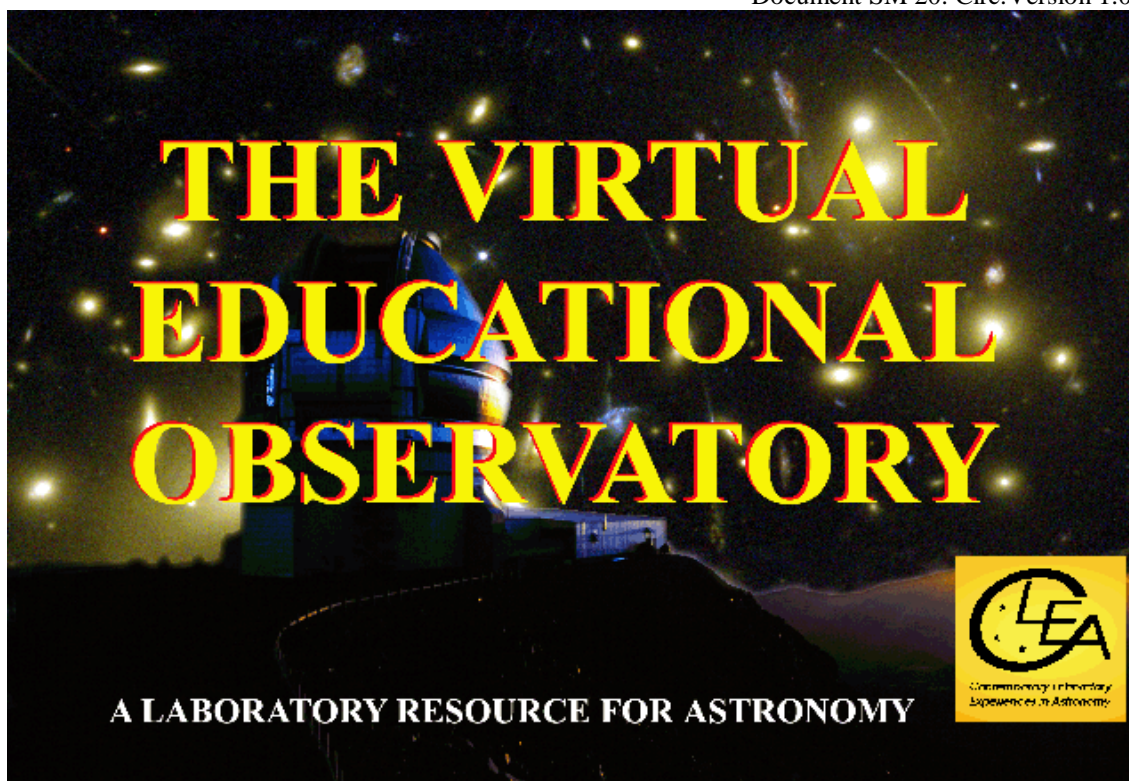


# **VIREO: EL OBSERVATORIO** **VIRTUAL EDUCACIONAL**

Manual de ayuda del programa

A Manual to Accompany Software  
Document SM 20: Circ. Version 1.0



Department of Physics  
Gettysburg College  
Gettysburg, PA 17325  
Telephone: (717) 337-6028  
email: [clea@gettysburg.edu](mailto:clea@gettysburg.edu)

**Software y manuales desarrollados por:**  
Glenn Snyder y Laurence Marschall (CLEA PROJECT, Gettysburg College)  
**Traducido del inglés por:**  
Eduardo Manuel Alvarez (OLASU, Observatorio Los Algarrobos, Salto, Uruguay)



Contemporary Laboratory  
Experiences in Astronomy

# Contenido

Introducción al Observatorio Virtual Educativo .....	3
Inicio del programa .....	4
La pantalla de control del observatorio virtual.....	5
Uso del telescopio óptico.....	6
Uso del fotómetro.....	8
Uso del espectrógrafo .....	12
Uso del espectrógrafo multicanal .....	13
Uso de la cámara CCD .....	17
Uso de la cámara infrarroja .....	18
El radiotelescopio CLEA .....	20
Uso del receptor de radio .....	22
Las herramientas de VIREO para el análisis de datos.....	24
La herramienta para clasificar espectros .....	25
La herramienta para medir espectros .....	30
La herramienta para analizar señales de púlsares.....	33
La herramienta para analizar diagramas HR.....	35
La herramienta de análisis astrométrico .....	42
Uso del observatorio virtual para los ejercicios CLEA .....	48
Uso del observatorio virtual para desarrollar nuevos ejercicios astronómicos.....	51
APENDICE A: Selección de preferencias de uso de VIREO .....	52
APENDICE B: Sitios web útiles.....	64
APENDICE C: Origen de los datos usados en VIREO .....	65
REFERENCIAS .....	87

## INTRODUCCION AL OBSERVATORIO VIRTUAL EDUCATIONAL

El *Observatorio Virtual Educativo*, denominado VIREO por sus siglas en inglés (*Virtual Educational Observatory*), es un programa computacional que simula fielmente un observatorio astronómico con fines educacionales, en el cual se pueden aplicar modernas técnicas de investigación en astrofísica. Básicamente comprende tres telescopios ópticos y un radiotelescopio. A su vez, los telescopios ópticos están equipados con cámara CCD, cámara infrarroja, fotómetro de apertura, espectrógrafo de rendija simple y espectrógrafo multi-objeto. El radiotelescopio, que puede ser apuntado a cualquier punto del cielo o utilizado como instrumento de tránsito, posee tres receptores independientes de frecuencias seleccionables (400-1.600 MHz) que registran la información recibida de forma digital, presentándola en una pantalla simulando un registrador o como sonido.

VIREO recrea la observación astronómica moderna accediendo a varias bases de datos, tanto online como en archivos contenidos en el propio software. La base de datos principal de VIREO incluye datos del *Hubble Guide Star Catalog* (unos 16 millones de objetos), más otros datos acerca de unas 24.000 galaxias, 2.269 quasars y 558 pulsars, más los elementos orbitales de unos 29.000 asteroides. Cuando es posible usar una conexión a Internet de banda ancha, VIREO también accede al catálogo NOMAD del servicio online del Observatorio Naval de los EE.UU., el que posee información sobre 1.100 millones de fuentes astronómicas puntuales, tanto astrométrica como fotométrica (magnitudes en las bandas **B**, **V**, **R**, **J**, **H** y **K**).

Debido a que VIREO es capaz de simular la observación de una enorme cantidad de diferentes objetos celestes a través de telescopios ópticos y radiotelescopios, el programa puede ser utilizado para recrear con gran realismo una variedad de modernos proyectos observacionales. Estos incluyen a la mayoría de los actuales ejercicios CLEA de apoyo a la enseñanza de la astronomía, pero potencialmente también podrían abarcar un número ilimitado de nuevas actividades a desarrollar por cualquier usuario, para todos los niveles (desde astronomía básica hasta proyectos de observación especializados, como por ejemplo de búsqueda de quásars, de un estudio comparativo de las edades de cúmulos estelares, o de descubrimiento de asteroides). Los actuales ejercicios CLEA que VIREO soporta son *Fotometría Fotoeléctrica de las Pléyades*, *Diagramas HR de Cúmulos Estelares*, *Clasificación de Espectros Estelares*, *La Relación entre Enrojecimiento Hubble y Distancia*, *La Estructura a Gran Escala del Universo*, *Radioastronomía de los Púlsars*, y *La Búsqueda del Objeto X*.

El propósito de este manual de software es describir las características de los diferentes instrumentos que VIREO puede aplicar, dar una idea general acerca de cómo operarlos, y mostrar las distintas posibilidades que el programa ofrece para el mismo sea aplicado según los específicos fines buscados, que pueden ir desde exclusivamente pedagógicos, como hasta exclusivamente de investigación. En cambio, este manual no provee tutoriales acerca de técnicas de observación o investigación astronómicas, o instrucciones para actividades o experimentos específicos. Se parte de la base que el usuario ya posee conocimientos en astronomía y que encontrará a VIREO útil para llevar adelante ejercicios de simulación propuestos en clase, tanto a nivel de astronomía básica como avanzada. Por otro lado, también esperamos que VIREO les resulte apropiado a los propios

profesores de astronomía, cualquiera sea el nivel de sus clases, y que los estimule a desarrollar nuevos ejercicios para sus alumnos utilizando esta magnífica herramienta.

Todo el material descrito en este manual, incluyendo datos, características y técnicas, es válido y funcional para el programa VIREO versión **1.410**. Algunas funciones descritas en versiones anteriores pudiesen no estar más disponibles, estar incompletas, o directamente no operar.

---

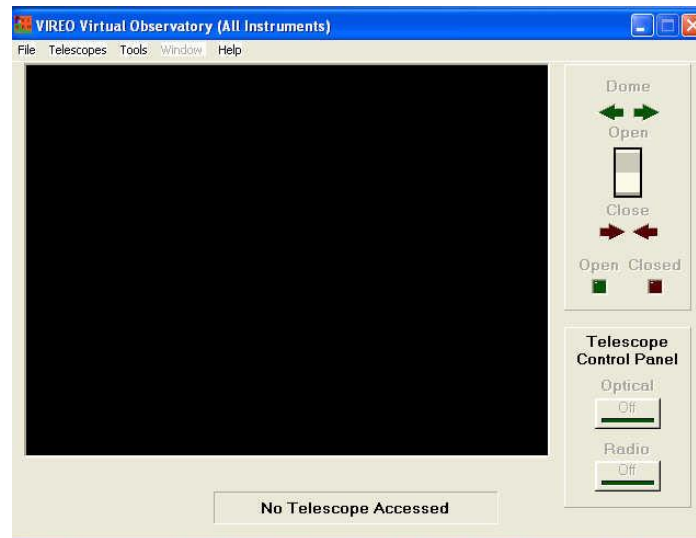
## INICIO DEL PROGRAMA

El programa se iniciará cliqueando sobre el ícono VIREO, lo que traerá a la pantalla la imagen de inicio. Selecciona **Files** → **Login** de la barra del menú y procede según se indica (la secuencia de logueo puede ser bypaseada a través de una opción de usuario particular – ver Apéndice A). Luego del logueo, por medio de la opción **Files** de la barra del menú puedes acceder a dos alternativas principales. La opción **Preferences** te permite establecer las condiciones particulares en que VIREO se aplicará, lo cual se explica en detalle en el Apéndice A. La opción **Run Exercise** provee acceso a los distintos telescopios e instrumentos de VIREO. Desde esta opción puedes elegir un ejercicio CLEA en particular (el que restringirá el software de forma tal de mostrar solo las funciones necesarias para llevar a cabo el ejercicio seleccionado) o en cambio acceder a la función **Virtual Observatory** (lo que te posibilitará utilizar todos los telescopios e instrumentos a disposición). Los detalles acerca de los ejercicios CLEA específicos se encuentran en los respectivos manuales de cada ejercicio. Aquí analizaremos la opción **Virtual Observatory**, dado que ella contiene todas las funciones del software VIREO. En tal sentido, como dicha opción permite utilizar funciones a las que posiblemente los instructores no deseen que los estudiantes accedan, como por ejemplo los valores de datos, el acceso a la opción **Virtual Observatory** debe ser habilitado mediante el correspondiente menú de seteo previo a que pueda ser utilizado.

---

## LA PANTALLA DE CONTROL DEL OBSERVATORIO VIRTUAL

Al seleccionar la opción *Virtual Observatory* aparece de inmediato la pantalla de control del observatorio virtual (ver Figura 1), a partir de la cual se pueden operar todas las variadas funciones de VIREO.



**Figura 1:** La Pantalla de control del observatorio virtual

El menú de la barra superior te provee acceso a las siguientes posibilidades:

- La opción **Files...** te permite determinar la fecha y la hora de la observación, además de poner a disposición la lista de posibles cúmulos estelares y cuántars.
- La opción **Telescopes...** te permite acceder a alguno de los tres telescopios ópticos o al radiotelescopio. (De los tres telescopios ópticos, el de menor tamaño siempre estará disponible; en cambio, el acceso a los otros dos podrá requerir que el estudiante solicite la correspondiente asignación de uso, si es que tal opción ha sido seleccionada previamente por el instructor a cargo del ejercicio.)
- La opción **Tools...** te permite trabajar con las herramientas de análisis, con las que es posible medir y procesar la información capturada mediante los distintos instrumentos de VIREO. Las opciones que **Tools** te ofrece son:
  - La herramienta de clasificación espectral, que te permite comparar el espectro obtenido con distintos espectros característicos de cada clase espectral.
  - La herramienta de medición de espectros, que te permite medir las longitudes de onda, intensidades y anchos equivalentes de las distintas líneas espectrales.
  - La herramienta de análisis de púlsares, que te permite medir con precisión los tiempos de los distintos pulsos característicos recogidos por los registradores a la salida del radiotelescopio.

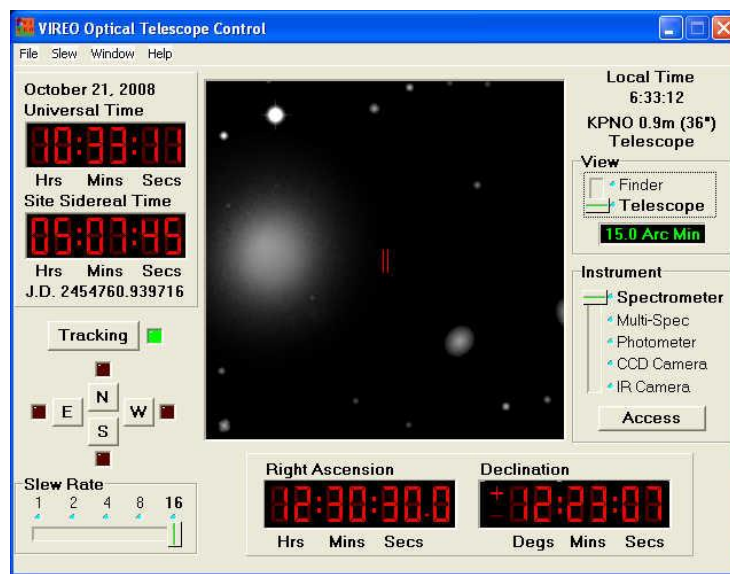
- La herramienta de análisis del diagrama HR, que te permite graficar la información fotométrica obtenida de cúmulos estelares abiertos, para poder ajustarle luego curvas teóricas isocrónicas.
- La herramienta de astrometría, que te permite encontrar objetos que se mueven entre una imagen y otra (hasta cuatro) mediante la técnica denominada *blinking*, y para obtener las precisas coordenadas ecuatoriales de cualquier objeto puntual. Este módulo también se puede usar para obtener una medición inicial de la magnitud de los objetos puntuales.
- La herramienta de tratamiento de imágenes, que te permite procesarlas y hacer mediciones acerca de sus propiedades.
- Por último, la opción **Tools** te permite acceso a editores de texto desarrollados específicamente para modificar archivos de datos obtenidos de los distintos instrumentos de VIREO.

---

## USO DEL TELESCOPIO OPTICO

- 1. Elección del telescopio:** De la *Pantalla de control del observatorio virtual*, selecciona uno de los tres posibles telescopios. Cuanto más grande el telescopio, mayor será su capacidad de capturar luz, y por tanto menor será el tiempo requerido para obtener una buena imagen. Siempre podrás volver a esta pantalla para elegir un telescopio más grande si es que descubres que los objetos que pretendes estudiar son demasiado tenues para el telescopio con que estabas trabajando. Una vez seleccionado el telescopio, en la parte de abajo de la ventana aparecerá un mensaje (“*Accessing telescope*”) indicando que VIREO está ejecutando tal orden. Espera hasta el mensaje cambie a “*You now have control of the telescope*”, lo que indica que efectivamente se te ha asignado control sobre el telescopio elegido. Clickea “OK” y la abertura de la cúpula aparecerá (cerrada) en la imagen. Estás ahora en condiciones de iniciar el proceso de observación.
- 2. Apertura de la cúpula:** Lo primero que tienes que hacer es abrir la cúpula del observatorio, clickeando en la llave *Dome open/close* de arriba a la derecha. La abertura de la cúpula comenzará a desplazarse, dejando ver el cielo nocturno. Las estrellas que aparecen en ese pedazo de cielo son las estrellas que están cruzando la meridiana para la hora y el lugar predeterminados, tal y como tú mismo las verías si estuvieses parado dentro de la cúpula.
- 3. Acceso al Panel de control del telescopio:** Clickea sobre el botón ubicado abajo a la derecha en la pantalla de control del observatorio virtual para poder acceder al *Panel de control del telescopio* óptico. De inmediato se abrirá la correspondiente pantalla del *Panel de control del telescopio* elegido (ver figura 2), permitiéndote empezar a usarlo.
- 4. Descripción general del Panel de control del telescopio:** Los diferentes controles del *Panel de control del telescopio* te permiten dirigirlo hacia distintas posiciones del cielo, alternativamente mirar a través del buscador de gran campo o a través del propio telescopio (con un campo obviamente mucho menor), y trabajar con alguno de los instrumentos ópticos disponibles, como el fotómetro, los espectrógrafos, o las cámaras. Los displays digitales de grandes números rojos indican el Tiempo

Universal, el Tiempo Sideral, y las coordenadas (Ascensión Recta y Declinación) adonde el telescopio está apuntando. El display de números verdes indica el tamaño del campo que estás observando (tanto sea a través del buscador o del propio telescopio). El display de números negros pequeños a la izquierda indica el Día Juliano con seis decimales (esto es, con una precisión de fracción de segundo), y el similar de arriba a la derecha indica la hora local. La ventana central muestra, como si fuese la imagen de una cámara de TV, la parte de cielo que se está observando según se haya elegido la visión de gran campo a través del buscador, o directamente la de campo reducido a través del telescopio propiamente dicho. En dicha ventana de cielo, *el norte está hacia arriba y el este hacia la izquierda*, lo que es la orientación usual para la gran mayoría de los telescopios y las imágenes astronómicas.



*Figura 2: El Panel de control del telescopio óptico*

##### 5. Los controles del *Panel de control del telescopio* son:

- **Motor de seguimiento del telescopio (*Tracking*):** Debe ser activado para poder tener acceso al resto de los controles del panel. Al estar activado (luz verde encendida), el telescopio se mueve acompañando exactamente el desplazamiento normal de las estrellas en el cielo (*tracking*), por lo que éstas parecerán detenidas. Contrariamente, con el *tracking* detenido, las estrellas aparecerán en la ventana central del observatorio desplazándose horizontalmente a través de la misma, desde la izquierda a la derecha (del este al oeste), a una velocidad de  $360^\circ$  por día.
- **Movimiento del telescopio:** Los cuatro botones indicados como *N*, *E*, *S* y *W*, mueven el telescopio respectivamente en las direcciones norte, este, sur y oeste. El cursor de desplazamiento horizontal indicado como *Slew Rate* controla la velocidad a la que el telescopio se mueve en la dirección elegida. Por otro lado, usando la opción del menú *Slew...*, el telescopio también puede ser apuntado

hacia una determinada posición en el cielo, ya sea ingresando las correspondientes coordenadas, o seleccionado el objeto deseado de una lista de objetos disponibles.

- **Ventana de imagen (*View*):** El cursor de desplazamiento vertical permite elegir entre ver la imagen de gran campo del buscador del telescopio, o la propia imagen de pequeño campo del telescopio. En el display de números verdes que aparece inmediatamente debajo se indica el ancho del campo de vista (*field of view*). El valor por defecto del buscador de gran campo es 2,5 grados, mientras que el del telescopio es tan solo 15 minutos de arco (0,25 grados). Para poder acceder a los distintos instrumentos, la imagen del telescopio debe estar previamente seleccionada. En dicha imagen de pequeño campo, una marca roja de diferente forma y tamaño según el instrumento considerado, ubicada en el centro mismo de la ventana, indica la porción de cielo abarcada por dicho instrumento.
- **Instrumentos de trabajo (*Instrument*):** El cursor de desplazamiento vertical permite elegir uno de los varios instrumentos a disposición para que trabaje adosado al telescopio. Tales instrumentos son: el fotómetro de apertura (*Photometer*), el espectrómetro de rendija única (*Spectrometer*), el espectrómetro de apertura múltiple (*Multi-Spec*), la cámara de fotos en la banda visible (*CCD camera*), y la cámara infrarroja (*IR camera*). Cliqueando sobre el botón *Access* ubicado debajo del cursor aparecerá la pantalla de control correspondiente al instrumento seleccionado.
- **Opciones del menú:** La barra de menú ubicada arriba y a la izquierda permite acceder a funciones adicionales que también controlan al telescopio óptico:
  - ***File* → *Site Information*:** Esta opción trae a pantalla información acerca del telescopio que se está utilizando (apertura, distancia focal, ubicación donde se encuentra). En caso que se desee modificar la presente configuración, cualquiera de tales parámetros pueden ser cambiados en el menú inicial de preferencias del usuario (*Preferences*).
  - ***File* → *Print SkyImage*:** Esta opción permite imprimir la imagen de cielo que se ve en la ventana de la cúpula.
  - ***Slew* → *Hot List*:** Esta opción permite traer a pantalla un listado de “objetos interesantes” (*hot list*), o agregar la presente posición apuntada por el telescopio a dicho listado, a los efectos de facilitar una posterior observación a tales “objetos interesantes”. También permite apuntar el telescopio rápidamente hacia alguna posición del cielo mediante la simple acción de seleccionarla de entre las presentes en la *hot list*. (Varios de los ejercicios específicos incorporan automáticamente su propio listado de “objetos interesantes”).
  - ***Slew* → *Set Coordinates*:** Esta opción representa una conveniente alternativa para mover el telescopio hacia determinada posición en el cielo, mediante la simple acción de introducir sus correspondientes coordenadas.
  - ***Window*:** Esta opción vuelve atrás a la pantalla de control del observatorio virtual. Resulta de utilidad en caso que se desee acceder a funciones

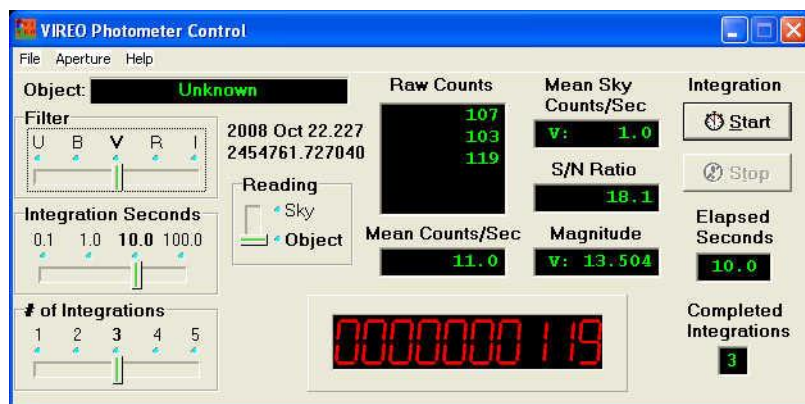


adicionales, tales como las herramientas de análisis de datos o presentación de imágenes archivadas.

- **Help:** Esta opción permite acceder a los archivos de ayuda, los que describen la operación del panel de control del telescopio.

## USO DEL FOTOMETRO

Lo primero es corroborar que estás en la pantalla de control del telescopio, que el *tracking* está habilitado, que el telescopio apunta hacia las coordenadas (al menos aproximadas) del objeto de interés, y que la imagen de la ventana (*View*) seleccionada corresponde a la vista de pequeño campo (*Telescope*). Habilita el uso del fotómetro desplazando el cursor vertical de selección del instrumento (*Instrument*) a la posición *Photometer*, y luego cliquea sobre el botón *Access*. El *Panel de control del fotómetro* (ver Figura 3) aparecerá de inmediato. El fotómetro es básicamente una válvula electrónica fotomultiplicadora que cuenta los fotones que ingresan por una determinada abertura del plano focal del telescopio. Tal abertura se indica como un anillo rojo en la ventana de imagen de la pantalla de control del telescopio mientras el fotómetro esté siendo usado.



*Figura 3: El Panel de control del fotómetro*

### Elementos del *Panel de control del fotómetro*:

- **Object** (display de letras verdes): Identifica el objeto que estará siendo observado, si es que tal objeto es conocido.
- **Filter** (cursor de desplazamiento horizontal): Selecciona el filtro a ser usado.
- **Integration Seconds** (cursor de desplazamiento horizontal): Selecciona el tiempo de integración a ser aplicado (esto es, el tiempo durante el cual el fotómetro estará contando los fotones recibidos que provengan del objeto observado).
- **# of Integrations** (cursor de desplazamiento horizontal): Selecciona el número de períodos de integración que serán considerados para cada observación (esto es, la

medición de brillo del objeto considerado se obtendrá promediando automáticamente los valores correspondientes a la cantidad de períodos de integración elegido).

- **Reading** (cursor de desplazamiento vertical): Selecciona si lo que el fotómetro estará contando son fotones provenientes de un objeto puntual, o si por el contrario provenientes de un área de cielo sin objetos brillantes (lo que permitirá determinar el valor del brillo de fondo o *sky background*).
- **Raw Counts** (display de números verdes): Lleva la cuenta del número total de fotones detectados durante cada integración de una misma observación.
- **Mean Counts /Sec** (display de números verdes): Lleva la cuenta del flujo promedio de fotones detectado, calculado a partir de las integraciones que comprende la observación (esto es, el promedio del número de fotones contados en el display **Raw Counts** dividido entre el tiempo de integración en segundos).
- **Real Time Counter** (display de números rojos grandes): Lleva la cuenta en tiempo real de cuántos fotones van siendo detectados por el fotomultiplicador una vez que éste arranca a contar.
- **Mean Sky Counts/Sec** (display de números verdes): Muestra el nivel de brillo de fondo del cielo (*sky background*) para el filtro con que se esté trabajando, si es que tal medición se realizó apuntando a un área de cielo despojada de objetos.
- **S/N Ratio** (display de números verdes): Muestra la relación estadística de señal-ruido correspondiente a la observación realizada.
- **Magnitude** (display de números verdes): Muestra la magnitud aparente del objeto observado a través del filtro elegido (esta prestación puede ser suprimida de acuerdo a cómo se elijan las opciones de usuario iniciales).
- **Start**: Botón de arranque de las integraciones de una observación.
- **Stop**: Botón de detención de las integraciones de una observación.
- **Elapsed Seconds** (display de números verdes): Lleva la cuenta de cuántos segundos de integraciones van desde que se comenzó la observación del objeto considerado.
- **Completed Integrations** (display de números verdes): Lleva la cuenta de cuántas integraciones van desde que se comenzó la observación del objeto considerado.

### Haciendo medidas fotométricas de estrellas:

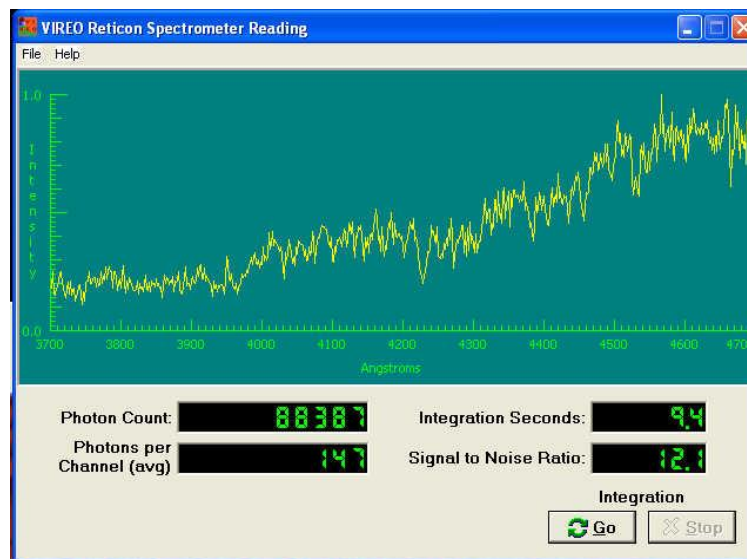
La técnica de *fotometría de abertura* (**aperture photometry**) para medir el brillo de una estrella consiste en contar la cantidad de fotones por unidad de tiempo emitidos por la estrella observada, los que son detectados por un tubo fotomultiplicador ubicado detrás de una abertura en la parte delantera del instrumento. Usualmente se toman varias medidas (*integraciones*) y el resultado final se obtiene promediándolas. En la práctica, a través de la abertura no solo ingresan los fotones provenientes de la estrella observada sino también fotones provenientes del cielo de fondo (*sky background*), por lo que resulta necesario descontar estos últimos. El brillo del cielo de fondo se mide apuntando la abertura del instrumento a una región del cielo sin estrellas. El brillo de la estrella observada es entonces igual a la medición obtenida para (estrella + cielo de fondo) menos la medición para (cielo de fondo). Este brillo obtenido puede ser luego convertido a magnitudes estelares – VIREO puede hacer esta transformación de forma automática, si es que la opción no ha sido eliminada para sea el propio estudiante quien pueda llevar a cabo dicha reducción.

**Procedimiento para usar correctamente el fotómetro:**

1. Selecciona un filtro desplazando el cursor **Filter** a la banda fotométrica deseada.
  2. Usa los botones **NESW** en el *Panel de control del telescopio* para que la abertura del fotómetro (representada por un círculo rojo en el centro de la ventana de imagen) enmarque una región de cielo despojada de toda estrella, preferentemente en una zona cercana al objeto de interés.
  3. Mueve el cursor **Reading** a la posición **Sky** para poder medir el brillo del cielo de fondo (*sky background*).
  4. Selecciona un *número de integraciones (# of Integrations)* y un *tiempo de integración (Integration Seconds)* desplazando los respectivos cursores a los valores deseados. Por ejemplo, elige 5 integraciones de 10 segundos cada una.
  5. Clickea sobre el botón **Start** para dar comienzo a las mediciones. Espera hasta que se complete la secuencia completa de integraciones (puedes ver cómo dichas integraciones van progresando en los displays **Elapsed Seconds** y **Completed Integrations**, a la vez de ver en el display de grandes números rojos cómo las cuentas de fotones se van dando). En el *Panel de control del fotómetro*, arriba a la derecha, aparecerá *el valor medio de fotones del cielo de fondo recibidos por segundo (Mean Sky Counts/Sec)*. Este valor, para el filtro especificado, será guardado para quedar a disposición hasta tanto la aplicación del fotómetro permanezca abierta. Siempre podrás cambiarlo si es que realizas nuevas mediciones del brillo del cielo de fondo. Si estás observando a través de diferentes filtros, también necesitarás medir el brillo del cielo de fondo para cada uno de tales filtros.
  6. Para medir el brillo de una estrella luego que ya has medido el brillo del cielo de fondo, repite el procedimiento básico anterior. Primero mueve el telescopio con los botones **NESW** de forma tal que la estrella deseada quede posicionada en el centro de la abertura del fotómetro. Luego desplaza el cursor **Reading** a la posición **Object**. Selecciona un *número de integraciones (# of Integrations)* y un *tiempo de integración (Integration Seconds)* y luego clickea sobre el botón **Start** para dar comienzo a la secuencia de medición.
  7. A medida que las correspondientes integraciones vayan siendo completadas aparecerá indicado un determinado *valor medio de fotones por segundo (Mean Counts/Sec)*, el que representa la medición del brillo del objeto observado, como así también su magnitud (**Magnitude**) si es que tal opción está habilitada, y la relación señal/ruido (**S/N Ratio**) de la medición. Para obtener una medición con una precisión del 1%, es deseable alcanzar una relación señal/ruido mínima de 100 (lo que corresponde a una cuenta de unos 10.000 fotones). Para aumentar la relación señal/ruido deberás aumentar el tiempo de integración, o el número de integraciones, o alternativamente utilizar un telescopio de mayor apertura (el que podrás elegir en las opciones accesibles en la pantalla de control de VIREO).
  8. Para grabar datos obtenidos que puedan ser utilizados más adelante y/o impresos, de la barra del menú de la pantalla de control del fotómetro elige **File → Data → Record/Review**, e introduce la información que se requiere para resguardar apropiadamente los datos del caso antes de salvarlos.
  9. En caso de así requerirlo, repite los pasos anteriores para diferentes filtros.
-

## USO DEL ESPECTROGRAFO

Lo primero es corroborar que estás en el *Panel de control del telescopio*, que el *tracking* está habilitado, que el telescopio apunta hacia las coordenadas (al menos aproximadas) del objeto de interés, y que la imagen de la ventana (*View*) seleccionada corresponde a la vista de pequeño campo (*Telescope*). Habilita el uso del espectrógrafo desplazando el cursor vertical de selección del instrumento (*Instrument*) a la posición *Spectrometer*, y luego cliquesa sobre el botón *Access*. El *Panel de control del espectrógrafo* (ver Figura 4) aparecerá de inmediato.



