

**COMPLEJO ASTRONÓMICO EL LEONCITO**

**ESPECTRÓGRAFO REOSC**

**MANUAL OPERATIVO**

versión 1.3

Hugo Levato

Marzo de 1997

# Índice General

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ESPECTRÓGRAFO</b>	<b>2</b>
2.1	Ranura . . . . .	3
2.2	Visión frontal de la Ranura . . . . .	3
2.3	Decker . . . . .	4
2.4	Filtros de Color . . . . .	4
2.5	Obturador y Máscaras de Hartmann. . . . .	5
2.6	Colimador . . . . .	6
2.7	Red Echelle . . . . .	6
2.8	Dispersores Cruzados . . . . .	7
2.9	Cámara . . . . .	8
<b>3</b>	<b>EL MODO SIMPLE</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>AUXILIARES</b>	<b>13</b>
4.1	Fuentes de Comparación . . . . .	13
<b>5</b>	<b>EL DETECTOR</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>UNA NOCHE DE OBSERVACIÓN</b>	<b>17</b>
6.1	Al Atardecer . . . . .	17
6.2	De Noche . . . . .	18
<b>7</b>	<b>EL SOFT PMIS</b>	<b>21</b>
7.1	Inicio del Programa . . . . .	21
7.2	Adquisición de Imágenes . . . . .	23
7.2.1	Objetos . . . . .	23
7.2.2	Bias . . . . .	24
7.2.3	Darks . . . . .	24
7.2.4	Flats . . . . .	24
7.2.5	Lámparas de Calibración en Longitud de Onda . . . . .	24
7.3	Auxiliares del Soft . . . . .	25
7.3.1	Cambiar el Tamaño de la Imagen . . . . .	25
7.3.2	Mostrar las Cuentas . . . . .	25
7.4	Tareas Gráficas . . . . .	26
7.4.1	Plot . . . . .	26
7.4.2	Región de Interés (ROI) . . . . .	26

7.5	Tareas de Formateado del Chip . . . . .	28
7.5.1	Modificar el Formato del CCD . . . . .	28
7.5.2	Binning . . . . .	28
7.6	Mostrar una Imagen Anterior . . . . .	29
7.7	El Header . . . . .	29

**A ALGUNAS FÓRMULAS ÚTILES** **30**

## 1 GENERALIDADES

El espectrógrafo REOSC pertenece al Institute d'Astrophysique de Liege en Bélgica y se encuentra en préstamo en CASLEO para su uso en el telescopio de 2.15 m. Es un instrumento capaz de trabajar desde 3500 Å hasta 7500 Å y en dos modos operativos: en modo de dispersión cruzada (DC) y en modo de dispersión simple (DS). Para este último se reemplaza la red echelle por un espejo plano. Es necesario señalar que el espectrógrafo puede trabajar más allá de los 7000 Å pero no fue diseñado para ello y por lo tanto su eficiencia puede disminuir en ese rango.

La eficiencia general del espectrógrafo en combinación con el telescopio y el detector actual, aún no ha sido medida. El instrumento puede operarse en forma remota desde la Sala de Control para la mayor parte de sus funciones, es decir, espejo IN-OUT de comparación, lámparas de comparación y lámparas de flat. Actualmente se utiliza una cámara de TV intensificada, Fairchild, para adquirir el campo, pero no puede guiarse automáticamente con dicha cámara. Para tal propósito debe utilizarse una pequeña cámara adicional (SBIG) modelo ST-4 que puede guiar sobre cualquier estrella del campo más brillante que magnitud 11 aproximadamente. La selección de la estrella guía debe hacerse en forma manual, con un pequeño espejo móvil ubicado en el "offset guider" lo cual hace lento el proceso necesario para utilizar esta cámara. Próximamente este inconveniente será solucionado con la automatización del movimiento del espejo móvil con una nueva cámara que adquirirá el campo y a su vez permitirá el guiado automático.

El detector actualmente en uso con el espectrógrafo REOSC es un CCD TEK de  $1024 \times 1024$  pixeles.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL ESPECTRÓGRAFO

A continuación se describe cada parte del espectrógrafo comenzando por la que es atravesada primero por el haz de luz para luego seguir con las restantes. Las Figuras 1 y 2 muestran los diagramas para ambas configuraciones (DC y DS) respectivamente mientras que la Figura 3 muestra un diagrama óptico más detallado.

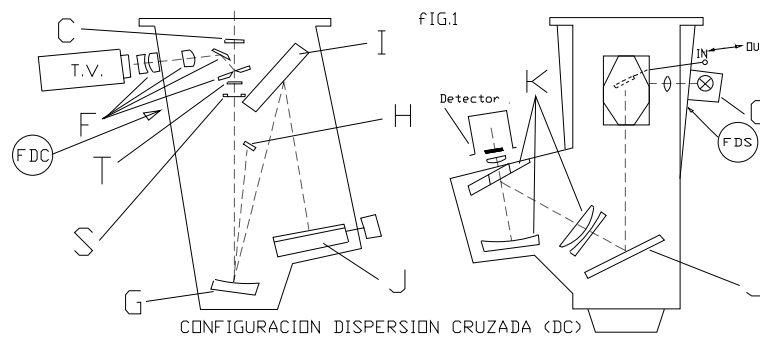


Figura 1: Diagrama configuración Dispersión Cruzada

### Nomenclatura de las figuras 1, 2 y 3.

C	=	Caja de fuentes de comparación y calibración
E	=	Espejo plano
F	=	elementos ópticos del tren hacia la cámara de guiado y ranura
G	=	Espejo colimador
H	=	Espejo del exposímetro (fuera de uso)
I	=	Red echelle
J	=	Dispersor cruzado
K	=	Elementos ópticos de la cámara
M	=	Máscara de Hartmann
S	=	obturador
T	=	filtro separador de ordenes

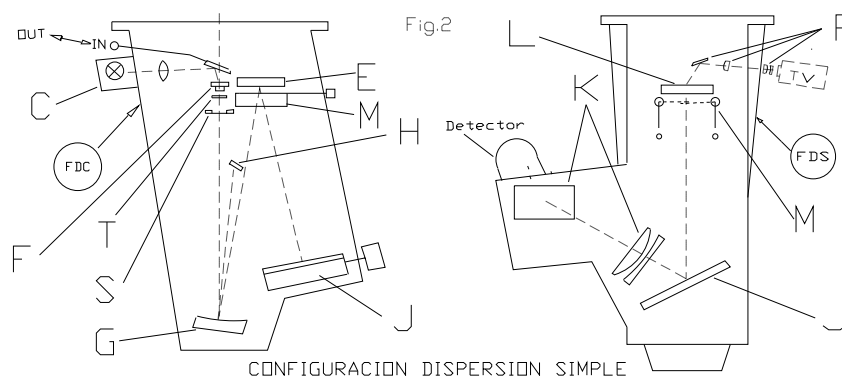


Figura 2: Diagrama configuración Dispersión Simple

### 2.1 Ranura

La ranura tiene una altura de 30 mm y su apertura máxima es de 2.5 mm en el plano focal del telescopio. Se abre a razón de  $50 \mu\text{m}$  por vuelta del cilindro móvil del micrómetro. La ranura se encuentra inclinada respecto del haz incidente para permitir que el reflejo en ella sea recogido por la cámara de TV. El “decker” ha sido aluminizado para facilitar la adquisición del campo. La apertura de la ranura aún no puede hacerse desde la Sala de Control.

### 2.2 Visión frontal de la Ranura

Siempre puede observarse la ranura por delante mediante la luz reflejada por sus bordes. La cámara Fairchild en uso permite ver estrellas de magnitud 17 con cierta dificultad. La cámara no posee integración y tiene un tubo intensificador delante.

Opcionalmente, puede usarse para ver el campo una cámara CCD SBIG modelo ST-7, que permite integrar con tiempo de exposición a determinar por el usuario. El procedimiento de adquirir el campo se hace notablemente más lento que con la cámara Fairchild, pero es la única forma de centrar correctamente objetos débiles ( $m_V > 17$ ) en la ranura. Si va a usar esta opción, por favor comuníquelo con anticipación.

