

# **LAS ESTRELLAS DOBLES Y LOS**

## **ASTRONOMOS AFICIONADOS**

**Autor: Carlos A. Krawczenko**

*Miembro de la LIADA*

*Francisco M. Rica*

*Coordinador de la Sección Estrellas Dobles*

### **Introducción**

El presente trabajo tiene por principal finalidad la de mostrar las grandes posibilidades que nosotros, los astrónomos aficionados tenemos en cuanto al estudio de las estrellas dobles. Descartaremos la hipótesis entre los aficionados de que el medir a las estrellas dobles no reporta ningún beneficios, que es algo estático y aburrido que no conduce a nada.

En la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA, no solamente nos dedicamos a la medición de estos pares estelares, sino que también abarcamos algunos aspectos astrofísicos tales como la fotometría, la espectroscopia y la cinemática de las estrellas dobles con el propósito de conocer la naturaleza de estos astros, es decir, si trata de dobles físicas o si son pares ópticos (estrellas que se hallan próximas en el espacio por un efecto de perspectiva). Y lo más importante es que para la realización de estos trabajos no es necesario contar con sofisticados telescopios dotados con equipos de medición, basta para esto, simplemente contar con una PC con conexión a Internet y una dosis de ilusión y ganas por hacer, si lo deseamos, trabajos del más alto nivel científico.

### **Objetivos**

Nuestro grupo de las estrellas dobles se nutre principalmente de las estrellas muy abandonadas o pendientes de confirmación. Se entiende por estrellas perdidas aquellas que solo fueron medidas en el año de su descubrimiento y nunca más han sido vuelto a medirse, por lo tanto llevan más de 100 años a la espera de que nuevas mediciones confirmen su existencia. El catalogo es estrellas dobles más importante en la actualidad es el WDS (Washington Double Star) que es mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO); este catalogo contiene más de 100.000 estrellas dobles basadas en más de 700.000 mediciones, muchas de las cuales son estrellas ópticas, es decir estrellas que se hallan próximas por un efecto de perspectivas, en cambio otros son dobles físicas, que está relacionadas gravitacionalmente., por lo tanto los objetivos principales de la Sección Estrellas Dobles es actualizar / mejorar la astrometría de estos sistemas, y haciendo uso de algunos criterios astrofísicos, tratar de filtrar a las dobles ópticas de las físicas siendo éstas últimas las que tienen importancia astrofísica.

### **Identificación y medición de estrellas dobles**

La primera tarea que debemos realizar antes de comenzar con las mediciones de los pares estelares es tratar de identificarlas a las componentes del par. En lo que sigue nos referiremos a las placas digitalizadas obtenidas en forma totalmente gratuitas, tales como las obtenidas de *Digitized Sky Survey (DSS)*, *Super Cosmos Sky Survey (SCSS)*, *Two Micron All Sky Survey (2MASS)*. Cabe destacar que si bien el autor del presente trabajo utiliza placas digitalizadas obtenidas con telescopios profesionales, en el grupo de Estrellas Dobles de la LIADA también utilizamos dispositivos de medición tales como micrómetros, cámaras CCD, WebCam, etc. Una vez que tengamos las imágenes descargadas en nuestro equipo es necesario, como dijimos en un párrafo anterior, identificar a las componentes de la estrella doble, al principio esto puede parecer una tarea simple, pero en ocasiones no lo es tanto. Esto es así porque algunas dobles son “feas” y no destacan sobre las estrellas de sus alrededores y en otros casos puede que los datos de la misma no sean todo lo preciso que esperamos. Esto es debido a que las estrellas que estudiamos son las más abandonadas, llevando más de 100 años sin que nadie las volviera a medir, y de este hecho surge la necesidad de seguir midiendo estos pares. En muchos casos se puede dudar de la correcta identificación y en otros, no se las puede identificar.