*Figura 4: El Panel de control del espectrógrafo*

### Elementos del *Panel de control del espectrógrafo*:

- ***Spectrum Display*** (gran gráfico central): Muestra el análisis espectral del objeto observado a medida que dicho espectro está siendo obtenido. El espectrógrafo del VIREO es del tipo *contador de fotones*, por lo que mientras este instrumento está acumulando fotones, cada punto de la gráfica va representando la cantidad de fotones recibidos en cada canal (esto es, para cada longitud de onda). Cuando el espectro se completa (o la captura de fotones se detiene), los diferentes puntos obtenidos se unen entre sí formando una gráfica característica, la que representa precisamente la gráfica espectral del objeto observado. Los ejes de la gráfica son, para el eje horizontal, la longitud de onda (expresada en **Ångstroms**), y para el eje vertical, la intensidad relativa – lo que para cada canal representa la fracción del número de fotones recibidos en ese canal, con relación al máximo número recibido en el “mejor” canal. Para variar el rango de longitudes de onda (***spectral range***) mostrado en el eje horizontal de la gráfica, de la barra del menú de la pantalla de control del espectrógrafo elige ***File*** → ***Preferences*** → ***Spectral Range***.

- **Photon Count** (display de números verdes): Lleva la cuenta del número total de fotones detectados por el espectrógrafo.
- **Photons per Channel (avg)** (display de números verdes): Muestra el número total de fotones recibidos dividido entre el número total de canales que integran el espectro.
- **Integration Seconds** (display de números verdes): Lleva la cuenta del tiempo total durante el cual el espectro se ha ido construyendo.
- **Signal to Noise Ratio** (display de números verdes): Muestra la relación estadística de señal-ruido correspondiente al espectro que se ha ido construyendo.
- **Go/Stop**: Botones de arranque y parada de construcción del espectro del objeto observado. Al clicar el botón **Stop** la acumulación de fotones se detiene, pero es posible continuar acumulando fotones para mejorar el espectro obtenido (alcanzando por tanto una mejor relación señal/ruido) volviendo a clicar el botón **Go**.

### Procedimiento para obtener un espectro:

1. Usa los botones **NESW** en el *Panel de control del telescopio* para que la rendija del espectrógrafo (representada por dos barras paralelas rojas en el centro de la ventana de imagen) enmarque al objeto de interés. Ten en cuenta que el espectrógrafo es sensible únicamente a la luz que ingresa a través de su rendija. Si tú la apuntas a una región de cielo sin ningún objeto, el espectro que obtendrás corresponde al *ruido de fondo (background noise)*. Si estás observando un objeto extendido, como por ejemplo una galaxia, obtendrás la máxima señal si centras la rendija precisamente en la parte más brillante del objeto (su núcleo). Una vez que tengas la rendija posicionada en la posición deseada, simplemente cliquea sobre el botón **Go** y verás cómo de inmediato el espectro se empieza a construir. En cualquier momento puedes clicar sobre el botón **Stop** para examinar el espectro obtenido, y retomar su construcción acumulando una mayor exposición si es que deseas aumentar la correspondiente relación señal/ruido.
2. Para imprimir el espectro obtenido, o para guardarlo para poder analizarlo (por ejemplo, para poder medirle *redshift*, intensidad de líneas, o clasificación espectral), del menú de opciones selecciona **File → Data**. El espectro obtenido podrá ser guardado con un nombre elegido tanto por el usuario o determinado por defecto por el propio programa.

---

## USO DEL ESPECTROGRAFO MULTICANAL

Este espectrógrafo permite obtener en simultáneo espectros de diferentes objetos, analizando la luz de cada uno de ellos a través de diferentes entradas al instrumento, cada una vía respectivas fibras ópticas que se pueden posicionar de forma totalmente independiente. Es especialmente útil para llevar a cabo prospecciones y campañas de recolección sistemática de datos. La estrategia básica para su uso en VIREO es posicionar las distintas fibras ópticas sobre los objetos de interés que aparecen en la ventana de imagen, a los efectos de obtener integraciones en simultáneo para cada uno de tales objetos, del largo que se quiera (cuanto más largas las observaciones, mayores serán las relaciones señal/ruido que se obtendrán). Los espectros podrán ser presentados de forma individual o

colectivamente, y también podrán ser salvados para un posterior análisis con software que permita determinar las correspondientes longitudes de onda, intensidades, o tipos espectrales.

Lo primero es corroborar que estás en el *Panel de control del telescopio*, que el *tracking* está habilitado, que el telescopio apunta hacia las coordenadas (al menos aproximadas) de los objetos de interés, y que la imagen de la ventana (*View*) seleccionada corresponde a la vista de pequeño campo (*Telescope*). Habilita el uso del espectrógrafo multicanal desplazando el cursor vertical de selección del instrumento (*Instrument*) a la posición *Multi-Spec*, y luego cliquea sobre el botón *Access*. El *Panel de control del espectrógrafo multicanal* (ver Figura 5) aparecerá de inmediato.



**Figura 5:** El Panel de control del espectrógrafo multicanal (abajo) y la ventana de imagen de VIREO mostrando los objetos seleccionados (arriba)

**Elementos del Panel de control del espectrógrafo multicanal:**

- **Objects** (display de números verdes): Lleva la cuenta de cuántos objetos van siendo seleccionados, una vez que el espectrógrafo multicanal fue inicializado (ver más abajo qué sucede al clicar sobre el botón **Init**).
- **S/N Ratio (Estimate)** (display de números verdes): Muestra el valor estimado de la relación señal/ruido del espectro correspondiente al más tenue objeto, basado en el número de fotones que se llevan detectados.
- **Exposure Timer** (display de números verdes): Muestra cuánto tiempo falta para que se complete la integración en curso.
- **Exposure Minutes**: casilla para ingresar el tiempo total de integración que se desea para obtención de los correspondientes espectros (expresado en minutos).
- **Init**: Botón que permite seleccionar objetos que aparecen en la ventana de imagen a los efectos de obtener sus espectros, y que además carga como válido el tiempo de integración que ha sido ingresado en la casilla **Exposure Minutes**.
- **Go/Stop**: Botones que permiten arrancar y detener la obtención de los espectros.
- **Objects** (opción de menú que permite las siguientes alternativas):
  - **Select Objects**: Activa la selección de objetos al irlos cliqueando directamente sobre la ventana de imagen.
  - **Clear Objects**: Borra todos los objetos anteriormente seleccionados.
  - **View/Save Spectra**: Abre la pantalla **Spectrum View Window** (ver más adelante).
  - **Print Selection Field**: Imprime una carta del campo de cielo de la ventana de imagen, mostrando los objetos seleccionados.
  - **Exit Multi-Spec**: Apaga el espectrógrafo multicanal y retorna a la pantalla de control del telescopio.

### Procedimiento para utilizar el espectrógrafo multicanal:

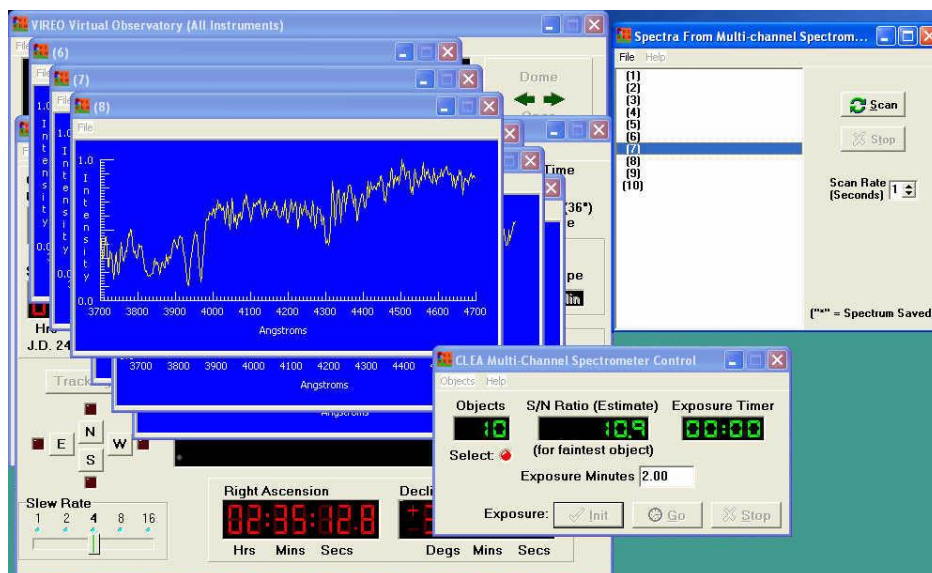
1. Si todavía no has seleccionado tus objetos de interés, tienes que acceder a dicha opción seleccionando **Objects** → **Select Objects** de la barra del menú.
2. Una vez que hayas elegido todos tus objetos de interés, ingresa un tiempo de integración razonable en la casilla **Exposure Minutes**. El tiempo de integración óptimo dependerá de la apertura del telescopio con que estés trabajando, del brillo de los objetos de los que se desea obtener sus respectivos espectros, y del propósito para el que luego se usarán tales espectros. Por ejemplo, para obtener una rápida clase espectral es normalmente suficiente trabajar con espectros de baja relación señal/ruido; en cambio, para determinar precisas velocidades radiales se requieren espectros de altos valores de relación señal/ruido.
3. Carga el controlador del espectrógrafo multicanal cliqueando sobre el botón **Init**. El número de objetos previamente seleccionado aparecerá en el display **Objects**, y el tiempo de integración predeterminado aparecerá en el display **Exposure Timer**.
4. Cliquea sobre el botón **Go**.
5. Puedes ahora tanto esperar a que el tiempo total de integración se complete, o en cambio detenerla en cualquier momento (si es que, por ejemplo, ya se hubiese alcanzado un razonable valor de relación señal/ruido) mediante clicar sobre el botón **Stop**.

### Examinando los múltiples espectros obtenidos

Una vez que los múltiples espectros han sido obtenidos, aparecerá la ventana *Spectrum View Window*, la que habilita diferentes opciones para poder ver cada uno de ellos. Dicha ventana también puede ser abierta directamente a partir del *Panel de control del espectrógrafo multicanal*, mediante las opciones de menú *Objects* → *View/Save Spectra*.

En la parte de arriba a la derecha de la ventana *Spectrum View Window* (ver Figura 6) aparece un recuadro que muestra el número total de espectros que se acaban de obtener:

- **Para poder ver un determinado espectro:** cliquea dos veces sobre el número o nombre del objeto en cuestión. Aparecerá de inmediato una imagen mostrando el espectro deseado. En la parte superior de dicha imagen una barra de menú te permitirá guardar la información obtenida para más adelante volver a verla y analizarla, o imprimir el espectro, o poder ver información relativa al espectro obtenido (como por ejemplo, las coordenadas del objeto en cuestión o el tiempo de integración empleado).
- **Para poder ver todos los espectros de forma secuencial (tipo *slide show*):** Cliquea sobre el botón *Scan* ubicado a la derecha de la ventana *Spectrum View Window*. Es posible seleccionar el tiempo en que cada espectro permanecerá visible mediante los botones de *Scan rate*.
- **Para poder ver todos los espectros al mismo tiempo:** De la barra del menú de la ventana *Spectrum View Window* elige la opción *File* → *Display* → *Open all*.
- **Para poder guardar todos los espectros en un solo acto:** De la barra del menú de la ventana *Spectrum View Window* elige la opción *File* → *Display* → *Save all*.
- **Para poder descartar todos los espectros en un solo acto:** De la barra del menú de la ventana *Spectrum View Window* elige la opción *File* → *Display* → *Clear all*.



**Figura 6:** La ventana que permite ver los múltiples espectros obtenidos (*Spectrum View Window*)



## USO DE LA CÁMARA CCD

Lo primero es corroborar que estás en la pantalla de control del telescopio, que el *tracking* está habilitado, que el telescopio apunta hacia las coordenadas (al menos aproximadas) del objeto de interés, y que la imagen de la ventana (*View*) seleccionada corresponde a la vista de pequeño campo (*Telescope*). Habilita el uso de la cámara CCD desplazando el cursor vertical de selección del instrumento (*Instrument*) a la posición *CCD Camera*, y luego cliquesa sobre el botón *Access*. El *Panel de control de la cámara CCD (CCD Camera Control*, ver figura 7) aparecerá de inmediato.

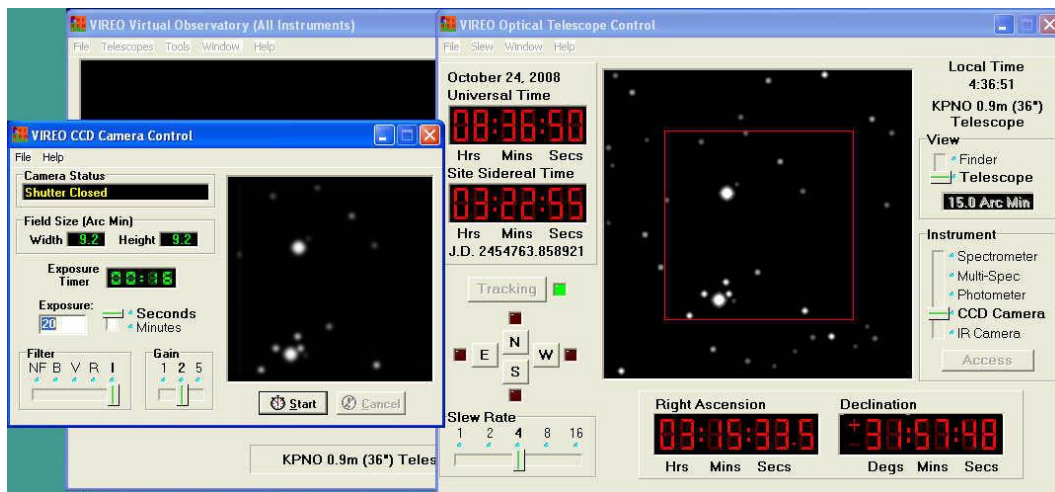


Figura 7: A la izquierda se muestra el Panel de control de la cámara CCD

### Elementos del Panel de control de la cámara CCD:

- **Camera Status** (display de letras amarillas): Indica si el obturador de la cámara (*shutter*) está abierto o cerrado.
- **Field Size (Arc Min)** (dos displays de números verdes): Muestra el tamaño angular que la imagen CCD abarca, indicado por sus correspondientes ancho (*width*) y alto (*height*), ambos expresados en arcos de minutos.
- **Exposure Timer** (display de números verdes): Muestra cuánto tiempo falta para que se complete la imagen en curso de acuerdo al tiempo de exposición preseleccionado.
- **Exposure** (cuadro de ingreso de números): Lugar para ingresar el tiempo de exposición deseado, pudiendo ser ingresado tanto en minutos como en segundos.
- **Seconds/Minutes** (selector de dos posiciones): Indica si el tiempo de exposición ingresado corresponde a minutos o a segundos.
- **Filter** (selector de cinco posiciones): Permite seleccionar la banda astronómica que corresponderá a la imagen a tomar, mediante la aplicación de un determinado filtro. Las opciones van desde no usar ningún filtro (*NF*) hasta utilizar uno de los siguientes cuatro filtros fotométricos técnicamente denominados “standard”: **B** (azul), **V** (visible), **R** (rojo) e **I** (infrarrojo).

- **Gain** (selector de tres posiciones): La ganancia representa básicamente el número de electrones por cuenta de la cámara (lo que técnicamente se llama *ADU* o *Analog/Digital Unit*). Una ganancia elevada es ventajosa para fotografiar campos estelares de gran rango dinámico (esto es, con gran diferencia entre los objetos más brillantes y los más tenues), mientras que una ganancia reducida resulta más apropiada para fotografiar campos con pequeñas diferencias fotométricas.
- **Start/Cancel**: Botones que respectivamente permiten arrancar y detener la exposición antes de que el tiempo total prefijado haya sido completado.
- **Image Display Window**: Imagen que muestra la fotografía obtenida.
- **File Menu**: La opción **Information** muestra los distintos parámetros de la cámara CCD, mientras que la opción **Save** permite guardar las distintas imágenes obtenidas en formato FITS.

### Procedimiento para tomar fotografías con la cámara CCD:

1. Asegúrate que el campo estelar a fotografiar está efectiva y correctamente enmarcado dentro del cuadro rojo que se indica en la ventana de imagen de VIREO. En caso de que así no estuviera, desplaza el telescopio lo necesario para lograr tal cometido, mediante el uso de los correspondientes cursores de desplazamiento.
2. Selecciona el filtro apropiado mediante el cursor de desplazamiento **Filter**, y corrobora que has incorporado la ganancia apropiada (normalmente utilizarás una ganancia igual a 1).
3. Ingresas el tiempo de exposición que desees, y asegúrate que la unidad que corresponda (sean minutos o segundos) esté correctamente indicada.
4. Clickea sobre el botón **Start** para dar comienzo a la toma de la fotografía, y espera el tiempo que corresponda hasta que la misma finalice.
5. Examina la imagen recién obtenida que se muestra en la pantalla. Si tal fotografía es demasiado tenue o “ruidosa”, eventualmente puedes aumentar el tiempo de exposición o incluso utilizar un telescopio de mayor apertura.
6. Usando la opción de menú **File** → **Save**, guarda la imagen para volverla a ver más adelante, o para poder analizarla usando la herramienta de astrometría, o para poder compararla con otras fotografías o aplicarle procesos de tratamiento de imagen.

---

## USO DE LA CAMARA INFRARROJA

Lo primero es corroborar que estás en la pantalla de control del telescopio, que el *tracking* está habilitado, que el telescopio apunta hacia las coordenadas (al menos aproximadas) del objeto de interés, y que la imagen de la ventana (**View**) seleccionada corresponde a la vista de pequeño campo (**Telescope**). Habilita el uso de la cámara infrarroja desplazando el cursor vertical de selección del instrumento (**Instrument**) a la posición **IR Camera**, y luego clickea sobre el botón **Access**. El *Panel de control de la cámara infrarroja (IR Camera Control*, ver Figura 8) aparecerá de inmediato.

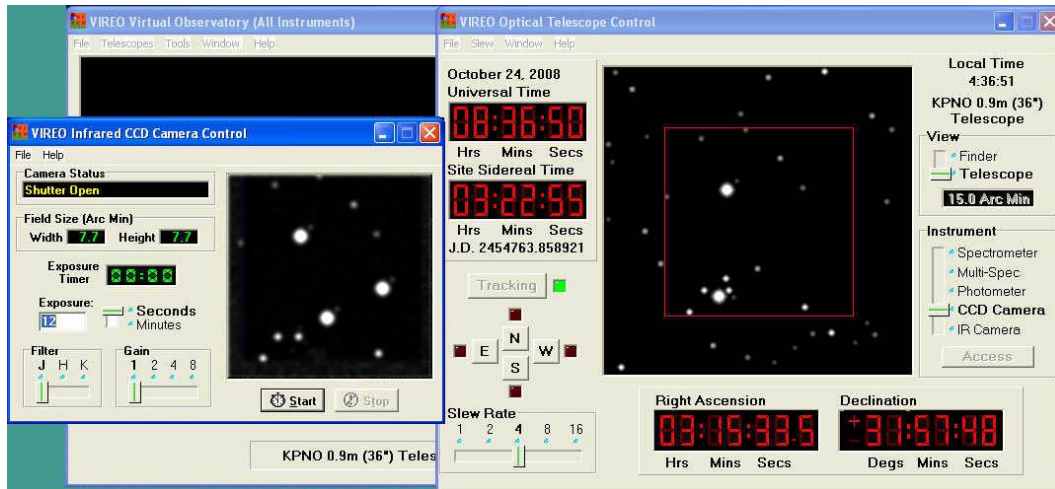


Figura 8: A la izquierda se muestra el Panel de control de la cámara infrarroja

#### Elementos del Panel de control de la cámara infrarroja:

- **Camera Status** (display de letras amarillas): Indica si el obturador de la cámara (*shutter*) está abierto o cerrado.
- **Field Size (Arc Min)** (dos displays de números verdes): Muestra el tamaño angular que la imagen CCD abarca, indicado por sus correspondientes ancho (*width*) y alto (*height*), ambos expresados en arcos de minutos.
- **Exposure Timer** (display de números verdes): Muestra cuánto tiempo falta para que se complete la imagen en curso de acuerdo al tiempo de exposición preseleccionado.
- **Exposure** (cuadro de ingreso de números): Lugar para ingresar el tiempo de exposición deseado, pudiendo ser ingresado tanto en minutos como en segundos.
- **Seconds/Minutes** (selector de dos posiciones): Indica si el tiempo de exposición ingresado corresponde a minutos o a segundos.
- **Filter** (selector de tres posiciones): Permite seleccionar la banda infrarroja que corresponderá a la imagen a tomar, mediante la aplicación de un determinado filtro especial para dichas bandas (**J**, **H** o **K**).
- **Gain** (selector de cuatro posiciones): La ganancia representa básicamente el número de electrones por cuenta de la cámara (lo que técnicamente se llama *ADU* o *Analog/Digital Unit*). Una ganancia elevada es ventajosa para fotografiar campos estelares de gran rango dinámico (esto es, con gran diferencia entre los objetos más brillantes y los más tenues), mientras que una ganancia reducida resulta más apropiada para fotografiar campos con pequeñas diferencias fotométricas.
- **Start/Cancel**: Botones que respectivamente permiten arrancar y detener la exposición antes de que el tiempo total prefijado haya sido completado.
- **Image Display Window**: Imagen que muestra la fotografía obtenida.
- **File Menu**: La opción **Information** muestra los distintos parámetros de la cámara CCD, mientras que la opción **Save** permite guardar las distintas imágenes obtenidas en formato FITS.

**Procedimiento para tomar fotografías con la cámara infrarroja:**

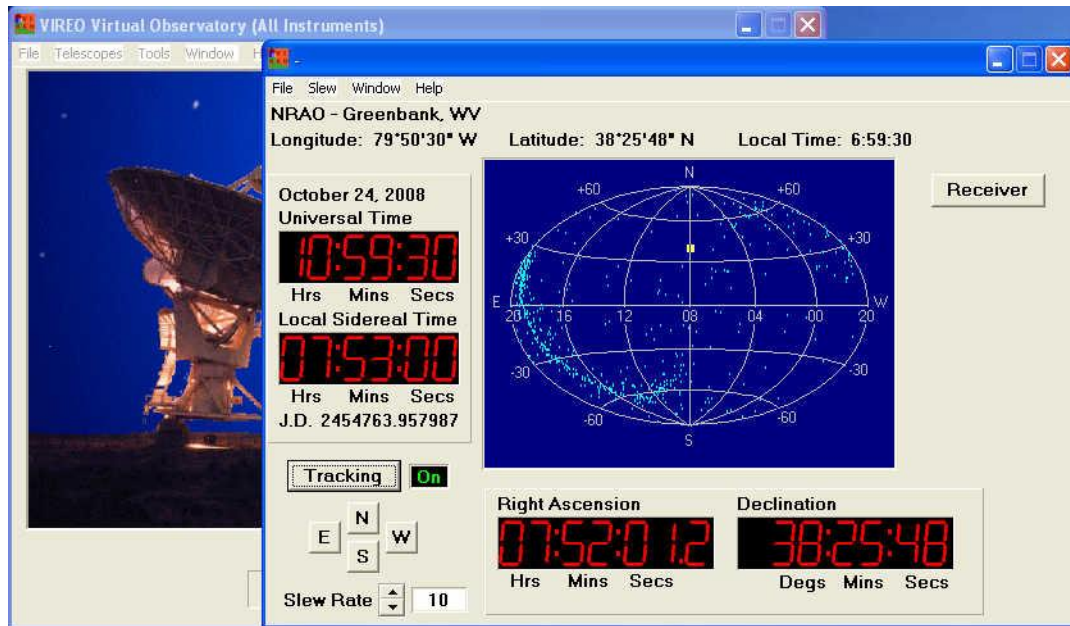
1. Asegúrate que el campo estelar a fotografiar está efectiva y correctamente enmarcado dentro del cuadro rojo que se indica en la ventana de imagen de VIREO. En caso de que así no estuviera, desplaza el telescopio lo necesario para lograr tal cometido, mediante el uso de los correspondientes cursores de desplazamiento.
  2. Selecciona el filtro apropiado mediante el cursor de desplazamiento **Filter**, y corrobora que has incorporado la ganancia apropiada (normalmente utilizarás una ganancia igual a 1).
  3. Ingresa el tiempo de exposición que desees, y asegúrate que la unidad que corresponda (sean minutos o segundos) esté correctamente indicada.
  4. Clickea sobre el botón **Start** para dar comienzo a la toma de la fotografía, y espera el tiempo que corresponda hasta que la misma finalice.
  5. Examina la imagen recién obtenida que se muestra en la pantalla. Si tal fotografía es demasiado tenue o “ruidosa”, eventualmente puedes aumentar el tiempo de exposición o incluso utilizar un telescopio de mayor apertura.
  6. Usando la opción de menú **File → Save**, guarda la imagen para volverla a ver más adelante, o para poder analizarla usando la herramienta de astrometría, o para poder compararla con otras fotografías o aplicarle procesos de tratamiento de imagen.
- 

**EL RADIOTELESCOPIO CLEA**

El Radiotelescopio CLEA es un radiotelescopio de pantalla única, de gran tamaño, que ha sido especialmente diseñado para observar la radiación electromagnética continua emitida por los púlsars. El radiotelescopio puede ser orientado hacia cualquier punto del cielo, desplazándose en altura y azimut, o también ser operado como instrumento de tránsito (desplazándose únicamente en altura sobre la meridiana local), o inclusive como instrumento de pantalla fija (similar al de Arecibo, donde es el captor del receptor lo único que se desplaza, de forma tal que el radiotelescopio solo se lo puede apuntar dentro de una zona bastante restringida alrededor del zenit). Está equipado con tres receptores que pueden ser independientemente sintonizados dentro de la banda que va de 400 a 1400 MHz, y también dispone de una lista con la ubicación de diferentes púlsars para facilitar su rápida observación.

**Procedimiento para utilizar el Radiotelescopio CLEA:**

1. **Acceso al Radiotelescopio CLEA:** Estando en la *Pantalla de control del observatorio virtual*, de la barra del menú selecciona la opción **Telescopes → Radio** para poder acceder al radiotelescopio. En cuanto el radiotelescopio esté a disposición aparecerá su imagen en la *Pantalla de control del observatorio virtual*.
2. **Acceso al Panel de control del radiotelescopio:** Clickea en el botón **On/Off** que aparece a la en la parte inferior de la pantalla de control del observatorio virtual, y a continuación aparecerá el *Panel de control del radiotelescopio* (ver Figura 9).



*Figura 9: A la derecha, el Panel de control del Radiotelescopio CLEA*

3. **Descripción general del Panel de control del radiotelescopio:** Los controles del *Panel de control del radiotelescopio* te permiten apuntarlo hacia diferentes puntos del cielo, y también acceder a los receptores sintonizables que son los que muestran y permiten registrar las señales recibidas por el radiotelescopio. Los displays digitales de grandes números rojos muestran la hora universal (*Universal Time*), el tiempo sidéreo (*Sidereal Time*), y las coordenadas (*Right Ascension* y *Declination*) adonde el radiotelescopio apunta. El display digital pequeño del medio indica el Día Juliano (*Julian Day*) hasta con seis decimales (básicamente hasta una fracción de segundo), y los de arriba muestran las coordenadas del radiotelescopio (*Longitude* y *Latitude*) y la hora local (*Local Time*). La ventana central muestra un mapa del cielo, con el ecuador celeste representado horizontalmente al centro del dibujo, donde un punto amarillo señala precisamente el lugar al que el radiotelescopio apunta. Si la opción *Plot Pulsar Positions* estuviese seleccionada, las posiciones de los púlsars conocidos también aparecerán representados en el mapa como pequeños puntos oscuros (ver la descripción acerca de las distintas posibilidades de preselección de preferencias en el Apéndice A).
4. **Descripción en detalle del Panel de control del radiotelescopio:**
  - **Tracking:** Una vez que el radiotelescopio se apunta al objeto deseado, es necesario que luego se lo mueva acompasando exactamente el desplazamiento aparente en el cielo local de dicho objeto debido a la rotación terrestre (*tracking*), lo que queda indicado por la luz verde encendida. De otra forma, la intensidad de la señal recibida pronto comenzaría a decaer al quedar apuntando el haz de recepción del radiotelescopio hacia otros lugares. Sin embargo, el *tracking* pudiera ser detenido a propósito para permitir que los objetos de interés efectivamente se desplazasen “por delante” del radiotelescopio, por ejemplo como ejercicio para medir el ancho del haz en base a cronometrar el tiempo de pasaje de una fuente de radio lo más puntual posible.

- **Telescope Motion:** Los cuatro botones indicados como *N*, *E*, *S* y *W*, combinados con el selector de velocidad de desplazamiento (*Slew Rate*) de cinco velocidades posibles, se pueden utilizar para apuntar el radiotelescopio hacia cualquier punto del cielo – las correspondientes coordenadas (*Right Ascension* y *Declination*) aparecen indicadas en los grandes displays rojos. Alternativamente, también es posible apuntar el radiotelescopio ingresando directamente las coordenadas deseadas, para lo que de la barra del menú habrá que seleccionar la opción *Slew → Set Coordinates*. Una tercera forma de posicionar el radiotelescopio es elegir el objeto a observar a partir de un listado disponible, usando la opción de menú *Slew → Hot List → Load Hot List* y luego selectarlo cliqueando con el botón izquierdo sobre las distintas opciones que aparecen en *Slew → Hot List → View/Select*. (Un listado de púlsares se carga automáticamente cuando se ejecuta el ejercicio *Radio Astronomy of Pulsars*.)
5. **Encendido del receptor:** Una vez que el radiotelescopio se apunta hacia un objeto, para poder detectar y registrar señales emitidas por dicha fuente es necesario abrir el panel de control del receptor de radio y ponerlo en funcionamiento. El procedimiento en cuestión es el que se describe a continuación.

## USO DEL RECEPTOR DE RADIO

Suponiendo que el radiotelescopio está apuntando al objeto deseado con el *tracking* habilitado, simplemente cliquea sobre el botón *Receiver* en el panel de control del Radiotelescopio CLEA, y verás aparecer el *Panel de control del receptor de radio* (ver Figura 10).

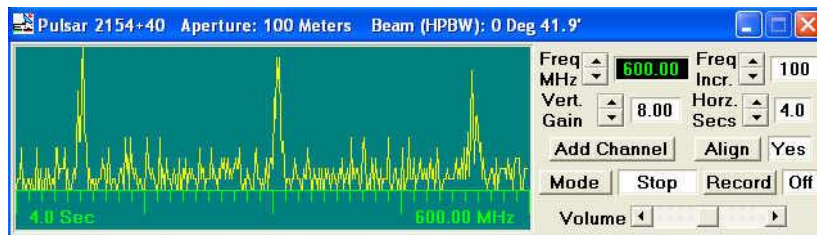


Figura 10: El Panel de control del receptor de radio

### Elementos del *Panel de control del receptor de radio*:

- **Freq MHz:** Control que permite elegir la frecuencia de trabajo del radiotelescopio, indicada en el display verde adjunto y que puede ir desde 400 hasta 1400 MHz, subiéndola o bajándola por pasos incrementales usando para ello las flechas verticales que aparecen inmediatamente al lado.
- **Freq. Incr.:** Control que permite elegir los pasos incrementales en que la frecuencia del receptor se puede variar, indicados en el display adjunto expresados en MHz y que pueden ir desde 0,01 a 100 en pasos de potencias de 10, subiéndolos o bajándolos usando para ello las flechas verticales que aparecen inmediatamente al lado.

