DIMENSION TECNICA

CONDUCIDA POR: *Franco Della Prugna*
CIDA, Apartado 264,
Mérida 5101-A, VENEZUELA

FOTOMETRO DE COMPARACION VISUAL

I- INTRODUCCION.

Sin duda alguna, una de las actividades más fértiles del observador del cielo es la observación de estrellas variables. Cuando uno decide incursionar en este campo, se encuentra el problema de efectuar mediciones del brillo (magnitud) de una estrella variable, con la precisión suficiente como para proporcionar a la observación el crédito necesario, indispensable en todo tipo de actividad seria.

Los métodos desarrollados para tal fin, varían en cuanto a sofistificación y costo. El más popular de todos ellos es seguramente la estimación visual, en la cual la estrella variable es comparada directamente con estrellas vecinas, cuyas magnitudes son bien conocidas. En los últimos años, gracias a la mayor disponibilidad en el mercado, y a la reducción de los precios de los componentes electrónicos, el fotómetro fotoeléctrico es encontrado en la lista de instrumentos del aficionado. Toda Asociación debería plantearse la construcción de un fotómetro fotoeléctrico, a fin de elevar su nivel observacional.

El lector podrá intuir que el salto entre las dos técnicas de observación, sobre todo por lo que concierne a los precios, es relevante. La precisión alcanzada por ambos métodos, es muy diferente. Una buena estimación visual, tras varios años de experiencia, es aproximadamente de 0.1 magnitudes. Mientras que con un modesto fotómetro fotoeléctrico, pueden alcanzarse precisiones 10 veces mayor, ó 0.01 magnitudes. Muchos observadores se preguntan si existe algún tipo de fotómetro capaz de operar en condiciones intermedias. La respuesta es afirmativa, y el instrumento en cuestión se llama **Fotómetro de Comparación Visual**, o más brevemente **FCV**.

El **FCV**, apesar de seguir empleando el ojo como detector, es mucho más objetivo que el método de pasos utilizado en la estimación visual. Su principio de funcionamiento es muy sencillo: Una minúscula estrella artificial es producida en el campo del ocular del telescopio, y su brillo variado continuamente con un potenciómetro, hasta que iguale el brillo de la estrella en estudio. En estas condiciones el ojo se vuelve más preciso, ya que debe decirnos solamente cuando las dos estrellas aparecen con igual intensidad. Se evita de este modo el tener que estimar diferencias de magnitudes, hecho que introduce errores adicionales en la estimación.

II- CONSTRUCCION DEL FCV

Existen varios tipos de FCV. Sin embargo, el principio de funcionamiento es comun en todos ellos y se basa en la variación de brillo aparente de una pequeña estrella artificial producida por algún sistema de iluminación, variación que puede ser calibrada en magnitudes estelares. El diseño que ilustraremos a continuación, es una de las tantas maneras de construir un FCV, y sin duda tendrá sus ventajas y sus desventajas. Lo elegimos por la facilidad de su realización y operación, y por su costo reducido.

En las Figuras 1 y 2, Ud. puede visualizar la parte óptica y la parte eléctrica respectivamente. Analicemos con cierto detalle ambas Figuras, empezando por la parte óptica.

La Parte Optica.

Como ya hemos mencionado, es necesario generar una estrella artificial en el campo del ocular. Para ello utilizaremos un pequeño bombillo, cuyas características se verán en la parte eléctrica. Un agujero de dimensiones muy reducidas colocado delante de el, será nuestra estrella artificial.

Una forma sencilla de realizar un agujero bueno, es puncionando una hoja de papel de aluminio, del tipo que se emplea mucho en la cocina para conservar alimentos. Se apoya la hoja sobre una superficie lisa y dura (por ejemplo vidrio), y se presiona (regulando la fuerza) con un alfiler puntiagudo. Es muy práctico producir varios agujeros en distintos trozos de papel de aluminio, y elegir cual de todos ellos es el mejor para nuestros fines.

