde el usuario puede elegir el modo del fotómetro (*uvby* o *hβ*), introducir o sacar los espejos de los periscopios de campo y de diafragma (micro) y mover la rueda de diafragmas una posición hacia adelante o hacia atrás. En esta misma sección existe un botón, identificado como "*Configuración*", con el cual se abre la ventana de 'parámetros' descrita en la sección 2.2.

2.1.3. Lecturas

En la parte superior existe una sección donde el sistema despliega la *suma* de los valores adquiridos en cada canal, así como la *media*, la *desviación* y el *error* porcentual. En la columna de la desviación se va desplegando ésta conforme el sistema va integrando, pero, al finalizar, se despliega el número de veces que la desviación superó el valor 2.5. (Ver en el *Apéndice E* una explicación del cálculo de la desviación y el error.) A la derecha se despliegan los valores N^* , PE^*

y $V(B,*)$ (véase también el *Apéndice E*).

La información obtenida se va guardando automáticamente en el archivo de datos, cuyo nombre se muestra inmediatamente abajo de donde se despliegan los datos obtenidos.

En la parte inferior se encuentra un recuadro donde se va desplegando el avance del proceso de integración. Se muestran la multiplicidad, el tiempo de integración, el tiempo total de integración y el número de integraciones que se han realizado en relación a la multiplicidad. Por ejemplo, en la tercera integración de 10 segundos cada una, de un proceso con multiplicidad 8, aparecerá:

$$8 \times 10 = 80 \text{ s} \quad 3/8$$

2.1.4. Estado del fotómetro

Luego, en la zona de color azul claro, ligeramente abajo del centro, se despliegan las condiciones de los diferentes elementos del fotómetro: *modo*, *campo*, *micro* (periscopio de diafragma), *diafragma*, *depol* (depolarizador), *rendija H δ* , *ventana* (que puede estar abierta, cerrada o en la posición del filtro neutro), *filtro v-b* y *fuentes* (fuente de fósforo excitado que se usa para calibrar). Nótese que sólo los primeros cuatro elementos están motorizados; los demás deben accionarse manualmente en el fotómetro, reflejándose la acción en la ventanita correspondiente.

2.1.5. Archivos del usuario y operación semiautomática

Finalmente, como se mencionó en la introducción, el usuario también puede generar archivos de objetos para hacer sus observaciones en un proceso semiautomático. En la zona central de la ventana principal, aparece el botón 'nombre', junto a la leyenda 'Archivo'. Al activar este botón, aparecerá la ventana que se muestra en la figura 5.

En esta ventana, el usuario puede escoger el archivo de objetos que deberá tener la terminación '.dan'. Una vez escogido el archivo, el nombre se desplegará a la derecha del botón y aparecerán los datos de algunos renglones en la lista respectiva. Para avanzar de renglón en renglón, pueden usarse los botones con las flechas del teclado.



Figura 5

Los archivos con catálogos de objetos deben contener sólo código ASCII, tener la terminación '.dan' y constar de los siguientes campos:

nn1 nn2 hh mm ss.s [+/-]gg mm ss época tint mult oo adic

nn1 es un identificador para uso del astrónomo y se sugiere que sea un número secuencial, pero no necesariamente.

nn2 es un identificador que usará el programa para identificar el objeto observado y que se guardará en los archivos de datos.

hh mm ss.s forman la ascensión recta

[+/-]gg mm ss forman la declinación. El signo es obligado y no debe haber espacios entre el signo y los grados.

época corresponde a la época de las coordenadas. Si se pone un 0, el programa calculará la época del día de la observación.

tint es el tiempo de integración que se desea.

mult es la multiplicidad respectiva.

oo es un identificador que puede ser '**o**' o '**c**'. Si es una '**o**', el sistema considerará que se está observando un "objeto", independientemente del indicador "estrella-cielo" de la figura 3; si se trata de una '**c**', se considerará un "cielo", también independientemente del indicador "estrella-cielo".

adic es información adicional que puede suministrar el usuario, como el tipo espectral o la magnitud, por ejemplo, pero que no tiene ningún uso para el fotómetro.

A continuación se muestra un ejemplo de 3 renglones, que luego se tabula para identificar más fácilmente los campos.

```
23 GM231-C1 22 15 38.6 +04 16 17 2000.00 10 6 o 7.3 F0
```

```
24 cielo      22 15 33.6 +04 16 25 2000.00 10 2 c 211231
```

```
25 GM699-V 22 18 51.3 +04 08 35 1900.00 10 10 o 9.1 F0
```

nn1	nn2	ar			dec			época	tint	mult	o o	adic
		(hh mm ss.s)			[+/-]gg mm ss							
23	GM231-C1	22	15	38.6	+04	16	17	2000.00	10	6	o	7.3 F0
24	cielo	22	15	33.6	+04	16	25	2000.0	10	2	c	211231
25	GM699-V	22	18	51.3	+04	08	35	1900.00	10	10	o	9.1 F0

Los renglones totalmente vacíos en el archivo se toman como inexistentes y el programa los ignora, de manera que pueden insertarse renglones vacíos para separar secciones en el archivo de objetos. Los elementos *tint*, *mult*, *oo* y *adic* no son indispensables; el programa tomará por defecto *tint*=1, *mult*=1 y *oo* = 'o'.

Una vez que se han desplegado los datos deseados, puede oprimirse el botón 'Mueve' a fin de que el telescopio se mueva a las coordenadas del objeto correspondiente. Si es necesario, se pueden editar las coordenadas del objeto en su respectiva ventanita, pero debe tenerse en cuenta que esos cambios no se actualizarán en el archivo de objetos, a menos que se oprima el botón "agregar", en cuyo caso se agregarán las coordenadas corregidas como si fuera un nuevo objeto.

Cuando el telescopio ha llegado a la posición deseada, es posible que haya algunos segundos de arco de error en el posicionamiento. En este caso, el usuario corregirá con la paleta del telescopio; si el error es considerable, se sugiere que antes de ir al siguiente objeto se oprima el botón 'Corrige' (esto equivale a la opción 'corr' en la consola).

Cuando el telescopio ya está en la posición deseada, puede usarse el botón 'Integra'. En este caso, el identificador (*id*), el tiempo de integración (*t_int*) y la multiplicidad (*mult*) se copiarán a los campos superiores mostrados en la figura 4 y la integración dará inicio.

2.1.6. Tiempo y comentarios

En la parte inferior de la ventana se estarán desplegando el Tiempo Universal (GMT) y el Tiempo Sideral Local (LST). En esta misma zona, existe el botón 'Comentarios'. Al activarse, aparecerá la ventana de la figura 6, donde podrá teclearse un comentario de hasta 50 caracteres seguido de la tecla 'Enter'. El comentario se agregará al archivo de datos.

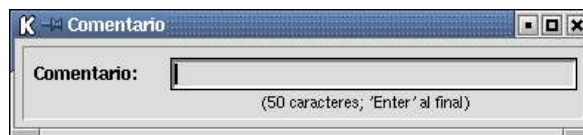


Figura 6. Ventana para comentarios.

2.2. Configuración

Al accionar en la ventana principal el botón 'Configuración', se desplegará otra ventana, que aparece en la figura 7.

En esta ventana, el usuario puede seleccionar si desea que sus datos de *uvby* vayan juntos con los de H β , o si los desea separados. En caso de que vayan juntos, el archivo de datos tendrá la terminación *.uh*. Si se almacenan separados, los de *uvby* terminarán con *.uv* y lo de H β con *.hb*. El usuario no debe poner la terminación al nombre del archivo; el sistema se la pondrá automáticamente.



Figura 7. Ventana de configuración.