- **Vertical Gain:** Control que permite elegir la ganancia del receptor (lo que amplifica o reduce la escala vertical del registrador), indicada en el display adjunto y que puede ser **0.13, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, ó 8**, subiéndola o bajándola usando para ello las flechas verticales que aparecen inmediatamente al lado.
- **Horz. Secs:** Control que permite elegir la velocidad a la que el registrador registra (lo que acelera o retarda la escala horizontal del registrador), indicada en el display adjunto y que puede ser **0.5, 1, 2, 4, 8, ó 16** segundos para toda la escala, subiéndola o bajándola usando para ello las flechas verticales que aparecen inmediatamente al lado. (*Nota: Dado que la velocidad del registrador está relacionada con el tiempo que el receptor integra las señales que va recibiendo, este control también regula la sensibilidad del radiotelescopio. Velocidades menores del registrador (como por ejemplo 16 segundos, la menor de todas las posibles) permiten que el receptor reciba más energía por cada punto de medición, por lo que la intensidad de la señal recibida (el eje vertical) también será correspondientemente mayor. Por tanto, si se quisiese comparar la intensidad de dos señales distintas, como por ejemplo las de dos púlsares, habrá que asegurarse que ambos registros a compararse fueron obtenidos exactamente para las mismas ganancias vertical y horizontal.*)
- **Add Channel:** Botón que permite incorporar (uno o dos más) nuevos receptores “esclavos” (respectivamente denominados como **Receiver 2** y **Receiver 3**) al receptor principal (**Receiver 1**), los que a su vez pueden ser sintonizables independientemente.
- **Align:** Botón que permite alinear los gráficos de los receptores esclavos con el del receptor principal, de forma tal de facilitar la comparación entre sí de las distintas señales recibidas. Tal condición será indicada en el display adjunto como **Yes**; caso contrario (**No**), los gráficos de los receptores esclavos se podrán ubicar en cualquier parte de la pantalla (pudiendo ser también “apagados” de forma independiente, cliqueando sobre la **X** en la parte superior derecha de la ventana que corresponda).
- **Mode:** Botón que permite seleccionar el modo de operación del registrador del receptor. Para comenzar a registrar hay que cliquear una vez (**Start**), lo que hará que la señal recibida por el radiotelescopio se muestre de manera continua, como en un osciloscopio, barriendo de izquierda a derecha hasta el fondo para luego recomenzar de inmediato desde la izquierda y así seguir. En cambio, si el botón se cliquea de nuevo (**Receive**), el registrador completará un único barrido y al terminarlo se detendrá (**Stop**) de forma automática.
- **Record:** Botón que permite guardar hasta los últimos cuatro gráficos recibidos. Tal condición será indicada cuando el display adjunto esté en **On**. Los gráficos del caso quedarán realmente guardados cuando el botón **Mode** esté en **Stop**. Cuando el barrido se complete, el programa abrirá un browser para pedirle al usuario información acerca del objeto para guardarlo adecuadamente. VIREO dispone de una herramienta de análisis de púlsares que por supuesto puede ser aplicada a estos registros.
- **Volume:** Cursor de desplazamiento horizontal que permite “escuchar” las señales de radiofrecuencias recibidas por el receptor como si fueran señales de audio, variando su correspondiente nivel.

### **Ejemplo: Mostrar y guardar las señales recibidas de un púlsar**

- De la barra de menú, accede a la opción de dirigir el radiotelescopio al púlsar de tu interés a partir de la lista de objetos a disposición (*Slew* → *Hot List*), selecciona el correspondiente púlsar, y haz que el radiotelescopio se desplace a tal posición.
- Enciende el receptor, sintonízalo a la frecuencia deseada (por ejemplo, 500 MHz) y si fuese necesario, también enciende receptores esclavos.
- Arranca el registrador cliqueando sobre el botón *Mode*.
- Ajusta la intensidad de señal selectando valores adecuados para la ganancia vertical (*Vertical Gain*) y la velocidad del registrador (*Horz. Secs*).
- Detiene el registrador cliqueando sobre el botón *Mode*.
- Si ahora deseas guardar alguna de las señales del púlsar, cliquea sobre el botón *Record*, y arranca de nuevo el registrador con el botón *Mode*. Cuando hayas guardado toda la información que necesites, cliquea nuevamente sobre el botón *Mode*. El programa te pedirá que indiques un nombre para el archivo donde los últimos gráficos recibidos (hasta cuatro posibles) quedarán guardados.

---

## LAS HERRAMIENTAS DE VIREO PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

VIREO dispone de varias herramientas para el análisis de la información obtenida a través de los telescopios y demás instrumental del observatorio. Tales herramientas incluyen hojas de cálculo *Excel* y subprogramas de procesamiento de imágenes, los que solo pueden ser habilitados a partir de las opciones de usuario (menú *Preferences*, ver Apéndice A) para luego poder ser seleccionados desde el propio VIREO. Además, VIREO siempre ofrece a disposición otros varios recursos para el análisis de datos y presentación de imágenes, los que son fácilmente accedidos desde la barra de menú de la *Pantalla de control del observatorio virtual*. Una descripción preliminar de tales herramientas de VIREO para el análisis de datos es la que sigue:

- *The Spectral Classification Tool*: Es la herramienta que permite mostrar espectros guardados para poder compararlos con diferentes espectros representativos de las diferentes clases espectrales contenidos en un atlas.
- *The Spectrum Measuring Tool*: Es la herramienta que permite mostrar espectros guardados para poder medirles la longitud de onda e intensidad que corresponda a cualquier punto de interés.
- *Radio Pulsar Analysis*: Es la herramienta que permite mostrar los registros de señales de radio guardados por hasta tres de los receptores para poder medirles los diferentes tiempos de llegada e intensidad de los pulsos recibidos.
- *HR Diagram Analysis*: Es la herramienta que permite mostrar los gráficos HR de cúmulos estelares guardados para poder medirles la distancia, factor de enrojecimiento (*reddening*) y edad, en base a compararlos con curvas teóricas isocrónicas correspondientes a estrellas ZAMS (*zero-age main sequence*).
- *Astrometry Module*: Es la herramienta que permite acceder al módulo CLEA de astrometría CCD, que incluye la técnica de parpadeo (*blinking*) para poder encontrar asteroides, y medir posiciones de objetos desconocidos en base a la comparación con información astrométrica de distintos catálogos.



- **DS-9 Image display module:** Es la herramienta que permite mostrar imágenes en formato FITS. Se trata de un programa estándar astronómico desarrollado por el *Smithsonian Astrophysical Observatory* (para mayor información acerca de este programa, consultar <http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9/>).
- **Results Editors:** Es la herramienta que permite mostrar los archivos de texto guardados por varios de los instrumentos (fotómetro, radiotelescopio, etc) y demás herramientas de VIREO para poder editarlos o incluso borrarlos.

Una descripción detallada de cada una de las herramientas de VIREO para el análisis de datos se encuentra en las páginas que siguen.

## LA HERRAMIENTA PARA CLASIFICAR ESPECTROS

La herramienta para clasificar espectros (*Classify Spectra*, ver Figura 11) permite abrir en pantalla espectros estelares que hubiesen sido previamente obtenidos con cualquiera de los espectrógrafos de VIREO (el de objeto único o el multicanal). Tales espectros pueden luego ser comparados con diferentes espectros representativos de las diferentes clases espectrales, a los efectos de facilitar la tarea de la determinación de la clase espectral y luminosidad de las estrellas consideradas. Los espectros estándares para la comparación están contenidos en un atlas de espectros estelares a disposición del usuario. Se accede a esta herramienta a partir de la barra de menú de la *Pantalla de control del observatorio virtual*, seleccionando la opción *Tools* → *Spectral Classification*.

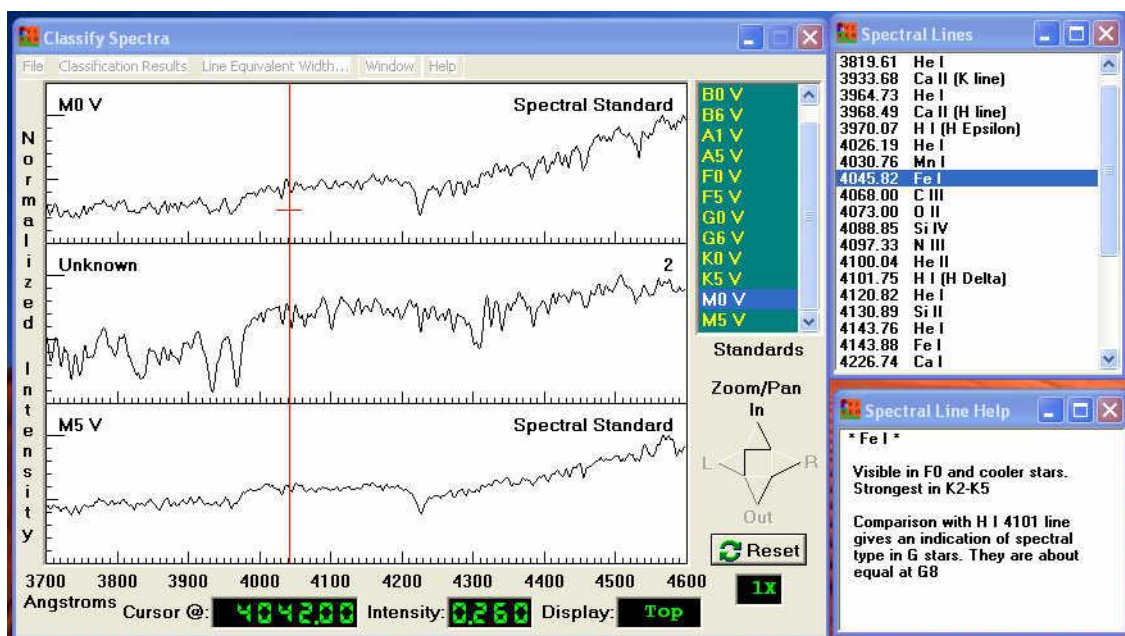


Figura 11: La herramienta para clasificar espectros

## Elementos de la herramienta para clasificar espectros:

### • Opciones de la barra de menú:

- **File → Unknown Spectra:** Permite seleccionar el espectro estelar a ser analizado. Puede ser tanto un espectro obtenido previamente a través del propio VIREO, como también proveniente de cualquier otra fuente, siempre y cuando el espectro esté en formato de archivo de texto de longitudes de onda vs intensidad relativa, como por ejemplo los espectros usados para el ejercicio CLEA *Clasificación de Espectros Estelares (Classification of Stellar Spectra)*. El espectro en cuestión (*Unknown*) será mostrado en el centro de las tres ventanas de espectros debajo de la barra de menú.
- **File → Atlas of Standard Spectra:** Permite seleccionar espectros estándar de entre los que se encuentran disponibles (por el momento, VIREO dispone de un atlas con espectros de estrellas de la secuencia principal (*main sequence*) y también con espectros de estrellas de distintas luminosidades para distintas clases espectrales). Una vez elegido un espectro estándar que será utilizado para poder clasificar al espectro desconocido (*Unknown*), se lo muestra en la ventana superior de las tres que aparecen debajo de la barra de menú, mientras que el espectro “que le sigue” también aparece en la ventana de más abajo. De esta manera, el espectro desconocido (*Unknown*) queda comprendido entre dos espectros estándar “consecutivos”, lo que facilita la determinación de cuál es la clase espectral a que pertenece.
- **File → Spectral Line Table:** Permite acceder a un listado de las principales líneas espectrales, indicando cómo cada una de ellas puede ser utilizada para clasificar espectros. Para ello, el usuario puede clicar sobre cualquier línea espectral que aparece en el espectro, y la tabla indicará de qué línea se trata y la correspondiente longitud de onda; si sobre dicha información se cliqua dos veces, lo que aparece entonces es una descripción de las características sobresalientes de dicha línea.
- **File → Display:** Permite seleccionar distintas opciones para la presentación de los espectros (lo cual también puede hacerse cliqueando el botón derecho cuando el cursor se halla sobre los propios espectros). La opción usual (ver Figura 11) es que los tres espectros aparezcan como gráficos en el siguiente orden: arriba, un espectro estándar; al medio, el espectro a analizar; y debajo, el siguiente espectro estándar del atlas disponible. También existe una segunda opción (ver Figura 12 a la izquierda), muy útil para determinar la clase espectral desconocida, que consiste en hacer que la gráfica de más abajo (en rojo) corresponda a la diferencia entre el espectro del medio y el superior. Para fines pedagógicos, también es posible presentar los espectros como fotografías (positivas o negativas) en escala de grises (ver Figura 12 al centro), o como combinación entre ambas (por ejemplo, con el espectro desconocido al centro como foto, y el de más abajo como gráfica, tal como en la Figura 12 a la derecha). Por último, el rango total de los espectros mostrados también puede ser seleccionado, de forma tal que una determinada banda de longitudes de onda de interés pueda ser apreciada con mayor detalle.

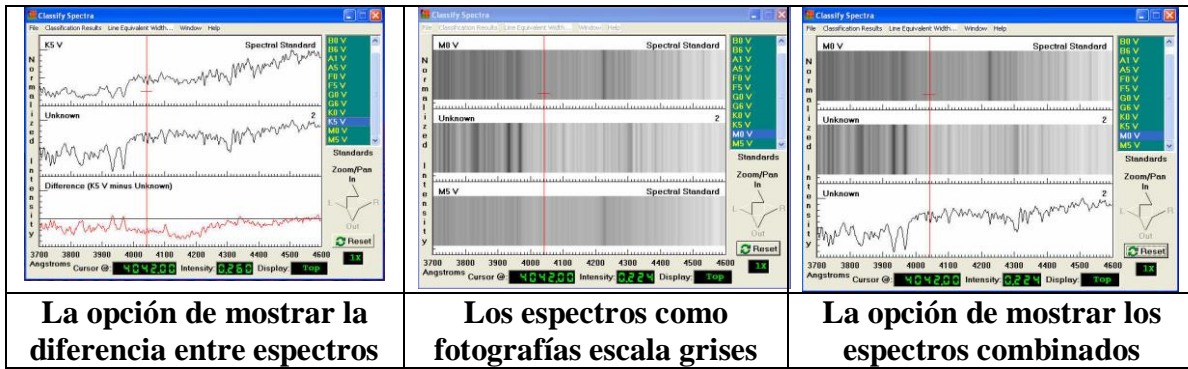


Figura 12: Las diferentes opciones para presentar los espectros

- **Classification Results:** Permite abrir un formulario que puede ser usado para guardar resultados de clasificaciones espectrales realizadas a espectros desconocidos.
- **Line Equivalent Width:** Permite calcular, en unidades de ancho equivalente (*equivalent width*), el área contenida por una determinada línea de absorción (esto es, el ancho en Ångstroms que tendría una “línea” espectral de igual área si su intensidad relativa fuese de valor constante igual a 1.0). Se abrirá una ventana instruyendo al usuario a clicar con el botón izquierdo sobre el centro de la línea en cuestión, y a clicar con el botón derecho sobre ambos laterales (donde la línea analizada se vuelve a “juntar” con el resto del espectro, ver Figura 13). Una vez hecho lo anterior, al clicar sobre el botón **OK** el programa mostrará el correspondiente valor hallado para el ancho equivalente de la línea analizada.

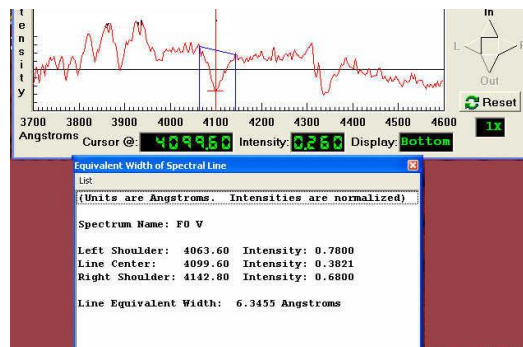


Figura 13: Medición del ancho equivalente

- **Left Spectrum Display Window:** Permite mostrar en el lado izquierdo de la pantalla el espectro desconocido a analizar, junto con distintas opciones de presentación (ver Figura 12). La opción usual (*default graph mode*) es con el espectro desconocido al centro, flanqueado arriba y debajo por dos espectros estándar, pero también es posible presentarlo flanqueado arriba por un espectro estándar y debajo por la diferencia entre

ambos espectros. Los espectros se pueden presentar como gráficas (lo usual), como fotografías (positivas o negativas) en escala de grises, o como combinación de ambas alternativas. Cliqueando con el botón izquierdo sobre uno cualquiera de los tres espectros lo volverá activo, apareciendo un cursor que en el display verde inferior izquierdo indicará la longitud de onda que corresponde al punto señalado. Si se vuelve a clicar, aparecerá una pequeña cruz en el lugar del espectro marcado, y en el display verde inferior al centro aparecerá indicada el correspondiente valor de intensidad relativa (de esta manera es posible medir la intensidad de cualquier punto de cualquier espectro).

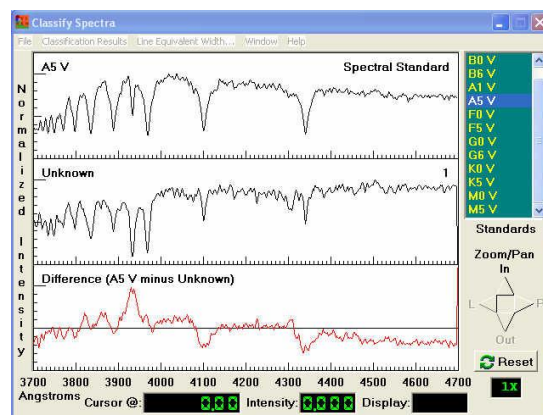
- ***Upper Right Spectral Atlas display Window***: Permite mostrar en el lado superior derecho de la pantalla el atlas de espectros estándar a disposición. Cliqueando sobre una cualquiera de tales clases espectrales se carga automáticamente el correspondiente espectro estándar en la parte superior de las tres ventanas de comparación, y en caso de corresponder (dependiendo en el modo de presentación elegido), también se carga automáticamente el siguiente espectro estándar del atlas en la ventana inferior.
- ***Zoom and Pan***: Estos cuatro cursores tipo flecha, ubicados inmediatamente debajo del atlas de espectros estándar, permiten visualizar con mayor detalle los espectros presentados. Las flechas verticales aumentan o disminuyen el tamaño de los espectros (un pequeño display verde debajo de los cursores indica el correspondiente factor de amplificación), mientras que las flechas horizontales los desplazan para uno u otro lado (la escala de la longitud de onda que corresponde a los espectros mostrados se indica a continuación del espectro inferior).

### Procedimiento para clasificar un espectro estelar

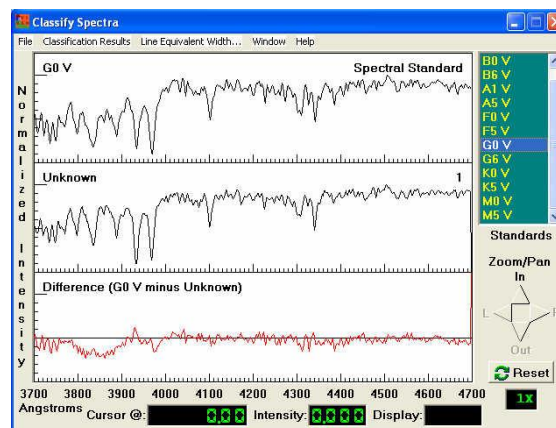
Para una descripción pormenorizada del proceso de análisis y clasificación de un determinado espectro estelar, ver el *manual de estudiante* del ejercicio CLEA denominado *Clasificación de Espectros de Estrellas (Classification of Stellar Spectra)*. A continuación se describe una breve guía del procedimiento a seguir utilizando la herramienta para clasificar espectros, aplicada a una supuesta estrella de la secuencia principal (*main-sequence star*).

- Abre la herramienta para clasificar espectros.
- Utilizando la opción de menú ***File → Unknown Spectra → Saved Spectra***, procede a cargar el espectro deseado. El espectro a clasificar se mostrará en el centro de las tres ventanas a la izquierda de la pantalla.
- Utilizando la opción de menú ***File → Atlas of Standard Spectra***, procede a desplegar (en una ventana arriba a la derecha) el atlas de espectros estándar disponibles. Cliquea sobre el de la secuencia principal (***Main Sequence***) de más arriba, lo que hace que dicho espectro se cargue automáticamente en la ventana superior a la del espectro desconocido, mientras que al mismo tiempo el siguiente espectro del atlas se cargará en la ventana inferior.
- Las clases espectrales disponibles en el atlas aparecen ordenadas de arriba a abajo por temperatura decreciente. Cliquea sobre varias de ellas, yendo hacia abajo (menores temperaturas), y a la vez observa mientras los espectros estándar también van variando, cuál de ellos es el más parecido al espectro desconocido.

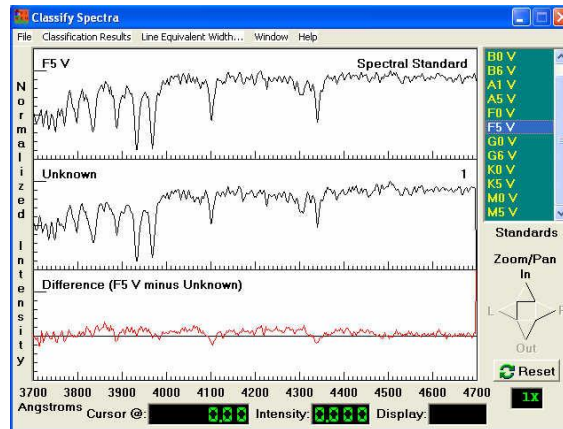
- Cuando tengas un espectro estándar parecido al espectro desconocido, puedes entonces cambiar la forma de presentación para facilitar el análisis. Para ello, tanto puedes seleccionar la opción de menú **File → Display → Show Difference**, como clicar con botón derecho sobre cualquiera de los espectros mostrados y elegir la opción **Show Difference**. A continuación, la ventana inferior cambiará a mostrar la diferencia resultante entre el espectro estándar y el desconocido. Ve clicando de nuevo sobre varios de los espectros del atlas como habías hecho antes, hasta que la diferencia resultante entre el espectro estándar y el desconocido resulta mínima. Lo más probable es que no obtengas una coincidencia exacta (lo que ocurriría si la diferencia resultante fuese igual a una línea horizontal) debido a que, por un lado, los espectros siempre tienen ruido, y por otro, a que no dispones de un atlas con espectros de todas las clases espectrales. De cualquier manera, siempre serás capaz de determinar la clase espectral con bastante aproximación. Por ejemplo, si el espectro desconocido parece estar entre F5 y G0, y la coincidencia parece empeorar a medida que la comparas con espectros de estrellas más calientes o más frías, entonces puedes razonablemente estimar que la clase espectral analizada corresponde alrededor de F8. Esta misma comparación se muestra en imágenes a continuación.



**Figura 14a:** Clasificación espectral: El espectro estándar superior corresponde al de una estrella más caliente que el espectro que se quiere clasificar



**Figura 14b:** Clasificación espectral: El espectro estándar superior corresponde al de una estrella más fría que el espectro que se quiere clasificar



**Figura 14c: Clasificación espectral: La mejor coincidencia posible, tomando el espectro estándar más parecido entre los disponibles al espectro que se quiere clasificar**

## LA HERRAMIENTA PARA MEDIR ESPECTROS

La herramienta para medir espectros (*Spectrum Measuring Engine*, ver Figura 15) permite mostrar espectros de galaxias y cuasars (*QSOs*) con la finalidad de identificarlos y poder determinar sus velocidades radiales. Ello se consigue en base a funciones simples aplicadas a la visualización de espectros, como zoom y paneos, y otras que permiten determinar la intensidad y longitud de onda de cualquier punto del espectro en pantalla – lo que en definitiva permite medir los desplazamientos Doppler de las líneas espectrales seleccionadas. Además, para comparación el usuario puede apelar a utilizar espectros de galaxias que posean prominentes líneas de absorción (*hydrogen Balmer lines*) o espectros de *QSOs* con importantes líneas de emisión. Todos estos espectros pueden ser desplazados gradualmente de forma tal de poder hacerlos coincidir con las correspondientes longitudes de onda del espectro desconocido, apareciendo indicado el valor del enrojecimiento  $z$  (*redshift*), donde

$$z = (\lambda_{\text{observada}} - \lambda_{\text{emitida}}) / \lambda_{\text{emitida}} = \Delta\lambda / \lambda$$

Esta función que posibilita la coincidencia de las líneas espectrales de los espectros analizados simula, de una manera bastante precaria, el uso de correlaciones cruzadas para la medición de las correspondientes velocidades radiales. A su vez, ello permite determinar, de una manera conveniente y relativamente precisa, los valores de *redshifts* de galaxias, lo que resulta fundamental para llevar a cabo los ejercicios CLEA acerca de la relación entre el enrojecimiento de Hubble y la correspondiente distancia (*The Hubble Redshift-Distance Relation*) y de la estructura de gran escala del universo (*The Large-Scale Structure of the Universe*).

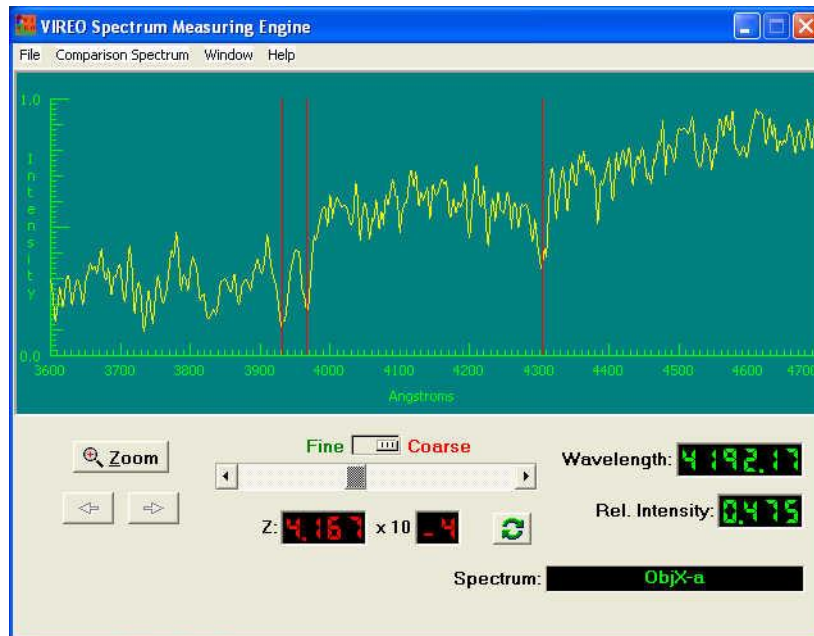


Figura 15: La herramienta para medir espectros

### Elementos de la herramienta para medir espectros:

#### • Opciones de la barra de menú

- **File** → Permite abrir (*Load*) espectros guardados para proceder a medirlos, y también guardar (*Save*) los resultados (*redshifts*) medidos.
- **Comparison Spectrum** → Permite seleccionar uno de los tres espectros de comparación que se muestran como líneas verticales rojas sobre el gráfico. Tales líneas rojas pueden ser desplazadas horizontalmente (en longitud de onda) para determinar el enrojecimiento del objeto analizado, moviendo para ello el cursor debajo del espectro. Los tres espectros de comparación disponibles son (1) Líneas de absorción en galaxias normales (bandas *H*, *K*, y *G*); (2) Líneas del hidrógeno en el visible (*Balmer Series*); y (3) Líneas en núcleos de galaxias activas (*Active Galactic Nuclei, AGN*) y en quásars (*Quasi-Stellar Objects, QSO*). Es posible mostrar simultáneamente más de un espectro de comparación. Posicionando el cursor sobre una de las líneas verticales rojas, al cliquear el botón derecho se mostrará la identificación de la línea en cuestión, la categoría a la que pertenece el espectro de comparación, así como las restantes longitudes de onda desplazadas. Para remover los espectros de comparación, es necesario selector **Comparison Spectrum** → *Clear*.
- **Spectrum Display Window**: Permite mostrar el espectro a medir, con longitudes de onda en Angstroms en el eje *x*, e intensidades relativas en unidades arbitrarias en el eje *y*. Los espectros de comparación, seleccionados desde la barra de menú, se muestran como líneas verticales rojas. Un cursor de medición se activa cliqueando con botón izquierdo sobre el área del gráfico (aparece como una cruz y una línea vertical blanca).

- **Zoom and Pan:** Cliqueando sobre el botón de zoom se abre una ventana que permite establecer las longitudes de onda mínimas y máximas del espectro a ser medido. Las flechas de paneo se activan para cualquier factor de magnificación (excepto para el más bajo) y permiten desplazar el espectro mostrado hacia longitudes de onda mayores o menores. El display verde denominado *Wavelength* indica la longitud de onda central del espectro mostrado, y por tanto va variando a medida que el espectro es paneado.
- **Comparison spectrum fitting slide:** Desplazando el cursor horizontal largo ubicado debajo del gráfico, es posible mover el espectro de comparación hacia longitudes de onda mayores o menores para hacerlo coincidir con el enrojecimiento del espectro a medir. Un control de posición fino (*Fine*) permite mover el espectro de comparación de manera más delicada para alcanzar un mayor grado de precisión. El display rojo denominado *Z* indica el valor medido de enrojecimiento.
- **Wavelength and Intensity displays:** Abajo a la derecha, dos displays verdes denominados *Wavelength* y *Rel. Intensity* indican respectivamente la longitud de onda e intensidad relativa que corresponde a la posición del cursor de medición (una cruz) cuando se lo cliquee sobre algún punto del espectro a medir. Si el botón izquierdo se mantiene cliqueado y el cursor de medición se desplaza a través del espectro, los valores de longitud de onda e intensidad para cada posición se van mostrando de continuo en tales displays.

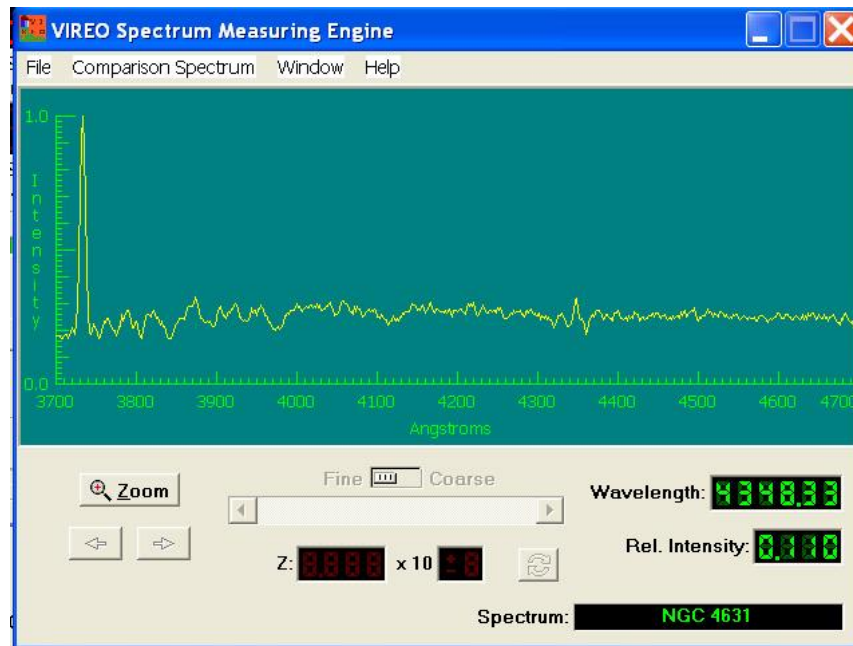
## Espectros de galaxias

En varios de los ejercicios CLEA anteriores a VIREO se trabajaba con espectros de galaxias que no eran “originales”, sino que habían sido “manufacturados” a propósito buscando favorecer fines pedagógicos. Tales espectros “artificiales” consistían en espectros con líneas de absorción simulando las del hidrógeno y el potasio, además de la banda G, superimpuestas a una radiación continua de cuerpo negro (*black body continuum*) correspondiente a 5.800 K, y ubicadas en las posiciones apropiadas según el enrojecimiento deseado (para mayor información, ver el *Manual de Usuario* del ejercicio CLEA *The Hubble Redshift-Distance Relation*, acerca de la relación entre el enrojecimiento de Hubble y la correspondiente distancia). En cambio, VIREO usa espectros de galaxias reales y no inventadas. De ser posible, se utiliza el espectro de la propia galaxia observada; caso contrario, se accede a un espectro apropiado al que se lo enrojece tanto como sea necesario.