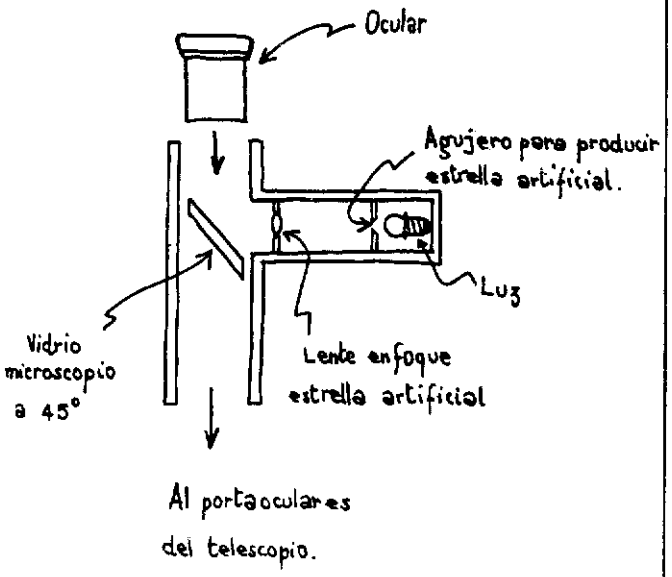


Figura 1. Parte óptica del Fotómetro de Comparación Visual, FCV. La distancia del lente de enfoque al agujero que define la estrella va a depender del lente de enfoque que Ud. utilice. Lo mejor es probar. El filtro mencionado en el texto debe ir situado en algún lugar delante del bombillo.

Para poder observar esta "estrella artificial" así producida en el ocular del telescopio, es necesario primeramente enfocarla en el plano focal del instrumento. Para ello hemos puesto en el trayecto óptico, un pequeño lente y un vidrio plano paralelo, dispuesto a 45 grados con el eje óptico del telescopio.

El lente puede ser conseguido de cualquier cámara fotográfica barata, que Ud. ya no use. No tiene ninguna importancia que el lente sea de material plástico, que se trate de un viejo ocular que por una caida su lente de campo se haya quebrado, dejando intacto no obstante el lente más pequeño. Lo que sí es importante es que este último no posea una distancia focal demasiado grande, ya que en este caso la extensión que soporta el bombillo, el agujero y el lente, puede volverse muy larga. Una distancia focal razonable podría oscilar entre los 15 y 30 mm.

El vidrio plano paralelo que utilizaremos para enviar la imagen de la estrella artificial al ocular, es un vidrio común de microscopio, que es utilizado para apoyar las muestras a observar. Oportunamente cortado con un diamante nuevo o un cortavidrio, se colocará formando un ángulo de 45 grados con el tubo de extensión que soporta el ocular.

Ya que es imposible diseñar en papel la versión final y definitiva del FCV, lo más práctico es construir primeramente un **prototipo**, con los materiales a disposición. De esa manera se pueden determinar distancias, diámetros, posiciones, etc. Una vez que todo esté funcionando de la manera

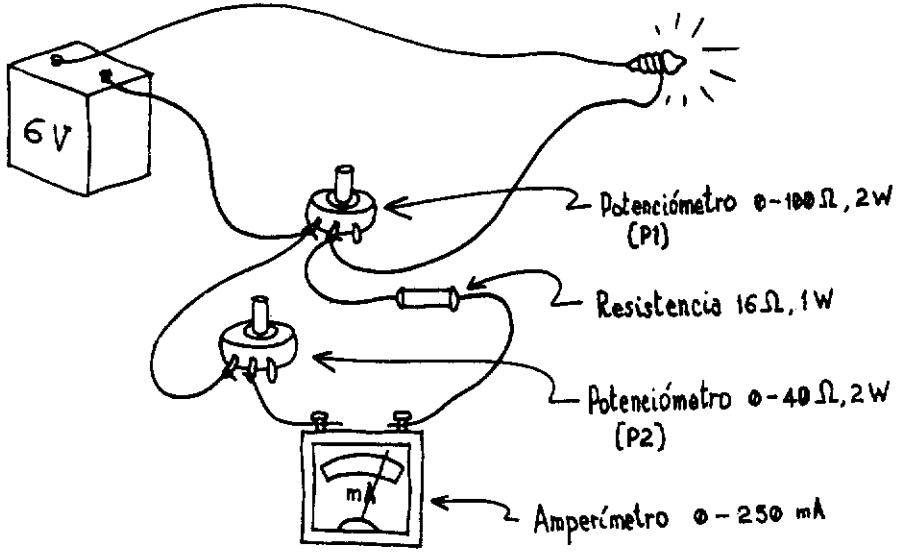


Figura 2. La parte eléctrica del FCV está claramente descrita en esta Figura. Ninguno de estos componentes es crítico, de modo que hay muchas posibilidades de experimentación. A fin de poder variar cómodamente los potenciómetros, lo mejor es colocarlos en algún soporte apropiado, todo ello a su vez montado sobre el telescopio.

deseada, entonces procederemos a construir la parte mecánica de soporte, y a fijar todos los elementos en cuestión.