Aquí, también es posible elegir el canal que se usará para hacer las gráficas y también podrá seleccionarse el factor de amplificación para las mismas, que puede ser 1, 2, 4, 6 y 8.

Así mismo, dado que el programa puede decidir si las cuentas que está obteniendo corresponden a una estrella o al cielo, el usuario deberá indicar el canal que se usará como referencia, tanto en *uvby* como en H β , y el valor del umbral de decisión. Por defecto, el umbral es 0 y los canales de referencia son *u* y *n*.

A fin de ayudar al usuario, el programa va desplegando en el modo H β el factor β dado por la fórmula

$$\beta = k_1 * (-2.5 * \log_{10}(N/W)) + k_2$$

El usuario deberá introducir los parámetros k_1 y k_2 que, por defecto, son 1.0 y 2.0, respectivamente.

En esta ventana, el usuario deberá escribir el nombre del archivo donde se almacenarán sus datos, sin incluir la terminación, pues el programa lo agregará automáticamente. Aquí puede proveer también un encabezado para el archivo de datos. Este encabezado se escribirá en el primer renglón del archivo. Si el archivo de datos ya existe, no se escribirá nada.

En la parte inferior de la ventana existen tres botones. "*Cerrar*" (permite cerrar la ventana), "*ventana de video*" (permite abrir una ventana donde se controlan las cámaras del fotómetro) y "*limpia acumulados*" (borra las gráficas de datos acumulados). Tanto la ventana de gráficas como la de control de las cámaras se describen en un párrafo posterior.

2.3. Ventana para el manejo de las cámaras auxiliares

Como ya se comentó arriba, el fotómetro cuenta ahora con 2 cámaras auxiliares, una en lugar del ocular de campo y otra en lugar del ocular de diafragma. La primera de ellas tiene acoplado un intensificador de imágenes que permite ver objetos muy débiles. Para manejarlas, existe la ventana que se muestra en la figura 8. Esta ventana aparecerá automáticamente al iniciar una sesión de trabajo, pero podrá llamarse cuando sea necesario usando el botón '*Ventana de video*' de la ventana de configuración mostrada en la figura 7.



Figura 8. Ventana para el manejo de las cámaras.

En esta ventana existen varias secciones que identificaremos a continuación:

- **Ganancia.** Ganancia digital de la imagen al digitalizarla. Este valor puede variar de 0.5 a 8.0.
- **Barra de control de ganancia.** Moviendo el cursor de esta barra se podrá variar la ganancia digital.
- **Fuente de video:** Campo, Diafragma y Buscador. Es posible elegir aquí la imagen de qué cámara se verá en el monitor.
- **Tiempo de integración.** Determina el tiempo que se integrará la imagen en el CCD de la cámara antes de su lectura. El valor debe estar en milisegundos. Puede teclearse directamente en la ventana de edición o, al activar el botón, podrá seleccionarse alguno de los tiempos predeterminados.
- **Imagen en PC.** Este pequeño botón permite desplegar en una ventana en la computadora la imagen que se observa en el monitor de video.
- **Integrar.** Con este botón se inicia la integración en la cámara. Al iniciar la integración, este botón cambiará su etiqueta por "Detener" y, por tanto, su funcionalidad, por lo que entonces se puede usar para detener la integración.

- **Abrir/Cerrar obturador.** Con estos botones es posible abrir o cerrar el obturador electromecánico localizado en la parte superior del fotómetro. Este obturador permanece cerrado mientras no se inicie una integración. Introducir cualquiera de los espejos que mandan la luz a los periscopios, abrirá el obturador. En este caso, no se podrá cerrar usando el botón.
- **Cerrar.** Cierra la ventana.

3. USO DEL TECLADO

Puede usarse el teclado directamente para realizar algunas funciones. Las teclas o combinaciones de ellas que están activas son las siguientes:

- F1** - regresa una posición el cursor en el catálogo de estrellas desplegado.
- F2** - avanza una posición el cursor en el catálogo de estrellas desplegado.
- F3** - mueve el telescopio a la posición seleccionada en el catálogo. Esta posición puede modificarse antes de mover el telescopio en las ventanas de edición donde se despliegan las coordenadas del objeto.
- F4** - introduce el periscopio de campo, desplegando en el monitor la imagen obtenida por la cámara respectiva.
- Shift-F4** - saca el espejo del periscopio de campo, desplegando en el monitor la imagen de la cámara del buscador.
- F5** - introduce el espejo del periscopio del diafragma, desplegando en el monitor la imagen obtenida por la cámara respectiva.
- Shift-F5** - saca el espejo del periscopio de diafragma, desplegando en el monitor la imagen de la cámara del buscador.
- F6** - ordena a la consola que corrija sus coordenadas.
- F7** - inicia una integración múltiple tomando los parámetros del renglón seleccionado en el catálogo, en caso de haberse accedido a uno.

F8 - cambia alternadamente el identificador de estrella-cielo.

F9 - inicia una integración simple con el tiempo de integración dado en la ventana de edición respectiva.

Shift-F9 - inicia una integración múltiple con el tiempo de integración y la multiplicidad dados en sus respectivas ventanas, ignorando los parámetros del renglón seleccionado en el catálogo.

F10 - detiene una integración, escribiendo los datos en el archivo de salida, anteponiendo la frase 'Revisar el siguiente dato. Tecleaste ALTO.'.

F11 - abre la ventana de comentarios.

F12 - si la cámara, cuya imagen se está desplegando, no está integrando, inicia el proceso de integración; si ya estaba integrando, lo detiene.

Shift-Ctrl-T - incrementa en 1 el valor del tiempo de integración.

Shift-Alt-T - decrementa en 1 el valor del tiempo de integración.

Shift-Ctrl-M - incrementa en 1 el valor de la multiplicidad.

Shift-Alt-M - decrementa en 1 el valor de la multiplicidad.

(Flecha hacia arriba) - misma función que F1.

(Flecha hacia abajo) - misma función que F2.

4. LOS DATOS DE SALIDA

4.1. Gráficas de los datos

Conforme se van adquiriendo los datos, éstos se van desplegando, junto con su estadística, en la ventana principal (figura 2). Además, se van mostrando en forma gráfica como se muestra en la figura 9.

En la primera gráfica se va desplegando la integración en curso, sea simple o múltiple, en el canal previamente seleccionado. En la segunda se despliega lo que se ha integrado a lo largo de los últimos 45 minutos si se trata de una estrella. En la tercera se despliega lo que se ha integrado a lo largo de los últimos 45 minutos si se trata del cielo.

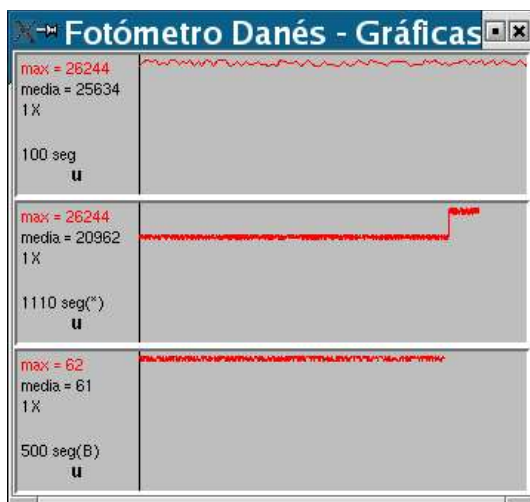


Figura 9. Gráficas en las que se representan los datos de salida.

En el caso de la primera gráfica, el ancho equivale al tiempo de integración. Si se trata de una integración múltiple, después de la primera integración la gráfica se compactará para permitir graficar el doble de tiempo, y así sucesivamente, hasta que el ancho equivalga

al tiempo de integración multiplicado por la multiplicidad.