En VIREO habrá dos tipos principales de espectros de galaxias. Por un lado, los espectros de galaxias “normales” (como el que aparece en la Figura 15), con un espectro similar al de una estrella tipo G aunque algo más complejo, dado que las características H, K y G aparecen fácilmente reconocibles. Por otro lado, los espectros de galaxias “activas”, también denominadas *galaxias con líneas de emisión (emission line galaxies)*, con espectros que lucen totalmente diferentes y hasta inicialmente confusos (como el que aparece en la Figura 15A), donde la característica más prominente es una muy intensa línea de emisión del [OII], que corresponde a una longitud de onda en reposo de 3.727 Angstroms (también aparecen otras líneas de emisión, incluyendo algunas del hidrógeno de la serie de Balmer). Los espectros de las galaxias activas son fácilmente analizados por la herramienta para medir espectros, dado que para tales efectos la herramienta cuenta con



muchas líneas espectrales de referencia que se les pueden aplicar (ver tal menú de opciones accediendo a *Comparison Spectrum* en la barra de menú).

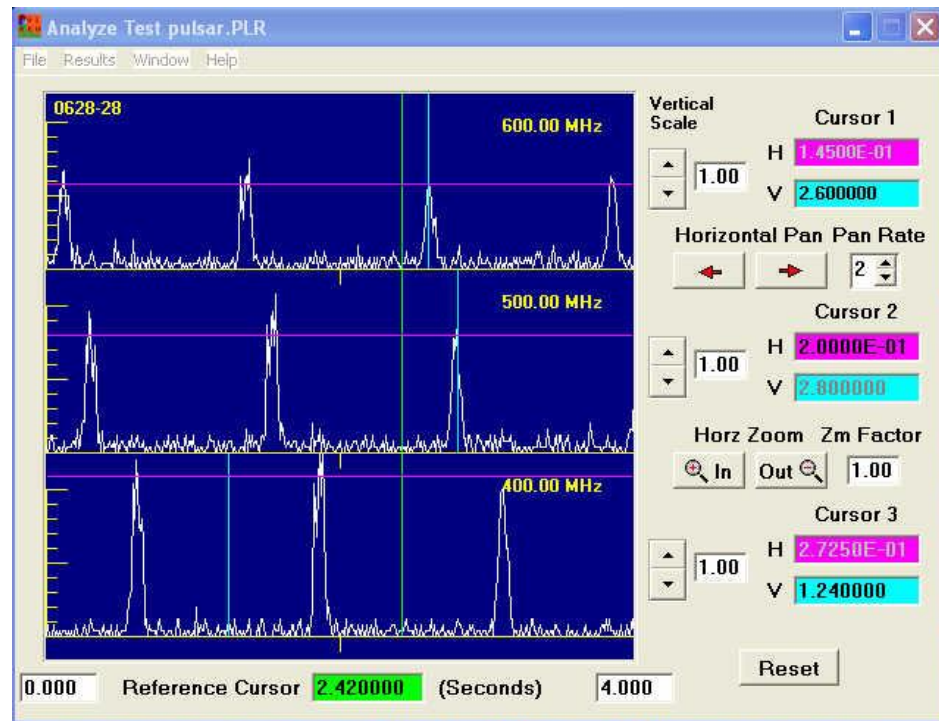


*Figura 15A: Medición de las líneas de emisión del espectro de una galaxia*

## LA HERRAMIENTA PARA ANALIZAR SEÑALES DE PULSARES

La herramienta para analizar señales de púlsares (*Analyze Test pulsar*, ver Figura 16) permite mostrar, en ventanas de gráfico separadas, las señales capturadas por hasta tres de los tres receptores del radiotelescopio de VIREO. A tales registros es posible aplicarles *zoom* (esto es, expandir la escala de las  $x$ ), panearlos (esto es, mostrar distintos tramos del gráfico) o aumentarles la intensidad (esto es, expandir la escala de las  $y$ ). Cada ventana de gráfico tiene sus propios cursores horizontales y verticales, mientras que un único cursor horizontal de referencia puede ser desplazado para facilitar la medición de los distintos atrasos en cada gráfico con relación al mismo tiempo.

Para acceder a la herramienta para analizar señales de púlsares, ve primero a la *Pantalla de control del observatorio virtual*. De la barra del menú, selecciona la opción *Tools* → *Radio Pulsar Analysis*, y la correspondiente herramienta se abrirá en pantalla. Si tú acabas de guardar registros capturados por el radiotelescopio, por defecto tal información es la que se mostrará en las ventanas de gráfico; en cambio, si no hay registros recientes, la información guardada puede ser accedida en cualquier momento mediante la opción *File* → *Load* de la herramienta.



*Figura 16: La herramienta para analizar señales de púlsares*

#### Elementos de la herramienta para analizar señales de púlsares:

- **Chart Display Screens:** En el lado izquierdo de la pantalla se pueden ver hasta tres ventanas de gráfico mostrando registros capturados por el radiotelescopio. El nombre del objeto a analizar se indica arriba a la izquierda, mientras que la frecuencia del receptor correspondiente a cada señal se indica en la parte derecha superior de cada gráfico.
- **Vertical Scale:** Permite ajustar la escala vertical de cada gráfico, de forma independiente, usando para ello los respectivos controles a la derecha de cada uno.
- **Horz Zoom y Horizontal Pan:** Permiten ajustar, respectivamente, la expansión (zoom) de una determinada sección horizontal y el cambio de la misma (paneo), pero de forma simultánea para todos los gráficos. Cliqueando sobre los botones de variación del zoom (**Zm Factor**) y del paneo (**Pan Rate**) se puede ajustar respectivamente el incremento de la amplificación del zoom o de la variación del paneo. La correspondiente escala horizontal (el tiempo) se indica en los dos displays numéricos, a la izquierda y a la derecha, que aparecen debajo de los gráficos. Estos números van cambiando a medida que los gráficos son amplificados (zoom) o paneados, de forma tal que siempre se conoce qué parte de los gráficos es la que se está viendo en relación al total de los registros originales.
- **Cursors:** En cada gráfico es posible crear cursores horizontales y verticales para poder medir tanto niveles de intensidad como los correspondientes tiempos de los pulsos que aparecen. Para ello hay que cliquear con botón izquierdo en el cuadro de color púrpura **H (Horizontal)** o en el cuadro de color celeste **V (Vertical)** que aparecen a la derecha de

cada uno de los gráficos (denominados respectivamente como *Cursor 1*, *Cursor 2* y *Cursor 3*), según el gráfico a medir. A continuación hay que clicar sobre el propio gráfico para que los cursores aparezcan (el cursor púrpura es el horizontal, y el cursor celeste es el vertical). Con botón izquierdo los cursores se pueden posicionar donde se quiera medir (o manteniendo el botón apretado se los puede desplazar a voluntad al punto que se quiera). El valor que corresponda a la posición del cursor horizontal se indica en el cuadro de color púrpura, equivalente a la intensidad relativa de la señal (en unidades arbitrarias), mientras que el valor que corresponde a la posición del cursor vertical se indica en el cuadro de color celeste, equivalente al tiempo de ocurrencia (en segundos). Un cursor vertical de referencia (*Reference Cursor*) para el ajuste de las ventanas de gráficos puede ser usado para medir los diferentes tiempos de arribo de los pulsos entre ventanas. Para habilitar el cursor de referencia hay que clicar con botón derecho sobre cualquier punto de cualquier ventana. El valor del tiempo que corresponde al cursor de referencia se indica en el cuadro verde que aparece abajo en la pantalla.

- **Opciones de la barra de menú:**
  - **File:** En un submenú de desarrollo vertical se ofrecen distintas posibilidades, como cargar (*Load*) o guardar (*Save*) información previamente almacenada, o imprimir (*Print*) la imagen en pantalla, o mostrar las propiedades (*Properties*) de la información salvada (fecha y hora de la observación, nombre del objeto, frecuencia y ganancia de los receptores, velocidad de muestreo y número de muestras).
  - **Results:** La opción *Record Current Measurements* permite guardar (en memoria activa) las distintas posiciones de los cursores (*horizontal*, *vertical* y *Reference*) para cada señal recibida. A posteriori es posible volverla a revisar (*Review*) para editarla (*edit*) o borrarla (*delete*). También se pueden guardar (*Save*) mediciones en archivos separados por comas, de forma tal que luego puedan ser pasados a una hoja de cálculo (*Spreadsheet*) (ver específicamente la opción *Preferences* descrita detalladamente en el Apéndice A).
  - **Window:** Habilita el retorno a la pantalla de control del observatorio virtual.

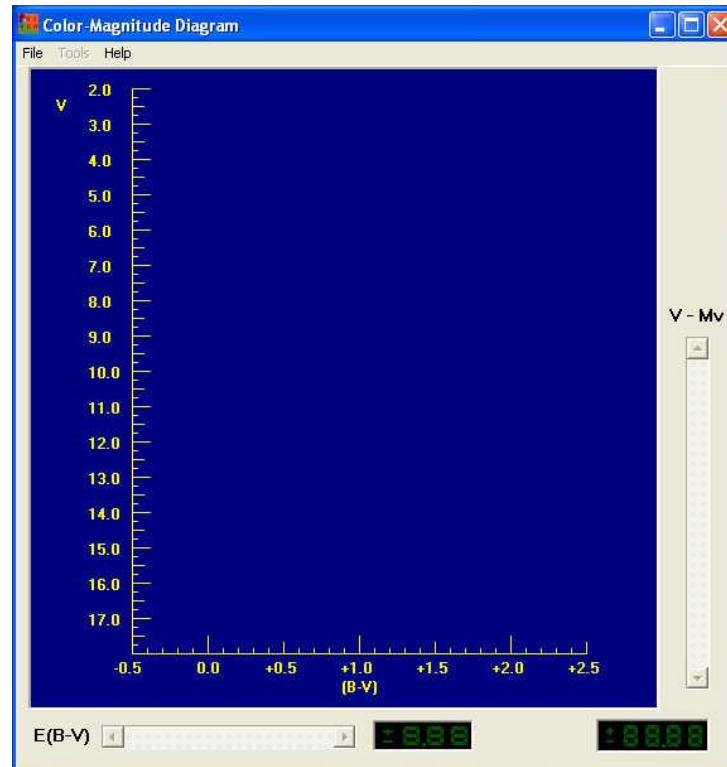
---

## LA HERRAMIENTA PARA ANALIZAR DIAGRAMAS HR

La herramienta para analizar diagramas HR (*Color-Magnitude Diagram*, ver Figura 17) permite obtener valiosa información a partir de datos fotométricos (*V* y *B-V*) de un cúmulo de estrellas (usualmente un cúmulo abierto o un cúmulo globular). Tales datos serán representados como un diagrama HR, lo que permitirá determinar la edad, distancia y metalicidad del cúmulo en base a la comparación con curvas isocrónicas teóricas. Los detalles explicativos acerca del cómo y por qué tales curvas pueden ser usadas para hallar la edad de un cúmulo abierto están contenidos en la *Guía de Estudiante* del ejercicio CLEA denominado *Diagramas HR de Cúmulos Estelares (HR Diagrams of Star Clusters)*, cuya versión en español está disponible.

### Procedimiento para cargar datos fotométricos previamente guardados

De la barra de menú que aparece en la parte superior del panel de control del observatorio virtual, selecciona **Tools** → **HR Diagram Analysis**. Aparecerá entonces la ventana denominada **Color-Magnitude Diagram**:



**Figura 17:** La ventana de análisis del diagrama HR

- Cliquea en el botón **File** de la barra del menú, y elige **Load/Plot** → **Select Cluster Data**. Aparecerá una lista mostrando todos los cúmulos para los cuales se dispone de información almacenada de sus magnitudes visuales e índices de colores (**B-V**). Cliqueando dos veces el botón izquierdo del ratón sobre esta lista puedes seleccionar con qué cúmulo has de trabajar. La información correspondiente a cada estrella del cúmulo elegido aparecerá graficada en el diagrama color-magnitud de la ventana (el índice de color **B-V** en el eje x de las abscisas, y la magnitud **V** en el eje y de las ordenadas). Por ejemplo, si optas por el cúmulo M45 (Pléyades), el gráfico que aparecerá será el siguiente:

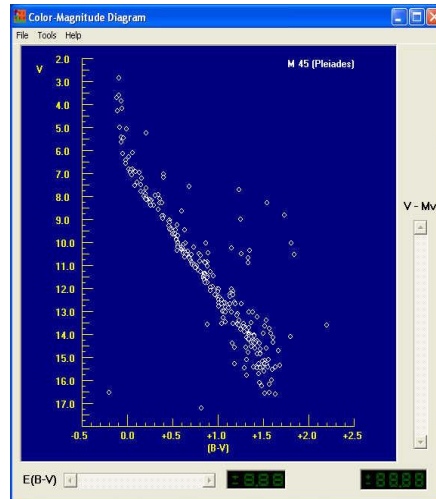


Figura 18: El diagrama HR de un cúmulo estelar

### Determinación de la distancia a un cúmulo mediante el ajuste de una *Secuencia Principal de Edad Cero* a su diagrama HR

- Los astrónomos han determinado muy bien los valores de magnitudes absolutas e índices de colores que corresponden a estrellas normales de la secuencia principal, tanto a través de observaciones directas como de modelos teóricos. Para el caso de un diagrama HR de un cúmulo estelar, la secuencia principal forma lo que se conoce como *Secuencia Principal de Edad Cero* (abreviado como **ZAMS**, según su correspondiente sigla en inglés). Puedes obtener dicha **ZAMS** yendo a la barra del menú de la ventana *Color-Magnitude* y eligiendo **Tools** → **Zero-Age Main Sequence**. Deberías ver entonces que aparece una curva verde en el gráfico, básicamente paralela a la secuencia principal del cúmulo.

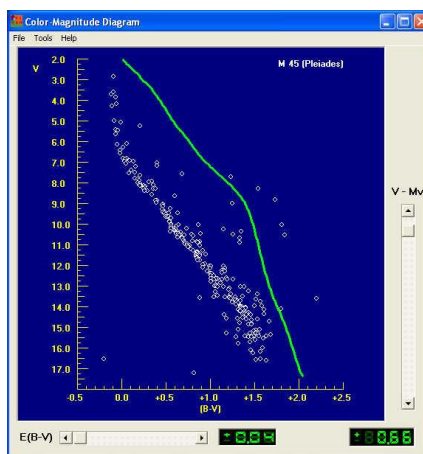
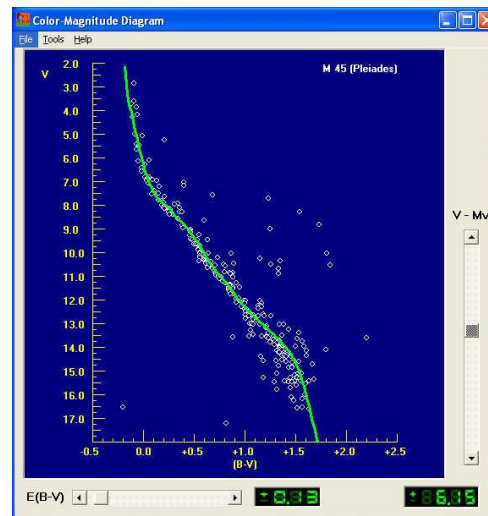


Figura 19: En verde, la *Secuencia Principal de Edad Cero* (ZAMS)

- Sin embargo, los valores reales del cúmulo difieren de la curva estándar representando la *Secuencia Principal de Edad Cero* debido a dos factores: (1) las estrellas del cúmulo podrían aparecer más brillantes o más tenues por hallarse respectivamente más cerca o más lejos que a 10 parsecs de nosotros – estamos graficando *magnitudes aparentes (V)* en el eje de las ordenadas, mientras que las magnitudes correspondientes a la *Secuencia Principal de Edad Cero* son *magnitudes absolutas*, o sea la magnitud que tales estrellas tendrían si estuvieran a la distancia estándar de exactamente 10 parsecs de nosotros; (2) las estrellas del cúmulo también podrían aparecer ligeramente más rojas, esto es, con índices de color *B-V* un poco más elevados que los de la *ZAMS* por causa del polvo interestelar, el que absorbe más luz azul que luz roja. Sin embargo, la *forma* de la curva de la *ZAMS* debería ser bastante similar a la de la parte más baja de la secuencia principal del cúmulo. Tú puedes “ajustar” tal curva de la *ZAMS* a la de la secuencia principal del cúmulo por medio de los dos botones de deslizamiento que aparecen a la derecha y abajo en la ventana *Color-Magnitude*. El botón de deslizamiento de la derecha permite ajustar exclusivamente el factor distancia, mientras que el de abajo permite ajustar exclusivamente el factor enrojecimiento.
- Para la mayoría de la información fotométrica de cúmulos provistas por VIREO, el botón de deslizamiento correspondiente al enrojecimiento ha sido preajustado a un valor aceptable para el cúmulo en cuestión y ya no podrá modificarse. Todo lo que tienes que hacer para encontrar el módulo de distancia del cúmulo es mover el botón hasta que obtengas el mejor ajuste posible para la parte más baja de la curva de la *ZAMS* (la parte alta del diagrama HR del cúmulo puede estar más afectada por la edad del mismo, mientras que generalmente la parte baja presenta más dispersión por efectos observacionales, por lo que lo mejor es ajustar al *medio* de la *ZAMS*).



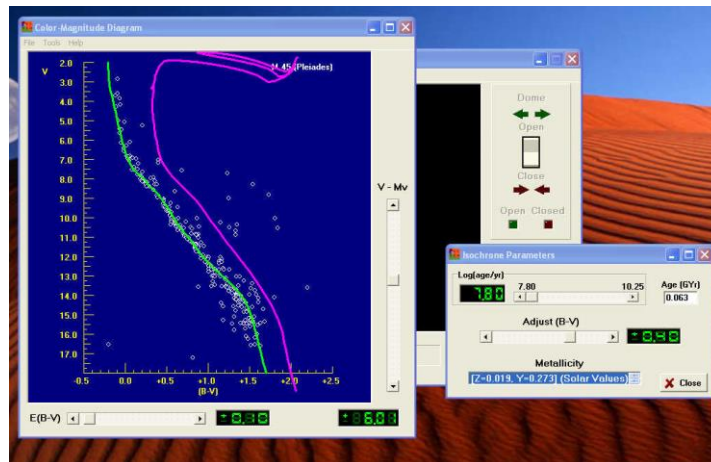
*Figura 20: Ajuste de la Secuencia Principal de Edad Cero (ZAMS)*

- Cuando hayas obtenido el mejor ajuste posible, el correspondiente valor de enrojecimiento, llamado  $E(B-V)$ , puede ser leído en el display digital de color verde que aparece abajo al medio en la ventana *Color-Magnitude* (0,13 para el caso mostrado más arriba), mientras que el correspondiente valor del módulo de distancia,  $V-M_V$ , puede ser leído en el display digital de color verde que aparece abajo a la derecha (+6,15 para el mismo caso mostrado más arriba). Ambos valores pueden ser impresos en caso de ir a la barra del menú y seleccionar la opción *Tools* → *View/Print Parameters*, y también podrían ser mostrados en una pantalla de donde utilizarlos mediante la opción *List* → *Print*.
- Cuanto más alejado esté un cúmulo estelar, mayor es su módulo de distancia. Puedes usar el módulo de distancia para calcular la correspondiente distancia  $D$  al cúmulo, expresada en parsecs, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Log } D = ( \text{módulo de distancia} ) / 5 + 1$$

### **Determinación de la edad de un cúmulo mediante el ajuste de curvas isócronas a su diagrama HR**

- Para un determinado cúmulo, tanto la forma que toma la curva de la secuencia principal como la de la rama de las estrellas gigantes van variando con su edad. Es por ello que la *ZAMS* que acabas de ajustar para el cúmulo que elegiste muy probablemente no habrá de coincidir con cada estrella del cúmulo. A medida que un cúmulo envejece, las estrellas más azules y de mayor masa en la *Secuencia Principal de Edad Cero* (ésas que se hallan en la *ZAMS* arriba a la izquierda) son las que queman más rápido el hidrógeno en sus núcleos, por lo que son también las primeras en volverse gigantes rojas y “salirse” de la secuencia principal. Este proceso evolutivo continuará con estrellas ubicadas cada vez más y más abajo en la secuencia principal, por lo que obviamente la secuencia principal se va acortando a medida que el tiempo pasa. Los astrónomos pueden usar computadoras para calcular cómo una determinada estrella va cambiando su luminosidad y color con el tiempo, y utilizar tales cómputos para calcular cómo sería el diagrama HR de un cúmulo para una determinada edad. La forma teórica del diagrama HR de un cúmulo para una edad en particular se denomina una *isócrona* (*iso = igual, cronos = tiempo o edad*), lo que representa una curva que muestra la distribución de luminosidad versus color para un cúmulo con estrellas de masas diferentes pero todas de la misma edad. Si tú puedes encontrar la isócrona teórica que mejor se ajuste al diagrama HR de tu cúmulo, entonces sabrás la edad de las estrellas que lo conforman.

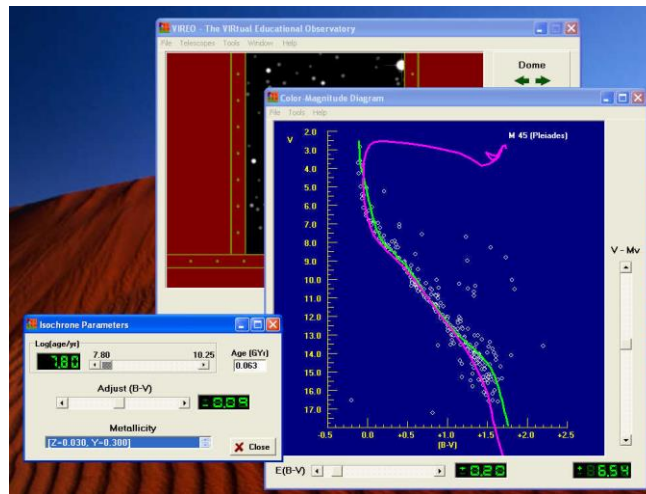


**Figura 21: Ajuste de una curva isocrónica al diagrama HR del cúmulo**

- El programa VIREO tiene almacenado un amplio rango de isócronas que tú puedes usar para ser apareadas contra el diagrama HR de tu cúmulo. Una vez ajustada la *Secuencia Principal de Edad Cero*, puedes luego utilizar la herramienta de ajuste de isócronas. En la barra del menú del diagrama *Color-Magnitude*, clickea **Tools** → **Isochrones**, y verás una isócrona dibujada en tu diagrama HR cerca de donde aparecen graficadas las estrellas del cúmulo. Una pequeña ventana que permite definir los parámetros isocronos se abrirá al costado, con dos botones de deslizamiento – uno llamado *Age*, y el otro *Adjust (B-V)* – más una opción de valores predeterminados denominada *Metallicity*.
- Variando la posición de los botones de deslizamiento *Age* y *Adjust (B-V)* tú deberías poder obtener un satisfactorio apareamiento entre las curvas de secuencia principal y de la rama de las gigantes para tu cúmulo en cuestión. El elemento clave a tener en cuenta para el ajuste es el “borde” azul (el de más a la izquierda) de la secuencia principal, dado que ahí están las estrellas que primero abandonan la secuencia principal a medida que el cúmulo envejece. Este “punto de quiebre” (*turnoff*) sobre la secuencia principal es consecuencia fundamental de la edad del cúmulo. Puede ser que tú no veas muchas estrellas en la rama de las gigantes: ello obedece a que las estrellas en la rama de las gigantes permanecen allí períodos relativamente cortos de tiempo (alrededor de solo el 10% del tiempo de vida que antes les llevó salir de la secuencia principal) y por tanto pueden haber ya desaparecido, habiéndose transformado en enanas blancas, estrellas de neutrones, o agujeros negros. También es posible que las estrellas en la secuencia principal de tu diagrama HR estén un poco más esparcidas que la fina línea isócrona: en parte esto es intrínseco al cúmulo – la secuencia principal aparece siempre “gruesa” debido a que, por ejemplo, tanto las estrellas binarias son más brillantes que las correspondientes estrellas individuales, como a que no todas las estrellas están realmente a la misma distancia exacta de nosotros – pero también puede ser que



haya algunas estrellas incluidas que en verdad no pertenezcan al cúmulo. Para superar varios de estos problemáticos puntos, lo mejor es ajustar tu isócrona de forma tal que ella coincida lo mejor posible con las estrellas que aparecen del lado más bajo de la secuencia principal.



**Figura 22:** Ajuste de la curva isocrónica para obtener la mejor coincidencia posible

- El concepto de *metalicidad*, vinculado a la composición química de las estrellas en un cúmulo, refiere en particular a la relativa abundancia de elementos más pesados que el hidrógeno. Los astrónomos genéricamente denominan “metal” a cualquier elemento químico más pesado que el helio (lo cual es un término desafortunado, dado que también incluye no metales, como por ejemplo el carbón, y además gases, como el nitrógeno o el oxígeno). Las generaciones más tempranas de estrellas en el universo carecían prácticamente de elementos más pesados que el hidrógeno y el helio. Sin embargo, las siguientes generaciones sí los tenían, dado que las estrellas efectivamente producen elementos más pesados que el hidrógeno. Diferencias de metalicidad afectan la evolución de las estrellas, por lo que aparecen pequeñas diferencias en las isócronas de un cúmulo en función de su metalicidad. El valor predeterminado del programa VIREO para el ajuste de curvas isócronas es el que corresponde a la metalicidad solar para los valores de  $Y$  (referido a la abundancia relativa de helio) y de  $Z$  (el que refiere a la abundancia relativa de todos los demás elementos más pesados que el helio). Tú podrías probar otros valores de metalicidad simplemente eligiendo diferentes valores en el panel *metallicity* de la ventana ***Isochrone Parameters***. Utiliza las flechas verticales del cursor para variar el valor de metalicidad, y cliquea dos veces con el botón izquierdo del ratón para que veas cómo dicho valor altera la forma de la isócrona. La idea es ir buscando cada vez una mejor coincidencia. Pequeñas correcciones en la posición del cursor de deslizamiento *Adjust (B-V)* también puede mejorar la coincidencia entre ambas curvas, especialmente si la metalicidad verdadera pareciera corresponder a un valor intermedio entre dos valores disponibles.

## LA HERRAMIENTA DE ANALISIS ASTROMETRICO

La herramienta de análisis astrométrico permite trabajar simultáneamente con hasta cuatro imágenes en formato *FITS*. Las imágenes pueden ser automáticamente alineadas y ser mostradas rápida y alternativamente (*blinked*) para ayudar a detectar objetos que se desplazan entre las estrellas fijas. La herramienta también permite obtener las coordenadas de cualquier objeto que aparece en una determinada imagen con relación a las estrellas del mismo campo, usando para ello un catálogo astrométrico de gran precisión. Por último, también puede ser utilizada para una determinación primaria de la magnitud fotométrica de objetos desconocidos, basado en las magnitudes de catálogo de estrellas de referencia.

Para acceder a la herramienta de análisis astrométrico, en el *Panel de control del observatorio virtual* utiliza la opción **Tools** → **Astrometry Module**. (Nota para los instructores: en caso de que la opción **Astrometry Module** estuviese deshabilitada, será necesario habilitar el acceso a la herramienta astrométrica en el menú **Options** que se explica en el Apéndice A.) Verás aparecer una pantalla denominada **Astrometry of Asteroids** (ver Figura 23, arriba a la derecha). Para cargar imágenes (que deberán estar en formato *FITS*), de la barra de menú utiliza la opción **File** → **Load Image**. Hasta cuatro imágenes podrán ser mostradas en cualquier momento, las que aparecerán listadas superpuestas en la parte izquierda (negra) de la pantalla. Para poderlas ver, de la barra de menú de la herramienta, usa la opción **Images** → **View/Adjust**.

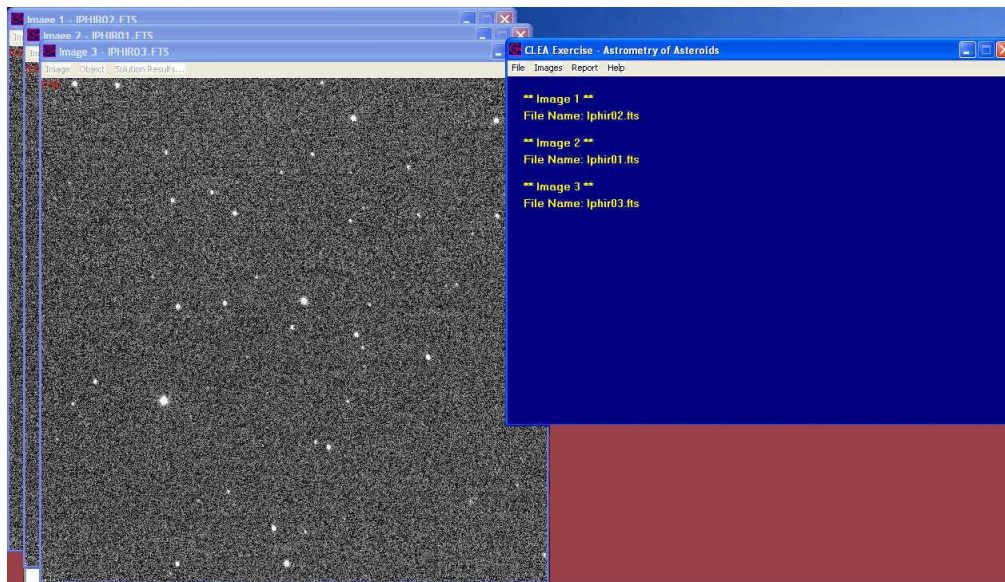
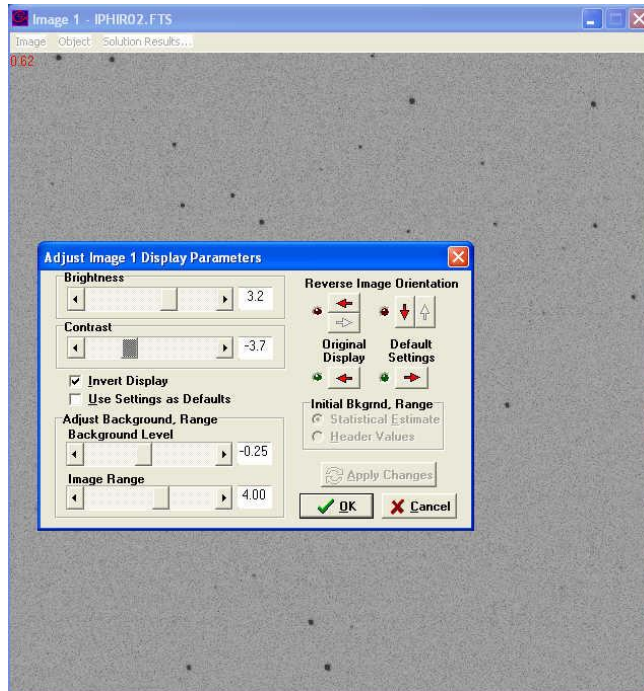


Figura 23: La pantalla *Astrometry of Asteroids* (a la derecha) junto con 3 imágenes

### Búsqueda de objetos que se mueven, mediante la técnica de *blinking*

- Carga las imágenes del caso.