La astrometría relativa, es decir, la medición de la posición de una estrella con respecto a la otra componente (de ahí el nombre de “relativa”) consiste en medir la distancia angular, expresada en segundos de arco, y el ángulo de posición que es el ángulo que forma la línea que une la estrellas principal con la secundaria, y la línea que une a la principal con la dirección al Norte. La figura N° 1 ilustra estos dos parámetros. Para realizar estas medidas utilizamos distintos programas informáticos: Uno de estos es el programa de Astrometrica. Con este programa lo que obtenemos es la astrometría absoluta de cada componente del par, es decir, la Ascensión Recta y la declinación que deberá ser transformada a las coordenadas polares, o sea, calcular los valores de  $\theta$  (ángulo de posición) y  $\rho$  (separación angular mediante las siguientes formulas:

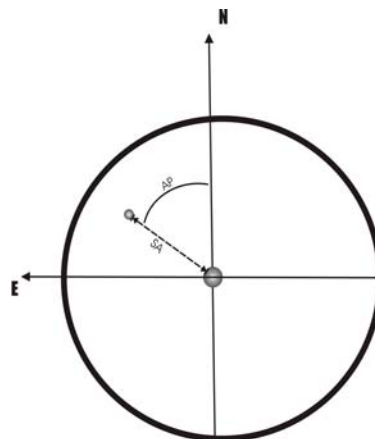


Fig. 1: Esquema dónde se muestra los parámetros de las estrellas dobles SA = Separación angular y AP = ángulo de posición

$$\rho = \sqrt{[(\alpha_b - \alpha_a \cos \delta_a)]^2 + (\delta_b - \delta_a)^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\delta_b - \delta_a}{(\alpha_b - \alpha_a) \cos \delta_a} \right)$$

Donde  $\alpha$  y  $\delta$  son las coordenadas ecuatoriales y los subíndices  $a$  y  $b$  se refieren a los dos componentes del sistema doble.

Aquí podríamos preguntarnos cual es la importancia de realizar astrometría de estas estrellas. En primer lugar es un hecho bien conocido que las estrellas dobles son la única fuente directa de nuestros conocimientos relativos a las masas estelares y por el otro lado, las dobles separadas son importantes para obtener información referente a la formación de estos sistemas, y de la evolución galáctica, para estos menesteres es necesario seguirlas midiendo estos sistemas para separar a las dobles físicas de las ópticas

Para medir estos pares estelares, en la Sección de Estrellas dobles hacemos uso de varios dispositivos como las cámaras CCD, micrómetros, y para los que no tienen acceso a alguno de estos instrumentos, utilizamos las placas fotográficas que se pueden obtener en forma gratuita de Internet, como por ejemplo el DSS (Digitized Sky Survey), SCSS (SuperCosmos Sky Survey). Incluso los administradores del WDS (Washington Double Star) suelen realizar mediciones masivas utilizando varios catálogos astrométricos; algunos de estos es de acceso público como el AC2000.0, el Tycho-2 y 2MASS, siendo esta una manera más de colaborar.

Además de obtener nuestra propias medidas, debemos también contar con mediciones históricas e incluso con las obtenidas en bases a distintas placas digitalizadas. En la Web de Digitized Sky Survey encontramos placas tomadas por telescopios profesionales entre los años 1950 y el año 2000. También es posible solicitar al WDS un informe de todas las mediciones oficiales que hay sobre la estrella doble en estudio. Esto es de vital importancia si lo que queremos estudiar es la variación de posición de una estrella respecto de la otra. La tabla I muestra los resultados obtenidos por el autor del presente trabajo y el estudio de detallado de esta doble que es BU 760 AD. En esta tabla se indica la denominación en el WDS, el nombre de la estrella, la época de las distintas placas fotográficas y los valores de  $\theta$  y  $\rho$  con sus correspondientes errores complementada con un cuadro de las principales características del sistema.. En la última fila se muestra la astrometría relativa procedente de catalogo 2 MASS (*Two Micron All Sky Survey*)