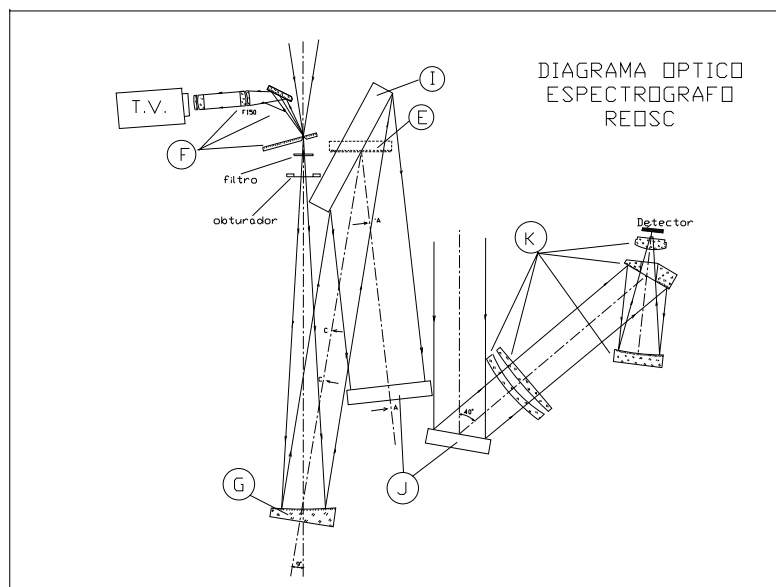


Figura 3: Diagrama óptico detallado

### 2.3 Decker

El “decker” tiene posiciones definidas. La Figura 4 muestra la plantilla del decker con sus valores lineales y sus valores angulares proyectados sobre el cielo. En la posición 11 la ranura queda totalmente expuesta. La longitud del decker puede ser un poco mayor que el seeing de la estrella a observar y de ese modo la separación entre órdenes será adecuada aunque deberá utilizarse un decker más largo si es que se requiere descontar bien el cielo. Más adelante se dan algunas recomendaciones sobre este punto. No es conveniente utilizar la ranura totalmente descubierta para espectroscopía de ranura larga. Para ello el alto de la ranura debe limitarse con el decker 1.

### 2.4 Filtros de Color

El REOSC no tenía originalmente previsto alojamientos para filtros (el espectrógrafo fue diseñado para trabajar en el azul con placa fotográfica). Actualmente se ha implementado la colocación de un filtro de color (RG550 o

GG495) para cortar el azul cuando se trabaja desde 7500 Å hacia longitudes más largas, con redes que tienen su blaze en el rojo en primer orden. El filtro es instalado por el personal de montaña inmediatamente detrás de la ranura (ver Figura 3). No obstante verifique con aquél que efectivamente se encuentre el filtro que Ud. desea.

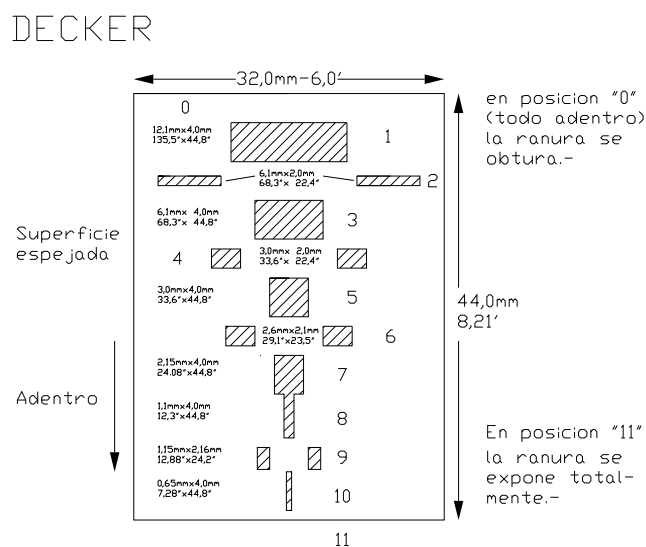


FIG:4

Figura 4: Tamaños de los distintos deckers

## 2.5 Obturador y Máscaras de Hartmann.

Actualmente las máscaras de Hartmann se encuentran ubicadas delante del espejo plano (ver Figuras 1 y 2) y sólo pueden utilizarse en DS.

El obturador del dewar fue montado inmediatamente después de la ranura y el filtro como lo muestran las Figuras 1 y 2. Este obturador opera electrónicamente a través del soft del PMIS.



## 2.6 Colimador

La superficie útil del colimador es de  $10 \times 11$  cm y su distancia focal es de 722 mm. El espejo del colimador es parabólico fuera de eje y se encuentra en una posición fija.

## 2.7 Red Echelle

Existe sólo una red echelle disponible con dimensiones de  $128 \times 254$  mm: los surcos son paralelos a la dirección más corta de la red. Tiene 79 l/mm y se encuentra ubicada a unos 94 cm del colimador. No está previsto el cambio de posición de la red echelle, que se encuentra montada en forma fija. El ángulo de incidencia del haz colimado sobre la red es de  $71^\circ$  y el de difracción es de  $55.8^\circ$ . La red echelle es la que determina la dispersión lineal del espectro y el rango espectral libre, es decir la diferencia de longitud de onda entre dos puntos que se encuentran en órdenes sucesivos y en el mismo ángulo de difracción. La Tabla 1 contiene los parámetros para la configuración del espectrógrafo REOSC en modo DC.

Tabla 1: Parámetros Configuración DC

Parámetro Red Echelle	
Líneas por mm	79
Angulo de Blaze	$63^\circ 26'$
Rango espectral libre ( $\text{\AA}$ ) @ 5000 $\text{\AA}$	160
Dispersión Lineal ( $\text{\AA}/\text{mm}$ ) @ 5000 $\text{\AA}$	6.6
Demag. en el sentido de la disp.	6.56
Demag. perpendicular a la disp.	3.84
Blaze en primer orden ( $\text{\AA}$ )	226434

La dispersión calculada para distintas longitudes de onda y el orden en que se encuentran están dadas en las Figuras 5 y 6. La Tabla 2 indica también el rango espectral libre (F), la cobertura espectral en cada orden (C) y la longitud de onda real en el centro de cada orden  $\lambda$ . La última columna indica la resolución (R) para un sampling the 2.5 pixeles.

Puede observarse de la Tabla 2 que el espectrógrafo en DC es capaz de cubrir en forma completa el espectro hasta poco antes de los 8000  $\text{\AA}$  donde F comienza a ser mayor que C. Recordemos que F es la longitud de onda entre

dos puntos de órdenes consecutivos que tengan el mismo ángulo de difracción mientras que  $C$  es el rango espectral en un orden dado. Si  $F_\lambda$  es mayor que  $C$  se pierde parte del espectro.

Tabla 2: Características producidas por la Echelle

$\lambda$ [Å]	m	d [Å/mm]	$F_\lambda$	C	$\lambda$ [Å]	R
3000	75	4.0	40	98	3019	12500
4000	56	5.3	71	130	4043	12600
5000	45	6.6	111	162	5031	12626
6000	37	7.9	162	194	6119	12658
7000	32	9.3	218	228	7076	12544
8000	28	10.6	286	260	8087	12578
9000	25	11.9	360	292	9057	12605

## 2.8 Dispersores Cruzados

El dispersor cruzado tiene la misión de separar los diferentes espectros que para los diferentes órdenes produce la red echelle, todos superpuestos. El dispersor cruzado define entonces la separación entre los órdenes. El espectrógrafo REOSC cuenta actualmente con 8 dispersores cruzados, tres de ellos de las dimensiones adecuadas, y los otros cinco provenientes del espectrógrafo Boller & Chivens (B&C) y que han sido adaptados. Las dimensiones correctas del dispersor cruzado son 154 mm  $\times$  103 mm, donde los surcos son paralelos a la mayor dimensión. En el caso de las redes del espectrógrafo B&C, sus dimensiones son de 102 mm  $\times$  128 mm y los surcos son paralelos a la menor dimensión. Es decir que los espectros superpuestos producidos por la red echelle caerán paralelos o casi paralelos a los surcos de dimensión 102 mm, o sea 50% menores que en las redes originales. Esto produce un recorte en los extremos de los órdenes que no es demasiado importante pues en esa región estamos en las colas de la función de blaze de la red echelle y además existe una buena superposición en longitud de onda entre un orden y otro. El uso de las redes del B&C es entonces posible y en algunos casos conveniente si se tiene en cuenta la mayor eficiencia de las mismas.

La Tabla 3 indica las especificaciones de las ocho redes. En el futuro se implementará un espejo plano que reemplace al dispersor cruzado y, de este

modo, se podrá aislar sólo un orden con filtros interferenciales.