En el caso de la segunda y de la tercera, ocurre un proceso similar, hasta que el ancho corresponda a las últimas 2700 muestras adquiridas (45 minutos).

La altura de la gráficas se va normalizando de manera dinámica con respecto a la cuenta máxima adquirida durante el proceso.

Después de seleccionar un nuevo canal para las gráficas en la ventana de "Configuración", la cuenta acumulada tanto para el objeto como para el cielo se borrará al empezar una nueva integración. También puede limpiarse la cuenta acumulada usando el botón "Limpia acumulados" de la ventana "Configuración".

4.2. Los archivos de salida

Como ya se mencionó, se cuenta con la posibilidad de obtener los datos en un solo archivo de salida o separando en un archivo los datos de cuatro colores y en otro los de H β . Esto puede hacerse en la ventana de configuración. La opción por defecto es con archivos separados. Si se eligen archivos separados, las terminaciones serán '.uv' para cuatro colores y '.hb' para H β . A continuación se describen los diferentes campos:

- Un caracter que puede ser 1 o 0. 0 significa estrella y 1 cielo.
- Un espacio.
- 4 caracteres que indican un número secuencial en los registros del archivo.
- Un espacio.
- 9 caracteres que corresponden al identificador del objeto.
- Espacio.
- 2 caracteres con el tiempo de integración.
- Espacio.
- 6 caracteres, con el tiempo sidereal medido localmente en San Pedro Mártir.
- Espacio.
- En el caso de *uvby*, cuatro campos de 8 caracteres con la cuenta total

integrada en los cuatro canales correspondientes del fotómetro. En el caso de *Hß*, serán 2 campos. Cada campo está separado del otro con un espacio.

- Espacio.
- Un caracter con el número de diafragma.
- Espacio.
- 5 caracteres, que por lo pronto son guiones (-), excepto el segundo donde se ha puesto una u para el caso de cuatro colores y una H para *Hß*. Los demás se han mantenido por compatibilidad con los programas existentes.
- Un espacio.
- 7 caracteres con la fecha universal, siendo 0 el primer caracter.
- Un espacio
- 6 caracteres con la hora universal

Los formatos respectivos se ilustran en los siguientes ejemplos:

uvby:

```
1 446 kk05    10 215214    30    20    33    44 0 -u--- 0111002 091715
```

Hß:

```
0 50  obj1    10 213432    169    116 0 -H--- 0111002 090115
```

Si se elige la opción de un solo archivo, las terminaciones serán sólo '.uh'. El formato es similar al de cuatro colores, remplazando la 'u' por 'H' cuando se trate de *Hß*, poniendo los valores de 'N' y 'W' en lugar de 'U' y 'V' y un cero en las columnas de 'B' y 'Y'. El siguiente ejemplo lo ilustra:

```
0 101 obj4    10 193334    34    15    41    68 0 -u--- 0111003 090043  
1 102 obj4    20 193349    188    115    0    0 0 -H--- 0111003 090058
```

Para aclarar el significado de cada campo, para el primer renglón del ejemplo se tiene lo siguiente:

0 - estrella

101 - Es el renglón 101

obj4 - Identificador del objeto

10 - 10 segundos de integración

193334 - Las 19:33:34 siderales en SPM al momento de realizar la integración

34 15 41 68 - totales en U, V, B, Y, respectivamente.

0 - Diafragma número 0

0111003 - 11 de octubre de 2003

090058 - 09:00:58 universales (GMT)

5. MANUAL DEL USUARIO

5.1 Proceso de encendido

- a) Encienda la computadora maestra que se encuentra en el cuarto trasero del piso del telescopio, identificada como PC_Danés. Es una computadora tipo industrial que, normalmente, debe estar siempre encendida. No es necesario encender el monitor. De hecho, la computadora no debería tener instalado un monitor.
- b) Espere unos 30 segundos para asegurarse de que la computadora ha iniciado todos sus procesos.
- c) Encienda la caja que se encuentra junto a la computadora. Esta caja contiene las fuentes de alimentación del sistema de adquisición y control del fotómetro, así como de las fuentes de alto voltaje.
- d) En la computadora '*agua1*', inicie una sesión gráfica como "observa".
- e) En el panel de la computadora deberá existir un ícono que inicia la interfaz de usuario. En caso de no existir este ícono, abra ahora una 'consola' de mandos en línea y teclee en ella "stromgren".
- f) Se habrán abierto ahora un conjunto de ventanas en la computadora y el sistema está listo para empezar a trabajar.

5.2. Al terminar una noche de observación

Al terminar una noche de observación típica, no es necesario apagar el sistema ni terminar el programa. Pero sí es necesario poner la compuerta en su posición "cerrado". Recuerde que esto debe hacerse manualmente con la perilla correspondiente ubicada en la parte superior del fotómetro en el costado "Este".

También es recomendable cerrar el obturador usando el botón "cerrar" de la ventana de manejo del video.

5.3. Apagado

- a) Para apagar el sistema, salga de la interfaz de usuario usando el botón "Salir" o activando la pequeña cruz de la parte superior derecha de la ventana principal.
- b) Apague ahora la caja de las fuentes que se encuentra junto a la computadora maestra dentro del gabinete.
- c) No es necesario apagar la computadora maestra. En caso de que requiera apagarla, teclee en la computadora del usuario (*agua1*), en una ventana de mandos, "apaga_danes". Esto cerrará todos los procesos en la computadora maestra y, transcurrido un minuto, puede apagar físicamente la computadora usando el interruptor correspondiente. La computadora no se apaga completamente por sí sola con el mando "apaga_danes"; sólo cierra los procesos por lo que será necesario apagar el interruptor correspondiente.

5.4. Usando las cámaras

- a) Al empezar, seleccione la cámara cuya imagen desea ver en el monitor. Esta acción debe tener correspondencia con el estado del fotómetro. Por ejemplo, si se selecciona la cámara del periscopio de campo, se supone que el espejo de dicho periscopio se encuentra en la posición 'dentro'.

- b) Elija ahora el tiempo de integración en milisegundos. Si está usando la cámara de campo, recuerde que está intensificada, por lo que no es necesario elegir tiempos de integración muy grandes, a menos que la estrella sea extremadamente débil. El usuario podrá determinar con facilidad los tiempos de integración adecuados para sus objetos y sólo como sugerencia anotamos aquí que para la cámara de los diafragmas, bastará con uno o dos segundos de integración para una estrella de magnitud 8.
- c) Oprima ahora el botón 'Integrar' para iniciar la integración. Cabe mencionar que cuando la integración está suspendida, el monitor muestra la imagen obtenida por la cámara en tiempo real.
- d) Ajuste ahora la ganancia digital para mejorar el contraste en el despliegue.
- e) Reajuste el tiempo de integración si es necesario. Recuerde no exponer la cámara intensificada a objetos muy brillantes. Si su trabajo lo va a realizar con objetos de magnitudes menor que 6, avise con tiempo al coordinador de mantenimiento para que el personal técnico le instale una cámara sin intensificador en el periscopio de campo.

5.5. Para ubicar el centro del campo.

- a) Apunte una estrella brillante, asegurándose de que el obturador del fotómetro esté cerrado. También puede introducir los espejos de los periscopios de campo y de diafragma para proteger los tubos fotomultiplicadores.
- b) Centre la estrella en el buscador del telescopio. Para esto use la cámara del buscador seleccionando "buscador" como fuente de video en la ventana de manejo de las cámaras.