Pasemos ahora a considerar la parte eléctrica.

La Parte Eléctrica.

Las funciones fundamentales de la parte eléctrica son dos:

1) Alumbrado de nuestra estrella artificial (agujero), y
2) Permitir una lectura de la corriente que circula en una rama del circuito, que posteriormente será calibrada en magnitudes.

La alimentación de 6 Voltios puede ser obtenida por una pila, o mejor una fuente de poder de corriente directa, DC.

La intensidad del bombillo viene modulada por los potenciómetros P1 y P2 respectivamente. Siendo P1 de mayor resistencia, lleva la intensidad de la estrella artificial de cero a su máximo. Mientras que P2, de menor resistencia, solo puede variar la intensidad en un rango más restringido.

El amperímetro viene colocado en serie en la rama entre P1 y P2, de manera que responda a las variaciones de corriente en el bombillo, o lo que es equivalente, a su brillo. Un amperímetro con un rango de 250 mA, es capaz de efectuar lecturas con una resolución de 2.5 mA lo cual es suficiente.

¡Su FCV está ahora casi listo!

Pero falta un pequeño pero muy importante detalle, que hará que su FCV produzca estrellas más reales.

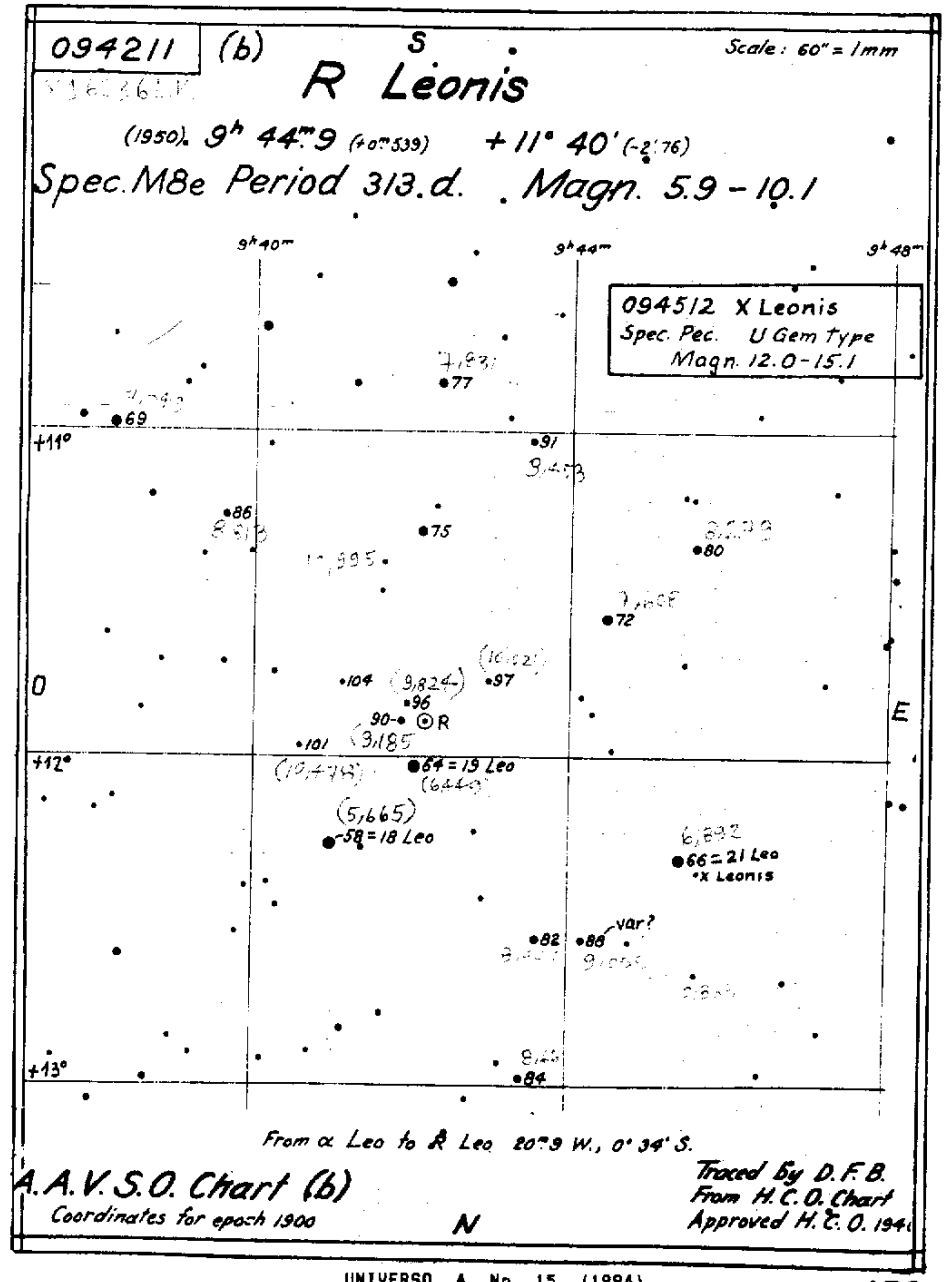
El Filtro.