Las Figuras 7, 8 y 9 indican los ángulos de cada red para obtener una longitud de onda determinada sobre el detector. Generalmente se utiliza la red 580 centrada en  $6^{\circ}30'$  para cubrir entre 3500 y 6000 Å y la red 180 centrada en  $6^{\circ}$  para cubrir entre 5000 y 8000 Å. La red 340 suele utilizarse muy rara vez, ya que los órdenes se encuentran muy espaciados, y trabaja centrada en  $19^{\circ}$  para cubrir desde 4250 a 5000 Å. Sin embargo algunos usuarios han estimado que esta red permite obtener una mayor relación S/N debido a esta razón. Con la red 180 sólo debe usarse el decker 8 para evitar superposición de órdenes.

Tabla 3: Datos sobre los Dispersores Cruzados

Red	l/mm	Blaze (Å)	Disp. (Å/mm)	Resolución (Å/pix)	Rango espectral (Å)
340	1200	6000	44	1.0	1000
580	400	4000	124	2.9	2900
180	316	7500	160	3.8	3800
080	600	4000	84	2.0	2000
260	600	5000	85	2.0	2000
360 <sup>a</sup>	1200	7500	44	1.0	1000
270	300	5000	166	4.0	4000
510	300	10000	170	4.0	4000
320	300	7600	168	4.0	4000

(a): En DS esta red puede utilizarse en segundo orden centrada en 3800 Å aproximadamente y con una dispersión de 22 Å/mm y un rango espectral de 500 Å

## 2.9 Cámara

La cámara es catadióptrica y tiene una longitud focal medida de 188 mm con una  $f/1.37$ . Posee un corrector afocal compuesto de dos elementos, un espejo plano que produce el quiebre del eje óptico, un espejo esférico cóncavo y una lente aplanadora de campo. Esta última fue construída en el Laboratorio de Óptica del Observatorio Astronómico de La Plata en BK7 y a los efectos de producir una imagen plana del espectro sobre el plano del detector CCD.