TABLA I: MEDICIÓN DE BU 760 AD

<b>Id. WDS</b>	<b>ESTRELLA</b>	<b>EPOCA</b>	<b>Theta</b>	<b>e THETA</b>	<b>Rho</b>	<b>e RHO</b>
18176-3646	BU 760 AD	1987,377	315,70	0,50	54,86	0,41
		1992,412	315,63	0,85	91,99	0,90
		1996,647	316,90	0,40	92,09	1,50

<b>2MASS</b>		<b>1999,438</b>	<b>316,39</b>		<b>93,07</b>	

Doble..... BU 760 AD = WDS 18176-3646  
Magnitudes.... 3,3 y 10,04 (Tycho-2)  
Espectros..... M2III (Houk 1982) y K2V (Carlos Krawczenko)  
Theta y Rho... 316,4 grados y 93,07 arcseg. (1999,438 2MASS)  
Naturaleza.... OPTICA  
Observaciones. Tiene 3 mediciones históricas. Descubierta en 1879  
(302° y 94"4).  
.....

### Naturaleza de las estrellas dobles

Además de hacer las astrometrías del sistema es una condición necesaria determinar la posible naturaleza del sistema doble.. A lo largo de muchos años los astrofísicos han diseñado métodos que nos permitan conocer la posible naturaleza de las estrellas dobles. Estos métodos fueron publicados en los diferentes Journals profesionales y son accesibles de forma gratuita con sola acceder a Internet. Estos métodos son fáciles de aplicar ya que no se requiere conocimientos especiales de matemáticas o física. Estos métodos los podemos dividir en tres grupos, a saber: Criterios empíricos, criterios probabilísticos y Criterios astrofísicos basados en la mecánica celeste.

CRITERIO DE AITKEN (18362) – R .H. CURTIS Este criterio fue obtenido empíricamente y relaciona la magnitud conjunta del par estelar con la máxima separación angular permitida para que exista relación física.

CRITERIO DE JOHN MITCHEL (1767): Es un método probabilística que estudia la distribución superficial de estrellas con una magnitud igual o superior a la de la componente secundaria. Calcula la la probabilidades que una de estas estrellas se encuentre en una determinada zona del cielo.

CRITERIO DE HALBWACHS (1986) Este criterio se basa en la relación entre la separación angular (en segundos de arco) y el movimiento propio de sistemas de movimiento propio común. Para evaluar dicho carácter de movimiento propio común utiliza una expresión matemática que además de tener en cuenta los errores de los movimientos propios permite una igualdad mínima de movimientos propios del 95%. Se analizó varios centenares de binarias con movimiento propio común mayor de 0.050'' y obtuvo un diagrama en donde se relacionaba el período  $T (= \rho/\mu)$  con el porcentaje del número de dobles físicas. En la LIADA utilizamos el mismo criterio pero con la salvedad de que no imponemos un límite de 0.050'' para el movimiento propio común y utilizamos la distribución gaussiana para determinar la probabilidad de que

una pareja de estrellas posean movimiento propio común. En la literatura profesional podemos encontrar otros métodos de caracterización de las estrellas dobles, pero por razones de espacio, no las mencionaremos.

### Datos astrométricos, Movimientos relativos del sistema

Un dato fundamental para el estudio de las estrellas dobles visuales es el movimiento relativo del sistema. Este movimiento relativo es simplemente la diferencia entre los movimientos propios de cada miembro del sistema. Debemos tener en cuenta que los movimientos observados son la combinación del movimiento propio real de cada estrella más una componente del movimiento kepleriano, es decir el movimiento orbital. Si restamos ambos movimientos, lo que lograremos es eliminar el movimiento propio real y el resultado será la diferencia entre los movimientos orbitales de cada estrella.

Si bien este movimiento relativo podría calcularse mediante la diferencia de los movimientos propios observados de cada componente, es más riguroso utilizar todas las mediciones procedentes del WDS y las nuestras propias.