- Selecciona la opción **Image → Blink**. La primera imagen aparecerá en pantalla y serás guiado por una pequeña ventana denominada **Select Star for Image Positioning**, para que elijas dos estrellas, las que permitirán luego alinear las imágenes (esto es, hacer que todas las estrellas de diferentes imágenes coincidan entre sí). Trata de elegir dos estrellas relativamente aisladas y bien separadas (de preferencia diametralmente separadas, aunque no en los propios bordes de la imagen). Clickea con botón izquierdo sobre la primera estrella, lo que provocará que ella quedará inmediatamente encerrada en una pequeña caja, debiendo ahora clickear **Continue** en la correspondiente ventana. El número uno aparecerá en la imagen al lado de la estrella seleccionada, corroborando que ella será la primera de las dos estrellas que se utilizarán para el alineamiento de las imágenes. Procede igual con la segunda estrella. Cuando ahora cliques **Continue**, el número dos aparecerá al lado de la segunda estrella seleccionada, y a continuación se mostrará la segunda imagen (no es necesario que continuamente desplaces el cursor al botón **Continue**, dado que accionando la tecla **Enter** se obtiene el mismo efecto). La computadora intentará por sí misma encontrar dónde se halla la primera estrella de alineación en la segunda imagen, y si efectivamente ella queda encerrada dentro de la correspondiente caja (no importa si centrada perfectamente o no, dado que el programa lo hará luego automáticamente), debes clickear **Continue**. De inmediato, el mismo procedimiento se realizará sobre la segunda estrella de alineación, y así hasta ubicar dichas estrellas en todas las imágenes. Si en algún momento hubieses cometido algún error, puedes recomenzar el proceso de alineación de imágenes clickeando sobre la opción **Adjust → Field Alignment** del menú ubicado en la parte superior de la pantalla de las imágenes.
- Cuando todas las estrellas requeridas para la alineación de las imágenes hayan sido seleccionadas aparecerá en pantalla una ventana que te permitirá cambiar el orden en que dichas imágenes se mostrarán durante el **blinking**. Tanto puedes aceptar el orden preestablecido, como cambiarlo en cualquier momento mediante la opción **Adjust → Blink Options** de la barra de menú de la parte superior de la pantalla. La opción **Multiple Load** con frecuencia mostrará las imágenes en un orden diferente al elegido o deseado, por lo que deberás ver en qué orden se muestran y cambiarlo si no es el que verdaderamente se corresponde con el desplazamiento aparente del asteroide.
- Para que las imágenes alineadas se muestren rápidamente en secuencia (**blinking**), simplemente elige la opción **Blink** de la barra de menú de la parte superior de la pantalla. Para detener el **blinking**, selecciona **Stop** en la barra de menú.
- Otras opciones disponibles son **Adjust → Blink Rate**, **Adjust → Set Blink Region (Zoom)** y **Adjust → Image Display**. Esta última opción (ver Figura 24) te permite ajustar el contraste y brillo de la imagen, estirla, revertirla lateral o verticalmente, o incluso mostrarla como si fuese un negativo fotográfico.
- Si durante un **blinking** llegas a identificar un objeto que cambia de ubicación entre las imágenes, detén el **blinking** y mediante la opción **Identify Target** de la barra del menú procede a dejarlo señalado (esto permitirá medirle sus coordenadas más adelante).



*Figura 24: Las distintas opciones de ajuste de imagen de la herramienta astrométrica*

### Medición de las coordenadas de un objeto desconocido usando la herramienta astrométrica

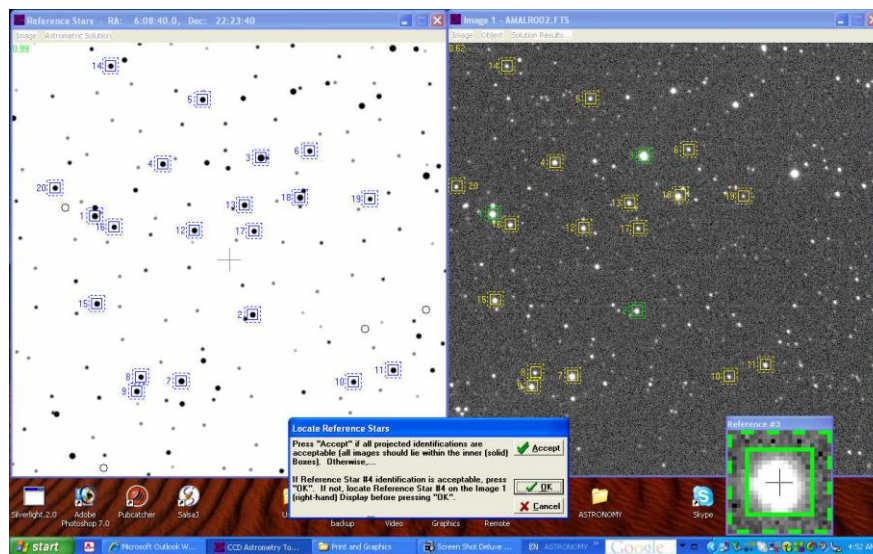
El problema fundamental a resolver para poder medir las coordenadas de un objeto desconocido en una imagen digital es encontrar la correcta relación que permita transformar las coordenadas en píxeles ( $x, y$ ) en coordenadas ecuatoriales (ascensión recta y declinación). Esto se hace mediante la identificación de estrellas de referencia en la imagen, y usando sus respectivas coordenadas ecuatoriales (obtenidas de un catálogo estelar), realizarles un ajuste por mínimos cuadrados a sus posiciones en píxeles que permita encontrar los correspondientes coeficientes de transformación. La herramienta de análisis astrométrico debe acceder a una base de datos para poder generar una carta estelar a ser cotejada con la imagen digital que contiene el objeto desconocido y luego, a partir de la correspondencia que el usuario haga entre varias estrellas de la imagen y de la carta estelar (estrellas de referencia), el programa automáticamente determinará la mejor transformación posible. Dependiendo de las preferencias elegidas por el usuario, la base de datos con las coordenadas ecuatoriales estelares puede ser tanto un catálogo instalado en la propia computadora, o un catálogo accedido *on-line* (ver Apéndice A).

A continuación se presenta una breve descripción del proceso de medición astrométrico:

- Si todavía no lo has hecho, carga la imagen a medir en la herramienta astrométrica.
- De las opciones del menú, selecciona *Images* → *Measure* → *Image (1, 2, 3, ó 4)*. Se te pedirá que proporciones alguna información acerca del objeto de interés, así como de la

imagen a medir – en particular y más importante: las coordenadas del centro de la imagen y las dimensiones del campo (en minutos de arco). En caso de que la información técnica (*header*) de la imagen CCD esté a disposición, las coordenadas del centro se pueden obtener de allí, aunque no siempre son lo suficientemente precisas (tienen que serlo mejor que un cuarto del tamaño del campo, de forma tal que haya suficientes estrellas de referencia en la imagen que pueden ser encontradas en el catálogo).

- Luego de que has especificado la información requerida, la computadora abre dos pantallas (ver Figura 25). La pantalla a la izquierda es una carta estelar generada a partir del catálogo de referencia, y la de la derecha es la propia imagen que estás midiendo.

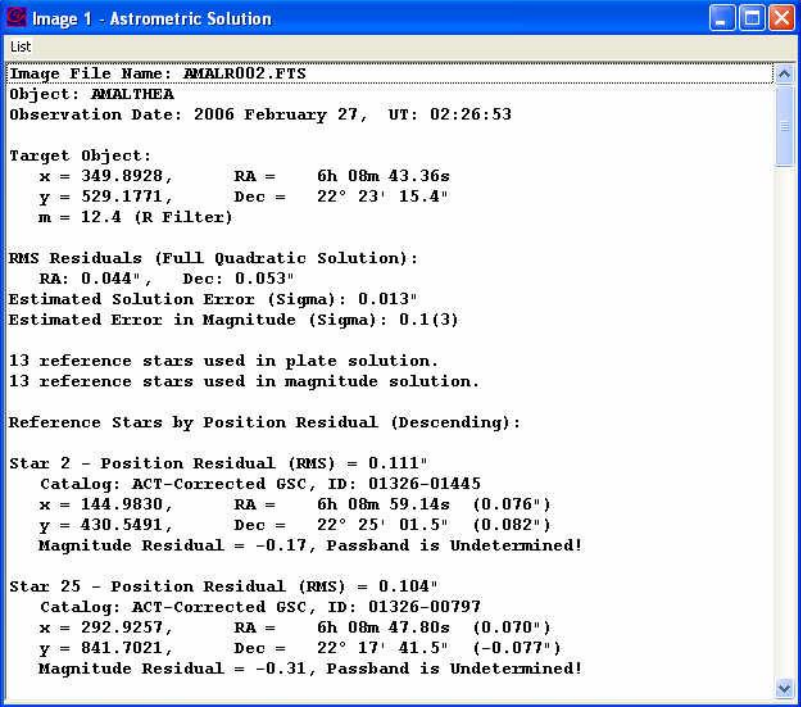


*Figura 25: Las pantallas de medición de la herramienta astrométrica*

- Antes que nada, cerciórate que la carta estelar de la izquierda se corresponde con la imagen de la derecha (para lo cual, deberías reconocer que el “dibujo” que parecen formar las estrellas más brillantes en cada pantalla es básicamente el mismo). Una vez corroborado lo anterior, deberás elegir estrellas de referencia en la carta estelar de la izquierda (se abrirá un pequeño panel donde se te indica tal proceder), para lo cual deberás clicar sobre las estrellas seleccionadas. A cada clickeo aparecerá la correspondiente información de catálogo de la estrella seleccionada (nombre, coordenadas y magnitud) y un botón que te permitirá aceptarla como estrella de referencia (nuevamente aquí es posible usar la tecla **Enter** en lugar de tener que desplazar el cursor al botón de aceptación y luego llevarlo de nuevo a la carta estelar; si colocas tu mano izquierda sobre la tecla **Enter** – suponiendo que usas el ratón con tu mano derecha – puedes completar todo el proceso de selección de estrellas de referencia bastante rápido). Cuando una estrella es seleccionada, se la numera y se la rodea con un pequeño cuadrado azul. A pesar de que el programa te pide que selecciones solo tres estrellas de referencia, de ser posible deberías tratar de escoger alrededor de 20, dado

que ello asegura que los resultados serán mucho más precisos. Selecciona estrellas que estén distribuidas por todo el campo de la imagen lo más uniformemente posible (esto es, no que estén concentradas predominantemente en una determinada parte de la imagen).

- Una vez que hayas terminado de seleccionar todas las estrellas de referencia del caso, cliquesa **OK** en el panel que te pide que escojas al menos tres estrellas. Corresponde ahora que las identifiques en la imagen de la derecha, comenzando con la estrella de referencia *Número 1*, mediante el recurso de ir cliqueando en orden sobre cada una de ellas. La computadora automáticamente hace centro exacto sobre cada estrella cliquéeada. Al cabo de la tercera estrella marcada, la herramienta astrométrica ejecuta un rápido cálculo que le permite identificar a todas las restantes estrellas de referencia que habías seleccionado (ver Figura 25). Puedes seguir aceptando estrellas una por una, mediante ir cliqueando **OK** en el botón inferior en el mencionado panel (haciendo con el cursor los ajustes en posición que corresponda), o en cambio aceptarlas todas juntas, mediante cliquesar el botón **Accept**. Cuando todas las estrellas de referencia hayan sido identificadas, la herramienta astrométrica te pide que señales el objeto a medir (si es que todavía permanece sin designar). Hecho esto, el programa calcula la ecuación de transformación, la aplica y así obtiene la ascensión recta y declinación del objeto desconocido, así como una estimación de su magnitud (basado en las magnitudes de las estrellas de referencia).



```

Image 1 - Astrometric Solution
List
Image File Name: AMALR002.FTS
Object: AMALTHEA
Observation Date: 2006 February 27, UT: 02:26:53

Target Object:
x = 349.8928,      RA = 6h 08m 43.36s
y = 529.1771,      Dec = 22° 23' 15.4"
m = 12.4 (R Filter)

RMS Residuals (Full Quadratic Solution):
RA: 0.044", Dec: 0.053"
Estimated Solution Error (Sigma): 0.013"
Estimated Error in Magnitude (Sigma): 0.1(3)

13 reference stars used in plate solution.
13 reference stars used in magnitude solution.

Reference Stars by Position Residual (Descending):

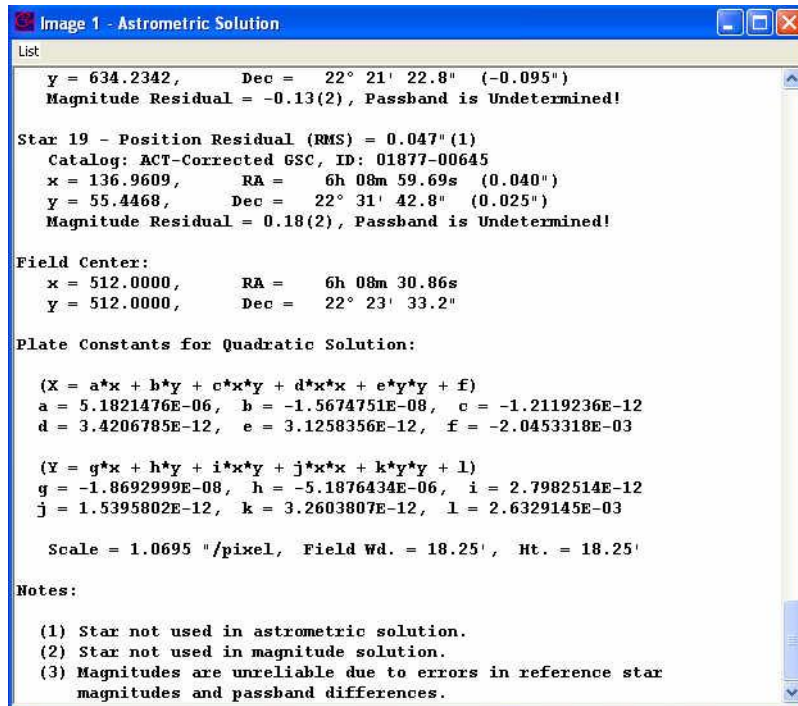
Star 2 - Position Residual (RMS) = 0.111"
Catalog: ACT-Corrected GSC, ID: 01326-01445
x = 144.9830,      RA = 6h 08m 59.14s (0.076")
y = 430.5491,      Dec = 22° 25' 01.5" (0.082")
Magnitude Residual = -0.17, Passband is Undetermined!

Star 25 - Position Residual (RMS) = 0.104"
Catalog: ACT-Corrected GSC, ID: 01326-00797
x = 292.9257,      RA = 6h 08m 47.80s (0.070")
y = 841.7021,      Dec = 22° 17' 41.5" (-0.077")
Magnitude Residual = -0.31, Passband is Undetermined!

```

Figura 26: La solución astrométrica para las coordenadas del objeto desconocido

- La solución astrométrica contiene mucha información adicional (ver Figura 26). En la parte superior se encuentra el nombre y fecha de observación del objeto desconocido, seguida por las coordenadas del objeto en píxeles medidas en la imagen, y las coordenadas ecuatoriales y magnitud del objeto calculadas a partir de la transformación. A continuación vienen los valores estadísticos que refieren a la calidad de la solución astrométrica encontrada: el primer conjunto de números es el valor RMS (*root-mean-square*) del total de los residuos (diferencia conjunta entre la posición de cada una de las estrellas de referencia calculadas por medio de la transformación aplicada y su correspondiente posición de catálogo); luego vienen los valores residuales individuales para cada estrella de referencia. En la parte inferior de la solución astrométrica (desplazando el cursor vertical a la derecha todo hacia abajo) se presenta la información referida a la ecuación de transformación usada para convertir coordenadas en píxeles en coordenadas ecuatoriales (ver Figura 27).



```

Image 1 - Astrometric Solution
List
y = 634.2342, Dec = 22° 21' 22.8" (-0.095")
Magnitude Residual = -0.13(2), Passband is Undetermined!

Star 19 - Position Residual (RMS) = 0.047" (1)
Catalog: ACT-Corrected GSC, ID: 01877-00645
x = 136.9609, RA = 6h 08m 59.69s (0.040")
y = 55.4468, Dec = 22° 31' 42.8" (0.025")
Magnitude Residual = 0.18(2), Passband is Undetermined!

Field Center:
x = 512.0000, RA = 6h 08m 30.86s
y = 512.0000, Dec = 22° 23' 33.2"

Plate Constants for Quadratic Solution:

(X = a*x + b*y + c*x*y + d*x*x + e*y*y + f)
a = 5.1821476E-06, b = -1.5674751E-08, c = -1.2119236E-12
d = 3.4206785E-12, e = 3.1258356E-12, f = -2.0453318E-03

(Y = g*x + h*y + i*x*y + j*x*x + k*y*y + l)
g = -1.8692999E-08, h = -5.1876434E-06, i = 2.7982514E-12
j = 1.5395802E-12, k = 3.2603807E-12, l = 2.6329145E-03

Scale = 1.0695 "/pixel, Field Wd. = 18.25', Ht. = 18.25'

Notes:
(1) Star not used in astrometric solution.
(2) Star not used in magnitude solution.
(3) Magnitudes are unreliable due to errors in reference star
magnitudes and passband differences.

```

Figura 27: La solución astrométrica: las ecuaciones de transformación

- El valor RMS que mide la calidad de la solución encontrada puede ser mejorado (cuanto más bajo, mejor) en base a ir eliminando de la misma a las estrellas de referencia que poseen los valores residuales individuales más altos. Para hacer esto la herramienta astrométrica te habilita una ventana denominada *Solution OK?* que aparece en la parte inferior de la pantalla, en la que tienes que clicar en el botón *Improve* y elegir *Remove Highest Residual*. El valor RMS debería decrecer – valores inferiores a 0,1 segundos de arco son típicos. Puedes seguir eliminando estrellas de referencia con valores residuales individuales altos siempre y cuando al menos te queden seis (con

menos de seis estrellas el programa ya no puede encontrar la transformación de píxeles a ascensión recta y declinación). También es posible mejorar la solución encontrada en base a incluir términos cuadráticos, lo que puedes hacer cliqueando en las opciones **Improve → Change Solution → Full Quadratic**.

- Cuando estés conforme con la solución lograda (valores residuales promedios igual o inferior a 0,1 segundos de arco), puedes aceptarla y guardar los resultados.
- Puedes encontrar información complementaria y detalles de aplicación de otras posibilidades de la herramienta de análisis astrométrico en el menú de ayuda del propio programa.

---

## USO DEL OBSERVATORIO VIRTUAL PARA LOS EJERCICIOS CLEA

Muchos de los ejercicios computacionales desarrollados por el Proyecto CLEA se pueden llevar a cabo usando el software del Observatorio Virtual Educativo. Los ejercicios CLEA que por ahora están incluidos en VIREO son: *Photoelectric Photometry of the Pleiades*, *HR Diagrams of Star Clusters*, *Classification of Stellar Spectra*, *The Hubble Redshift-Distance Relation*, *The Large-Scale Structure of the Universe*, *Radio Astronomy of Pulsars*, y *The Quest for Object X*. Aquellos usuarios que ya estén familiarizados con los “productos” CLEA se habrán dado inmediata cuenta que la mayoría de tales ejercicios estaban disponibles como módulos individuales de software desde hace bastante tiempo. Sin embargo, los módulos individuales *Photoelectric Photometry of the Pleiades*, *Classification of Stellar Spectra*, *The Hubble Redshift-Distance Relation*, y *The Large-Scale Structure of the Universe* fueron escritos en código de 16 *bits*, por lo que no pueden ser corridos en por lo menos las más recientes versiones de *Windows (Vista Ultimate)*. Los usuarios CLEA que habían experimentado esta frustración encontrarán que el uso del software VIREO es la mejor solución para poder correr tales ejercicios. De los restantes ejercicios incluidos en VIREO, *HR Diagrams of Star Clusters* solo puede ser corrido en VIREO (no existe versión como módulo individual) y *Radio Astronomy of Pulsars* es básicamente idéntico al módulo individual que fue escrito en código de 32 *bits*. Finalmente, los usuarios de *The Quest for Object X* encontrarán que la versión ahora incluida en VIREO es la misma que antes, salvo que los objetos desconocidos a elegir por parte de los supervisores potencialmente son muchísimos más que antes.

Cuando VIREO se usa para correr un determinado ejercicio, las únicas funciones del observatorio a disposición del usuario son aquéllas que se necesitan para poder llevarlo a cabo, y el software también restringe el acceso solo a los datos y archivos requeridos. Para acceder a un determinado ejercicio, hay que iniciar VIREO y luego de la barra del menú seleccionar **File → Run Exercise → (Nombre del ejercicio específico)**. Si estuvieras usando la *Guía de Estudiante* del mismo ejercicio en su versión original como módulo individual, ten en cuenta que la secuencia del procedimiento, el conjunto de datos y la apariencia del propio software serán ligeramente distintos cuando corras el ejercicio con VIREO. Sin embargo, en todos los casos los objetivos del ejercicio, la funcionalidad de sus distintos componentes, y los resultados genéricos seguirán siendo los mismos. En las descripciones que siguen se describen aquellas secciones de las respectivas *Guía de Estudiante* originales que contienen información todavía válida para cuando el mismo ejercicio se corre en



VIREO, así como también se subrayan las principales diferencias. La opción de ayuda interna (*Help*) del propio VIREO es bastante amplia y especialmente para detalles operacionales también debería tenerse en cuenta. (Quienes desarrollamos el Proyecto CLEA bien sabemos que la mayoría de los instructores prefiere modificar las *Guía de Estudiante* a su propio gusto o necesidad. La información suministrada en este manual, más la existente en las anteriores *Guía de Estudiante*, debería aportar suficiente material para que los instructores puedan reescribir nuevas *Guía de Estudiante* de los ejercicios a ser corridos en VIREO.)

### ***Photoelectric Photometry of the Pleiades:***

Las secciones de este manual tituladas *Uso del telescopio óptico*, *Uso del fotómetro*, y *La herramienta de análisis del diagrama HR* brindan suficiente información para poder llevar a cabo el ejercicio ***Photoelectric Photometry of the Pleiades***. Un listado con las estrellas disponibles para este ejercicio se carga en cuanto se da inicio al mismo. Al momento de recolectar los datos requeridos en este ejercicio, los estudiantes deberían desplazar el telescopio (ver *Uso del telescopio óptico*) apelando a tal listado de estrellas. En particular, las posiciones suministradas en la *Guía de Estudiante* original del módulo individual (sección ***Photoelectric Photometry Data Sheet***) no deben usarse dado que son de baja precisión y, sobre todo, porque están expresadas en *coordenadas 1950.0* (esto no importaba en el ejercicio original debido a que las estrellas de la pequeña lista suministrada habían sido especialmente elegidas para el ejercicio, y todas ellas en *coordenadas 1950.0*; en cambio, la base de datos de VIREO cubre todo el cielo y todas las posiciones están en *coordenadas 2000.0*). Además de lo anterior, hay algunas diferencias entre las estrellas incluidas en el nuevo listado del ejercicio en VIREO y la vieja lista de estrellas. El programa VIREO permite (más precisamente, requiere) que a medida que los resultados fotométricos van siendo obtenidos también se vayan guardando, de forma tal que el estudiante pueda luego imprimirlos al concluir el ejercicio sin necesidad de ninguna otra cosa. Cuando los datos fotométricos requeridos se completan, el estudiante puede usar la herramienta ***HR Diagram Analysis Tool*** para obtener el correspondiente diagrama HR y así medir el módulo (*m-M*) que le permitirá determinar la distancia al cúmulo (esto es, aplicando una técnica diferente a la descrita en la *Guía de Estudiante*, la que requería deslizar una pieza de plástico transparente sobre un gráfico hecho a mano). También es posible imprimir el diagrama HR y demás resultados derivados del uso de la herramienta.

Los instructores también deberían investigar el ejercicio de VIREO denominado ***HR Diagrams of Star Clusters***, donde la información suministrada para muchos cúmulos puede ser analizada y comparada entre sí. En la página *web* del Proyecto CLEA es posible obtener una *Guía de Estudiante* (en español) de este ejercicio.

### ***Classification of Stellar Spectra:***

Las secciones de este manual tituladas *Uso del telescopio óptico*, *Uso del espectrógrafo*, y *La herramienta de clasificación espectral* brindan suficiente información para poder llevar a cabo el ejercicio ***Classification of Stellar Spectra***. El listado de espectros a ser clasificados y los atlas disponibles con espectros estándares son los mismos que estaban en

el módulo individual original. Sin embargo, una importante mejora es que ahora en VIREO los *templates* espectrales disponibles (los que se usan tanto en el listado de espectros, o como estándares, o como espectros “obtenidos” mediante el espectrógrafo a través del telescopio que sea) abarcan un rango de longitudes de onda que va desde 3.600 Å hasta 7.400 Å. El rango por defecto mostrado en la ventana de clasificación va desde 3.700 Å a 4.700 Å, pero ahora puede ser cambiado por el usuario sin necesidad de acceder a las opciones de preferencias de uso (en la versión del módulo individual el rango de los espectros solo iba de 3.900 Å a 4.500 Å).

### ***The Hubble Redshift-Distance Relation:***

Las secciones de este manual tituladas *Uso del telescopio óptico*, *Uso del espectrógrafo*, y *La herramienta de medición de espectros* (ver en especial el párrafo denominado *Espectros de galaxias*) brindan suficiente información para poder llevar a cabo el ejercicio ***The Hubble Redshift-Distance Relation***. Las galaxias disponibles con las que trabajar en este ejercicio aparecerán en un listado que se carga inmediatamente cuando el mismo se selecciona en VIREO. Los estudiantes deberían desplazar el telescopio (ver *Uso del telescopio óptico*) apelando a tal listado de galaxias y no en base a usar sus respectivas coordenadas (suministradas en la versión original). Dado que las galaxias del listado de VIREO han sido escogidas para que el ejercicio dé un buen valor el parámetro  $H_0$ , los estudiantes tampoco deberían trabajar con otras galaxias que eventualmente aparezcan en los campos del telescopio (la sencilla técnica de usar un supuesto valor de magnitud absoluta igual para todas las galaxias como forma de poder determinar su distancia simplemente no funciona para muchas de ellas, y otros métodos alternativos que sí dan buenos valores son tan complicados que exceden en mucho el objetivo de este ejercicio). Contrariamente a lo que sucedía en el módulo individual original, ahora en VIREO las magnitudes aparentes y *redshifts* de las galaxias del listado son valores reales obtenidos de datos publicados. ***Dos advertencias:*** (1) El valor de magnitud absoluta que los estudiantes deberán usar con las galaxias del listado es  $M_v = -21$  (el mismo valor para el módulo individual era  $M_v = -22,0$ ), y (2) no usar la galaxia 51975 en la línea de regresión. Estos cambios te permiten alcanzar un valor promedio de  $H_0$  para las otras 12 galaxias del listado muy cercano al valor moderno comúnmente aceptado ( $H_0 = 71 \text{ km/seg/Mpc}$ ). Las magnitudes de las galaxias y sus correspondientes valores de *redshifts* que hayan sido medidos por el usuario son guardados internamente por VIREO (pueden serlo incluso como archivos *.CSV*, lo que permite luego usarlos en una hoja de cálculo, como Excel, o también ser impresos), sin que para su posterior análisis haya necesidad de tener que llenar datos “a mano” en ninguna tabla.

### ***The Large-Scale Structure of the Universe:***

Las secciones de este manual tituladas *Uso del telescopio óptico*, *Uso del espectrógrafo*, *Uso del espectrógrafo multicanal*, y *La herramienta de medición de espectros* (ver en especial el párrafo denominado *Espectros de galaxias*) brindan suficiente información para poder llevar a cabo el ejercicio ***The Large-Scale Structure of the Universe***. Las posiciones de las galaxias seleccionadas en VIREO con las cuales trabajar están indicadas en nueve listados, los que se corresponden con los nueve campos del módulo individual original.

Luego de iniciar el ejercicio y de haber accedido al telescopio con el que se habrá de trabajar, los estudiantes deben cargar el listado de galaxias correspondiente al campo que se les haya asignado (del menú del *Panel de control del telescopio* hay que seleccionar **Slew** → **Observation Hot List** → **Load Hot List...**). A pesar de que VIREO usa las mismas galaxias y los mismos datos de galaxias que el módulo original, los estudiantes deberían desplazar el telescopio entre galaxias en base a utilizar el listado de galaxias provisto y no las posiciones de las mismas dadas en la tabla de datos que empieza en la Página 19 de la *Guía de Estudiante* de dicho módulo (tales posiciones no son muy precisas y además están en *coordenadas 1950.0*). También en VIREO los campos estelares que aparecerán en este ejercicio son completamente diferentes al del módulo individual, dado que en VIREO las posiciones estelares son obtenidas a partir de un catálogo, mientras que antes eran simplemente recreaciones simuladas por la computadora. Los estudiantes deberían usar las posibilidades que ofrece el menú **Results** del programa VIREO para guardar sus datos a medida que van midiendo las diferentes velocidades radiales (es posible guardar los datos en diferentes formatos, así como también imprimirlos). A medida que los estudiantes van agregando datos al listado de resultados, los mismos también serán mostrados en la imagen de sus gráficos de cuña (a las que se accede desde el menú **Tools** de la *Pantalla de control del observatorio virtual*). También es posible escribir los resultados de cada estudiante en un archivo común para todos ellos (en caso de que ello hubiese sido permitido por el instructor) de forma tal que se pueda ver el gráfico de cuña obtenido por toda la clase.

---

## USO DEL OBSERVATORIO VIRTUAL PARA DESARROLLAR NUEVOS EJERCICIOS ASTRONOMICOS

VIREO tiene acceso a enormes bases de datos, a una gran variedad de objetos, a múltiples y versátiles tipos de telescopios e instrumentos de medida, y a eficientes herramientas de análisis de la información obtenida. En consecuencia, los instructores pueden usar VIREO para adecuar los distintos ejercicios de astronomía a sus intereses o necesidades particulares, tanto sea a nivel de cursos introductorios o avanzados. El Proyecto CLEA (a través de su página *web*) puede funcionar como una suerte de banco de intercambio de tales ejercicios “modificados”, de forma tal que los instructores que los han desarrollado los puedan publicar para uso y beneficio de todos sus colegas. En tal sentido, alentamos entonces a que los diferentes astrónomos que están usando VIREO nos informen cómo lo están haciendo, a que nos hagan llegar sugerencias acerca de cómo mejorarlo (tanto sea a nivel de software como de conjuntos de datos a emplear), y a que nos envíen los manuales de ejercicios que ellos mismos hayan desarrollado. Por favor, contáctenos por medio de **Project CLEA**, Department of Physics, Gettysburg College, 300 North Washington Street, Gettysburg, PA, 18325 USA. **Email:** [clea@gettysburg.edu](mailto:clea@gettysburg.edu). **Web page:** <http://www.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>.

## APENDICE A

### SELECCION DE PREFERENCIAS DE USO DE VIREO

Para impedir que los estudiantes puedan hacer cambios o que puedan conocer los valores de parámetros críticos, el acceso a modificar las distintas opciones y configuraciones del software VIREO a partir del menú principal (vía **File** → **Preferences**) está normalmente inhabilitado. Para poder acceder a las pantallas de configuración, al iniciar el programa hay que seleccionar **Log In** del menú principal. En el campo denominado **Student #1** hay que tipear **Instructor** (no importan si las letras son mayúsculas o minúsculas), y luego clicar sobre **OK**. Aparecerá una pequeña ventana de diálogo pidiendo una contraseña (**password**). La contraseña por defecto es **CLEA** (necesariamente todas mayúsculas). Luego de ingresada hay que clicar sobre **OK** (siempre es posible cambiar la contraseña para posteriores ingresos). Si la contraseña correcta ha sido ingresada entonces aparecerá la pantalla de configuración de preferencias. Se accede a las distintas opciones de preferencias clicando sobre los botones ubicados al pie de las correspondientes ventanas. La información que sigue está organizada en base a las distintas opciones que cada uno de tales botones ofrece.