- c) Enfoque el buscador si es necesario. Con el buscador mal enfocado obtendrá estrellas muy grandes y quedará sobre-limitada la magnitud límite en el buscador.
- d) Corrija las coordenadas de la consola.
- e) Apunte ahora una estrella más débil. Procure que sea una estrella no muy intensa, de preferencia de magnitud 8 o mayor.
- f) Introduzca el espejo del periscopio de campo. En la ventana de manejo de las cámaras, la fuente de video cambiará a "campo" automáticamente.
- g) Si no ve la estrella en el monitor, ajuste el tiempo de integración y la ganancia.
- h) Si la estrella aún no se ve y está seguro de que está correctamente centrada en el buscador, mueva el telescopio ligeramente usando la paleta de control hasta ver la estrella. Es probable que los centros del buscador y de la cámara del periscopio de campo no coincidan en el monitor, por lo que deberá marcarlos una vez localizados.
- i) Enfoque el telescopio.
- j) Saque el espejo del periscopio de campo y meta el de diafragmas. En la ventana de manejo de las cámaras deberá haber cambiado a 'Micro' la fuente de video.
- k) Recentre la estrella en el diafragma deseado. Puede iluminar ligeramente el diafragma usando la perilla correspondiente en un costado del fotómetro para ayudarse a localizar los bordes del diafragma. Recuerde que el diafragma 0 es el más grande y el 5 es el más pequeño, exceptuando la posición 3 que corresponde a un campo totalmente abierto. (Ver sección 1.)
- l) Saque ahora el espejo del periscopio de diafragmas y meta el de

campo. Nuevamente, habrá cambiado automáticamente a 'Campo' la 'Fuente de Video' de la ventana de manejo de las cámaras.

- m) Marque en el monitor la posición de la estrella, que corresponderá al centro del diafragma y verifique el centro en el buscador. Corrija las coordenadas del objeto (botón 'Corrige' o mando 'corr' en la consola).
- n) Así, la próxima vez que apunte una estrella, sólo hará falta llevar la estrella a la marca usando el periscopio de campo. Con esto estará seguro que la estrella está en el centro del diafragma, pero puede verificarlo rápidamente antes de integrar.

5.6. Actualizando los parámetros.

Ahora, antes de empezar a observar, es importante actualizar algunos parámetros del programa.

- a) Decida en este punto si desea los datos de *uvby* junto con los de $H\beta$ y marque la opción correspondiente en la ventana de "parámetros".
- b) Decida qué canales se graficarán al ir integrando. En el modo *uvby* puede usarse cualquiera de los canales *u*, *v*, *b* y *y*. En el modo $H\beta$ puede usarse cualquiera de los canales *n* y *w*.
- c) Decida el factor que desea emplear al graficar los datos. Los factores posibles son 1, 2, 4, 6 y 8.
- d) Seleccione qué canal se usará para que el programa decida si se está observando una estrella o el cielo. Especifique también el número de cuentas que determinarán el umbral de decisión.
- e) Decida los coeficientes k_1 y k_2 que el programa usará en el cálculo de β . Si no le interesa este cálculo, deje los valores que el programa tiene por defecto.

- f) Asigne un nombre al archivo donde se escribirán sus datos. Omita la terminación, pues recuerde que el programa se la asignará automáticamente.
- g) Teclee un encabezado para el archivo con un máximo de 50 caracteres. Se recomienda un encabezado descriptivo, pero puede dejarlo vacío si lo desea.

Para determinar algunos de los valores mencionados, puede ser necesario que el usuario haga primero una integración simple para cuantificar el flujo recibido de la estrella.

5.7. Sugerencias para sus observaciones.

Ahora es posible iniciar sus observaciones:

- a) Centre la estrella en el diafragma a utilizar.
- b) Haga una integración simple o múltiple
- c) Para hacer una integración del cielo, mueva el telescopio ligeramente hasta asegurar que la estrella ha salido del diafragma.
- d) Haga también una integración simple o múltiple, según lo desee.
- e) Si una vez iniciada una integración nota que eligió mal el umbral para decidir si se tiene una estrella o el cielo, después de la primera integración es posible elegir manualmente "estrella" o "cielo", según el caso.
- f) Es recomendable que elabore un catálogo para agilizar sus observaciones. Existen varios archivos previamente elaborados en la computadora del usuario que pueden usarse como ejemplo. También en la página

["www.astrosen.unam.mx/Ens/Instrumentacion/manuales/danes/nuevo/ejemplos"](http://www.astrosen.unam.mx/Ens/Instrumentacion/manuales/danes/nuevo/ejemplos)

puede encontrar algunos ejemplos de estos catálogos.

- g) Use el botón "Comentarios" siempre que lo considere necesario. No omita cualquier información que pueda serle útil al analizar sus datos.

6. CALIBRACIONES Y AJUSTES

El instrumento de calibrarse periódicamente en longitudes de onda de las bandas *uvby* en prevención de eventuales desajustes en la posición mecánica de la rejilla de difracción. Esta calibración también debería realizarse después de que se haya trabajado en el interior del instrumento. La sección H β está exenta de estos desajustes al estar basada en filtros de interferencia y carecer de partes móviles.

Otras calibraciones periódicas son: los niveles de voltaje de alimentación a los fotomultiplicadores y los niveles de ganancia y de discriminación de la electrónica de lectura de los pulsos, a fin de compensar la pérdida gradual de sensibilidad de los tubos o cuando tenga que reemplazarse uno de éstos. También, cada vez que se establezcan nuevos niveles de trabajo se deberá re-determinar la constante de tiempo muerto de cada canal, para la corrección adecuada de las cuentas en la reducción de los datos.

Menos frecuentemente, pero no menos importante, conviene también comprobar la alineación óptica interna, en particular de la sección *uvby*, más delicada y expuesta a desajustes, especialmente al trasladar el instrumento o cuando se realice algún trabajo de ingeniería en su interior.

6.1. Ajustes de la inclinación de la rejilla

El ángulo de la rejilla puede cambiarse girando el tornillo micrométrico que se muestra en la figura 10. La posición del tornillo puede verse en el medidor correspondiente. Media vuelta del tornillo, que equivale a aproximadamente 0.1 unidades en el medidor, corresponde a un desplazamiento en longitud de onda de 10 Å. (Una unidad en el medidor equivale a un recorrido aproximado de 1 mm en el tornillo.)

Un incremento en el número del medidor corresponde a un incremento en la longitud de onda para un punto dado en el arreglo de “rendijas”.

La longitud de onda del borde de la “rendija” b (4801 Å) es muy cercana a la longitud de onda de una línea fuerte de emisión del Cadmio en 4799.9 Å. Por lo tanto, esto puede usarse para encontrar la posición correcta de la rejilla.



Figura 10. Fotografía del fotómetro donde se muestra la tapa que cubre la perilla del tornillo así como la carátula del medidor

Para esto, entonces, puede iluminarse la pantalla colocada en la cúpula con la luz de una lámpara espectral de Cadmio. Luego, habrá que apuntar el telescopio hacia la pantalla y medir la señal del canal b en diferentes ángulos de la rejilla usando el diafragma más pequeño (No. 5). Se recomienda avanzar en pasos de 0.02 unidades desde 0.3 hasta 0.6.

Al entrar la línea del Cadmio a la “rendija” se notará un incremento en la señal por aproximadamente 50 %. El valor original medido para el tornillo micrométrico a la mitad del escalón es de 0.471 y no ha cambiado significativamente. Se recomienda repetir el proceso varias veces para tener una mejor medida.

Una vez ubicada la posición del centro del escalón, deberán agregarse 0.011 unidades a la posición del tornillo, que corresponden a la diferencia entre 4801 Å y 4799.9 Å.