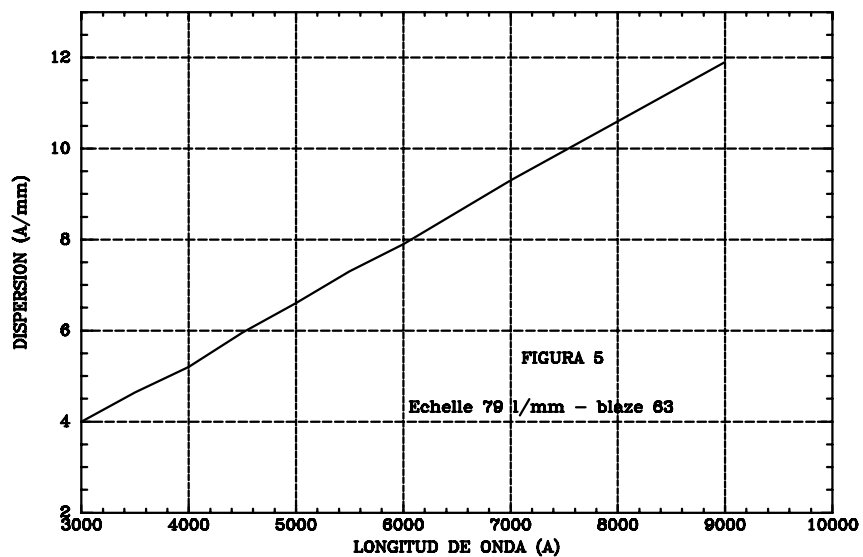


Figura 5: Red Echelle: dispersión en función de la longitud de onda

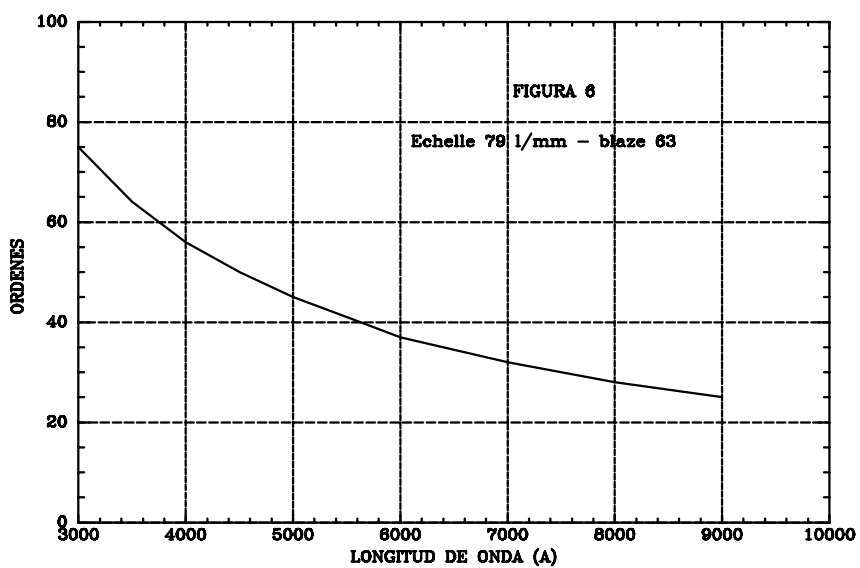


Figura 6: Red Echelle: órdenes en función de la longitud de onda

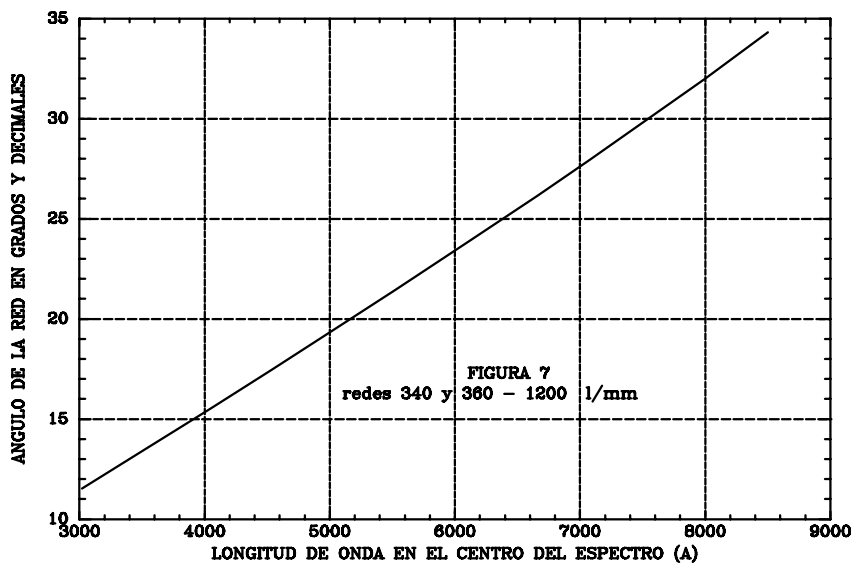


Figura 7: Ángulos de las redes de 1200 l/mm

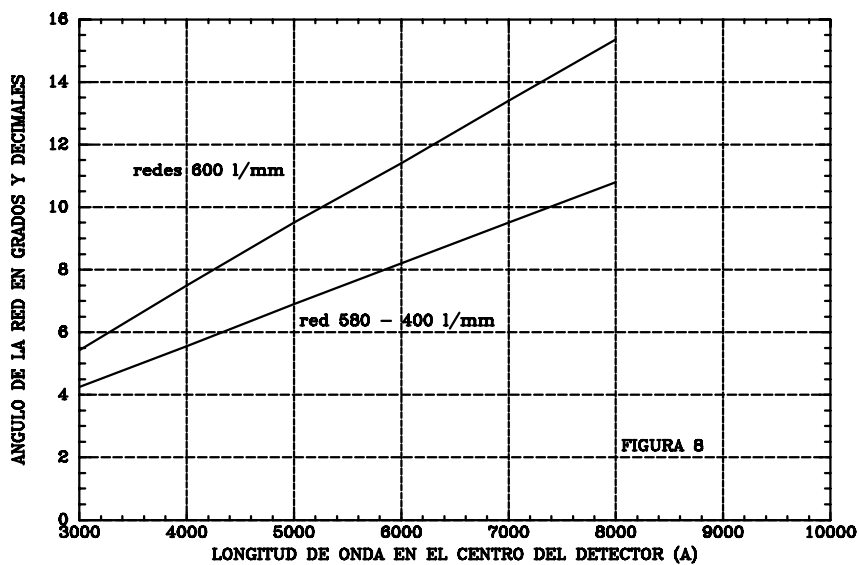


Figura 8: Ángulos de las redes de 400 l/mm y de 600 l/mm

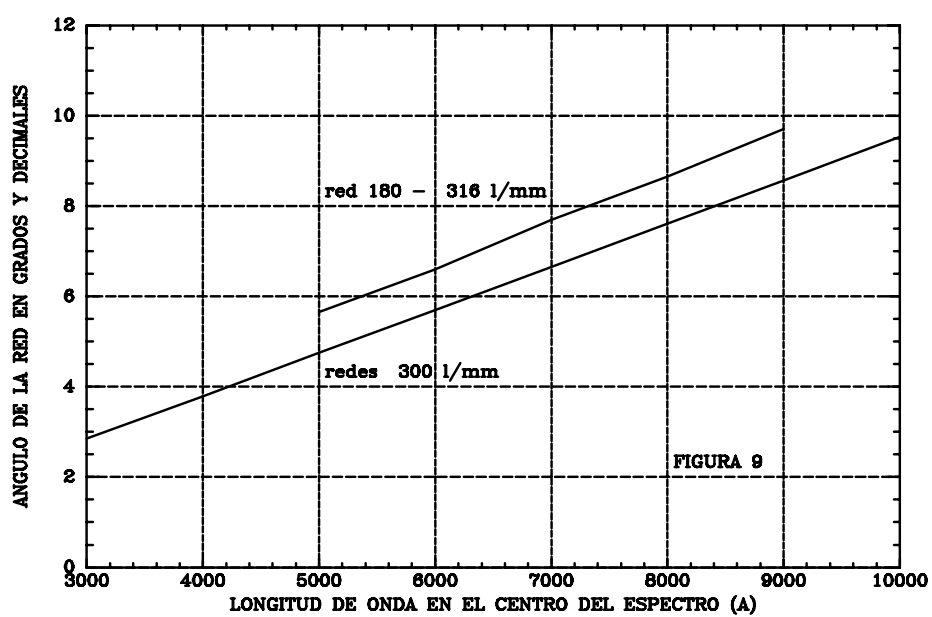


Figura 9: Ángulos de las redes de 300 l/mm y de 316 l/mm

### 3 EL MODO SIMPLE

El modo de dispersión simple (DS) se obtiene quitando la red echelle y reemplazándola por un espejo plano. Este modo es el único en el que se puede enfocar por el momento utilizando las máscaras de Hartmann. Las dispersiones, resoluciones y rango espectral sobre el chip que producen las redes en dispersión simple son los mismos que los listados en la Tabla 3.

La demagnificación en el sentido perpendicular a la dispersión es de 3.8 aproximadamente mientras que en el sentido de la dispersión depende del ángulo de inclinación de la red a través del denominado factor anamórfico y que tiene su origen en el hecho de que la ranura tiene un ancho finito y por lo tanto la iluminación proviene tanto del borde sur como del norte de dicha ranura, existiendo una diferencia en el ángulo de incidencia sobre la red entre ambos. En el caso de dispersión cruzada, como la red echelle se encuentra fija, el factor de demagnificación no varía y es igual a 6.5. En el caso de dispersión simple sólo la red 340 que se utiliza con un ángulo relativamente elevado ( $20^\circ$ ) introduce un factor apreciable. En ese caso el factor total de demagnificación es de 4.2. Por lo tanto para obtener 2.5 pixeles sobre el detector, o sea unos  $60 \mu\text{m}$ , se debe multiplicar este valor por el factor de demagnificación que corresponda para calcular cuánto se debe abrir la ranura en micrones en el plano focal del telescopio. Luego una ranura de  $360 \mu\text{m}$  en DC mantiene una resolución de 2.5 pixeles y equivale a casi  $3''.7$  en el cielo. En DS una apertura de  $250 \mu\text{m}$  produce una resolución de 2.5 pixeles aproximadamente, cuando se utiliza la red 340 con una inclinación de  $20^\circ$ . Con todas las otras redes en DS, como el factor es 3.8 una ranura de  $230 \mu\text{m}$  produce el sampling correcto.

## 4 AUXILIARES

### 4.1 Fuentes de Comparación

La fuente de comparación para calibrar en longitud de onda actualmente disponible es la lámpara de Th–Ar para el modo DC y de He–Ar y Ne para el modo DS. También se encuentra disponible una lámpara de Fe–Ar.

El espejo IN–OUT, el encendido de las lámparas y su apagado después de transcurrido el tiempo de integración fijado se hace automáticamente desde la Sala de Control. El flat en el REOSC puede hacerse a través de una lámpara de cuarzo (QTH) de 50 W interna. También pueden hacerse flats apuntando a la pantalla blanca ubicada dentro de la cúpula e iluminada por un banco de lámparas QTH. Estas lámparas también se comandan desde la Sala de Control. Cuando se trabaja en la región azul del rango utilizable con el REOSC ( $< 5000 \text{ \AA}$  aproximadamente) se debe utilizar un filtro (BG18) que disminuya la emisión de la lámpara de QTH en la región más roja del rango y de este modo lograr una curva de emisión más plana.



## 5 EL DETECTOR

El detector en uso en el espectrógrafo REOSC es un TEK de  $1024 \times 1024$  pixeles de  $24 \mu\text{m}$  de lado cada uno. El chip es adelgazado (*thinned*) y sin recubrimiento (*coating*) y es iluminado por detrás. Las características principales del chip se indican a continuación en la Tabla 4, mientras que la Figura 10 muestra la eficiencia cuántica del chip.

Tabla 4: Características del CCD

filas $\times$ columnas	$1024 \times 1024$
tamaño del pixel	$24 \times 24 \mu\text{m}$
dimensiones del chip	$25 \times 25 \text{ mm}$
ganancia 1	$7.97 \text{ e}^-/\text{ADU}$
ganancia 4	$1.98 \text{ e}^-/\text{ADU}$
ruido de lectura (gain 1)	$0.4 \text{ e}^-$
ruido de lectura (gain 4)	$7.4 \text{ e}^-$
corriente oscura	$0.4 \text{ e}^-/\text{hora}/\text{pixel}$
temperatura de trabajo	$-120 \text{ }^\circ\text{C}$

La eficiencia del conjunto detector–REOSC–telescopio aún no ha sido medida pero es posible estimar los tiempos de integración para DC suponiendo una resolución de  $0.3 \text{ \AA}/2 \text{ px}$  en  $4500 \text{ \AA}$ , es decir con la ranura abierta  $273 \mu\text{m}$ , equivalentes en el cielo a  $3''$  y con un seeing inferior a ese valor. En estas condiciones puede obtenerse una relación S/N de 50 en 30 minutos de integración para una magnitud  $B = 10$ . Para el caso de DS y bajo las condiciones mencionadas anteriormente excepto que la ranura será abierta 2 pixeles que equivalen en el plano focal del telescopio a  $200 \mu\text{m}$  aproximadamente y en el cielo a un poco más de  $2''$ , se puede obtener una relación S/N de 50 en 30 minutos de integración para una estrella de magnitud 12. Las Figuras 11, 12 y 13 muestran los tiempos de integración esperados para algunas magnitudes para DC en el azul y el rojo y para DS con la red de  $1200 \text{ l/mm}$ . Para las redes de  $600 \text{ l/m}$  en dispersión simple es esperable obtener  $S/N = 50$  en 15 minutos para una estrella de  $V = 12.5$  mientras que con las redes de  $300 \text{ l/mm}$  se puede llegar a  $V = 13$  en el mismo tiempo y con la misma relación S/N.