El ángulo de posición se mide a partir de la dirección al norte, y como este punto varía en función del tiempo por el fenómeno de precesión; por lo tanto, para poder comparar las distintas mediciones de  $\theta$ , habrá que corregirlos de este fenómeno. La corrección por precesión está dada por:

$$\Delta\theta = +0.00552 * \cos \alpha * \sec \delta(t - t_0)$$

Y por movimiento propio es:

$$\Delta\theta = -\mu \sin \delta(t - t_0)$$

Esto se hace generalmente para el equinoccio 2000.0

Una vez corregido los ángulos de posición transformamos las astrometrías relativas en forma polar ( $\theta, \rho$ ) a forma rectangular ( $X = \rho * \sin \theta$ ) e ( $Y = \rho * \cos \theta$ ). Representamos las épocas con respecto a los valores X e Y. El movimiento relativo es la pendiente de la línea recta ajustada a los puntos.

### Obteniendo tipos espectrales

Para determinar los espectros nos fundamentamos en la fotometría BV procedente principalmente de Tycho\_2 y de la fotometría infrarroja J, H y K procedente del catalogo Two Micron All Sky Survey (2MASS). Como así también la cinemática de las estrellas

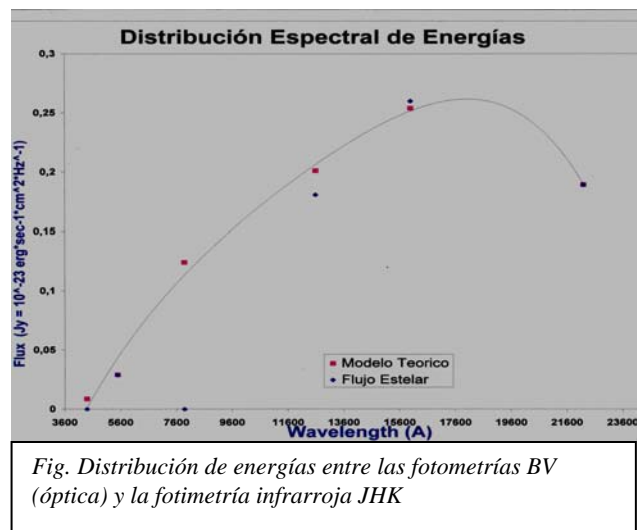


Fig. Distribución de energías entre las fotometrías BV (óptica) y la fotometría infrarroja JHK

(movimientos propios) procedentes principalmente del catálogo Tycho-2 y UCAC-2.. Son muy útiles para estos trabajos los diagramas de dos colores o diagramas color-color procedentes de distintos trabajos profesionales como los obtenidos del libro "Handbook of Space Astronomy and Astrophysics" de la Universidad de Harvard, en encontramos tablas que relacionan los tipos

espectrales con los índices de colores y las magnitudes absolutas. La figura 2 ilustra el gráfico de la distribución de energía que nos permite conocer el tipo espectral de cada estrella componente del sistema binario.

Con el propósito de verificar la precisión de nuestro método de determinación de tipos espectrales en base a la fotometría, en la sección de estrellas dobles de la LIADA se llevó a cabo un estudio preliminar sobre varios cientos de estrellas luminosas en las proximidades del polo galáctico norte (para evitar en enrojecimiento por la materia interestelar) y con espectros y clases de luminosidades bien conocidos en la literatura profesional, lo que nos ha permitido comparar nuestros estudios. En la mayoría de los casos, nuestras estimas espectrales diferían en una subclase o ninguna lo que representa un excelente resultado teniendo en cuenta de que no disponemos de ningún espectroscopio profesional.

Todo astrónomo aficionado sabe lo que es el índice de color de una estrella, especialmente el índice de color B-V y V-I, El índice de color B-V es simplemente la diferencias entre las magnitudes B y V y nos indica la relación de flujo energético entre esas dos regiones del espectro electromagnético. En el mundo de la astronomía se pueden formar otros colores fotometricos si usamos la magnitudes en las bandas JHK del infrarrojo en torno de los 20.000 Angstrom de longitud de onda.