Nota: Debido a que el Cadmio tiene una línea de emisión muy cercana en 4678.15 Å (ver figura 11), un poco menos intensa, es importante tener cuidado ya que es posible confundir ambas líneas, especialmente si se ha removido la rejilla, ya que la holgura de sus tornillos de sujeción es suficiente para dar lugar a la confusión. Una manera de determinar cuál es la línea que se está observando es el salto en el nivel de cuentas. Normalmente, el salto debería pasar de ~20000 a ~30000 pulsos por segundo (estos números pueden ser algo diferentes, pues dependen de diferentes factores tales como la forma de iluminar la pantalla y las condiciones ópticas del telescopio, pero dan una idea del nivel de cuentas esperado).

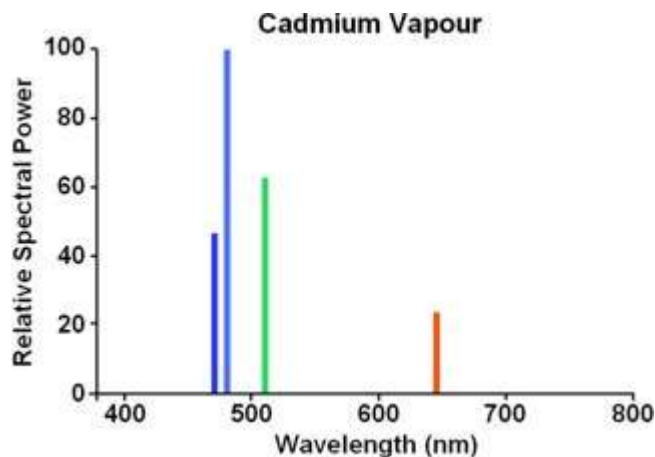


Figura 11. Líneas intensas de emisión del Cadmio

Un método alternativo consiste en usar la rendija H δ , de 200 micras de ancho, equivalente a unos 4 Å en el espectro, de la cual está provisto el fotómetro y que puede insertarse en el canal v.

Gracias a esta rendija pueden hacerse calibraciones espectrales muy precisas utilizando la banda de absorción H δ de las envoltentes estelares, con estrellas de baja velocidad radial y adecuado tipo espectral. Se debe utilizar una estrella del tipo indicado y una magnitud tal que el número de cuentas obtenidas en el canal v, con la

rendija $H\delta$ puesta, sea del orden de 50000 a 200000 cuentas por segundo.

Aquí también deberá hacerse un barrido al ángulo de la rejilla desde 0.3 hasta 0.6 en incrementos de 0.02 unidades para determinar la posición exacta del mínimo de la señal, donde deberá quedar colocada la rejilla de difracción.

Se deberá hacer una serie de medidas en sentido creciente y decreciente para tener en cuenta cualquier posible efecto de histéresis o flexiones del conjunto tornillo-medidor.

Este procedimiento requiere de tener el telescopio correctamente enfocado y con un buen seeing, por lo que muchas veces se preferirá usar la lámpara de cadmio.

Es recomendable determinar el ángulo de la rejilla periódicamente, unas cuatro veces por año, pero, especialmente después de haber trabajado en el interior del fotómetro. Las variaciones térmicas de una noche producen un efecto despreciable.

6.2. Ajustes al voltaje de alimentación y al nivel de discriminación

Actualmente, los voltajes de alimentación de los tubos fotomultiplicadores se encuentran calibrados, pero, eventualmente, especialmente al reemplazar uno de los tubos, seguramente será necesario calibrar el voltaje de alimentación. Para esto, será también necesario encontrar el mejor nivel de discriminación de los pulsos. Es recomendable que esto lo realice personal con experiencia, preferentemente en presencia del responsable del fotómetro.

Cabe mencionar antes que el fotómetro cuenta con 6 fuentes individuales de alta estabilidad para alimentar a los tubos fotomultiplicadores. Así mismo, el sistema electrónico de lectura de los pulsos cuenta con dos interruptores deslizables que permiten

elegir entre dos niveles de amplificación y entre 6 niveles de discriminación (ver Apéndice D). Un nivel de ganancia es 10 veces mayor que el otro (0 = menor ganancia [10 x]; 1 = mayor ganancia [100 x]). Las seis diferentes posiciones posibles del interruptor ponen en la entrada del comparador correspondiente los siguientes niveles de comparación:

Posición	Voltaje
1	0.4 V
2	0.58 V
3	0.86 V
4	1.26 V
5	1.85 V
6	2.71 V

Es recomendable poner primero un alto nivel de comparación (ganancia = 0 y discriminador = 5 o 6). Luego se deberá variar el voltaje de alimentación hasta encontrar el *plateau* de la respuesta, es decir, los valores de voltaje para los cuales la señal deja de crecer significativamente y empieza a crecer la corriente oscura.

Una vez determinado ese voltaje, habrá que repetir lo mismo pero dejando fijo el voltaje y variando el nivel de discriminación así como la ganancia. Esto también permitirá encontrar un punto donde dejará de variar significativamente la señal y empezará a crecer la corriente oscura. Nuevamente, esto determinará el mejor nivel de discriminación.

Puede repetirse el proceso completo a fin de determinar una mejor combinación de voltaje y de discriminación. Generalmente, se ha dejado una corriente oscura del orden de 20 cuentas por segundo a una temperatura ambiente de 5 °C, pero tómesese en cuenta que la corriente oscura crece de manera significativa con la temperatura

ambiente.

6.3. Determinación de las constantes de tiempo muerto

Como ya se mencionó, el número de cuentas medida por unidad tiempo N_o y el número de cuentas real N_r se relacionan mediante la ecuación:

$$N_r = N_o / (1 - N_o \tau)$$

donde τ es la constante de tiempo muerto. Los valores recientemente adoptados son el promedio de varias mediciones realizadas por diferentes observadores y se muestran en la tabla 5. Si el usuario del fotómetro desea determinar sus propias constantes de tiempo muerto, podrá usar un conjunto de estrellas estándar o una lámpara de tungsteno alimentada con una fuente de voltaje estabilizado.

El procedimiento consiste entonces en tomar una lectura de la señal sin usar el filtro neutro y otra usando el filtro neutro. Deberá cuidarse de que el nivel de señal no sea muy alto a fin de que el mismo valor de tiempo muerto no afecte la lectura. Esto permitirá determinar el factor de atenuación del filtro neutro:

$$b_i = N_{osf} / N_{of} \quad (i)$$

donde

N_{of} = Número de cuentas observado con filtro neutro

N_{osf} = Número de cuentas observado sin el filtro neutro y

b_i = Constante de atenuación del filtro neutro para el canal i .

Deberán tomarse ahora mediciones con un nivel de señal más alto, sin llegar a saturar a la electrónica. Se recomiendan valores del orden de entre 300000 y 600000 cuentas.

La fórmula

$$\tau_i = (N_{of}b - N_{osf}) / (N_{of}N_{osf} (b_i - 1)) \quad (ii)$$

permitirá determinar las constantes de tiempo muerto. Puede hacerse el cálculo iterativo corrigiendo por el tiempo muerto los valores usados para el cálculo del factor de atenuación en la fórmula (i) y poniendo el valor resultante en la fórmula (ii). Puede repetirse este proceso tantas veces como se considere necesario.

Haciendo varias mediciones será posible encontrar un valor promedio de la constante de tiempo muerto, que dará más confiabilidad al resultado.