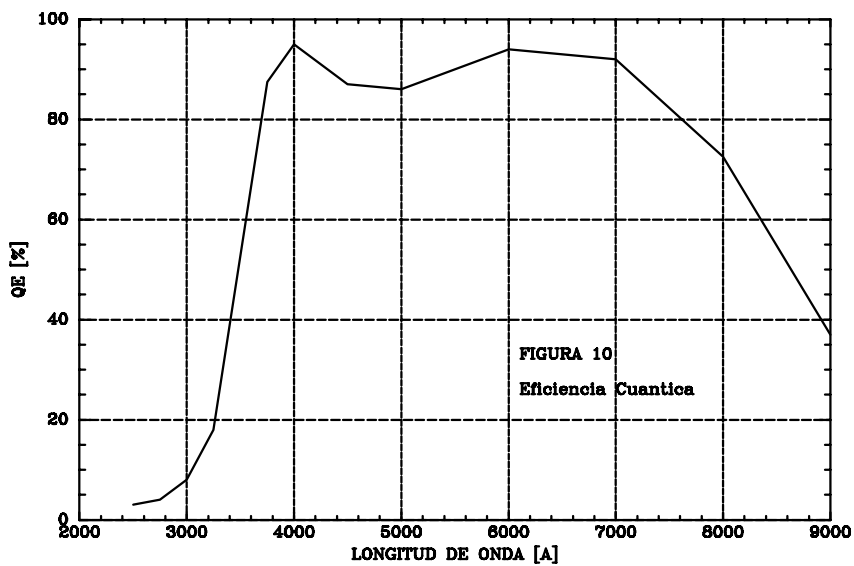


Figura 10: Eficiencia cuántica del chip Tek 1024

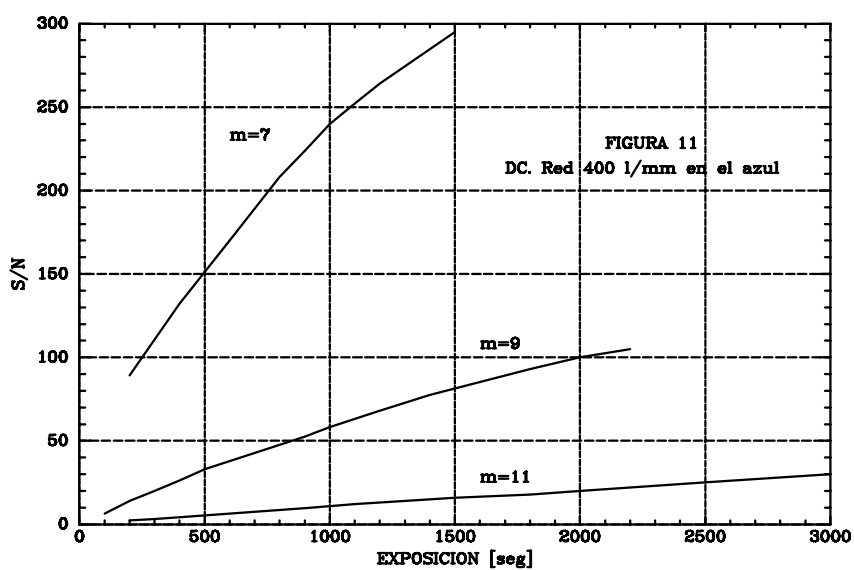


Figura 11: Tiempos de integración esperados. Red 400 l/mm (DC – azul).

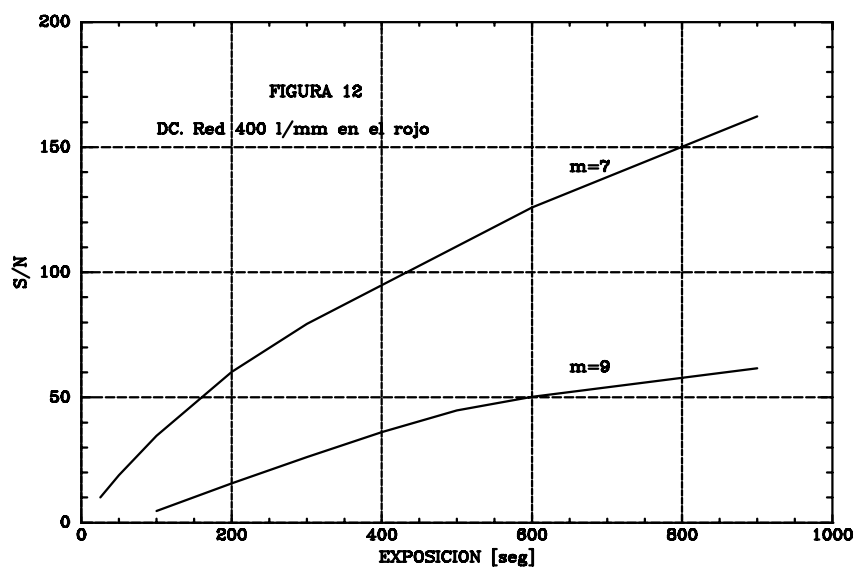


Figura 12: Tiempos de integración esperados. Red 400 l/mm (DC – rojo).

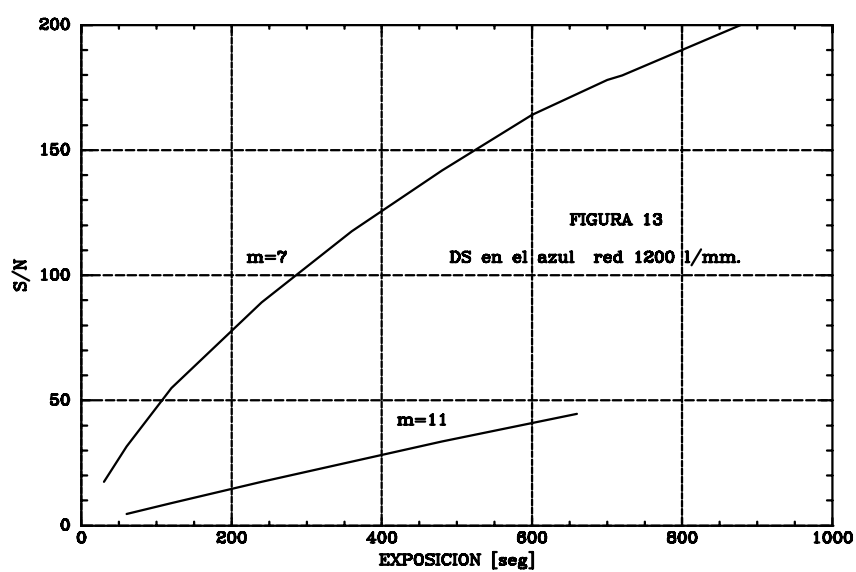


Figura 13: Tiempos de integración esperados. Red 1200 l/mm (DS – azul).

## 6 UNA NOCHE DE OBSERVACIÓN

La siguiente es la rutina de una noche de observación típica.

### 6.1 Al Atardecer

Cuando ya el Sol se ha puesto bajo el horizonte debe tomar algunos “flats” del cielo iluminado aún por la luz solar. Puede mantener el telescopio apuntado al cenit. Estos “sky-flats” pueden ser utilizados con dos propósitos: como patrones de velocidad radial (la velocidad heliocéntrica de los mismos debe dar cero) y como fuentes de continuo para la corrección del flat field una vez que se ha ajustado una envolvente al continuo del espectro solar (no recomendado). Con el objeto de hacer uso del primer propósito deberá tomar en la misma posición del telescopio (cenit) un buen espectro de calibración del Th–Ar (DC) o He–Ar (DS). Es conveniente integrar los “sky-flats” como para obtener un número de cuentas (ADUs) similar a la mitad del rango dinámico permitido por el conversor analógico digital que en el caso del equipo TEK es de 64000 ADUs. Por lo tanto puede integrarse para obtener 30000 cuentas aproximadamente. El espectro de comparación debe integrarlo de manera que las líneas débiles se distingan bien sin saturar a las más intensas. Algunos investigadores indican que es conveniente tomar flats con un nivel de ADUs similar al de las estrellas de programa. Así se conseguirían mejores relaciones S/N. Nuestra recomendación es utilizar la primer receta.

El tiempo en segundos dependerá de la red e inclinación. Trabajando en el azul un buen Th–Ar se logra en 60 segundos y en el rojo 5 segundos son suficientes. El He–Ar se utiliza en DS y puede obtenerse en 30 segundos.

Efectuados estos procedimientos debe obtener 10 bias continuados (en la Sección 7 de este manual se explica el uso del soft y de los MACROS para obtener los frames de distinto tipo). Luego debe tomar unos 5 a 10 flats con la lámpara de QTH, también integrando hasta llegar a la mitad de ADUs que permite el conversor A/D. Treinta segundos en el rojo y 60 segundos en el azul son suficientes. También puede tomar algunos flats de fondo de cielo si es que le resulta importante corregir la no uniformidad de la iluminación a lo largo de la ranura. Esto es importante en el caso de trabajar sobre objetos extensos (“long-slit”).

Todos estos frames que son necesarios para la posterior reducción de sus datos normalmente los toma el operador de telescopio, excepto en el caso que Ud. le pida no hacerlo o modifique esta rutina. El operador generalmente le consultará al observador sobre sus deseos. Si no lo hace el observador debe

tomar la iniciativa; recuerde que son sus datos y no los del operador.