Los paneles que aparecen están normalmente divididos en dos clases: o bien son del tipo ‘opciones’ (**Options**), o son del tipo ‘parámetros’ (**Parameters**). Los paneles **Options** contienen llaves que habilitan o deshabilitan determinadas funciones del software (los instructores encontrarán estas posibilidades muy útiles para poder llevar a cabo los ejercicios en las condiciones particulares de su predilección, para chequear resultados a su antojo, o para desarrollar sus propios ejercicios); los paneles **Parameters** contienen valores numéricos que se aplican para la obtención de datos, o para afectar la apariencia de las pantallas y/o la representación de animaciones, o para cualquier otro uso que modifique la forma en que se llevan a cabo las funciones del software (muchos de tales valores están interrelacionados y fueron cuidadosamente combinados para obtener los mejores resultados posibles, por lo que en general no se recomienda su cambio – salvo con extremo cuidado y conocimiento de causa).

Es posible resetar los valores **Parameters** a sus valores originales por defecto, para lo cual es necesario clicar sobre el botón **Reset** que su ubica en el panel abajo a la derecha, encima del botón **Cancel**. Esta acción llevará todos los valores **Parameters** a sus valores por defecto, no solo a los pocos que se estén mostrando en pantalla.

Cuando se cliquea **OK** para salir del panel **Parameters**, el programa de inmediato propone que los cambios realizados se guarden en un archivo. Si tales cambios no se salvan en este momento, de nuevo se volverá a proponer lo mismo al salir del programa. Si el programa se cierra sin guardar los cambios realizados, la próxima vez que VIREO se corra se lo aplicará con los últimos valores de **Parameters** que efectivamente hubiesen sido salvados.

### OPCIONES PARA LAS SIMULACIONES OPTICAS

Estas opciones son las que directamente aparecen cuando no se selecciona ninguna de las alternativas representadas por los botones de la parte inferior de la pantalla.

### Alternativas para el uso general del observatorio virtual

Las opciones y valores de parámetros en esta ventana controlan la operación global del observatorio VIREO y sus telescopios.

- **Parameters:**
  - **Horizon Limit:** Este parámetro modifica la menor altura sobre el horizonte (en grados) a la que los telescopios pueden apuntarse. Este valor no tiene ningún efecto, salvo que la opción **Limit Slewing** (ver más abajo) esté habilitada. Este parámetro por el momento no está disponible. El valor por defecto es 0,0 °.
  - **Base Slew Rate:** Este parámetro modifica la velocidad de desplazamiento de los telescopios (en segundos de arco por segundo). El valor por defecto es 5,0 segundos de arco/segundo.
  - **Finder Field (Degs):** Este parámetro modifica el ancho del campo (en grados) del buscador de gran campo (**wide-field**), correspondiente a la ventana de imagen del *Panel de control del telescopio óptico*. El valor por defecto es 2,50 °.
  - **Instrument Field:** Este parámetro modifica el ancho del campo (en minutos de arco) del propio telescopio (**narrow-field**), correspondiente a la ventana de imagen del *Panel de control del telescopio óptico*. El valor por defecto es 15,0 minutos de arco.
  - **Field Creation Factor:** Este parámetro modifica la relación existente entre el tamaño de la imagen **bitmap** del campo de estrellas creado internamente por el software y la porción del campo que realmente se muestra en la ventana de imagen del *Panel de control del telescopio óptico*. Si se escoge un valor más alto para este parámetro se obtendrá una mayor demora en la presentación de un nuevo campo estelar, pero en cambio se demorará menos al desplazarlo hacia posiciones adyacentes. El valor por defecto es 3.
  - **Finder Magnitude Limit:** Este parámetro modifica la magnitud de las estrellas más tenues que se muestran en la ventana de imagen del *Panel de control del telescopio óptico*. El valor por defecto es 11,5.
- **Options:**
  - **Demonstration Mode:** Esta opción habilita a correr VIREO sin requerir que el usuario tenga que loguearse inicialmente. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (**off**).
  - **Test mode:** Esta opción habilita a que las secuencias que dan ‘realismo’ a ciertas acciones a cambio de demorar un poco su concreción (como por ejemplo el acceso al telescopio, la apertura o el cierre de la cúpula, el desplazamiento del telescopio, la toma de imágenes CCD, etc), puedan inhibirse de forma tal que se efectivicen instantáneamente. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (**off**).
  - **Edit Mode:** Esta opción habilita a que cuando se cliquee sobre cualquier objeto en la ventana de imagen del panel de control del telescopio óptico, también aparezca un panel conteniendo toda la información de catálogo acerca de tal objeto (como por ejemplo tipo de objeto, identificación numérica, posición RA y DEC, datos

fotométricos, velocidad radial, tamaño y clase espectral). Se trata de una alternativa muy poderosa para los instructores para que puedan determinar los resultados esperados de los ejercicios. Es importante observar los indicadores coloreados que aparecen al lado de los índices de color (**B-V**) y (**U-B**), y de la clase espectral: el verde indica que el valor numérico del caso ha sido realmente medido y pertenece a catálogos; el rojo indica que el valor numérico ha sido adjudicado por CLEA por motivos de realismo y consistencia; el amarillo indica que el valor numérico ha sido adjudicado en base a la mejor información disponible (como por ejemplo índices de color basados en la clase espectral conocida, o viceversa). Habilitando las opciones **Edit Mode** y **Virtual Observatory** (ver más adelante) se obtiene acceso a la mayor cantidad posible de datos. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*). **IMPORTANTE:** *Teniendo en cuenta que los catálogos disponibles de espectros estelares son bastante parciales (o solo incluyen a las estrellas visibles a simple vista, o están hechos para un sistema estándar como el MK, o solo cubren una determinada región del cielo), la mayoría de las clases espectrales e índices de color en VIREO, a excepción de los correspondientes a algunos cúmulos de galaxias, no son auténticamente reales sino que han sido adjudicados por CLEA (para mayores detalles acerca de este proceso, ver en el Apéndice C, sección El Catálogo de Estrellas de VIREO, la parte denominada Remaining GSC-ACT Stars). Esto significa que cualquier estudio acerca de la distribución espacial o la función de luminosidad basado en datos obtenidos de VIREO seguramente arribará a resultados falsos (y por tanto inconvenientemente publicables).*

- **Limit Slewing:** Esta opción habilita a que el telescopio se detenga cuando en su desplazamiento alcance el mínimo valor de altura permitido sobre el horizonte. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
- **Fast Slewing:** Esta opción habilita a que la velocidad de desplazamiento de los telescopios pueda ser bastante rápida (para telescopios de gran tamaño esto es físicamente irreal). Esta opción por defecto está habilitada (*on*).
- **Show Object ID:** Esta opción habilita a que la identificación de catálogo de los objetos observados pueda ser mostrada tanto en los paneles de control del fotómetro y del espectrógrafo, como en los resultados. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
- **Fast Scope Change:** Esta opción habilita a que se pueda cambiar de telescopio sin necesidad de cerrar primero la cúpula y luego volver a abrirla. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
- **Restrict Scope Access:** Esta opción habilita a que la disponibilidad de los telescopios pueda ser determinada según los parámetros que se elijan (ver sección *Opciones de Telescopios*); caso contrario, los telescopios están a disposición todo el tiempo, sin restricciones. Esta opción por defecto está habilitada (*on*).
- **Sound Effects:** Esta opción habilita a que los efectos de sonido (al moverse la cúpula, al desplazar los telescopios, etc) puedan ser escuchados. Esta opción por defecto está habilitada (*on*).
- **Infrared Camera:** Esta opción habilita a que la cámara CCD infrarroja pueda ser utilizada (la cámara CCD óptica siempre está a disposición). Originalmente la cámara CCD infrarroja requería el uso de un catálogo IR separado, el que se suministraba en un CD-ROM aparte y por tanto debía ser instalado; sin embargo,

- dado que ahora es posible acceder al catálogo IR vía web, dicha restricción ya no es más válida. Esta opción por defecto está habilitada (*on*).
- **Compute Redshift Velocity:** Esta opción habilita a que el propio programa pueda calcular y mostrar la correspondiente velocidad de alejamiento a partir de un valor de enrojecimiento  $Z$  medido. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Virtual Observatory:** Esta opción habilita a que se pueda tener acceso a todos los instrumentos del observatorio virtual, a todos los listados de objetos, a todos los objetos especiales, etc. También posibilita el acceso a los datos (de manera similar a la opción *Edit Mode*), pero sin permitir modificarlos. Los estudiantes que estén haciendo algún ejercicio con VIREO normalmente no debieran estar usando esta opción (a la que se accede mediante la barra de menú de *Run Exercise*). Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Write Log File:** Esta opción habilita a que se pueda ir autogenerando un archivo especial (*log*) que contenga toda la información de acceso y salida al programa, incluyendo identificación del estudiante y los distintos horarios de trabajo. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Time-Dependent Data:** Esta opción habilita a que se puedan llevar a cabo ejercicios en los que la información vaya cambiando con los distintos horarios (como por ejemplo, para las posiciones de asteroides o las curvas de luz de estrellas variables), para lo cual se requerirá que el estudiante ingrese tanto la fecha como la hora inicial de la observación. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Print in Color:** Esta opción habilita a que las pantallas de resultados (generalmente gráficas) se puedan imprimir en color (para lo cual obviamente se requiere una impresora color). Dado que en impresoras blanco y negro las pantallas de color podrían llegar a imprimirse de manera poco satisfactoria, solo se aconseja su uso para impresoras color. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Monochrome Display:** Esta opción habilita a que las pantallas de resultados puedan ser mostradas solo en grises. Si la opción *Print in Color* se deshabilita y la opción *Monochrome Display* está deshabilitada, las pantallas serán regeneradas en grises, impresas y luego reaparecerán en color cuando se seleccione *Print* (todo esto puede resultar ligeramente complicado para los usuarios). Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
- **Opciones “especiales”:**
    - **“Administrator”:** Esta opción habilita a que las distintas opciones escogidas (que normalmente se guardan en el directorio de cada usuario) se puedan salvar en el directorio desde donde VIREO se instala, de forma tal que luego apliquen a todos los usuarios del programa. Para que esto efectivamente tenga efecto, el “administrador” debe tener permiso para poder escribir sobre el directorio de instalación. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
    - **Password:** Esta opción habilita a guardar una nueva clave, la que luego se exigirá para poder tener acceso a las pantallas de cambio de opciones (y de esta forma impedir que los estudiantes puedan hacerlo). La clave por defecto es “CLEA”, y el acceso a esta opción solo es posible a partir de haberse logueado inicialmente como “Instructor”.

- **Lab Table Number:** Esta opción habilita a que se pueda ir asignando distintos números a los datos, reportes y demás actividades que los estudiantes van recopilando si es que el instructor a cargo así desea trabajar.
- **Reset:** Esta opción habilita a que todas las opciones se vuelvan a sus condiciones originales por defecto.

### Alternativas para el uso particular del fotómetro

Las opciones y valores de parámetros en esta ventana controlan la configuración y operación del fotómetro de VIREO para usar junto con los telescopios ópticos.

- **Parameters:**
  - **Base Magnitude (V):** Este parámetro modifica el valor de base para la magnitud visual, tanto para el fotómetro como para el espectrógrafo. El valor por defecto es 6,0.
  - **Sky Magnitude (V):** Este parámetro modifica el valor de la magnitud visual del cielo que se usa para fotometría, lo que a su vez afecta la cantidad de “ruido” del cielo que resulta incorporada en cada conteo que realiza el fotómetro. El valor por defecto es 16,00.
  - **Base Photon Count:** Este parámetro modifica el conteo de fotones (en cantidad de conteos por segundo) asociado a la magnitud de base (**base magnitude**) elegida. Una vez elegido el valor de simulación para el **base photon count**, las magnitudes de base y de cielo se ajustan al tamaño particular del telescopio. Aumentando la cantidad de conteos por segundo se reduce el tiempo requerido para obtener resultados fotométricos a un valor de señal/ruido dado. El valor por defecto es 1000 conteos/segundo.
  - **Timer Wait (ms):** Este parámetro modifica el intervalo de tiempo (en milisegundos) requerido para iniciar la simulación del uso del fotómetro. El valor por defecto es 100 ms.
- **Options:**
  - **Compute Magnitudes:** Esta opción habilita a que las magnitudes sean calculadas por el propio programa a partir de conteos de fotones. Esta opción por defecto está habilitada (**on**).
  - **Include R and I colors:** Esta opción habilita a que el fotómetro pueda utilizar los filtros fotométricos **R** e **I** (los filtros fotométricos **U**, **B**, y **V** siempre están disponibles). Esta opción por defecto está habilitada (**on**).
  - **Detect Sky:** Esta opción habilita a que el fotómetro automáticamente pueda reconocer que está observando una porción de cielo despojada de objetos. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (**off**).
  - **Plot HR Diagram:** Esta opción habilita a que los usuarios del ejercicio acerca de las Pléyades puedan tener acceso a las distintas posibilidades de análisis del diagrama HR que el programa permite. Esta opción por defecto está habilitada (**on**).
  - **Set E(B-V):** Esta opción habilita a que el diagrama de **Zero Age Main Sequence (ZAMS)**, que es una de las posibilidades de análisis del diagrama HR, pueda ser ajustado automáticamente al valor de catálogo **E(B-V)** del cúmulo en vez de tener



que ajustarlo manualmente a los datos medidos. Esta opción por defecto está habilitada (*on*).

### Alternativas para el uso particular del espectrógrafo

Las opciones y valores de parámetros en esta ventana controlan la configuración y operación del espectrografo de VIREO para usar junto con los telescopios ópticos.

- **Parameters:**

- **Sky Magnitude (V):** Este parámetro modifica el valor de la magnitud visual del cielo que se usa para espectrografía, lo que a su vez afecta la cantidad de “ruido” del cielo que resulta incorporada en cada conteo que realiza el espectrógrafo. El valor por defecto es 19,0.
- **Base Photon Count:** Este parámetro modifica el conteo de fotones (en cantidad de conteos por segundo por canal) asociado a la magnitud de base (*base magnitude*) elegida. Una vez elegido el valor de simulación para el *base photon count*, las magnitudes de base y de cielo se ajustan al particular tamaño del telescopio. Aumentando la cantidad de conteos por segundo por canal se reduce el tiempo requerido para obtener espectros a un valor de señal/ruido dado. El valor por defecto es 50 conteos/segundo/canal.
- **Timer Wait (ms):** Este parámetro modifica el intervalo de tiempo (en milisegundos) requerido para iniciar la simulación del uso del espectrógrafo. El valor por defecto es 1 ms.
- **Default Spectral Range (Minimum):** Este parámetro modifica el límite inferior del rango de longitudes de onda (en angstroms) de los espectros, el que no puede ser inferior a 3600,0 Å. El valor por defecto es 3700,0 Å.
- **Default Spectral Range (Maximum):** Este parámetro modifica el límite superior del rango de longitudes de onda (en angstroms) de los espectros, el que no puede ser superior a 7400,0 Å. El valor por defecto es 4700,0 Å.

- **Options:**

- **Show Object Mag.:** Esta opción habilita a que la magnitud del objeto observado pueda ser mostrada en el display del espectrógrafo. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
- **Allow User Change:** Esta opción habilita a que el usuario pueda modificar el rango de longitudes de onda de los espectros (sin sobrepasar los límites mínimo y máximo establecidos más arriba), dentro del propio ejercicio y sin tener necesidad de acceder a las opciones de cambio. Esta opción por defecto permanece habilitada (*on*).

### Alternativas para el uso particular de la cámara CCD y de la cámara IR

Las opciones y valores de parámetros en estas ventanas controlan la configuración y operación de las cámaras CCD e IR para usar junto con los telescopios ópticos. Dado que ambas cámaras son esencialmente un conjunto ordenado de detectores individuales (píxeles), las alternativas disponibles son las mismas para ambos dispositivos.

- **Parameters/Options:**
  - **Camera Name/ID:** El nombre de la cámara, para usarlo como referencia.
  - **Image Size (Pixels):** El número de píxeles del chip de la cámara. El valor por defecto para la cámara CCD es 1024 x 1024 píxeles, y para la cámara IR es 512 x 512 píxeles.
  - **Pixel Size (microns):** El ancho y alto de cada píxel, expresado en micrones. El valor por defecto para la cámara CCD es 40 x 40  $\mu m$ , y para la cámara IR es 24 x 24  $\mu m$ .
  - **Read Noise (e/pixel):** El valor RMS del número promedio de electrones/píxel contados cuando la cámara toma una imagen de exposición igual a cero. El valor real del número promedio de electrones/píxel correspondiente al proceso de lectura de cada imagen es igual al cuadrado del **read noise**. El valor por defecto para la cámara CCD es 5 e/píxel, y para la cámara IR es 53 e/píxel.
  - **Dark Noise (e/pixel/sec):** El valor RMS del número promedio de electrones de origen térmico por píxel contados cuando la cámara toma una imagen de campo totalmente oscuro de exposición igual a 1 segundo. El valor real del número promedio de electrones/píxel/segundo correspondiente al efecto termal es igual al cuadrado del **dark noise**. El valor por defecto para la cámara CCD es 2 e/píxel/seg, y para la cámara IR es 0,7 e/píxel/seg.
  - **Bias:** El valor al que se ajusta el conteo de electrones cuando no hay excitación lumínica presente. El valor por defecto para ambas cámaras es 1000 cuentas.
  - **Chip Cooling:** Para la cámara CCD, esta opción determina si es enfriada solo termoelectricamente ( $T \sim -40^{\circ}C$ ) o por medio de nitrógeno líquido ( $T \sim -110^{\circ}C$ ). El ruido de origen térmico es esencialmente nulo para cámaras con nitrógeno líquido, por lo que esta opción está vinculada al valor elegido de **dark noise**.
  - **Apply Position Noise:** Esta opción habilita la adición de ruido aleatorio de una amplitud de 1/10 del disco del **seeing** a las posiciones de los objetos que aparecen en las imágenes CCD creadas. Ello da mucho mayor realismo a las imágenes simuladas al incrementar el valor de los residuos de medición (**measurement residuals**). of simulated images to a more realistic level. Esta opción por defecto está habilitada (**on**).
  - **AD Depth:** El número de bits en la información A/D enviada desde la cámara. Generalmente se considera que una imagen está saturada si algún píxel excede el límite de la profundidad A/D, pero para evitar posibles efectos no-lineales, en la práctica los astrónomos tratan de limitar las exposiciones alrededor de la mitad de dicha profundidad A/D. El valor por defecto para la cámara CCD es 16 bits (con una cuenta máxima de 64K), y para la cámara IR es 32 bits (con una cuenta máxima de 128K).
  - **Chip Well Depth:** El valor máximo que un píxel puede alcanzar antes de aplicarle el factor de ganancia (**gain**). Este valor dividido por la ganancia no puede sobrepasar el valor de **AD Depth**.
  - **Base Magnitude:** La magnitud de base que se usa para simular las imágenes CCD. Este valor es modificado por el valor denominado **scope factor** (ver más adelante). El valor por defecto para ambas cámaras es 10,0.
  - **Base Count:** El conteo de fotones de base, en conteos/segundo, que se usa para simular las imágenes CCD. Aumentando la cantidad de conteos por segundo se

- reduce el tiempo de exposición requerido para obtener imágenes CCD, cualquiera sea el particular telescopio utilizado. El valor por defecto es 1000 conteos/segundo.
- **Base Exposure:** El tiempo de exposición de base, en segundos, que se usa para simular las imágenes CCD. Este valor, aplicado al del *base magnitude*, incide en el de *base count*.

## OPCIONES DE ARCHIVOS

Estas opciones pueden ser accedidas cuando se oprime el botón **Files** en la parte de la inferior de la sección *Opciones para las simulaciones ópticas*. El programa identifica diferentes tipos de archivos de datos e imágenes que se usan en VIREO, tanto propios como de otros softwares o sitios web importantes a los que accede VIREO para llevar adelante varias de sus funciones. Varios de los archivos ya están contenidos en el directorio de instalación de VIREO, pero para los restantes es necesario establecer precisamente la dirección donde poder accederlos, identificándolos en el correspondiente panel. Los nombres de los archivos en el directorio de instalación, que muy probablemente no vayan a cambiar más, deben ser ingresados. Los nombres de archivos y programas que requerirán las direcciones donde poder ubicarlos pueden encontrarse vía un *browse* al que se accede cliqueando dos veces en el botón de entrada. Una ventana de ayuda aparecerá de inmediato cuando el cursor se ubica sobre el botón de entrada.

- **“Splash” BMP’s:** Muestra los nombres de archivos de imágenes *.BMP* usados como títulos para varios de los ejercicios de VIREO. Es posible para el usuario sustituirlos y utilizar nombres distintos a voluntad (los que deberán ser incorporados al directorio de instalación).
- **Log File:** Guarda información acerca del usuario (como por ejemplo, nombres de logueo, horarios de logueo y de salida del programa) en caso de que el instructor los necesite como información de los trabajos hechos en clase.
- **Help Files:** Muestra los nombres de los archivos de texto accesibles a través del menú de ayuda. La mayoría de los nombres se suministran por defecto, y los usuarios seguramente no querrán modificarlos (incluso a pesar de que efectivamente lo pueden hacer, por ejemplo si quisieran hacer los textos más claros). Se sugiere emplear el *User Help File* para el caso de trabajar con material específico para un determinado curso o instalación.
- **Program Files:** Muestra los nombres de programas de dos tipos: (1) los de los ejecutables que pueden ser accedidos desde la barra de menú, incluyendo un hoja de cálculo (usualmente Excel), un programa de astrometría (por defecto el *Toolkit for CCD Astrometry* de CLEA), y un programa de presentación y procesamiento de imágenes (por defecto el *DS9* del *Smithsonian Astrophysical Observatory*); (2) las direcciones *URL* de los sitios que se requieren para adquisición de datos *on-line* o para referencias.
- **Data Files 1:** Muestra los nombres de archivos conteniendo imágenes y datos usados por VIREO para generar imágenes o suministrar información a los distintos instrumentos, que estando por defecto guardados en una determinada posición de la propia instalación, no requieren información de acceso. Ver el Apéndice C para una detallada descripción de la información usada, incluyendo orígenes, criterios de selección y formatos de archivos.

- **Galaxy Catalog:** Por defecto es CLEA\_GLX.DAT.
- **Galaxy Images List:** Por defecto es GLIMAGES.LST.
- **Z Lines Catalog List:** Por defecto es ZOBJECTS.LST.
- **QSO Catalog:** Por defecto es CLEA\_QSO.DAT.
- **QSO Spectrum:** Por defecto es QSOSPECT.DAT.
- **Stellar Spectrum Atlas List:** Por defecto es ATLAS2.LST.
- **Spectral Line List:** Por defecto es SPECLNS.LNL.
- **Spectral Classify List:** Por defecto es CLASSIFY.LST.
- **Cluster List:** Por defecto es CLUSTERS.DAT.
- **Data Files 2:** Muestra los nombres de archivos conteniendo imágenes y datos usados por VIREO para generar imágenes o suministrar información a los distintos instrumentos, que sí requieren información de cómo accederlos. Ver el Apéndice C para una detallada descripción de la información usada, incluyendo orígenes, criterios de selección y formatos de archivos.
  - **Stellar Spectra Index list (+Templates):** Por defecto es (Installation Folder)\SPECTRA\JSPECT2\JSPEC2.SPI.
  - **Path to Finder Star Catalog:** Por defecto es (Installation Folder)\CGSC\.
  - **Path to Instrument Star Catalog:** Por defecto es (Installation Folder)\CGSC\.
  - **Path to Galaxy Images + Images List:** Por defecto es (Installation Folder)\IMAGES\GALAXIES.
  - **Path to Galaxy Spectra + File List:** Por defecto es (Installation Folder)\SPECTRA\GALAXIES
  - **Path to Isochrone Files:** Por defecto es (Installation Folder)\ISOCHRONES\
  - **Asteroid Orbits File:** Por defecto es (Installation Folder)\ORBIT\OBJX\_MPC.CMO or OBJX\_AST.CMO (ver Apéndice C).
  - **LSS Group Plot File (Include Path):** Por defecto es (no default path) AUTO PLOT.TXT.
- **Hot Lists:** Muestra los nombres de los listados usados por varios de los instrumentos o de los ejercicios que contienen los objetos interesantes a disposición inmediata.
  - **PE Photometry:** Por defecto es Pleiades.HTL.
  - **Classify Spectra:** (por defecto no hay ninguna *hot list*).
  - **Hubble Redshift:** Por defecto es Hubble.HTL.
  - **LSS Field List:** Por defecto es LSSFields.LST.
  - **Pulsars:** Por defecto es Pulsars.HTL.
  - **Object-X:** Por defecto es ObjectX.HTL.
  - **Virtual Observatory:** (por defecto no hay ninguna *hot list*).

## OPCIONES DE TELESCOPIOS

Estas opciones aparecen cuando se selecciona el botón **Scopes** que figura en la parte inferior de la sección *Opciones para las simulaciones ópticas*. Dichas opciones controlan la operación y configuración de los tres telescopios ópticos a disposición en VIREO.

- **Name:** Nombre para identificar el telescopio.
- **Aperture:** Diámetro del telescopio, en milímetros.

- **Focal Length:** Distancia focal del telescopio, en milímetros.
- **Scope Factor:** “Ganancia” relativa del telescopio comparada con un telescopio de 1 metro de diámetro, en magnitudes (es equivalente a 2,5 por el logaritmo decimal del cuadrado del diámetro del telescopio, en metros).
- **Finder Factor:** “Ganancia” relativa del buscador del telescopio comparada con el propio telescopio, en magnitudes.
- **Seeing Disk:** El simulado disco debido al *seeing*, en segundos de arco.
- **Site Parameters:**
  - **Longitude, Latitude:** La latitud y longitud del emplazamiento del telescopio, en grados, minutos y segundos.
  - **Altitude:** Altitud del observatorio por sobre el nivel del mar, en metros.
  - **Local Time Difference:** Hora *UT* menos la hora estándar (*Standard time*) local sin correcciones por “horario de verano”, para el lugar del observatorio, en horas.
  - **Horizon:** Altitud del horizonte en el lugar del observatorio, en grados.
- *Para los telescopios más grandes, a los que se les pueden atribuir accesibilidad “restringida” según lo que se establezca en “applying for time allocation”.*
  - **Availability:** El porcentaje asegurado de solicitudes de acceso a los que efectivamente se les permitirá trabajar con el telescopio deseado.
  - **Reapply Wait:** La cantidad de minutos que los usuarios deberán esperar al caducar un acceso vigente a un determinado telescopio antes de poder volver a solicitarlo de nuevo.
  - **Min Allocation and Max Allocation:** El mínimo y máximo tiempo posible de observación, en minutos, que los usuarios tendrán a disposición el telescopio solicitado.

## OPCIONES DE RADIO TELESCOPIOS

Estas opciones aparecen cuando se selecciona el botón **Radio** que figura en la parte inferior de la sección *Opciones para las simulaciones ópticas*. Dichas opciones controlan la operación y configuración del radio telescopio a disposición en VIREO. Muchas de tales opciones y parámetros son contrapartidas exactas (o muy próximas) que las disponibles en *Opciones para las simulaciones ópticas*; sin embargo, para que tengan validez al momento de usar un radio telescopio, deben ser configuradas por separado. Una mayor información acerca de los radio telescopios y de los púlsares se puede obtener en el manual de uso del ejercicio *Radio Astronomy of Pulsars*, dado que el software y los archivos que VIREO usa son exactamente los mismos.

- **Parameters**
  - **Horizon Limit:** Este parámetro modifica el límite inferior por encima del horizonte local (en grados) a los que el radio telescopio puede desplazarse (ver **Limit Slewing**). El valor por defecto es 10,0 grados.
  - **Antenna Aperture:** Este parámetro modifica el diámetro del radio telescopio simulado, en metros. El valor por defecto es 100 metros.
  - **Base Slew Rate:** Este parámetro modifica el valor base de la velocidad de desplazamiento de la antena aplicado en cada *slew timer message*, dado que se lo

- multiplica por el *slew rate factor* (que se ajusta en el panel de control). El valor por defecto es 50.
- **Base Gain Factor:** Este parámetro modifica el valor base de la ganancia global de los receptores. El valor por defecto es 1,00.
  - **Background Base:** Este parámetro modifica el valor de base del ruido de fondo. El nivel de fondo recibido se ajusta para una determinada temperatura de fondo en el campo observado (si es que se conoce), temperatura del detector y frecuencia del receptor. El valor por defecto es 5.
  - **Beam Width:** Este parámetro modifica el ancho del rayo efectivo del radio telescopio, en grados. Si este valor fuese cero, el ancho del rayo a mitad de potencia (*the half-power beam width* o *HPBW*) se calcula a partir del diámetro del radio telescopio y la frecuencia del receptor, y se aplica un factor de atenuación si es que el púlsar no se ubica en el centro del rayo. Configurando este parámetro en un valor no nulo facilita a los estudiantes la localización de los radio objetos, dado que no se requiere que el radio telescopio les tenga que apuntar con tanta precisión. El valor por defecto es 0.
  - **Detector Temperature:** Este parámetro modifica la temperatura efectiva del detector del sistema (en grados Kelvin), lo que determina la cantidad de ruido con que contribuye el propio detector. El valor por defecto es 50K.
  - **Sound Sync Factor:** Este parámetro modifica la sincronización entre la señal de video presentada en el display y el correspondiente audio. Una verdadera sincronización es difícil de obtener y prácticamente imposible de mantener más allá de un corto período de tiempo. Antes de intentar cambiar este parámetro se aconseja ver primero el manual del ejercicio *Radio Astronomy of Pulsars*. El valor por defecto es 0,76500.
  - **Sound Sample Rate:** Este parámetro modifica la velocidad de muestreo para la generación de sonido. El aumento de este valor incrementa la demanda de memoria RAM al aumentar el tamaño de los *buffers* de sonido. El valor por defecto es 5512 Hz.
  - **Telescope Type:** Este parámetro modifica el tipo de radio telescopio a utilizar. Hay tres tipos posibles: el tipo totalmente orientable (la antena puede ser direccionada hacia cualquier punto del cielo por encima del horizonte local); el tipo de tránsito meridiano (la antena solo puede ser direccionada en el plano de la meridiana, y por tanto solo desplazada en declinación); y el tipo Arecibo (la antena permanece fija en el suelo, y lo que se desplaza es el detector, por lo que solo se pueden apuntar objetos que estén ubicados a unos pocos grados del zenith local). El valor por defecto es totalmente orientable (ver también *Horizon Limit* y *Limit Slewing*).
  - **Pulsar Identification:** Este parámetro modifica la forma que el software puede identificar un pulsar, ya sea mediante su designación posicional referida a J2000 o a B1950, o directamente no identificarlo para nada (la identificación del púlsar aparecerá en el panel del receptor si es que hay uno en la dirección que apunta el rayo del radio telescopio, y también en la información que se vaya guardando automáticamente). El valor por defecto es la designación B1950, que precisamente es la más comúnmente usada.