6.4. Alineación óptica

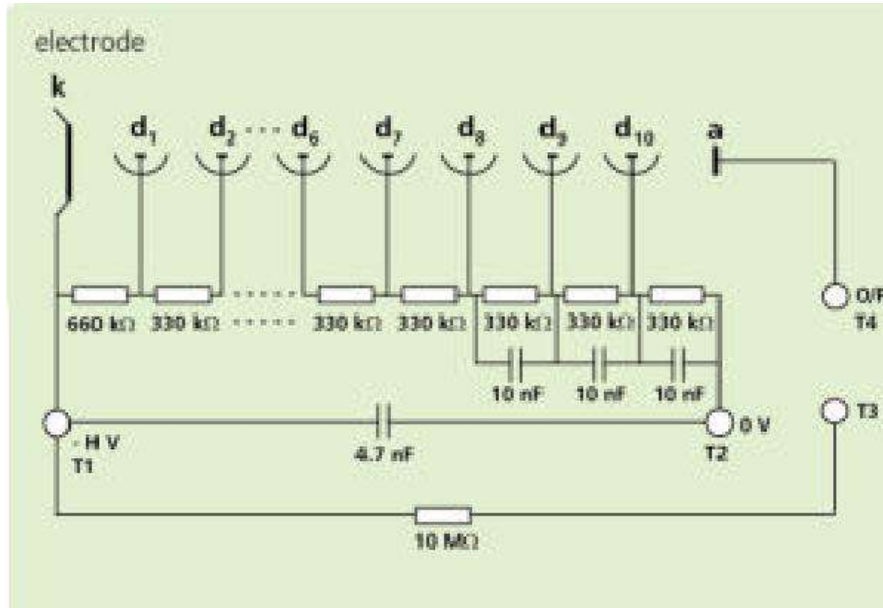
Una primera manera de asegurarse de que el camino óptico se encuentra centrado sobre las rendijas consiste en hacer un barrido con una estrella a través del diafragma más grande (No. 3) en el sentido perpendicular a la dispersión espectral (con el fotómetro instalado en el telescopio de 1.5 m de San Pedro Mártir en su forma convencional, esto corresponde a un desplazamiento en la dirección Norte-Sur). En un sentido, moviendo hacia el norte, el espectro llega a salirse de las rendijas produciendo un aumento en el número de cuentas al hacerse más ancho. En sentido contrario, el espectro se oculta en la montura de las rendijas disminuyendo el número de cuentas por canal. Graficando los resultados obtenidos es posible determinar qué tan alineado se encuentra el sistema óptico.

Otra manera de verificar la alineación es introduciendo en lugar de los tubos fotomultiplicadores los cilindros que para este propósito se han construido. La superficie superior de los cilindros, de material translúcido, tienen dibujado un par de círculos concéntricos que permiten observar directamente la “mancha” producida por las lentes de fabry proyectada en esta superficie. Una buena alineación producirá una mancha perfectamente centrada cuando se observa una estrella centrada en los diafragmas. El tubo usado en el canal U tiene en su superficie una tinta fosforescente que permite ver la

mancha ultravioleta. Asegúrese en este caso de que la tinta no es demasiado vieja para que produzca una fosforescencia razonable.

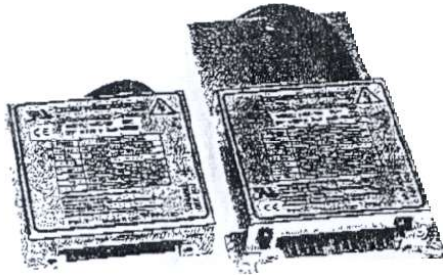
El fotómetro ha demostrado ser muy robusto y no requiere de ser alineado cuando se usa de manera normal. Seguramente habrá que alinearlo cuando se transporte de un lugar a otro o cuando se haga algún trabajo en su interior. Si el fotómetro requiere de ser alineado, notifíquelo al personal técnico. Una alineación que sólo implique mover las monturas de los tubos podrá hacerse en el telescopio. Si se requiere mover alguna otra componente habrá que llevar el fotómetro al laboratorio y esta operación sólo debería realizarla el personal óptico del Observatorio.

APÉNDICE A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL DIVISOR DE VOLTAJE DE LOS FOTOTUBOS



APÉNDICE B. HOJAS DE DATOS DE LAS FUENTES DE ALTO VOLTAJE

brandenburg Model 2482



Miniature Photomultiplier Modules
Output Voltages 500V, 1kV, 2kV & 3kV
4 Watts Power Rating

Features

- $\pm 12V$ or 24V dc nominal input
- Excellent line and load regulation
- Low output ripple, noise and temp'co
- Remote voltage programming
- Internal precision reference
- Voltage monitor
- Low Profile
- Surface mount technology
- UL, CSA, EN and CE approved

Description

Through the use of state of the art surface mount technology the 2482 series is able to offer considerable advantages over equivalent products both electrically and mechanically. These modules are designed to operate from dc supply of either $\pm 12V$ or 24V, and provide a closely controlled high voltage output. The use of high stability components in the feedback system, ensures a low temperature coefficient and good long and short term drift. The modules are coated and housed within a metal case, providing excellent screening. The output voltage may be controlled from zero to maximum output by either an external control voltage or by a user accessible multi-turn potentiometer. These units will deliver up to 4W of regulated power at their maximum voltage settings. For ease of operation a precision internal reference is provided (9.00V) for use with an external control potentiometer.

Ordering Information

Input Voltage	Output Voltage	Output Current	Ripple pk-pk	Order Code Footprint A	Order Code Footprint B
$\pm 12V$	+500V	8mA	5mV	2482-101	2482-107
$\pm 12V$	-500V	8mA	5mV	2482-201	2482-207
$\pm 12V$	+1kV	4mA	4mV	2482-102	2482-108
$\pm 12V$	-1kV	4mA	4mV	2482-202	2482-208
$\pm 12V$	+2kV	2mA	2mV	2482-103	2482-109
$\pm 12V$	-2kV	2mA	2mV	2482-203	2482-209
$\pm 12V$	+3kV	1.3mA	5mV	2482-131	2482-132
$\pm 12V$	-3kV	1.3mA	5mV	2482-231	2482-232
+24V	+500V	8mA	5mV	2482-104	2482-110
+24V	-500V	8mA	5mV	2482-204	2482-210
+24V	+1kV	4mA	4mV	2482-105	2482-111
+24V	-1kV	4mA	4mV	2482-205	2482-211
+24V	+2kV	2mA	2mV	2482-106	2482-112
+24V	-2kV	2mA	2mV	2482-206	2482-212
+24V	+3kV	1.3mA	5mV	2482-133	2482-134
+24V	-3kV	1.3mA	5mV	2482-233	2482-234

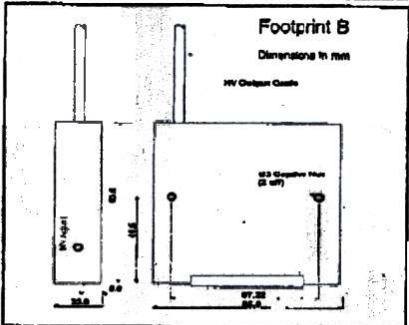
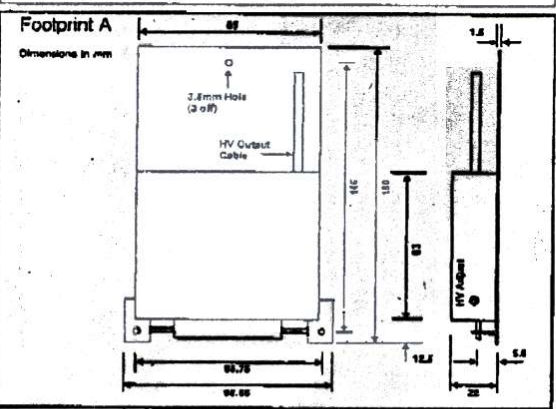