Mediante el uso de estos diagramas de doble color, es posible si la estrella es suficientemente roja, determinar la clase de luminosidad de la misma, es decir, si se trata de una enana de la secuencia principal o es una estrella de la secuencia de las gigantes, pero no nos permite diferenciar los distintos tipos de gigantes: gigantes luminosas, supergigantes, etc. La figura n° 3 muestra el diagrama color-color J-H vs. H-K del infrarrojo.

## Fotometría JHK

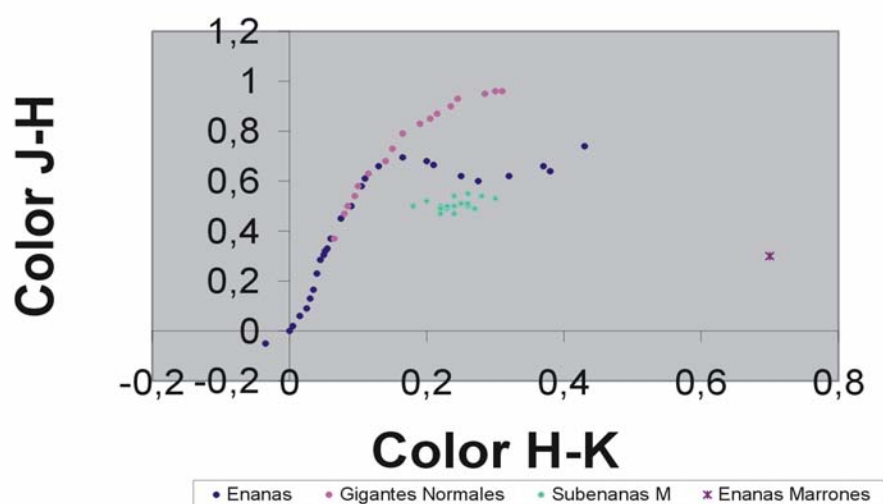


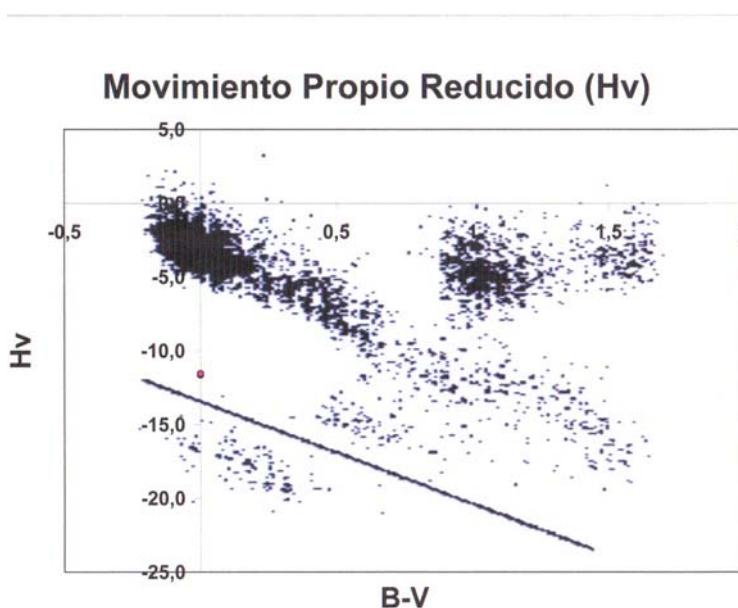
Fig3: Diagrama de dos colores que permiten determinar las clases de luminosidades de los miembros de los sistemas dobles.