- **Options**

- **Limit Slewing:** Esta opción habilita a que el radio telescopio no pueda ser apuntado hacia posiciones por debajo del límite de horizonte local, lo cual hace que el ejercicio resulte más complicado (los estudiantes deben entonces tomar en cuenta determinadas variables, como el horario de observación, el tiempo sidéreo local, etc). Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Fast Slewing:** Esta opción habilita a que el radio telescopio se desplace a la mayor velocidad que el software permite (velocidad que para grandes radio telescopios es totalmente irreal). Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*on*).
  - **Plot Pulsar Positions:** Esta opción habilita a que en el mapa del cielo del panel de control del radio telescopio se muestren las posiciones de todos los púlsares que forman parte del archivo de datos de púlsares. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Write Hot List File:** Esta opción habilita a que el usuario pueda hacer cambios permanentes en el archivo de listados de púlsares (**Hot List file**); caso contrario, los estudiantes pueden modificar dichos listados a su antojo mientras hacen el ejercicio, pero no pueden guardar tales cambios en dicho archivo. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Exact Pos. For Hot List:** Esta opción habilita a que en el listado de púlsares se pueda ir almacenando las posiciones de catálogo de los mismos, en vez de las coordenadas a las que el radio telescopio apunta cuando los observa. Esto asegura que los púlsares accedidos a partir del listado siempre estarán dentro del campo apuntado por el radio telescopio, independientemente del **Beam Width** con el que se esté trabajando. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Sound Features:** Esta opción habilita a convertir las señales de radio recibidas de un púlsar en señales de audio. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*on*).
  - **Test Mode:** Esta opción habilita a que el desplazamiento del radio telescopio a un determinado objetivo sea instantáneo (**Preferences** están siempre habilitadas). Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
  - **Access Pulsar List:** Esta opción habilita a que se pueda acceder a la información de catálogo de un determinado púlsar (vía "**File**"->"**Pulsar List.**" del panel de control del radio telescopio). Esta opción pretende facilitar a los instructores la tarea de elegir púlsares para sus ejercicios, como asimismo la verificación de resultados obtenidos, o simplemente para hacer más útiles sus demostraciones. Esta opción por defecto permanece deshabilitada (*off*).
- **Site and Files:** De la misma manera que para los telescopios ópticos, estas opciones incluyen información acerca de la ubicación del radio telescopio, altitud del emplazamiento, y demás información y archivos de ayuda específicos. Por defecto, el lugar del radio telescopio corresponde al **National Radio Astronomy Observatory (NRAO)** en Greenbank, West Virginia, USA.

## APENDICE B

### SITIOS WEB UTILES

***Project CLEA Website:***

Se encuentra (en inglés) toda la información disponible acerca del Proyecto CLEA, incluyendo los propios programas de los distintos ejercicios, *links* para descargarlos, consejos de uso, manuales (para los estudiantes y también para los instructores), etc:

<http://www.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>

***DS-9 Image display Website:***

Se trata de un programa de particular aplicación en astronomía, desarrollado por el *Smithsonian Astrophysical Observatory* para trabajar con imágenes en formato *FITS*:

<http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9/>



## APENDICE C

### ORIGEN DE LOS DATOS USADOS EN VIREO

#### EL CATALOGO ESTELAR DE VIREO

El *Catálogo Estelar de VIREO* contiene información astrométrica, fotométrica y espectroscópica de prácticamente todas las estrellas que pueden ser “observadas” con VIREO. Dicho catálogo es usado para generar las imágenes de cielo que aparecen en el panel de control del telescopio óptico cuando se representa lo observado a través del buscador o del propio telescopio (ver *Uso del telescopio óptico*), y también es la fuente de los datos que se muestran en pantalla en los modos *Virtual Observatory Mode* y *Edit Mode* (ver *Opciones para las simulaciones ópticas*). En cambio, el catálogo no es usado para generar las imágenes resultantes de la utilización de las cámaras CCD o IR (ver más adelante *Imágenes CCD simuladas*).

El *Catálogo Estelar de VIREO* fue creado a partir de una base inicial a la que se fueron agregando sucesivamente datos provenientes de diferentes orígenes. Para determinar si un objeto ya estaba incluido en el catálogo se hicieron tests en cuanto a su posición y magnitud, adjudicándoles sendas barras de error con sus correspondientes valores. En muchos casos, los errores en posición y/o en magnitud surgidos a partir de la información de diferentes fuentes resultaron bastante grandes, tal como se comenta en las secciones que siguen (indudablemente esto ha derivado en múltiples entradas y otros errores en el catálogo principal). Por estas razones, además de la ya comentada de la “adjudicación” de clases espectrales e índices de color (ver *Edit Mode* en la sección *Opciones de simulaciones ópticas*), el *Catálogo Estelar de VIREO* debe ser considerado como una herramienta pedagógica, y no como una fuente de datos astronómicos para cualquier otro propósito distinto al educacional.

Las secciones que siguen describen el catálogo inicial de base, y las otras varias fuentes de las que se conjuntaron datos para crear el *Catálogo Estelar de VIREO*.

#### Formato de los Datos

A los efectos de minimizar los requerimientos de espacio (tanto para la distribución del propio software VIREO como de su instalación), y también para hacer más rápido el acceso a los datos, en lugar de un formato de texto (*Text format*) para el catálogo estelar se optó por uno binario. Además, todos los datos decimales fueron convertidos a valores enteros mediante la multiplicación por factores de *parking* apropiados, lo cual permitió una mayor reducción en el tamaño final a costa de requerimiento de campos de *floating point*. El correspondiente formato se muestra en la Tabla C-1. Los tipos de datos son los tipos estándar utilizados por los procesadores INTEL en las PCs.

Tabla C-1: Formatos del *Catálogo Estelar de VIREO*

<i>Campo</i>	<i>Tipo</i>	<i>Packing Factor</i>
Ascensión Recta (hs)	Entero de 32-bit, más signo	1.0E+07
Declinación (grados)	Entero de 32-bit, más signo	1.0E+05
Clase espectral	Entero de 32-bit, más signo	(ver Espectros Estelares)
Magnitud V	Entero de 16-bit, más signo	1.0E+03
Índice de color (B-V)	Entero de 16-bit, más signo	1.0E+03
Índice de color (U-B)	Entero de 16-bit, más signo	1.0E+03
Z (km/s)	Entero de 16-bit, más signo	<i>no corresponde</i>
Flags	Byte	Bit 1 – Clase Temp. asignada Bit 2 – Clase Lum. asignada Bit 3 – (B-V) asignado Bit 4 – (U-B) asignado
ID	Long. fija de 5 caracteres	<i>no corresponde</i>

### El Catálogo de Base

La base para el *Catálogo Estelar de VIREO* fue el catálogo GSC-ACT producido por el *Project Pluto*. Este catálogo es una recalibración del *HST Guide Star Catalog* (GSC) (Referencia 1) hecha contra el catálogo astrométrico ACT para eliminar errores sistemáticos en las posiciones del GSC (para mayores detalles, ver la página web del *Project Pluto* en [www.projectpluto.com](http://www.projectpluto.com)). Para ser usado en VIREO, el catálogo GSC-ACT fue modificado de acuerdo a:

- 1) Para reducir el tamaño de los archivos y mejorar la velocidad de acceso a los datos, solo fueron extraídos de los registros aquellos items con información relevante para la aplicación de VIREO, y tales datos fueron convertidos de formato de texto a binario (ver *Formato de los datos*).
- 2) El catálogo GSC contiene varios múltiples registros. Para cada objeto, ellos fueron convertidos a un único registro promediando las ascensiones rectas, declinaciones y magnitudes, lo cual redujo significativamente el tamaño del catálogo (se pasó de requerir dos CD-ROMs para su distribución, a tan solo 2/3 de un único CD-ROM) lo que también mejoró los tiempos de búsqueda y acceso a los datos.
- 3) Como el original GSC, el catálogo GSC-ACT consiste de 24 directorios (uno por cada cuatro horas de ascensión recta) y un total de 9537 archivos. Para el catálogo de VIREO, toda la información en cada directorio fue puesta en un único archivo, reduciendo el total a solo 24 archivos en un único directorio (esto fue posible debido a las enormes mejoras desarrolladas en el hardware y la performance de las PCs desde que el GSC fue elaborado), lo cual resultó en una muy significativa reducción en los tiempos de instalación (y desinstalación) del software VIREO, con tan solo un incremento imperceptible en los tiempos de búsqueda de archivos.

El catálogo GSC-ACT contiene posiciones y magnitudes fotométricas V para aproximadamente 19 millones de estrellas. La magnitud límite es  $V = \sim 16$ , pero hay muchas omisiones. No hay información acerca de las clases espectrales, índices de color, o datos sobre variabilidad.

## Clases Espectrales y Fotometría

### *Estrellas brillantes*

El catálogo *The Yale Bright Star Catalog* (BSC, Referencia 2) incluye posiciones, *proper motions*, fotometría fotoeléctrica, clases espectrales MK, multiplicidad, variabilidad, más otros datos para las 9.096 estrellas más brillantes hasta una magnitud límite de  $V \sim 6,5$  (solo se incluyen estrellas con designación HR; por otro lado, la magnitud límite a simple vista del *Harvard Revised Photometry*, que fue establecida en 1908 como igual a 6,50, resulta de alguna forma indefinida de acuerdo a los estándares actuales). La conjunción de datos del BSC con el catálogo de base de VIREO abarcó prácticamente a la totalidad de estrellas que en todo el cielo pueden ser observadas a simple vista.

### *Otras estrellas de campo*

El catálogo *The General Catalog of MK Classifications* (Referencia 3) contiene clases espectrales MK y fotometría UBV para un gran número de estrellas de campo, así como también para estrellas en cúmulos abiertos y asociaciones de estrellas (los cúmulos y asociaciones serán analizados en la próxima sección) La incorporación al catálogo VIREO de los datos de estrellas de campo proporcionó datos acerca de 55.155 estrellas, lo que adicionó 1.586 nuevos registros. Las posiciones correspondientes a los registros adicionados fueron dadas con una precisión de 1 minuto en ascensión recta, y de 1 minuto de arco en declinación, por lo que no son tan exactas como las posiciones suministradas por el GSC-ACT.

### *Cúmulos Estelares*

Los datos correspondientes a estrellas de 16 cúmulos abiertos y asociaciones fue incorporada a la base de datos de VIREO y forma el fundamento para el ejercicio *HR Diagrams of Open Clusters*. La información para 15 de los cúmulos fue obtenida de la Referencia 3, tal como se muestra en la Tabla C-2, mientras que los datos fotométricos para las 643 estrellas del cúmulo M67 (NGC 6282) fue proporcionada por L. Marschall (Referencia 4).

Tabla C-2: Datos del *The General Catalog of MK Classifications* para cúmulos

Cúmulo	Registros actualizados en la base de datos	Registros agregados a la base de datos
Pléyades	377	17
M 7 (NGC 6475)	56	0

<b>Cúmulo</b>	<b>Registros actualizados en la base de datos</b>	<b>Registros agregados a la base de datos</b>
M 16 (NGC 6611)	170	2
M 34 (NGC 1039)	50	0
M 39 (NGC 7092)	37	0
M 41 (NGC 2287)	54	1
M 44 (Praesepe)	399	17
M 45 (Pléyades)	322	0
NGC 752	123	1
IC 2391	47	0
IC 4565	51	12
Mel 20 (Alpha-Per)	329	41
Mel 111 (Coma)	50	2
Cyg OB2	82	0
30 Doradus (LMC)	1358	12
<b>Total</b>	<b>3505</b>	<b>65</b>

### ***Resto de las estrellas del catálogo GSC-ACT***

El catálogo *The Henry Draper Catalogue* (HD) y su *Extension 1* (HDE) (Referencia 5) proveen clasificaciones espectrales acerca de 272.150 estrellas. Aunque se las puedan considerar “primitivas” según los estándares actuales (solo se emplea un número limitado de subclases por temperatura, y no hay asignación de clases por luminosidad), las clasificaciones reflejan “el estado del arte” a comienzos del siglo XX, y de los espectros estelares que se pueden conseguir constituyen el más grande conjunto relativamente consistente que abarca el cielo entero. La magnitud límite fotográfica varía de campo a campo, pero es aproximadamente 9. La incorporación del material HD/HDE en la base de datos de VIREO resultó en la adjudicación de clasificaciones espectrales de 198.794 estrellas para las cuales no se disponía de información de los catálogos previamente mencionados.

A pesar de la incorporación de las clases espectrales del HD/HDE, la gran mayoría de los casi 19 millones de estrellas del catálogo de VIREO todavía no disponían de clase

espectral, y de las que sí lo tenían, unas 200.000 estrellas HD solo tenían clasificación por temperatura. A casi todas las estrellas sin clasificación también les faltaba información de color fotométrico. A los efectos de preservar un cierto grado de realismo en la simulación de las observaciones, a las estrellas que les faltaba espectro y color se les fue asignado (ver comentarios al respecto en la sección *Opciones para las simulaciones ópticas: Edit Mode*, y en el *Catálogo Estelar de VIREO* al comienzo de este apéndice). En tal sentido, se asignaron aleatoriamente clasificaciones de temperatura en todos los casos faltantes de acuerdo a los siguientes porcentajes: 1% a estrellas tipo O, 4% a estrellas tipo B, 10% a estrellas tipo A, 15% a estrellas tipo F, 30% a estrellas tipo G, 30% a estrellas tipo K, y 10% a estrellas tipo M. Las clasificaciones de luminosidad fueron adjudicadas como: 70% a las de la secuencia principal (clase V), 25% a las gigantes (clase III), y 5 % a las supergigantes (clase I). Una vez que todas las estrellas tuvieron definidas sus temperatura y luminosidad al estilo MK (haya sido real o adjudicado), los colores fotométricos faltantes se adjudicaron de forma tal que en cada caso se correspondiesen con la clase espectral, basado en las tablas de calibración de las clases espectrales MK (Referencia 6). No se aplicó ningún enrojecimiento.

### **Generación de listados con información extraída del catálogo**

A partir del *Catálogo Estelar de VIREO* los usuarios pueden obtener listados con información acerca de las estrellas que seleccionen, incluyendo su nombre o ID, ascensión recta, declinación, datos fotométricos y clasificación espectral. Los listados se pueden generar para todos los miembros de un determinado cúmulo, o para todas las estrellas que se ubican en determinada área del cielo. Para obtener un listado, hay que proceder como sigue:

- 1) Iniciar el programa VIREO, loguearse como “instructor”, y acceder a las opciones.
- 2) En el panel de *Opciones para las simulaciones ópticas*, seleccionar la etiqueta **General** y luego elegir **Edit Mode** y **Virtual Observatory**. Puede ser también deseable habilitar las opciones **Demonstration Mode**, **Test Mode**, **Fast Slewing**, **Show Object ID** y **Fast Scope Change**, y deshabilitar **Restrict Scope Access** y **Sound Effects**. Clicar luego **OK** para salir de la configuración de opciones (se puede optar por seleccionar **NO** cuando se pregunta si se desea guardar los cambios realizados, en cuyo caso todas las opciones volverán a su condición anterior cuando el programa se cierre).
- 3) De la barra de menú principal, seleccionar **File** → **Run Exercise...** → **Virtual Observatory**.

### **Listados con datos de estrellas de un cúmulo**

Para obtener un listado de datos de todos los miembros de un determinado cúmulo:

- 1) En el menú principal, seleccionar **File** → **Cluster Data...**.
- 2) En el panel **Cluster Data Parameters**, clicar el botón **File** y luego seleccionar **View/Select Cluster From List**.

- 3) Una vez encontrado el cúmulo deseado, se puede optar entre clicar sobre él dos veces o una sola vez y luego elegir del menú **“Selection”** → **“Get Selection Data”**. Se volverá entonces automáticamente al panel **Cluster Data Parameters** con el correspondiente nombre y coordenadas del cúmulo debidamente incorporados.
- 4) En **Type of Listing** seleccionar **Instructor (All Data)**, luego elegir algún criterio de selección para los datos a ser incluidos en el listado a generar, y clicar **OK**.
- 5) Bajo el título **“List”** es posible acceder a buscar elementos del listado, imprimirlo, o guardarlo (tanto como un archivo de texto continuo o como un archivo de datos separados por comas, de forma tal de poderlos usar después para trabajar en una hoja de cálculo). Bajo **“Selection”** se presentan distintas opciones para poder generar el listado deseado.

### **Listados con datos de estrellas de campo**

Es posible listar la información de todas las estrellas que figuran en el campo en que se está aplicando el instrumento seleccionado. Hay que tener en cuenta que las estrellas que figuran en dicho campo son más de las que se alcanzan a ver en el display del instrumento (el tamaño real de dicho campo resulta determinado por el producto del parámetro **Instrument Field** multiplicado por el parámetro **Field Creation Factor**, según ya fuese explicado en *Opciones para las simulaciones ópticas* en el Apéndice A). Por ejemplo, el valor por defecto del **Instrument Field** es 15 minutos de arco, mientras que el del **Field Creation Factor** es 3; por tanto, el tamaño del campo cargado en el instrumento equivale a 45 minutos de arco. Para obtener un listado de estrellas de un campo mayor es necesario aumentar uno o ambos de tales parámetros. La posición del centro del campo se corresponde con la ascensión recta y declinación mostradas en el *Panel de control del telescopio* cuando el campo es cargado, pero no lo seguirá siendo si es que el telescopio ha sido un poco desplazado en cualquier dirección pero sin requerir que el software haya cargado un nuevo campo estelar. Para obtener un listado de datos de todas las estrellas de un determinado campo hay que proceder como sigue:

- 1) Seleccionar **“Telescopes”** → **“Optical”** → **“Access 1.0 Meter”** (es posible usar cualquiera de los telescopios, pero la imagen que corresponde al telescopio de 1 metro es la que proporciona la mejor representación de las magnitudes relativas, a la vez que todavía se ven claramente las estrellas más tenues del catálogo).
- 2) Accionar la llave que abre la cúpula del observatorio, y luego clicar el botón **Optical** para acceder al panel de control del telescopio.
- 3) En el *Panel de control del telescopio*, accionar la llave **Tracking** para activar el motor de seguimiento.
- 4) Desplazar el telescopio al centro del campo que se desea observar. La mejor manera de hacerlo es mediante seleccionar **“Slew”** → **“Set Coordinates”**, ingresar las coordenadas que correspondan y clicar **OK**. Este proceder asegura que el centro del campo cargado es exactamente el de las coordenadas ingresadas.

- 5) Seleccionar la visión de telescopio (*Telescope view*).
- 6) Seleccionar “*File*” → “*Field Information*” → “*Star Data List*”.
- 7) El listado que aparece es similar al generado para los cúmulos. La posición y tamaño del campo se indica en la información del encabezado. Obsérvese que, en general, las clases espectrales y los colores de las estrellas de campo no son reales sino que han sido adjudicados (ver comentarios al respecto en *Clases Espectrales y Fotometría*, subsección *Resto de las estrellas del catálogo GSC-ACT*).
- 8) Las opciones de menú a disposición para listados de estrellas de campo son las mismas que las descritas en el paso 5 del *Listado con datos de estrellas de un cúmulo*.

### **Modificaciones a los datos del catálogo estelar a ser introducidas por el propio usuario**

VIREO incluye funciones que habilitan al usuario a modificar el catálogo estelar, como por ejemplo cambiar valores fotométricos y clases espectrales de registros existentes, o el agregado de nuevos registros. Los registros existentes se pueden modificar directamente de a uno por vez, o si hay que cambiar un gran número de ellos, a través del ingreso de un archivo; en cambio, la incorporación de nuevos registros solo se puede llevar a cabo mediante el ingreso de un archivo. Ambas técnicas se describen más adelante.

#### ***Pasos preliminares***

Antes de intentar el mejoramiento de datos del *Catálogo Estelar de VIREO*, a continuación se detalla información importante a tener en cuenta.

- 1) Para poder hacer cambios en el *Catálogo Estelar de VIREO* el usuario tiene que tener acceso de escritura (*write-access*). En caso de que el software VIREO y archivos asociados fuesen instalados en una red o entorno compartido, el usuario puede necesitar loguearse con los privilegios de Administrador. Como alternativa, podría ser preferible instalar una copia de VIREO en la propia PC del usuario, hacer los cambios del caso allí, y recién después copiar los archivos actualizados al *drive* de la red o entorno compartido.
- 2) Enfáticamente se recomienda a los usuarios a que hagan una copia de *back-up* del catálogo original antes de intentar cualquier cambio. El catálogo se encuentra en la carpeta (*Installation directory*)/*CLEA/VIREO/CGSC*/. Simplemente hay que hacer una copia del directorio completo /*CGSC*/. Si fuese necesario restablecer el original, hay que ver en la carpeta /*CGSC/GSC*/ cuáles archivos fueron los que se modificaron, y restablecerlos (una forma de hacerlo es mediante volver a correr la instalación desde el CD-ROM y elegir la opción “*Repair*”).
- 3) Ejecutar los pasos 1-3 descriptos en la sección *Generación de listados con información extraída del catálogo ya analizada*.

- 4) Ejecutar los pasos que se explicitan más adelante en las secciones *Modificación de registros individuales* o en *Creación/Carga de un archivo de actualización de datos*. Para información adicional, ver las secciones *Inicio de VIREO*, *La ventana de control del observatorio virtual*, *Uso de un telescopio óptico*, y el *Apéndice A*.

### ***Modificación de registros individuales***

Para poder modificar los datos de una determinada estrella en la base de datos hay que:

- 1) Seleccionar ***“Telescopes”*** → ***“Optical”*** → ***“Access 1.0 Meter”*** (es posible usar cualquiera de los telescopios, pero la imagen que corresponde al telescopio de 1 metro es la que proporciona la mejor representación de las magnitudes relativas, a la vez que todavía se ven claramente las estrellas más tenues del catálogo).
- 2) Accionar la llave que abre la cúpula del observatorio, y luego clicar el botón ***Optical*** para acceder al *Panel de control del telescopio*.
- 3) En el *Panel de control del telescopio*, accionar la llave ***Tracking*** para activar el motor de seguimiento.
- 4) Desplazar el telescopio al centro del campo que se desea observar. La mejor manera de hacerlo es mediante seleccionar ***“Slew”*** → ***“Set Coordinates”***, ingresar las coordenadas que correspondan y clicar ***OK***. Este proceder asegura que el centro del campo cargado es exactamente el de las coordenadas ingresadas.
- 5) Seleccionar la visión de telescopio (***Telescope view***). Posicionar el cursor sobre la estrella cuya información se desea editar, y clicar con botón izquierdo. En el panel que habrá de aparecer, realizar cualquier cambio que se desee en los campos: ***V Mag, B-V, U-B*** y la clase espectral. Una vez que los cambios hayan sido completados, clicar sobre ***Update***. La primera vez que esto se haga el programa pedirá que el usuario efectivamente asienta que desea realizar cambios al catálogo.
- 6) Si el objeto seleccionado para que sus correspondientes datos sean editados es una estrella variable, o no es una estrella (tanto sea una galaxia, quásar o asteroide), no se permitirá introducir cambios a sus respectivos parámetros. Estos objetos no figuran en el catálogo estelar (ver *Catálogos suplementarios*).
- 7) Si se pretende realizar un cambio significativo en la magnitud de una estrella, la imagen en pantalla no cambiará inmediatamente. Para poderlo ver rápidamente, se sugiere cambiar a ***Finder view*** y luego de nuevo a ***Telescope view***, lo que sí hará que la imagen se regenere de acuerdo al último cambio realizado.
- 8) Es posible repetir este proceso para cualquier estrella visible en el campo sin que haya que desplazar el telescopio: simplemente habrá que ir seleccionando la estrella del caso por medio del cursor. En cambio, sí habrá que mover el telescopio para editar estrellas que no estén en el mismo campo. Para continuar editando siempre habrá que trabajar con la visión de ***Telescope view***.



- 9) Una vez terminados los cambios hay que cerrar el programa. Cuando se le preguntó al usuario si deseaba guardar los cambios de opciones según lo explicado en el paso 2 de *Generación de listados con información extraída del catálogo* y había respondido **NO**, ahora de nuevo se le volverá a preguntar. Seleccionando otra vez **NO** se vuelven todas las opciones de configuración realizadas a sus estados originales.
- 10) Para verificar que los cambios realizados hayan sido aceptados, hay que acceder al directorio (*Installation directory*)/*CLEA/VIREO/CGSC/GSC/* y corroborar que al menos uno de los archivos mostrará un nuevo **“Date Modified”**. Por último, habrá que copiar los archivos modificados en cualquier instalación de VIREO (incluyendo instalaciones compartidas) donde se desea que los cambios efectuados tengan efecto.

### ***Creación de un archivo de actualización de datos***

Es posible utilizar un archivo de datos para modificar la información de estrellas ya incluidas en el catálogo, o para agregar nuevas estrellas, o para agregar nuevos cúmulos al listado de cúmulos con los que trabajar en el ejercicio *HR Diagrams of Star Clusters*. El archivo de actualización requerido debe ser del tipo de datos “separados por comas” y con esencialmente el mismo formato que los listados con datos de estrellas que el software VIREO es capaz de elaborar (ver *Generación de listados con información extraída del catálogo*). Para poder crear un archivo de actualización de datos hay que:

1. Hacer un listado del campo estelar que se pretende modificar (si se van a agregar datos, como por ejemplo un nuevo cúmulo, hay que hacer una lista con las estrellas existentes en tal campo; es posible usarlo luego como un **template** espectral para los pasos que siguen). Hay que guardar el listado de actualización como un archivo de datos “separados por comas”.
2. Abrir el listado en una hoja de cálculo (como por ejemplo, *Excel*). Si se está usando una PC con *Excel* instalado, es muy probable que se pueda hacerlo simplemente cliqueando dos veces sobre el nombre del archivo *.CSV*.
3. Es posible modificar la información fotométrica y la clase espectral de las estrellas ya incluidas en el catálogo. Hay que hacer tales modificaciones en las correspondientes celdas de la hoja de cálculo.
4. Si se desea modificar la información astrométrica (ascensión recta y/o declinación), es posible agregar un nuevo registro en lugar de modificar el existente. El catálogo es organizado según la ascensión recta de las estrellas contenidas, y tal posición (no así la identificación estelar) es lo que se usa para reconocer y actualizar los cambios.
5. Si se desea reemplazar valores adjudicados por valores reales, en las correspondientes celdas hay que remover el **flag** que justamente indicaba que el valor anterior había sido asignado. Si no se va a cambiar un valor hay que dejar el **flag** como estaba. Si para un determinado objeto no se va a cambiar nada, se lo

- puede eliminar del listado de actualización mediante el borrado total de la correspondiente fila en la hoja de cálculo.
6. Si en el campo de identificación (**ID**) de un determinado objeto no aparece “N” o “S” seguido de 4 dígitos, un guión y 5 dígitos más (como por ejemplo, “N3000-12345”), hay que eliminar el objeto mediante el borrado total de la correspondiente fila en la hoja de cálculo debido a que el objeto no es una estrella “común”, sino una estrella variable o ni siquiera una estrella (galaxia, quásar o asteroide). Tales objetos no están en el catálogo estelar (ver *Catálogos suplementarios*) y por tanto no es posible cambiar sus parámetros. Si no se los borrase del listado de actualización se pueden ocasionar problemas.
  7. Para agregar nuevas estrellas hay que crearles nuevas filas en la hoja de cálculo e ir ingresando sus datos en las correspondientes columnas, de acuerdo a:
    - a. Dejar en blanco el campo *Name/ID* (un **ID** será autogenerated cuando la estrella sea incorporada al catálogo).
    - b. Los valores ingresados en los campos relativos a la posición (coordenadas) pueden ser tanto números enteros como fracciones. Dependiendo del formato y la precisión de los datos es posible ingresar un valor decimal en cualquiera de los campos y dejar en blanco el resto de los correspondientes campos. Esto es, se puede ingresar un valor decimal en el campo de las horas (**Hr**) y dejar en blanco los de los minutos (**Min**) y los segundos (**Sec**), o ingresar un valor entero en horas, uno fraccional en minutos y dejar en blanco los segundos, o ingresar valores en los tres campos. No hay necesidad de convertir las distintas posiciones que se ingresan a un formato fijo preestablecido.
    - c. Todas las posiciones en el archivo de actualización deben ser reducidas al mismo ecuador medio y equinoccio. Es necesario especificarlos cuando se cargan datos en tal archivo. Las posiciones que no correspondan a coordenadas **J2000.0** serán corregidas convenientemente cuando el archivo de actualización sea incorporado al catálogo.
    - d. Hay que llenar todos los campos para los que se dispone de datos. Hay que ingresar el valor de magnitud **V** para nuevas estrellas de campo, y el valor **B-V** para nuevas estrellas en cúmulos. Los campos para los que no se dispone de información se dejarán en blanco, y el programa los autogenerará en base a los datos efectivamente proporcionados (si se desea es posible ingresar valores adjudicados, como por ejemplo para la clase espectral, pero en caso de hacerlo habrá que incluir el correspondiente **flag** para que indique que tal estrella contiene al menos algún valor adjudicado).
    - e. El programa convierte la clase espectral en un código interno, el que se usa para luego identificar un **template** del gráfico espectral. La mayoría de las clases espectrales **MK** normales están contempladas, aunque es posible que no se obtenga una coincidencia exacta, especialmente si se trabaja con una clase

espectral con varias peculiaridades (para mayor información, ver sección *Espectros estelares*).

8. Cuando se hayan completado las modificaciones y/o agregados de nuevos datos, hay que salvar la hoja de cálculo como un archivo en formato **.CSV**. **IMPORTANTE:** Antes de salvar la hoja hay que eliminar todas las filas de encabezamiento, y todas las columnas accesorias: el archivo final solo puede contener datos (también se podría salvar la hoja de cálculo conteniendo las filas y columnas accesorias pero con un nombre distinto del original, de forma tal de poder utilizarla por si fuese necesario).

### ***Carga de un archivo de actualización de datos***

Una vez que el archivo de actualización haya sido creado, para poder incorporarlo a la base de datos del catálogo hay que proceder como sigue:

1. En caso de ser necesario, seguir las instrucciones de las secciones *Pasos preliminares* y *Modificación de registros individuales* (pasos 1-3). Hay que estar trabajando con un telescopio y estar usando su correspondiente panel de control.
2. Desplazar el telescopio a las coordenadas del centro del campo estelar (o al cúmulo) para el que se habrá de actualizar información. La mejor manera de hacerlo es seleccionando **“Slew”** → **“Set Coordinates”**, ingresar las coordenadas y clicar **OK**. Para que todos los cambios sean incorporados a la base de datos, el campo debe ser lo suficientemente grande como para poder incluir todas las coordenadas de todas las estrellas del archivo. Por tanto, quizás fuese necesario ajustar los parámetros **Instrument Field** y **Field Creation Factor** (ver sección *Generación de listados con información extraída del catálogo*, subsección *Listados con datos de estrellas de campo*).
3. Del menú del *Panel de control del telescopio*, seleccionar **“File”** → **“Database Update”** → **“Cluster Data”** → **“Non-Specific Cluster...”** (hay que hacer esto aún cuando se quisiera incorporar datos para estrellas de campo en lugar de para estrellas de un cúmulo).
4. En la ventana que aparece, hay que ingresar las coordenadas del centro del campo estelar o cúmulo y el nombre del archivo de datos (**.CSV**), incluyendo todo el correspondiente acceso. Si fuese necesario, determinar los correspondientes valores de **Ecliptic & Equinox** y clicar **OK** para dar comienzo al proceso de incorporación del archivo.
5. El proceso de incorporación puede llevar cierto tiempo. Los registros en la base de datos deben ser localizados y modificados, y los nuevos registros ser agregados. En caso de ser necesario será escogida una zona completa de declinación (o posiblemente, dos zonas), se incorporarán los datos nuevos al disco duro. Si se han agregado nuevas estrellas o si se han efectuado cambios de magnitud, tales

- circunstancias deberán ser visibles en el *Telescope view* cuando el proceso de actualización haya sido completado.
6. Si se ha incorporado información referente a un nuevo cúmulo que no aparece en el listado de cúmulos, hay que volver al panel principal del observatorio mediante el cierre del *Panel de control del telescopio* o mediante la selección de **“Window”** → **“Observatory (Main) Control Panel”**. Luego hay que seleccionar **“File”** → **“Cluster Data”** e ingresar los parámetros del cúmulo en cuestión, y por último clicar sobre el botón **“File”** y seleccionar **“Add Cluster To List”**.
  7. Si hubiese más campos para cargar, hay que repetir los pasos 2-6. Una vez completados, seguir las instrucciones indicadas en los pasos 8-9 de la sección *Modificación de registros individuales*. Si se ha modificado el listado de cúmulos, en la carpeta de instalación hay que ubicar el archivo **CLUSTERS.DAT** (el que debería mostrar una nueva fecha **“Date Modified”** de modificación), y copiarlo a todas aquellas instalaciones de VIREO (incluyendo instalaciones compartidas) en las que se desea que los cambios efectuados tengan efecto.