Se sabe que la mayoría de las estrellas poseen un color blanco azulado, blanco o blanco anaranjado, cuando las observamos con nuestros ojos. Sin embargo, el bombillo que ilumina la estrella artificial, hará que esta última aparezca de un naranja muy profundo, que se volverá rojo a medida que disminuimos la intensidad del bombillo. Esta es la famosa Ley de Wien. Es muy importante que la estrella artificial sea lo más parecida posible a una estrella verdadera observada en el ocular del telescopio. Por ello es útil introducir un filtro azul al frente o detrás del agujero. Un trozo de diapositiva que contenía un cielo al amanecer de un azul intenso, fué utilizada por el autor para colorear la estrella artificial de un color blanco azuloso, reproduciendo bastante bien la apariencia de una estrella típica.

III- COMO USAR EL FCV.

Ha llegado el momento de emplear nuestro FCV para efectuar estimaciones de la magnitud de un objeto estelar, no necesariamente de una estrella variable. Podría tratarse de un objeto de interés particular como por ejemplo una nova o un asteroide.

Necesitamos obtener un mapa detallado del area del cielo en estudio, que contenga las magnitudes de las **estrellas de comparación**, necesarias para calibrar el FCV. A este grupo de estrellas, en lenguage técnico se le denomina **secuencia fotométrica**. Elegiremos 4 ó 6 estrellas cuyas magnitudes sean ligeramente mayores o menores que la magnitud del objeto en estudio. Por ejemplo, podríamos tomar tres estrellas más brillantes y



tres más débiles. Pero no utilice estrellas de comparación cuyos brillos excedan en más de 1.5 magnitudes al objeto en estudio.

Utilice un ocular de bajo aumento.

Coloque P2 en su posición central, y encienda el FCV.

Ud. observará dos estrellas artificiales en el campo del ocular. Esto se debe al hecho de que el vidrio plano paralelo posee dos superficies. Una de las imágenes será ligeramente más débil por la absorción producida en el vidrio.

Coloque el objeto en estudio entre las dos imágenes y varie P1 hasta que el objeto aparente poseer un brillo intermedio a las dos estrellas artificiales. También es posible usar una sola imagen, pero asegúrese de usar siempre la misma, en una sesión de observación.

Realizado el paso anterior, emplearemos ahora P2 para variar el brillo de la estrella artificial en un rango más pequeño de magnitud. Este es el ajuste fino.

Nos interesa ahora medir cada estrella de la secuencia de comparación, y determinar para cada una de ellas la corriente I medida en el Amperímetro. Un ejemplo de esto está hecho en la Tabla I, para la estrella R Leo, cuya secuencia de magnitudes, aparece en alguna parte de este número.