Electrical Specification			
Supply Input	±12V input	24V input	
Input voltage range	±12 to ±16V	24 to 30V dc	
Max. input Voltage	20V peak	32V peak	(Max duration 5 seconds)
Input current (No load)	±50mA	50mA	
Input current (Full load)	±330mA	330mA	
High Voltage Output			
Voltage, current & ripple	See ordering information (positive & negative versions available).		
Load regulation	<20ppm (0.002%) 0% to 100% load.		
Line regulation	<20ppm/V (0.002%) over the full input voltage range.		
Stability (after 1hr warm-up)	<15ppm during any 15 minute period and <50ppm during any 8 hour period.		
Voltage control	0V to 8.0V for 0% to 100% of output rating (Input impedance >1MΩ).		
Temperature coefficient	<50ppm (0.005%) / degC at max voltage output.		
Protection	Output	Current is limited to approximately 110% of the maximum rated output, until overload condition is removed.	
Reference	Voltage	+8.00V ± 0.05% (Pin 10) Temp/co	<50ppm (0.005%) /degC
For local control, an internal multi-turn potentiometer is provided.			
For external control a 10kΩ potentiometer is recommended.			
Voltage monitor	500V	Ratio 100 : 1 ±1% (o/p impedance 100kΩ).	
	1 ,2 & 3KV	Ratio 1000 : 1 ±1% (o/p impedance 100kΩ).	
Safety	CE, IEC950 and UL/CSA 1950		

Mechanical Specification	
Dimensions	LxWxH footprint A: 160.27 x 98.55 x 22mm (6.31" x 3.88" x 0.866"), footprint B: 83 x 85 x 22mm (3.25" x 3.35" x 0.866")
Weight	130g (8 oz) approx.
Packaging	Aluminium case, Alu-chrome
Connections	Input: Low voltage and I/O control, 12 way PCB card edge connector, 0.156" pitch, supplied (part number: CON287-012) Output: RG-59/U screened cable, length 610mm (24"), unterminated

Environmental Specification	
Operating temperature range	-10 to +50 deg.C
Storage temperature range	-10 to +70 deg.C
Humidity	95%, +50 deg.C non condensing

Pin Assignments	
+Ve Supply Input	:Pin 3 or 4
-Ve Supply input (n/c on 24V)	:Pin 2 or 6
Supply & Signal 0V	:Pin 1,7 or 12
Control Input	:Pin 8
Fixed reference (+3V)	:Pin 10
Variable reference (0 to +9V)	:Pin 9
Voltage monitor	:Pin 11



APÉNDICE C. HOJAS DE DATOS DE TODOS LOS FOTOTUBOS ADQUIRIDOS PARA EL FOTÓMETRO.

ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.		ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.		ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.		ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.	
TYPE NO.	SERIAL NO.	TYPE NO.	SERIAL NO.	TYPE NO.	SERIAL NO.	TYPE NO.	SERIAL NO.
9789QA	32054	9789QA	32053	9789QA	32043	9789QA	
CATHODE	81 μ A/L	CATHODE	92 μ A/L	CATHODE	111 μ A/L		
A/L	VOLTS O/A	A/L	VOLTS O/A	A/L	VOLTS O/A	A/L	D.C. nA
10		10		10		10	
20		20		20		20	
50		50		50		50	
200		200		200		200	
2000	1180	2000	1050	2000	990	2000	0-25
5000	1290	5000	1150	5000	1080	5000	
C.B.	C.R.	C.B.	C.R.	C.B.	C.R.	C.B.	C.R.
8-1	0-8	7-5	4-8	9-4	3-9	10-7	4-5
88A	87	88A	87	88A	87	88A	87
⁶⁰ Co	⁵⁷ Co	⁶⁰ Co	⁵⁷ Co	⁶⁰ Co	⁵⁷ Co	⁶⁰ Co	⁵⁷ Co
%	%	%	%	%	%	%	%
639225		639225		639225		639225	
Ref. No. 10643C		Ref. No. 10643C		Ref. No. 10643C		Ref. No. 10643C	

ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.		ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.		ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.		ELECTRON TUBE DIVISION HAYES MIDDX.	
TYPE NO.	9789QA	TYPE NO.	9789QA	TYPE NO.	9789QA	TYPE NO.	9789QA
SERIAL NO.	7965	SERIAL NO.	7953	SERIAL NO.	7963	SERIAL NO.	7940
CATHODE	93 μ A/L	CATHODE	86 μ A/L	CATHODE	57 μ A/L	CATHODE	78 μ A/L
A/L	VOLTS/OA	A/L	VOLTS/OA	A/L	VOLTS/OA	A/L	VOLTS/OA
10	D.C. nA	10	D.C. nA	10	D.C. nA	10	D.C. nA
20		20		20		20	
50		50		50		50	
200		200		200		200	
2000	890 0-3	2000	950 0-2	2000	940 0-2	2000	1010 0-3
5000	970	5000	1020	5000	1020	5000	1100
C.B.	12.5 C.R. 2-7	C.B.	12-2 C.R. 1-8	C.B.	7-8 C.R. 0-9	C.B.	12.5 C.R. 1-4
88A	87	88A	87	88A	87	88A	87
60 Co	57 Co %	60 Co	57 Co %	60 Co	57 Co %	60 Co	57 Co %
E39225		E39225		E39225		E39225	
Ref. No. 10643C		Ref. No. 10643C		Ref. No. 10643C		Ref. No. 10643C	

Electron Tubes Limited

IMPORTANT—This test ticket must be returned with tube if making a guarantee claim.

ORDER NO. 24507 REF NO - 99A
Type: 9893Q/350A

Serial: 5243

TEST RESULT DATA

CB 11.1 CR 3.4 01 2.3
VOLTS @ 5000A/1m 2294.000 V
D/C @ 5000A/1m 0.850 mA
VOLTS @ 10000A/1m 2424.000 V

BGD @ KNEE VOLTS 19.000 CPS
QE @ 350nm 27.100 %
QE @ 410nm 23.890 %
QE @ 470nm 16.830 %
QE @ 550nm 4.730 %
QE @ 490nm 14.730 %

Electron Tubes Limited

IMPORTANT—This test ticket must be returned with tube if making a guarantee claim.

ORDER NO. 24507 REF NO - 99A
Type: 9893Q/350A

Serial: 5244

TEST RESULT DATA

CB 11.6 CR 6.1 01 2.8
VOLTS @ 5000A/1m 2181.000 V
D/C @ 5000A/1m 0.760 mA
VOLTS @ 10000A/1m 2302.000 V

BGD @ KNEE VOLTS 49.000 CPS
QE @ 350nm 25.620 %
QE @ 410nm 24.890 %
QE @ 470nm 18.470 %
QE @ 490nm 16.350 %
QE @ 550nm 5.580 %

Electron Tubes Limited

IMPORTANT—This test ticket must be returned with tube if making a guarantee claim.

ORDER NO. 24507 REF NO - 99A
Type: 9893Q/350A

Serial: 5247

TEST RESULT DATA

CB 11.1 CR 3.5 01 2.6
VOLTS @ 5000A/1m 2015.000 V
D/C @ 5000A/1m 0.500 mA
VOLTS @ 10000A/1m 2135.000 V

BGD @ KNEE VOLTS 15.000 CPS
QE @ 350nm 23.570 %
QE @ 410nm 22.460 %
QE @ 470nm 16.360 %
QE @ 490nm 14.520 %
QE @ 550nm 4.700 %

Electron Tubes Limited

IMPORTANT—This test ticket must be returned with tube if making a guarantee claim.

ORDER NO. 24507 REF NO - 99A
Type: 9893Q/350A

Serial: 5248

TEST RESULT DATA

CB 10.0 CR 2.2 01 2.
VOLTS @ 5000A/1m 2445.000 V
D/C @ 5000A/1m 0.900 mA
VOLTS @ 10000A/1m 2632.000 V

BGD @ KNEE VOLTS 39.000 CPS
QE @ 350nm 23.870 %
QE @ 410nm 21.570 %
QE @ 470nm 15.030 %
QE @ 490nm 12.930 %
QE @ 550nm 3.850 %

Electron Tubes Limited

IMPORTANT—This test ticket must be returned with tube if making a guarantee claim.