## CATALOGOS SUPLEMENTARIOS

Además del catálogo estelar principal, VIREO contiene varios catálogos suplementarios de objetos que están incluidos entre las imágenes de campos de estrellas y que por tanto pueden ser observados con los telescopios e instrumentos de VIREO. En estos catálogos separados se incluyen objetos tales como estrellas variables, galaxias, imágenes de galaxias y QSOs; es decir, objetos que no están incluidos en el catálogo estelar principal debido a que requieren parámetros de distinta índole. Cada uno de tales catálogos es accedido cada vez se necesita recrear un campo estelar. Cuando se obtiene un listado correspondiente a un determinado campo estelar (ver *Generación de listados con información extraída del catálogo*), las estrellas del catálogo principal tendrán una descripción en su campo de identificación del tipo de una “N” o “S” seguido de 4 dígitos, un guión y 5 dígitos más (como por ejemplo, “N3000-12345”). En cambio, las estrellas variables generalmente tendrán una designación propia (como por ejemplo, “RS Boo”), mientras que los QSOs pueden tener un variedad de diferentes formatos identificatorios. Las galaxias no se incluyen en los listados de campos estelares. En las secciones que siguen se brindan detalles particulares de cada uno de los catálogos suplementarios.

### Estrellas variables

El catálogo de estrellas variables de VIREO contiene información acerca de 31.247 estrellas variables, obtenida del *General Catalogue of Variable Stars* (Referencia 7). Modelos de curvas de luz (*lightcurve*) para diferentes tipos de estrellas variables están en desarrollo. En el momento actual el software VIREO incluye modelos para variables pulsantes de período regular, lo cual abarca a todos los tipos de cefeidas (*Cepheids*) y variables tipo RR Lyrae, como así también a los tipos cercanos como cefeidas enanas y estrellas tipo Delta Scuti stars, e incluso algunas variables de período largo. Está planeado el desarrollo de modelos para otros tipos. Si el correspondiente modelo ya existe, la magnitud observada, el color y la

clase espectral (ver más adelante *Espectros de estrellas variables*) se corresponden con la fase particular de la curva de luz al momento de la observación. También es posible mostrar curvas de luz simuladas (ver más adelante *Obtención de listados de datos de estrellas variables*). Un futuro ejercicio CLEA acerca de curvas de luz de estrellas variables ya está siendo planificado.

### ***Identificación de estrellas variables***

Las estrellas variables pueden ser identificadas en el modo *Virtual Observatory*, o cuando la opción *Edit Mode* se habilita. Para verificar si una determinada estrella es una estrella variable, en la imagen de cielo del panel de control del telescopio hay que clicar con botón izquierdo sobre la misma, y así poder acceder a la ventana que da toda la información acerca de la estrella seleccionada. Si la estrella es una variable, en el campo de tipo de estrella aparecerá ***“Variable Star”*** contra un fondo de color magenta, y el botón ***GCVS*** quedará habilitado (ver a continuación *Obtención de listados de datos de estrellas variables*). También es posible obtener listados con las estrellas variables existentes en cualquier campo. Para obtener un listado de estrellas variables, en el menú del panel de control del telescopio hay que seleccionar ***“File”*** → ***“Field Information”*** → ***“Variable Stars”***, y a continuación elegir tanto ***“All GCVS variables in region”*** o ***“VIREO modeled variables in region”***. Como generalmente sucede, seleccionando ***“List”*** del menú el correspondiente listado puede ser buscado, ser impreso, o ser guardado como texto. Si del listado se selecciona una determinada estrella variable, es posible obtener toda la información disponible, desplazar el telescopio hasta su posición, o incluirla en una lista especial mediante clicar con botón izquierdo, o escogiendo del menú la opción ***“Selection”***.

### ***Obtención de listados de datos de estrellas variables***

Para obtener información del catálogo acerca de una estrella variable es posible tanto clicar sobre el botón ***GCVS*** en la ventana de datos de la estrella, como elegir ***“Selection”*** → ***“Get Selection Data...”*** de un listado de estrellas variables (ver sección anterior). La información disponible incluye la correspondiente identificación (***GCVS Id***), posición, tipo de variable, magnitudes máxima/mínima y en cada sistema, ***epoch***, período en días, tiempo de subida hasta alcanzar el máximo (***(M-m)/D*** como porcentaje del período) y espectro. Información acerca de los códigos identificatorios de los varios tipos y subtipos de estrellas variables (actualmente restringidos a las variables pulsantes) puede ser accedida mediante la opción ***“Help”*** del menú. Si la estrella en cuestión ya tuviese en VIREO un modelo para su curva de luz, el mismo puede ser mostrado seleccionando ***“Data”*** → ***“Display Light Curve...”***.

### ***Espectros de estrellas variables***

Si la información del catálogo para una estrella variable incluye una clase espectral normal, tal clase será mostrada cuando el correspondiente espectro sea “obtenido” (ver subsección *Estrellas* en sección *Espectros*). Para una estrella pulsante, si se da un determinado rango para su clase espectral, el software intenta hacer coincidir el espectro con la correspondiente

fase de su curva de luz (el apareamiento es aproximado, y el espectro no mostrará variaciones continuas sino “saltos” entre los *templates* espectrales a disposición). Muchas de las estrellas variables pulsantes de períodos más largos (generalmente irregulares) poseen espectros del tipo de estrellas de carbón, cuyos *templates* no están actualmente disponibles en VIREO (pero sí lo estarán en el futuro).

## Galaxias

El catálogo de galaxias de VIREO fue creado por combinación de datos obtenidos del *CfA Redshift Catalogue* (Referencia 8) y del *Catalogue of Principal Galaxies (PGC)* (Referencia 9). Las galaxias seleccionadas tienen enrojecimientos (*redshifts*) válidos distintos de cero. El catálogo VIREO contiene información acerca de 24.069 galaxias hasta la magnitud 25, con *redshifts* que van desde  $Z = -0,004$  hasta  $Z = 0,329$ . Están incluidas 4.886 galaxias NGC, 1.755 galaxias IC, y otras 17.428 galaxias. Además de las correspondientes posiciones, magnitudes y *redshifts*, el catálogo incluye (si es que está disponible) información acerca del tipo de galaxia, estructura, tamaño y forma (ejes mayor y menor, y *position angle*). El catálogo está contenido en un archivo de formato binario (*CLEA\_GLX.DAT*). Para acelerar la búsqueda en el archivo, un *index file* (*CLEA\_GLX.NDX*) suministra la dirección del primer registro correspondiente a cada hora de ascensión recta.

## Imágenes de galaxias

Imágenes monocromáticas de las galaxias Messier y de otras galaxias brillantes NGC fueron escaneadas de fuentes disponibles (básicamente de la Referencia 10). Todas ellas fueron ajustadas a la escala apropiada y convertidas al formato *Microsoft Bitmap (.BMP)*. La información y parámetros requeridos para poder mostrar cada imagen está en el archivo *Galaxy Images* (ver más adelante). Las imágenes representativas de galaxias más tenues son generadas directamente por el software, en base a la información correspondiente de su forma, tamaño y orientación contenida en el catálogo de galaxias.

Durante la generación de una imagen las galaxias se colocan en el campo en primer lugar, de forma tal que las estrellas y demás fuentes puntuales serán ubicados luego encima de ellas. Dado que las imágenes de galaxias pueden también incluir estrellas a su alrededor, y que el escalamiento, orientación y posición de las imágenes de galaxias también pueden incorporar algunas inexactitudes, es posible que las imágenes finales presenten múltiples estrellas que no se correspondan con la realidad.

El propósito principal de las imágenes de galaxias es que el display que aparece en el panel de control del telescopio (representando lo que se vería tanto a través del buscador como del propio telescopio) resulte con el mayor grado de realismo posible. Así y todo, pese a que las galaxias efectivamente se incluyen en las imágenes CCD simuladas, muchas veces los resultados no son del todo satisfactorios debido a la ausencia de “profundidad” en las imágenes escaneadas (comparadas con negativos fotográficos o archivos CCD sin reducir), lo que las tornan prácticamente imposible de ajustar adecuadamente al tamaño del telescopio y tiempo de exposición seleccionados.

Cuando el programa VIREO se instala, los archivos con imágenes de galaxias (del tipo *\*.BMP*), así como el listado con las imágenes de galaxias (ver más abajo), se encuentran en la carpeta (*VIREO Installation Folder*)\IMAGES\GALAXIES\.

### *El listado con las imágenes de galaxias*

El listado con las imágenes de galaxias (*GLIMAGES.LST*) está en formato de texto separado por comas. Cada registro contiene lo siguiente:

- Número Messier (si tiene) precedido por una “M”.
- Número NGC.
- Magnitud de la galaxia, en decimales.
- Ascensión recta (J2000), en horas decimales.
- Declinación (J2000), en grados decimales.
- El nombre del archivo de imagen.
- El ancho de la imagen, en píxeles.
- La altura de la imagen, en píxeles.
- La coordenada X del centro de la galaxia, en píxeles.
- La coordenada Y del centro de la galaxia, en píxeles.

### **QSOs**

El catálogo VIREO de QSOs (*CLEA\_QSO.DAT*) contiene datos acerca de 2.269 quásars, obtenidos de la Referencia 11. El rango de magnitudes (generalmente *V*) va de 11,8 a 17,5 y el rango de *redshifts* (*Z*) va de 0,026 a 3,911. Se adjudicó un valor promedio de *B-V* igual a 0,27 a 1.802 objetos, y un valor promedio de *U-B* igual a -0,69 a 1.847 objetos, que eran los que carecían de tales valores en los catálogos usados.

### **ESPECTROS**

VIREO suministra *templates* de espectros de estrellas, galaxias y QSOs, los que se describen a continuación.

#### **Estrellas**

En VIREO se incluyen 161 espectros de estrellas (archivos *A0000001.SP* al *A0000161.SP*). Este material se obtuvo de la recopilación de espectros originalmente publicado en 1984 por Jacoby, Hunter, y Christian (Referencia 12). Los archivos contienen espectros digitales para 161 estrellas de clases espectrales O a M, y para las clases de luminosidades V, IV, III, II, y I. El rango de longitudes de onda va de 3.510 Å a 7.427 Å. La resolución aproximadamente es 4,5 Å, con una incertidumbre fotométrica típica para cada elemento de resolución aproximadamente igual a 1%. El incremento de longitud de onda entre píxeles contiguos es 1.40 Å. Los valores originales de flujo lumínico estaban expresados en ergs/cm<sup>2</sup>/seg/Å y fueron llevados a la escala de flujos de Hayes y Latham (1975), según *Astrophys. J.*

**197,593.** Los espectros fueron “des-enrojecidos” en base a utilizar los colores observados en estrellas individuales y la ley de enrojecimiento de Schild (1977), según *Astron. J.* **82,337**.

Esta información ha sido extraída de la base de datos original suministrada por el *Astronomical Data Center (ADC)* a cargo del *National Space Science Data Center*, y está en un formato que puede ser accedido por la simulación del espectrógrafo de CLEA. Los archivos tipo *.SP* están en formato de texto, con cada registro formado por una longitud de onda y una intensidad normalizada. Estos espectros se usan tanto como estándares o como *templates* para cuando se obtienen espectros estelares de objetos desconocidos mediante el espectrógrafo. Cuando el programa VIREO se instala, todos los archivos asociados con espectros estelares se ubican en la carpeta (*VIREO Installation Folder*) `|SPECTRA|JSPEC2|`.

El archivo *JACOBY2.INX* identifica a las estrellas particulares en los archivos de espectros y proporciona clases espectrales y colores “des-enrojecidos”. Cada registro contiene lo siguiente:

Número de índice – esto es, el número ordinal de la estrella en el directorio de espectros y la parte entera del nombre del archivo para la correspondiente información.

Nombre o *ID* de la estrella.

Clase espectral.

Índice *B-V* (no real, sino basado en el des-enrojecimiento del espectro).

Índice *U-B* (no real, sino basado en el des-enrojecimiento del espectro).

Número del registro para el comienzo de los datos correspondiente a esta estrella en el archivo de datos original.

### *El código CLEA para las clases espectrales*

VIREO utiliza un código particular para las clases espectrales a los efectos de suministrar un formato común (de un mismo largo) para guardarlas en los registros, lo que facilita su ordenamiento y accesibilidad. Este código fue desarrollado y empleado en el software original del ejercicio *Classification of Stellar Spectra*, y ha sido ahora expandido para poder cubrir mayores temperaturas y clases de luminosidad, e información adicional. El código consiste en 8 dígitos y se guarda como un número entero (ocupando un único campo de 4 *bytes*). Los 8 dígitos se organizan en cuatro sub-campos de dos números cada uno de acuerdo a:

**Formato del código para las clases espectrales: “aabbccdd”**

**Subcampo “aa”**

**Subcampo “bb”**

**Subcampo “cc”**

**Subcampo “dd”**



(Clase espectral)	(Subclase espectral)	(Luminosidad)	(adicional)				
O:	10	0:	00	0:	08	e:	10
WR:	11	0.5:	05	0-Ia:	09	f:	11
WN:	12	.		I:	10	p:	12
WC:	13	.		Ia:	13	n:	13
W:	14	.		Iab:	14	s:	14
B:	20	.		Ib:	15	k:	15
A:	30	9:	90	I-II:	16	m:	16
F:	40	9.5	95	Ib-II:	17	w:	17
G:	50			II:	20	nn:	20
K:	60			II-III:	25	en:	21
M:	70			III	30	ne:	22
R:	71			III-IV:	35	pe:	23
N:	72			IV:	40	ep:	24
S:	73			IV-V:	45	nne:	30
DA:	81			V:	50	npe:	31
DB:	82			VI:	60	pne:	32
DC:	83			SD:	62		
DO:	84			WD:	70		
DZ:	85			c:	12		
DQ:	86			sg:	21		
				g:	31		
				d:	51		
				sd:	61		
				w:	71		

*Ejemplos:*

G2V	=	50205000
B9.5IV-Ve	=	20954510
M2III	=	70203000

Asociaciones entre los códigos para las clases espectrales y los espectros en los archivos *.SP* se suministran en el archivo *JSPEC2.SPI*. No todas las clases espectrales están cubiertas por el archivo conteniendo 161 espectros. En particular, la clase de luminosidad IV está muy poco representada, y por ahora no hay espectros para enanas blancas, estrellas de carbón, estrellas *Wolf-Rayet*, y muchas otras. Cuando el programa selecciona un *template* espectral para una determinada estrella, se lo obtiene en base a aparejar primero la clase de luminosidad, y luego tratar de hacer coincidir la clase espectral más parecida de cuantas se disponga.

*El formato de los datos para los espectros*

Los espectros estelares usados en VIREO se guardan individualmente en archivos de texto como listados de longitudes de onda y correspondientes intensidades normalizadas Este

formato se utiliza tanto para los espectros suministrados por el ejercicio (\*.SP) como para los espectros “obtenidos” por los estudiantes y guardados para ser clasificados (\*.SSP). El formato de un registro individual en el archivo de espectros es como sigue:

<b>Campo</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Contenido</b>
Longitud de onda	Decimal	Longitud de onda en Ångstroms
Intensidad	Decimal	Intensidad normalizada a la longitud de onda considerada (0,0 a 1,0)

Cuando se preparen espectros adicionales para ser utilizados en VIREO habrá que observar las siguientes instrucciones:

1. El archivo deberá estar ordenado por longitud de onda (orden ascendente).
2. El rango de longitud de onda deberá incluir el rango especificado en *Default Spectral Range* (ver Apéndice A, sección *Opciones de simulaciones ópticas – Alternativas para el uso particular del espectrógrafo*).
3. El intervalo de longitudes de onda entre puntos de datos adyacentes no es fijo, pero debe ser constante (el software hace uso de un rápido interpolador que demanda un espaciado uniforme de los datos). El valor nominal del intervalo es 1 Ångstrom.
4. Las intensidades deben ser normalizadas al más alto valor dentro del rango de datos considerado. Todos los valores de intensidad tienen que estar en el rango 0,0 a 1,0.
5. Nuevos registros deben ser agregados al archivo *JSPEC.SPI* suministrando el código para las clases espectrales y el nombre del archivo para cada nuevo espectro.

## Galaxias

En VIREO se incluyen los espectros de 49 galaxias NGC brillantes, obtenidos de la Referencia 13, los que están en el archivo *GLXYSP.LST*. Los formatos del archivo son similares a los de los espectros estelares, salvo el rango de longitudes de onda que ahora es 3650,0 a 7100,0 Ångstroms, en incrementos de 2 Ångstroms. Además, un espectro galáctico genérico, sin enrojecimiento, abarcando el rango 3650,0 a 7000,0 Ångstroms en incrementos de 1 Ångstrom, se incluye en el archivo *GLXYTMPL.SP*. Este espectro se usa para todas las demás galaxias, luego de aplicarle el *redshift* que corresponda (para valores altos de Z se utiliza la fórmula relativista; si el espectro enrojecido resultante llegase a quedar fuera de los límites del archivo de datos, entonces lo que será mostrado será un *redshifted blackbody spectrum*). Cuando el programa VIREO se instala todos los archivos asociados con espectros de galaxias se ubican en la carpeta (*VIREO Installation Folder*) *|SPECTRA|GALAXIES|*.

## Espectros de QSOs

Un único espectro compuesto de QSO, sin enrojecimiento, está incorporado en el archivo **QSOSPECT.DAT**. Este espectro abarca un rango de 302,0 a 8552,0 Ångstroms en incrementos de 1 Ångstrom. Debido al gran tamaño de este archivo, en vez de estar en formato de texto está en binario, lo que ahorra espacio de almacenamiento y tiempo de procesamiento. El espectro se usa para todos los QSOs, a los que se aplica el correspondiente (relativista) *redshift*, o se incorpora el *redshifted blackbody spectrum* si ello fuese necesario.

## IMAGENES CCD SIMULADAS

VIREO genera imágenes CCD simuladas, supuestamente obtenidas tanto a través de una cámara CCD óptica como de una infrarroja, a los efectos que los estudiantes se familiaricen con la operación de cámaras CCD para uso astronómico, y a la vez disponer de imágenes de campos estelares que puedan servir para realizar mediciones astrométricas y fotométricas. Tales imágenes son generadas de una manera similar a la empleada para la recreación de las “vistas” que aparecen en el panel de control del telescopio simulando lo que se vería a través del buscador o del propio telescopio, pero con las siguientes diferencias:

1. Para las imágenes CCD, en lugar del Catálogo Estelar de VIREO el software usa datos astrométricos y fotométricos obtenidos del *Naval Observatory Merged Astrometric Dataset (NOMAD)* (Referencia 14), a los que accede en tiempo real vía web. **NOMAD** es una base de datos de 100 GB que contiene información acerca de más de 1.000 millones de estrellas. Su empleo asegura que las imágenes simuladas de campos estelares son lo suficientemente fidedignas como para llevar a cabo buenas mediciones astrométricas y fotométricas, y que es posible recrear imágenes con magnitudes límites bastante débiles a partir de las bandas fotométricas **V, B, R, J, H y K**.
2. El tamaño de las imágenes de campo, como su correspondiente “pixelado” se adecuan a los parámetros del telescopio y cámara en uso (ver en Apéndice A, *Alternativas para el uso particular de la cámara CCD y de la cámara IR y Opciones de telescopios*). El tamaño de las estrellas en las imágenes se ajusta para que se corresponda adecuadamente con la magnitud de catálogo, el tamaño del telescopio y el tiempo de exposición.
3. Para simular los efectos del *seeing* atmosférico se aplica una pequeña cantidad de ruido a las posiciones de las estrellas, lo que también asegura que de las mediciones astrométricas se obtendrán valores residuales realísticos.
4. Tanto a las imágenes de las estrellas como al cielo de fondo (*sky background*) se les aplica *Photon noise*.
5. Los efectos de “*dark frame*” y “*flat field*”, que son los que normalmente primero se eliminan en el tratamiento usual de imágenes CCD, en VIREO por ahora no se simulan (muy posiblemente sea una próxima mejora a incorporar al programa).

6. A las imágenes estelares se incorpora también tanto las posiciones de asteroides, como las magnitudes de estrellas variables, que correspondan a la fecha y hora de la exposición.
7. Las imágenes de galaxias también se incluyen; sin embargo, como ya fue comentado en la sección *Imágenes de galaxias*, por ahora los resultados no son totalmente satisfactorios.
8. Dado que por el momento VIREO no incluye imágenes de otros objetos extendidos, tales como regiones de hidrógeno molecular (*H<sub>2</sub> regions*) o nebulosas planetarias, estas clases de objetos no aparecen en las imágenes CCD.

## CURVAS ISOCRONAS

Curvas isócronas para la herramienta de análisis de diagramas HR se extraen de la Referencia 15, donde están tabuladas según distintos valores de masa estelar y metalicidad. La correspondiente información no está modificada, excepto para interpolarla entre los puntos tabulados de un gráfico. La *Zero-Age Main Sequence (ZAMS)* está tabulada en la Referencia 16 (y también se la interpola si es que ello resulta necesario para graficarla correctamente).

## LAS ORBITAS DE ASTEROIDES

En el momento de esta redacción (Agosto de 2009) existen aproximadamente unos 460.000 asteroides con órbitas bien calculadas. Hay dos organizaciones astronómicas que ofrecen archivos a disposición en la *web* con los distintos elementos orbitales, los que son actualizados a diario: el *Minor Planet Center (MPC)* Referencia 17) y el *Lowell Observatory* (Referencia 18). A los efectos de apoyar los objetivos didácticos de VIREO, en el correspondiente *package* de instalación se incluyen los elementos orbitales para un conjunto reducido de asteroides. El archivo *ObjX\_MPC.CMO* contiene 29.618 conjuntos de elementos orbitales, incluyendo los de todos los actualmente conocidos *Near Earth Asteroids (NEAs)* en los grupos *Aten*, *Apollo* y *Amor*, así como todos los restantes asteroides con una magnitud de perihelio de 16,0 o menor. También se incluye en VIREO la posibilidad de reemplazar este archivo con nuevos datos y/o cambiar la magnitud límite (ver más adelante *Actualización del archivo de órbitas de VIREO*).

En el CD-ROM de VIREO también se incluye una copia del *CLEA Toolkit For CCD Astrometry*, la herramienta que ofrece virtualmente todas las posibilidades para realizar astrometría de asteroides, y que ha sido diseñada para trabajar en conjunto con VIREO para ofrecer varias funciones especiales. Es posible usar la herramienta *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* para mostrar imágenes CCD simuladas (o reales), aplicarles *blinking* o medirlas, actualizar los archivos de órbitas de asteroides con los más recientes datos, y/o generar efemérides para cualquier asteroide del archivo. La herramienta dispone de un menú de ayuda bastante amplio, y para facilitar la obtención de información adicional también incluye *web links* al *MPC* y al *Lowell Observatory*. Para acceder a la herramienta *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* directamente desde VIREO hay que:

1. Instalar el software *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* y tomar debida nota del archivo donde ha sido instalado.
2. Correr VIREO en el modo *Virtual Observatory*, o correr el ejercicio *Quest for Object-X*.
3. Del menú principal seleccionar *“Tools”* → *“Astrometry Module”*. Una vez que el *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* haya sido accedido, revisar la opción *“Help”* → *“Topics...”* para ir encontrando las distintas posibilidades que pueden ser de interés.
4. En caso de que el software VIREO no pudiese localizar el *CLEA Toolkit For CCD Astrometry*, hay que ir a las opciones de VIREO, clicar el botón *“FILES”* y luego en la etiqueta *“Programs”*, habilitar el campo *“Astrometry Program”* (la información a ingresar debe incluir la vía de acceso completa y el nombre del programa).

Para poder capturar un asteroide en una imagen CCD simulada de VIREO hay que disponer de una posición para el asteroide, incluyendo fecha y hora (todo esto se obtiene usando el *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* para generar una determinada efemérides para el asteroide).

**IMPORTANTE:** Las órbitas de los asteroides cambian con el tiempo debido a perturbaciones gravitacionales de los planetas. Esta es la razón que explica por qué los elementos orbitales en los archivos del *MPC* y del *Lowell Observatory* son frecuentemente actualizados. Esto significa que es muy posible que un determinado asteroide no pueda ser localizado en la ubicación predicha si es que hubiese una diferencia significativa entre las fechas de los elementos orbitales usados para generar la efemérides con el *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* y los usados por VIREO. De hecho, pudiera ser incluso que el asteroide no esté ni siquiera dentro del mismo campo aún cuando la fecha y hora en cada caso fuesen las mismas. Hay dos alternativas para evitar este problema. La primera es que cuando se accede el *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* desde VIREO, desde el menú se podrá seleccionar *“VIREO Orbit File”* (tanto desde *“Orbit Search”* como desde *“Ephemeris”* → *“Orbital Elements”*), lo cual asegura que las posiciones de los asteroides a generar por la herramienta coincidirán con las de VIREO (sin embargo, si el archivo de órbitas de VIREO no está “actualizado”, las posiciones resultantes de los asteroides no serán siempre válidas para encontrarlos realmente con un telescopio). La otra alternativa es crear un nuevo archivo para VIREO a partir del que está siendo usado por el *CLEA Toolkit For CCD Astrometry* (lo cual se describe más abajo en *Actualización del archivo de órbitas de VIREO*).

Una vez que se obtenga la posición del asteroide en cuestión hay que ingresar en VIREO la información de fecha y hora que le corresponda. Para llevarlo a cabo, del menú principal hay que seleccionar *“File”* → *“Set Observation Date/Time”* (esta opción solo aparece en el modo *Virtual Observatory* cuando se corre el ejercicio *The Quest for Object-X*).

### **Actualización del archivo de órbitas de VIREO**

Para actualizar el archivo de órbitas de VIREO hay que:

1. Acceder a la herramienta **CLEA Toolkit For CCD Astrometry**, lo cual puede ser hecho tanto desde VIREO como desde el propio software individual.
2. Para estar seguro que se tiene la copia más actualizada del archivo de órbitas, seleccionar **"File" → "Download Orbit Database"** y proceder con la descarga siguiendo las instrucciones que indica el correspondiente **"Help..."** (como con la herramienta **CLEA Toolkit For CCD Astrometry** no se suministra ningún archivo de órbitas, si todavía no se ha descargado dicho archivo de todos modos hay que hacerlo ahora). Aunque el archivo originalmente suministrado con VIREO ha sido extraído de la base de datos de **MPC**, también es posible usar otro archivo de otra fuente.
3. Convertir el archivo al formato **.CMO** (esto sucederá la primera vez que se utilice la herramienta **CLEA Toolkit For CCD Astrometry**; sin embargo, también se lo puede hacer directamente vía las opciones del menú).
4. Iniciar o retornar al programa VIREO.
5. Seleccionar **"File" → "Preferences..." → "Asteroid Orbit Selection..."**. La ventana que aparece claramente describe cómo proceder. Cuando se hayan completado las selecciones del caso, clicar **"OK"**.
6. Denominar al nuevo archivo tanto **ObjX\_MPC.CMO** o **ObjX\_AST.CMO**, dependiendo de cuál es la fuente original de los datos. Si fuese necesario, en las opciones de VIREO se actualizará la correspondiente información acerca de la actualización realizada.
7. Copiar los archivos modificados, incluyendo los archivos **.CMO** y **.INI** en todas las instalaciones de VIREO (incluidas las instalaciones compartidas) donde se quiere que los cambios realizados tengan efecto.

## REFERENCIAS

Nota: Los CD-ROMs elaborados por el *Astronomical Data Center (ADC)* ya no se consiguen más. En cambio, el material de *ADC*, incluidas las referencias citadas, puede ser ahora accedida *online* desde <http://cdsweb.u-strasbg.fr/CDS.html>. En algunos casos, los citados catálogos y algún otro material han sido reemplazados por nuevas versiones.

- 1) Space Telescope Science Institute: *The Guide Star Catalog Version 1.1* (CD-ROM), NASA, 1992
- 2) Hoffleit, D. & Warren Jr. W.H.: *The Bright Star Catalogue*, 5<sup>th</sup> Revised Ed. (Preliminary Version), Astronomical Data Center, NSSDC/ADC (1991). Obtained from CD-ROM in *Selected Astronomical Catalogs, Volume 3*, Astronomical Data Center, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- 3) Buscombe, W.: *General Catalogue of MK Spectral Classifications*, Unpublished, 1995. Obtained from CD-ROM in *Selected Astronomical Catalogs, Volume 3*, Astronomical Data Center, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- 4) Montgomery, K., Marschall, L., & Janes, K.: *CCD Photometry of The Old Open Cluster M67*, 1993, *AJ*, **106** (1), 181.
- 5) Cannon, A. & Pickering, E.: *Henry Draper Catalogue and Extension 1* (HD, HDE), *Harv. Ann.*, **91-100**, 1918-1924. Obtained from CD-ROM in *Selected Astronomical Catalogs, Volume 3*, Astronomical Data Center, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- 6) Drilling, J.S & Landholt, A., 2000, in *Allen's Astrophysical Quantities*, 4<sup>th</sup> Edition, edited by A.N. Cox (Springer-Verlag, New York), Table 15.7, p. 388.
- 7) Kholopov, P.N., Samus, N.N., Frolov, M.S., Goranskij, V.P., Gorynya, N.A., Karitskaya, E.A., Kazarovets, E.V., Kireeva, N.N., Kukarkina, N.P., Kurochkin, N.E., Medvedeva, G.I., Pastukhova, E.N., Perova, N.B., Rastorguev, A.S., and Shugarov S.Yu.: *General Catalogue of Variable Stars, 4th Edition, Volumes I-III* (Moscow: Nauka Publishing House, 1985-1988). Obtained from CD-ROM in *Selected Astronomical Catalogs, Volume 3*, Astronomical Data Center, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- 8) Huchra, J.P: *CfA Redshift Catalogue*, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 1990. Obtained from CD-ROM in *Selected Astronomical Catalogs, Volume 1*, Astronomical Data Center, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- 9) Paturel. G., Fouque. P., Bottinelli. L., Gouguenheim. L.: *Catalogue of Principal Galaxies (PGC)*, 1989, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 80, 299. Obtained from CD-

- ROM in *Selected Astronomical Catalogs, Volume 1*, Astronomical Data Center, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
- 10) Sandage, A.: *The Hubble Atlas of Galaxies*, (Washington: Carnegie Institution of Washington, 1961)
  - 11) Veron-Cetty, M.P., Veron, P.: *Quasars and Active Galactic Nuclei, 10<sup>th</sup> Edition*, 2001, Astron. Astrophys. 374, 92.
  - 12) The "Jacoby" spectral library was originally published by Jacoby, Hunter, and Christian in 1984. The reference is *Astrophys. J. Suppl.* 56, 257.
  - 13) Kennicutt Jr, R.C.: *A Spectrophotometric Atlas of Galaxies*, 1992, *ApJS*, 79, 255.
  - 14) For complete information on *The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset (NOMAD)* go to <http://www.nofs.navy.mil/nomad.html>.
  - 15) Girardi, L., Bressan, A., Bertelli, G., and Chiosi, C.: *Evolutionary Tracks and Isochrones For Low- and Intermediate-mass Stars: From 0.15 to 7 MSun, and From Z=0.0004 to 0.03*, 2000, *A&AS* 141, 371. Available from <http://pleiadi.pd.astro.it/#data10>.
  - 16) Drilling, J.S & Landholt, A., *ibid*, Table 15.9, p. 390-391.
  - 17) Una muy buena cantidad de información y valores astrométricos de asteroides se consigue en el sitio **web** del *Minor Planet Center (MPC)*, al que se accede en <http://www.cfa.harvard.edu/iau/mpc.html>.
  - 18) Para obtener información y **links** a la base de datos de asteroides del *Lowell Observatory* hay que ir a <ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.html>.