TABLA I: m vs I(mA) PARA R LEO

*	m_{AAVSO}	I(1)	I(2)	I(3)	$\bar{I}$(mA)
A	5.8	136	125	130	130
B	6.4	115	115	117	116
C	6.6	103	106	106	105
D	7.2	94	99	96	96
R	?	100	105	105	103

Repita el procedimiento que acabamos de ilustrar por lo menos tres veces, y determine el promedio de las tres lecturas de la corriente para todos los objetos. Consulte el ejemplo de la Tabla I.

Grafique ahora la magnitud visual m de las estrellas de la secuencia de comparación, contra el logaritmo del promedio de las corrientes, esto es, m_{AAVSO} vs Log $\bar{I}$. Esto está hecho para mis datos, en la Figura 3.

Hay que trazar una recta, que ajuste los puntos medidos y graficados en la Figura 3. La única razón de este paso, es obtener una relación lineal entre ambas cantidades. También se puede graficar m_{AAVSO} vs $\bar{I}$ directamente sin tomar logaritmo. Pero en algunos casos puede que no salga una recta.

A la recta así obtenida se la llamará **recta de calibración.**

¿Como obtener ahora la magnitud del objeto desconocido? Identifique sobre el eje x el Log de su intensidad. Traslade ese valor hasta la recta. Desplácese horizontalmente hasta el eje de las y, y lea la magnitud del objeto en estudio.

Para tener una idea del error de la estimación, podemos observar la separación de los puntos a la recta, llamados más apropiadamente **residuos.** Los residuos en el eje y indican el error en la magnitud. Residuos grandes, indican errores grandes.

Con este instrumento pueden alcanzarse errores de 0.1 magnitudes. ¡El ojo tendría grandes dificultades para alcanzar este valor!

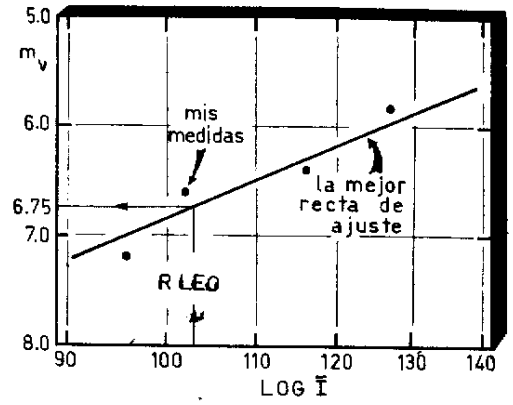


Figura 3. Calibración de mi FCV. Note que el eje horizontal es el Logaritmo de la intensidad medida en mA. Esta calibración fue hecha con las estrellas de comparación de la variable R Leo. Se puede deducir que la magnitud de esta variable era de 6.75±0.15.

IV- ALGUNOS COMENTARIOS FINALES

El FCV que se acaba de ilustrar, fue concebido por el autor en base a criterios de costo y facilidad de realización, y considerando los materiales que se tenían a mano. No hemos entrado en detalles en cuanto a la construcción, ya que existen otras posibilidades (ver Roth, 1975). Mi intención es estimular al lector para que construya su versión del FCV con los toques personales que considere apropiados.

El prototipo que hemos ilustrado en estas páginas ha demostrado funcionar tan bien, que estamos pensando tomarlo como punto de partida de un diseño más complicado.

Este FCV permite realizar mediciones con cualquier tipo de telescopio, sobre un rango amplio de magnitudes. Con mi reflector autoconstruido de 10 cms de diámetro, puedo hacer estimaciones que van de magnitud 4 a la 9.

No debemos olvidar que el trabajo más importante es ahora calibrar seriamente nuestro FCV en un **sistema de magnitudes conocido.** Esto es necesario por ejemplo, al medir una estrella muy roja, como son todas las estrellas de largo período. Hay pues que conocer las correcciones que deben ser aplicadas a nuestras estimaciones, para que ellas se reduzcan al sistema internacional UBV.

En fin, la construcción de un FCV es dar el primer paso hacia ese campo rico de satisfacciones, como es la **fotometría.**

Esta **Sección**, al igual que el resto de las Secciones de **UNIVERSO**, está abierta a la contribución de los lectores.

REFERENCIAS

Roth, G.D., "Astronomy: A Handbook", p.90, Springer-Verlag, New York, 1975.