ORDER NO. 24507 REF NO - 99A
Type: 9893Q/350A

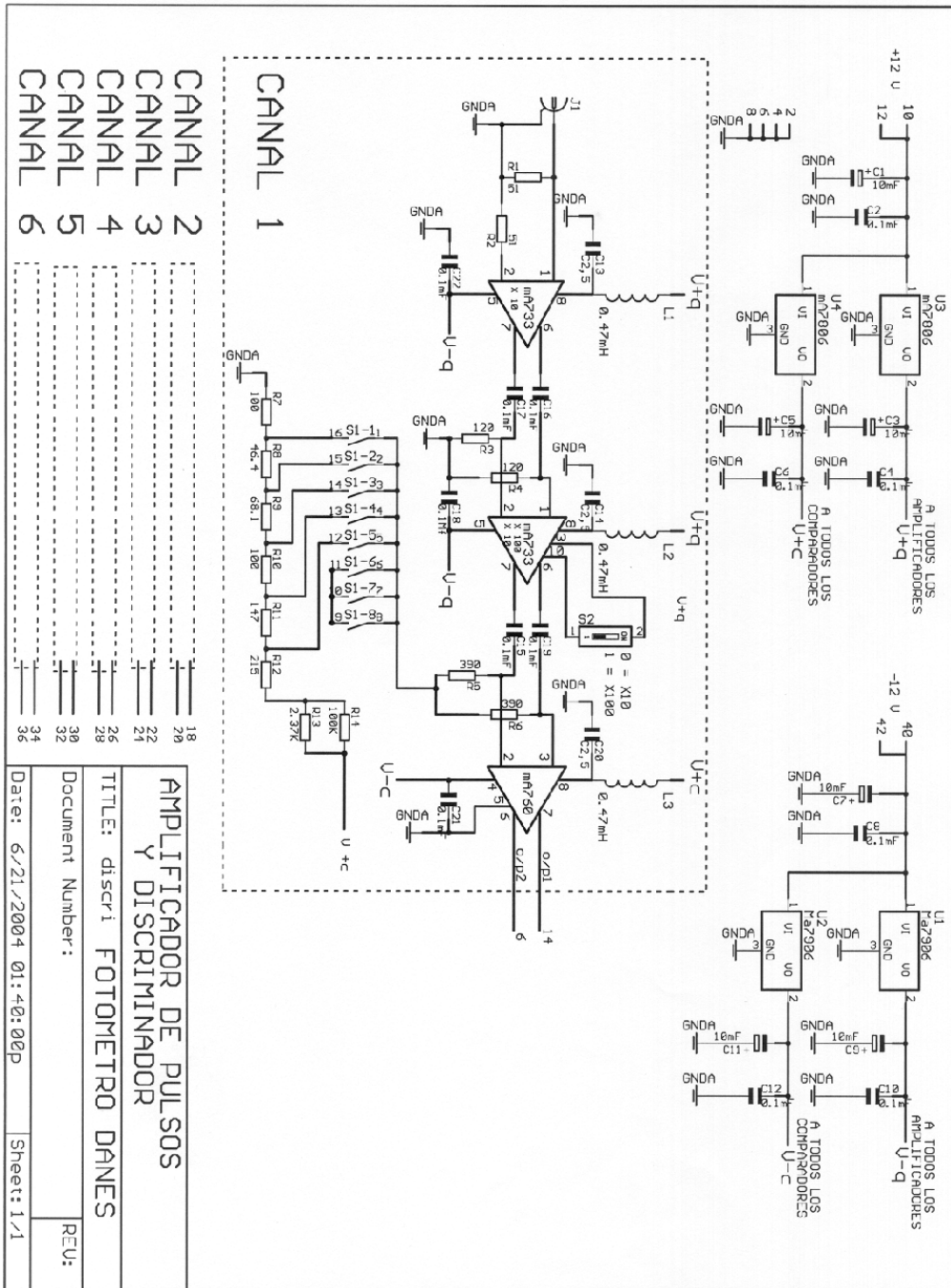
Serial 5249

TEST RESULT DATA

CR 11.6 CR 10.0 DL 1.9
VOLTS @ 5000A/1m 2146.000 V
D/C @ 5000A/1m 0.300 mA
VOLTS @ 10000A/1m 2263.000 V

BGD @ KNEE VOLTS	6.000 CDS
QE @ 350nm	24.940 %
QE @ 410nm	23.120 %
QE @ 470nm	17.400 %
QE @ 490nm	15.700 %
QE @ 550nm	5.860 %

APÉNDICE D. DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE LOS PREAMPLIFICADORES-DISCRIMINADORES



APÉNDICE E. FÓRMULAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LA ESTADÍSTICA.

Sea x_i el número de cuentas leído en un canal al segundo i -ésimo en una integración. Entonces, después del k -ésimo segundo, los datos desplegados en la ventana 2 son:

1.
$$suma = \sum_1^k x_n$$

2.
$$media = \frac{1}{k} \sum_1^k x_n$$

3.
$$desviacion = \frac{(x_k - \frac{1}{k} \sum_1^k x_n)}{(\frac{1}{k} \sum_1^k x_n)}$$

4.
$$error = \frac{100}{(\frac{1}{k} \sum_1^k x_n)} * \sqrt{\left(\frac{(\frac{1}{k} * \sum_1^k x_n^2 - (\frac{1}{k} \sum_1^k x_n)^2)}{(k-1)} \right)}$$

5.
$$N_* = N_{*c} - \frac{T_{*c}}{T_c} * N_c$$

donde N_* = Número de pulsos acumulados correspondientes a la estrella.

N_{*c} = Número de pulsos acumulados correspondientes a la estrella más el cielo (medidos directamente por el fotómetro)

N_c = Número de pulsos acumulados correspondientes al cielo

T_{*c} = Tiempo total de integración para la estrella más el cielo

T_c = Tiempo total de integración para el cielo

6.
$$PE_* = 100 \frac{\sigma_*}{N_*}$$

donde

$$\sigma_* = \sqrt{\sigma_{*c}^2 + \sigma_c^2}$$

$$\sigma_{*c} = \sqrt{N_{*c}}$$

$$\sigma_c = \frac{T_{*c}}{T_c} \sqrt{N_c}$$

por tanto,

$$\sigma_* = \sqrt{N_{*c} + N_c \left(\frac{T_{*c}}{T_c} \right)^2}$$

y, entonces,

$$PE_* = \frac{100}{N_*} \sqrt{N_{*c} + N_c \left(\frac{T_{*c}}{T_c} \right)^2}$$

7.
$$V(*, B) = \frac{\sigma_c}{\sigma_{*c}} = \frac{T_{*c}}{T_c} \sqrt{\frac{N_c}{N_{*c}}}$$

8.
$$H\beta(\text{instrumental}) = -2.5 \log\left(\frac{F_n}{F_w}\right)$$

y
$$H\beta(\text{estandar}) = k_1 H\beta(\text{instrumental}) + k_2$$

por lo que
$$beta = k_1 * (-2.5 \log\left(\frac{F_n}{F_w}\right)) + k_2$$

donde F_n = número de cuentas en el canal N y F_w = número de cuentas en el canal W. Los coeficientes k_1 y k_2 deben determinarse experimentalmente y en el fotómetro sólo se emplean para tener una idea aproximada de los resultados. Para la reducción de los datos se deberán determinar de manera precisa.