## 6.2 De Noche

Oscurecido el cielo (al menos una hora después de la puesta real del Sol debajo del horizonte, no detrás de los Andes), puede comenzar a tomar sus espectros de programa. Si el observador lo cree necesario puede tomar un “dark” de vez en cuando, pero no es estrictamente necesario. En una hora de integración no alcanza a producirse una sola cuenta térmica en este equipo. La forma de tomar sus espectros depende de sus propósitos. A continuación se indican algunos consejos para que los observadores los consideren y procedan luego según su propia decisión. Antes que nada indique al operador que apague las luces en cúpula y anexos. El operador debe hacerlo sin el aviso previo del observador pero es conveniente recordárselo.

Si su propósito es medir velocidades radiales precisas, Ud. deberá haber cerrado la ranura entre  $1''$  y  $1''.5$ , sobre el cielo. En realidad debió ya haberlo indicado al comienzo del turno para que los frames descriptos anteriormente hayan sido tomados con la ranura en las mismas condiciones. Deberá también guiar con precisión. Esto se logra con el uso de la cámara ST4 para efectuar el guiado automático. Pídale al operador que coloque en el campo de la ST4 una estrella para guiar. La precisión del guiado con la ST4, es mejor que  $0''.4$  (RMS) en AR y mejor que  $0''.3$  (RMS) en DEC. Recuerde que guiar con precisión de  $1''$  de arco sobre el cielo, corresponde a un error de 5 km/seg sobre el detector. Guiar a “ojo” sobre el monitor no es aconsejable para medir velocidades radiales con precisión. También deberá tomar un espectro de comparación antes y después de cada objeto de programa sin mover el telescopio. Por otro lado deberá tomar estrellas patrones de velocidad radial ubicadas aproximadamente en la misma dirección en el cielo de cada objeto de programa observado (listas se encuentran en la carpeta rotulada: *Standards*). Esto le asegurará estar a salvo de cualquier flexión inherente a los pesos grandes colgados del foco cassegrain.

Si su propósito es espectrofotometría, clasificación morfológica o velocidades radiales de galaxias, puede relajar un poco estas precauciones y puede tomar un espectro de Th–Ar (DC) o He–Ar (DS) antes o después del objeto de programa. Los espectros tomados a 5 horas al Este y también al Sur ( $-70^\circ$ ) presentan un corrimiento en el sentido de la dispersión (en DC), de aproximadamente 6 pixeles respecto de otro tomado en el cenit. Este problema aún no ha sido resuelto y es necesario tenerlo en cuenta en la realización de las observaciones.

Si la espectrofotometría tiene el propósito de medir energías por unidad de área y tiempo no olvide, además de observar estrellas patrones espectrofotométricas (listas en la carpeta rotulada *Standards*), abrir la ranura de manera tal que toda la imagen de la estrella se encuentre perfectamente dentro de sus límites.

Si usted pretende efectuar la mejor corrección por flat field posible, es aconsejable tomar 5 o 6 flats en las posiciones de sus objetos si es que éstas son extremas, ( $-5$  horas de ángulo horario y/o  $-70^\circ$  en  $\delta$ .) para tener en cuenta el corrimiento descrito en el párrafo anterior.

Si su propósito es medir velocidades radiales de estrellas relativamente brillantes ( $V < 11$ ) no es necesario efectuar la corrección por “fleteado” de sus datos a menos que desee medir líneas realmente débiles del espectro.

Otro detalle a tener en cuenta es el compromiso entre rayos cósmicos y la división de su tiempo de integración total en varias integraciones de menor tiempo. Algunos aconsejan no utilizar este procedimiento, sostienen que es preferible aceptar los rayos cósmicos, que puede corregir luego individualmente, y efectuar una sola integración con el tiempo total necesario. Esto mejora la relación S/N pues introduce el ruido de lectura de cada pixel sólo una vez. (El ruido en el TEK es de 7.4 electrones si es que está utilizando una ganancia de  $1.98 e^-/\text{ADU}$ .) Sin embargo, no es aconsejable hacer exposiciones de más de 1800 segundos porque la cantidad de rayos cósmicos hace difícil su corrección; por otra parte, si por cualquier motivo (error del software, por ejemplo) se pierde una observación, es preferible perder media hora de la noche en vez de perder 2 horas.

Un comentario sobre el tema de la ganancia: utilice  $1.98 e^-/\text{ADU}$  para espectroscopía y  $7.97 e^-/\text{ADU}$  para imagen directa donde será bueno utilizar todo el rango dinámico del detector usando al máximo la capacidad de almacenar electrones del chip (*well capacity*) que es de 500000 electrones.

Para tener una idea de las cuentas que tendrá su espectro una vez extraído utilizando IRAF u otro soft similar y, por lo tanto, colapsado a una dimensión, haga un corte perpendicular a la dispersión (ver § 7.4), observará una gaussiana. Anote el valor de las cuentas en el máximo de la misma, réstele 1000, que es el valor del bias, y multiplique por cinco. Ese será el valor aproximado de las cuentas totales de su espectro en una dimensión. La relación señal ruido que obtendrá, si hace todo bien en su reducción, será aproximadamente 80—90 si sus cuentas llegaron a 5000, es decir si tenía 1000 en el máximo de la gaussiana del corte después de restar los 1000 del bias, 50—60 si tenía 500 cuentas (ADUs) en el máximo de la gaussiana después de restar el bias, y 30—40 si tenía 200 ADUs en el máximo de la gaussiana después de la quita

del bias. Recuerde que la estadística para computar S/N se efectúa sobre los electrones y no sobre los ADUs. Luego 1000 ADUs implica 2000 electrones si usa una ganancia de  $1.98 \text{ e}^-/\text{ADU}$ . Generalmente obtendrá una relación S/N algo peor debido a errores en el flateado o valores de cielo muy elevados por observación cerca de la Luna, que no fueron considerados en la estimación anterior.

## 7 EL SOFT PMIS

El soft PMIS provisto por Photometrics, corre en una AT 486 con 8 Mb de memoria RAM. El disco duro de este equipo es de 540 Mb. El PMIS corre en un entorno *Windows*. Las imágenes adquiridas se transfieren por ethernet a la SUN LX que se encuentra en la misma Sala de Control y el usuario puede llevarse sus datos en cinta de 8 mm Exabyte o similares con capacidad para 2.3 Gbytes. Se recomienda utilizar cintas de 8 mm certificadas para datos y no las cintas comunes de video cámaras. La segunda opción para transportar los datos es a través de una cinta DAT cuya unidad se encuentra conectada también a la Sun. La capacidad de la cinta DAT es de 2 Gbytes.

### 7.1 Inicio del Programa

Para correr PMIS se debe proceder de la siguiente manera <sup>1</sup>

1. Cargar el programa Windows. Aparece un mensaje que dice: “Initial CCD Format is incorrect”, se debe clicar OK

Normalmente, el PMIS se carga automáticamente; pero de no ser así, busque dentro del Grupo Photometrics el icono (símbolo gráfico) del programa PMIS. Con el cursor del mouse sobre éste icono, dar doble click con el botón izquierdo del mouse. El cursor del mouse cambiará su forma, a la de un reloj de arena, indicando que se debe esperar unos instantes. Luego de dicha espera aparecerá la ventana principal del PMIS indicando que el programa ha sido cargado.

2. El programa comenzará preguntando: “CCD TK 1K (1024 × 1024)?”. Para trabajar con el espectrógrafo REOSC se deberá seleccionar **Yes**.
3. El programa le preguntará luego “Dispersión Cruzada?”, a lo que debe responder **Yes** si va a trabajar en esa configuración. De lo contrario responda **No**.
4. Si la respuesta anterior es afirmativa, aparecerá el mensaje: “REOSC Dispersión Cruzada – TK 1K”; para continuar se debe clicar OK.

---

<sup>1</sup>En lo que sigue tanto “clicar” como “seleccionar” significan que se utilizará el botón izquierdo del mouse. Cuando deba ingresarse un texto por teclado se lo mencionará explícitamente



Los parámetros de la cámara se cargan automáticamente. Si desea puede verificarlos en **Menú Principal - Image - CCD Format...**

Los parámetros correctos son:

Serial Subarray Origin:	0
Paralell Subarray Origin:	0
Serial Subarray Size:	1024
Paralell Subarray Size:	1034
Serial Binning Factor:	1
Paralell Binning Factor:	1

Esto debe ser así para tener una región de overscan en su imagen. Verifique también la ganancia que va a utilizar (ver Tabla 4). Modifique o termine con **OK**.