### Diagrama de movimientos propios reducidos

Una de las herramientas más utilizadas por los profesionales para seleccionar candidatas a estrellas sub-enanas o enanas blancas son los Diagramas de Movimientos Propios Reducidos. El concepto de estos diagramas fueron utilizados por primera vez por Hertzsprung y más tarde por Luyten (1922) y otros. El movimiento propio reducido (H) se define como:

$$H = m + 5 * \log(\mu) + 5 = M + 5 * \log(V_t)$$

Donde  $m$  es la magnitud aparente,  $\mu$  es el movimiento propio total,  $M$  es la magnitud absoluta y  $V_t$  es la velocidad tangencial (proyección del movimiento propio sobre la esfera celeste expresado en  $\text{mas/yr}$ ); por lo tanto, estos diagramas relacionan datos aparentes con datos absolutos de las estrellas. Esto significa que cabe esperar que las distintas poblaciones estelares con luminosidades y/o cinemáticas diferentes muestren un desplazamiento sistemático en estos diagramas.



Por lo tanto es posible diferenciar entre las enanas de la población I y las subenanas de población II. Algunos diagramas se atreven incluso de diferenciar sub-poblaciones del disco.

Para las enanas blancas el carácter diferenciador es la débil luminosidad de estas estrellas. Si observamos el diagrama de H-R veremos como una estrella de la secuencia principal y una enana blanca, ambas con la misma temperatura, poseen magnitudes absolutas diferentes (debido a la gran diferencia de tamaño entre ambos tipos de estrellas y por lo tanto se muestran claramente diferenciadas en el diagrama de movimiento propio reducido. Si observados el diagrama podemos ver que existe una cierta dispersión en la zona de las enanas blancas, ello es debido a que las mismas proceden de distintas poblaciones. Las gigantes rojas también son claramente distinguibles en estos diagramas, sin bien no es posible distinguir entre los diferentes tipos de gigantes rojas (normales, brillantes y supergigantes).

¿Pero realmente que representa el valor de  $H$ ? El valor de  $H$  representa la magnitud que tendría una estrella situada a una distancia para lo cual su movimiento propio sea de  $0.1''/\text{año}$ .

Por todo lo expuesto en este trabajo, se observa las múltiples tareas de investigación que el astrónomo aficionado con las cuales puede contribuir con las ciencias astronómicas en el conocimiento de estos sistemas estelares. A continuación se listan las principales tareas que podemos realiza nosotros, los amateurs, incluso aquellos que no disponen de instrumentos astronómicos, basta simplemente contar con una PC conectada a Internet.



*Fig 5: Doble descubierta por el coordinador de la Sección de Estrellas Dobles, Francisco M. Rica.*

- La medición astrométrica, fotométrica, así como la caracterización de componentes de sistemas dobles abandonados o pendientes de confirmar.
- Actualización de astrometrías de binarias con elevado movimiento propio. Este tipo de trabajo ayuda a acelerar el cálculo orbital de estos sistemas.
- Búsqueda de nuevas componentes y sistemas físicos. Existen técnicas que permiten encontrar nuevos sistemas con relativa facilidad.
- Identificación de pares perdidos.
- Cálculo de parámetros orbitales.

### PAGINAS DE INTERNET RECOMENDADAS

#### *Servidores de imágenes de Internet*

CDS: <http://cdsweb.u-strasbg.fr/cats/cats.html>

DSS: [http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss\\_plate\\_finder](http://stdatu.stsci.edu/cgi-bin/dss_plate_finder)

SuperCosmos: <http://www-wfau.roe.ac.uk/sss>

#### Software para astrometría

ASTROMETRICA: [www.astrometrica.at](http://www.astrometrica.at)

Fv: <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/ftools/fv>



*Bibliografía comentada*

Circulares de la Sección de Estrellas Dobles  
Revista Astronomía N° 82, abril 2006

*Foro de Estrellas Dobles*

[estrellas-dobles-liada@gruposyahoo.com.ar](mailto:estrellas-dobles-liada@gruposyahoo.com.ar)

*Contactos*

Coordinador: Francisco M. Rica, Agrupación Astronómica de Mérida (España): [frica0@terra.es](mailto:frica0@terra.es)  
Carlos A. Krawczenko, socio de la LIADA y miembro de la Sección de Estrellas Dobles:  
[carlosk64@yahoo.com.ar](mailto:carlosk64@yahoo.com.ar)