- Los macros necesarios también se cargan automáticamente. En caso de necesitar recargarlos manualmente, cliquee en la opción **Macros** y active la opción **Load List...** dentro de ella. Allí aparecerán en una lista los diferentes macros que tienen extensión **lst**. Seleccione **dacruzada.lst**, lo cual producirá la carga de los macros: **TORIO-AR**, **FLATLAMP**, **OBJETO**, y **GRABA**.
- Si respondió **No** a la pregunta del punto 3, el programa le preguntará: “**Dispersión Simple?**”. Si la respuesta es **Yes** aparecerá el mensaje: “**REOSC Dispersión Simple – TK 1K**”; cliquear **OK** para continuar, y el programa estará configurado para trabajar en **DS**. Si la respuesta es **No** lo estará para trabajar con **CCD** en modo **Directo**.
- Los parámetros de la cámara se cargan automáticamente. Si desea puede verificarlos en **Menú Principal - Image - CCD Format...**

Los parámetros correctos son:

Serial Subarray Origin:	0
Paralell Subarray Origin:	0
Serial Subarray Size:	1034
Paralell Subarray Size:	1024
Serial Binning Factor:	1
Paralell Binning Factor:	1

Esto debe ser así para tener una región de overscan en su imagen. Notar que, en este caso, se agregan 10 líneas (horizontales) de overscan en lugar de 10 columnas (verticales). Verifique también la ganancia que va a utilizar (ver Tabla 4). Modifique o termine con **OK**.

8. Los macros necesarios también se cargan automáticamente. En caso de necesitar recargarlos manualmente, seleccione la opción **Macros** y en ella la opción **Load List...**. Si va a trabajar en DS, cargue **dsimple.lst**. Estas opciones habrán cargado los macros correctos. Verifique en la opción **User** que se encuentren los siguientes macros: **HENEAR**, **FLATLAMP**, **FLATSEQ**, **DARKSEQ**, y **BIASSEQ**. Los macros cargados le permitirán adquirir las comparaciones, las secuencias de flat, bias, darks y construir el header de la imagen automáticamente indicando por teclado sólo el “title”, es decir la identificación del objeto que está observando. Además estos macros le permiten grabar la imagen adquirida en FITS automáticamente en los casos de los bias, darks y de los flats.

A partir del detalle de la configuración instrumental que figura en su solicitud de turno, el operador de telescopio habrá efectuado todos los pasos mencionados. Además encontrará el espectrógrafo enfocado con una ranura proyectada de 2.5 pixeles sobre el detector. Solicite el cambio del ancho de la ranura que crea conveniente de acuerdo con sus necesidades observacionales.

9. Una vez aceptada la configuración deseada (puntos 4 y 6), el programa pide los siguientes datos: “**Observador/es**”, “**Configuración Instrumental**”, y 2 comentarios opcionales. Estos parámetros se escribirán en los headers de la imágenes que tome a continuación. Si más adelante desea cambiarlos (por ejemplo, si comenzó a trabajar con otra red), puede hacerlo con el macro **HEADER**, dentro del menú **User**.

## 7.2 Adquisición de Imágenes

### 7.2.1 Objetos

Si va a adquirir imágenes, seleccione **User** y el macro **OBJETO**. En la nueva línea abierta debe incluir el tiempo de integración en milisegundos y separado por un blanco, el nombre del archivo tal como se grabará en el disco (pero sin extensión; automáticamente se le añade “.fit”): obj01, obj02, etc. Dele **OK** y le preguntará por el “**OBJECT**” (para el header FITS). Responda con el

nombre del objeto. Dele **OK** y comenzará la adquisición. El macro grabará la imagen en FITS en el disco duro de la PC, sin otra intervención.

Si se desea revisar la imagen antes de grabarla entonces use el macro **OBJETO** tal como se explicó, pero sólo ingrese el tiempo de integración y dele **OK**. Finalizada la integración se despliega la imagen y debe seleccionarse inmediatamente **User** y allí el macro **GRABA** que preguntará el nombre del archivo (obj01, obj02, etc.), y luego pedirá el “**OBJECT**”, o sea la identificación de su objeto. Dados por teclado estos datos, el macro graba en el disco en formato FITS la imagen adquirida.

### 7.2.2 Bias

Ir a **User** en la pantalla PMIS y seleccionar **BIASSEQ**; le preguntará por los parámetros a lo cual deberá indicar cantidad de bias a tomar y separado por un blanco el número del nombre del primer bias. Ejemplo: “10 1” (produce 10 bias llamados “BIAS1.FIT”, “BIAS2.FIT”, ... , “BIAS10.FIT”).

### 7.2.3 Darks

Ir a **User** en la pantalla del PMIS y seleccionar **DARKSEQ**. De esta manera le será requerido un conjunto de parámetros que deberá indicar en el siguiente orden, separados por blancos: tiempo en milisegundos, cantidad de frames y número del primer frame.

### 7.2.4 Flats

Ir a **User** en la pantalla del PMIS y seleccionar **FLATLAMP**. Le serán requeridos los siguientes parámetros: tiempo (milisegundos), cantidad de frames y número para el nombre del primero. Ejemplo: “60000 10 1” (produce 10 flats de 1 minuto de exposición cada uno, llamados “FLAT1.FIT”, ... , “FLAT10.FIT”).

### 7.2.5 Lámparas de Calibración en Longitud de Onda

Para obtener los espectros del Th–Ar o He–Ne–Ar debe ir a **User** y allí seleccionar el macro correspondiente a **TORIO-AR** (en DC) y **HENEAR** (en DS); debe especificar tiempo de integración en miliseg. y separado por un blanco, el nombre del archivo.

### 7.3 Auxiliares del Soft

#### 7.3.1 Cambiar el Tamaño de la Imagen

Puede ocurrir que el tamaño de la imagen sea muy grande y necesitemos achicarla o puede darse el caso contrario.

##### *i) Achicar*

Para achicar la imagen cliquear **Display** y una vez desplegadas las opciones del mismo, seleccionar la opción **Squeeze**. Una vez que el cursor del mouse cambia su forma a la de una lupa, dar un click con el botón izquierdo del mismo para que el achicamiento de la imagen se haga efectivo. Se observará que el tamaño de la imagen ha disminuido pero no así el tamaño de la ventana que la contiene, por lo tanto, habrá que redimensionar dicha ventana. Para ello, cliquee **Display** y una vez desplegadas las opciones del mismo, seleccione **Resize**.

##### *ii) Agrandar*

Para agrandar la imagen seleccione **Display** y una vez desplegadas las opciones del mismo, cliquee **Zoom**. Una vez que el cursor del mouse cambia su forma a la de una lupa, dar un click con el botón izquierdo del mismo para que el aumento del tamaño de la imagen se haga efectivo. Se observará que el tamaño de la imagen ha aumentado pero no así el tamaño de la ventana que la contiene, por lo tanto, habrá que redimensionar dicha ventana. Para ello, cliquee **Display** y una vez desplegadas las opciones del mismo, seleccione **Resize**.

#### 7.3.2 Mostrar las Cuentas

Para poder observar las cuentas obtenidas en cada pixel del CCD hay que seleccionar **Display** y una vez desplegadas las opciones del mismo, elegir **Show Cursor**. De este modo, aparecerá una ventanita vinculada a la parte inferior de la ventana de imagen en la que se muestran **X**, **Y** e **I** (coordenadas sobre el CCD y nivel de cuentas en ese punto). Si la imagen desplegada es muy pequeña en la dirección horizontal, puede ocurrir que al elegir **Show Cursor** no aparezca nada. Para lograr que dicha información aparezca hay que agrandar previamente la ventana de imagen.

## 7.4 Tareas Gráficas

### 7.4.1 Plot

Para poder obtener un gráfico del nivel de cuentas en función de número de pixel, seleccionar dentro de la ventana de imagen la opción **Plot**. Una vez desplegadas las opciones de la misma, resulta útil seleccionar: **Row** o **Column** o **Line**. Para el caso de seleccionar **Row** o **Column**, vemos que el cursor del mouse cambia su forma a +, y aparece una línea horizontal o vertical, según el caso, debajo del mismo. Mover el cursor del mouse hasta la posición elegida y dar un click. De esta manera se graficará la fila o columna deseada (nivel de cuentas contra número de pixel). En caso de elegir **Line**, veremos también que el cursor del mouse cambia su forma a +. Mover el cursor del mouse hasta el primer extremo de un segmento, presionar el botón izquierdo del mouse y sin soltar el mismo, arrastrar el cursor hasta el otro extremo del segmento, luego soltar el botón. De esta manera se obtendrá un gráfico de esta línea. Luego de desplegado el gráfico, puede ser necesario modificar los límites del mismo. Para ello seleccionar, dentro de las opciones que se observan en el gráfico, **Plot**. Una vez que aparecen las opciones del mismo, elegir **Limits...**: aparecerá un menú en el cual se podrán modificar los límites en el eje de ordenadas y/o en el eje de abscisas. Dar un click en **OK** si se desea graficar con los nuevos límites o dar un click en **Cancel** en caso contrario.

### 7.4.2 Región de Interés (ROI)

#### *i) Marcar ROI*

Para marcar una Región de Interés (ROI), elegir dentro de la ventana de imagen la opción **ROI**. Una vez desplegadas las opciones de **ROI** seleccionar **New**. Se podrá observar que el cursor del mouse cambió su forma a +. Mover el cursor hasta el que será uno de los extremos de la Región de Interés. Una vez en ese punto presionar el botón izquierdo del mouse y sin soltarlo arrastrar el mouse hasta alcanzar el ángulo opuesto de la ROI; en este punto soltar el botón. Tendremos de esta manera un rectángulo que delimita la Región de Interés.

#### *ii) Mover la ROI*

Dentro de la ventana de imagen elegir **ROI**. Una vez desplegadas las opciones de **ROI** seleccionar **Move**. Después de esto se podrá observar que el cursor del

mouse cambió su forma a +. Mover el cursor hasta el nuevo ángulo superior izquierdo, y después de dar un click la ROI se moverá hasta esa posición.

*iii) Copiar ROI en otra Imagen*

Una vez marcada la ROI, seleccionar **Process**. Una vez desplegadas las opciones del mismo, seleccionar **Image <op> ...** De esta manera aparecerá un menú con el título **Monadic Image Operations**. Dar un click en las palabras **Copy rROI Subimage**. Luego dar un click en la flecha ubicada a la derecha del recuadro titulado **Destination** y seleccionar **New Image**. Una vez cargada esta información dar un click en **OK** u oprimir la tecla **ENTER** y se creará otra ventana de imagen con la Región de Interés. Para salir de este menú sin realizar nada pulsar la tecla **ESC** o dar un click con el cursor del mouse en **Cancel**.

*iv) Copiar ROI al CCD*

Puede resultar útil que el Formato del CCD sea el que posee la Región de Interés (ROI). Para ello, una vez marcada la ROI (realizar los pasos indicados en “Marcar ROI”), seleccionar nuevamente **ROI**. Una vez desplegadas las opciones del mismo, dar un click en la opción **rROI to CCD**. Luego de llevar la ROI al CCD, crear una nueva ventana de imagen con el nuevo Formato del CCD. Por lo tanto, seleccionar **Image** en el menú principal del PMIS y una vez desplegadas las opciones del mismo seleccionar **New Image**. Se creará, de esta manera, una nueva ventana o área de imagen con el tamaño de la ROI.

*v) Modificar la LUT (Look Up Table)*

Dentro del menú principal del PMIS seleccionar **Options**. Una vez desplegadas las opciones del mismo elegir **Modify LUT ....** De esta forma, aparece un menú que muestra la representación gráfica de los valores de LUT actuales. Estos valores pueden ser modificados (de a un dígito) dando un click con el cursor del mouse sobre una de las flechas de desplazamiento (*scroll arrows*). Si una vez que la LUT ha sido modificada, se quiere abandonar esos cambios y regresar a los valores previos, dar un click sobre **Cancel** o presionar la tecla **ESC**. Dar un click en **OK** o presionar la tecla **ENTER** si se desea que dichos cambios sean aceptados.

## 7.5 Tareas de Formateado del Chip

### 7.5.1 Modificar el Formato del CCD

#### *i) Dentro del menú principal del PMIS*

Seleccionar **Image**, y dentro de este menú seleccionar **CCD Format ....** Aparecerá un menú en el cual se pedirá, entre otras cosas, el origen del área elegida sobre el chip del CCD (**Serial Subarray Origin** y **Parallel Subarray Origin**) y el tamaño del área elegida (**Serial Subarray Size** y **Parallel Subarray Size**).

Serial = Vertical sobre la Pantalla del Monitor  
Parallel = Horizontal sobre la Pantalla del Monitor

Una vez que se concluye con la carga de estos valores, dar un click en **OK** o presionar la tecla **ENTER** si está de acuerdo con las modificaciones establecidas. Dar un click en **Cancel** o presionar la tecla **ESC** en caso contrario.

#### *ii) Dentro de la Ventana de Imagen*

También se puede modificar el Formato del CCD desde dentro de la ventana de imagen. Para ello, seleccionar la opción **Acquire**. Una vez desplegadas las opciones de éste, seleccionar **CCD Format ....** Luego proceder en forma similar al caso anterior (dentro del menú principal del PMIS).

### 7.5.2 Binning

#### *i) Dentro del menú principal del PMIS*

Seleccionar **Image**, y dentro de este menú dar un click sobre **CCD Format ....** De esta manera, aparecerá un menú en el cual se pedirá, entre otras cosas, los valores de binning serie y paralelo (**Serial Binning Factor** y **Parallel Binning Factor**). Una vez modificados los valores de binning correspondientes, dar un click sobre **Binned CCD**. Se podrá observar de esta manera que se adaptan los valores de **Serial Subarray Size** y **Parallel Subarray Size**, a los valores de binning seleccionados.

Una vez que se concluye esto, dar un click en **OK** o presionar la tecla **ENTER** si está de acuerdo con las modificaciones establecidas. Dar un click en **Cancel** o presionar la tecla **ESC** en caso contrario. En el modo DC no es conveniente usar binning.

*ii) Dentro de la Ventana de Imagen*

También se puede modificar el Binning del CCD desde dentro de la ventana de imagen. Para ello, seleccionar la opción **Acquire**. Una vez desplegadas las opciones de éste, dar un click sobre **CCD Format ....** Luego proceder en forma similar al caso anterior (dentro del menú principal del PMIS).

## 7.6 Mostrar una Imagen Previamente Adquirida y Guardada en Disco

Dentro del menú principal del PMIS seleccionar **Image**. Una vez desplegadas las opciones, elegir **Open ...**; de esta manera, aparecerá un menú titulado **Open PMIS Image**. En este menú se puede escribir el nombre de un archivo de imagen, seleccionar un archivo de entre los nombres presentados en la pantalla, o cambiar de directorio o de unidad. Si la cantidad de archivos guardados es mayor que lo que se puede mostrar en este menú, podemos recorrer todo el listado de archivos uno por uno, dando un click sobre una de las flechas de la barra a la derecha. Una vez elegido el archivo que contiene la imagen a mostrar, dar un click sobre su nombre. Para que la imagen sea efectivamente desplegada, dar doble click sobre el nombre del archivo o dar un click con el cursor del mouse sobre **OK** u oprimir la tecla **ENTER**. Para salir de este menú presionar la tecla **ESC** o dar un click sobre **Cancel**.

## 7.7 El Header

El header actual en cada imagen es generado en forma automática. Sólo el "OBJECT" debe indicarse por teclado, los otros parámetros los toma automáticamente. El tipo de imagen está dado por el "IMAGETYP" y podrá ser: bias, flat, dark, comparación, objeto. Cada uno de estos tipos de header son indicados con las palabras: ZERO, FLAT, DARK, COMP, y OBJECT. Además el header incluye las palabras: BIASEC y TRIMSEC con las columnas y filas que limitan la región de overscan para DC y la sección recomendada para efectuar el trimming.

Cada usuario puede modificar los valores del TRIMSEC en el momento de efectuar la reducción de sus datos.



**A ALGUNAS FÓRMULAS ÚTILES**

El ángulo de inclinación de cada red en función de la longitud de onda en el centro del espectro se calcula mediante:

$$\sin \theta = 5.5168895 \times 10^{-8} \times \lambda_c \times m \times n$$

donde  $\theta$  es el ángulo a colocar en el goniómetro,  $\lambda_c$  es la longitud de onda en el centro del detector,  $m$  es el orden en que trabaja el dispersor cruzado y  $n$  es el número de líneas por mm de la red.

La dispersión producida por la red echelle se calcula con:

$$D [\text{Å/mm}] = 1.32565017 \times 10^{-3} \times \lambda$$