

Primer estudio de estrellas dobles desde el Observatorio de Cantabria. Calibración y estudio de errores.

First study of double stars at Cantabria Observatory. Calibration and discussion of errors.

por *Francisco M. Rica Romero*

Agrupación Astronómica de Mérida · Coordinador de la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA · frica0@terra.es

En este trabajo se presentan los primeros resultados sobre el estudio de binarias visuales realizados desde el Observatorio de Cantabria. Tras realizar las debidas calibraciones de la escala y orientación de las tomas CCD se compararon los resultados con dobles de calibración. Aunque el número de dobles de calibración debe ser aumentado, se obtuvieron buenos resultados con errores externos inferiores a 0,06".

The first results on the study of visual binaries carried out at Cantabria Observatory is reported. After doing the due calibrations of the scale and orientation of the CCD captures the results were compared with several calibration pairs. Though the number of calibration pairs should be increased in the future, the preliminary results are very good and the external errors are lower than 0.06".

EN DICIEMBRE de 2007 me puse en contacto con el Observatorio de Cantabria para proponer la observación y estudio conjunto de estrellas dobles visuales. La estupenda acogida por parte del personal del observatorio facilitó el comienzo de los trabajos sobre este tipo de objetos. Lo primero que hicimos fue evaluar las posibilidades del instrumental, especialmente en lo tocante a la observación de dobles cerradas, la calibración de la escala y la orientación de las imágenes CCD, así como la posterior evolución de la precisión de las mediciones.

El telescopio usado es un LX200R de 0,4 metros de diámetro a f/10 (longitud focal de 4.117 mm). Las imágenes CCD se tomaron usando una

cámara CCD ST-8 con chip Kodak KAF-1603ME compuesto por 1530 x 1020 píxeles cuadrados de 9 micras. Las observaciones se realizaron a foco primario con un tamaño de píxel de 0,45" y un campo de visión de 11,5 x 7,7 minutos de arco para cada imagen. Si el seeing lo permite, usando esta configuración será posible desdoblar y medir pares de hasta 3 píxeles de separación (algunos observadores muy experimentados han conseguido medir pares con separaciones de 2 píxeles empleando software especializado) que, en nuestro caso, equivale a separaciones angulares (ρ) de 1,35". Como las imágenes CCD no serán de muy corta exposición, el seeing jugará un papel importante en el límite de resolución práctico. El Observatorio de Cantabria está situado a 1.100 m de

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE CANTABRIA (VALDERREDIBLE) <http://www.observatoriococantabria.com/index.php>

El Observatorio Astronómico de Cantabria es un centro de la **Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria**, gestionado por el Centro de Investigación del Medio Ambiente (CIMA) y situado en el término municipal de **Valderredible**, que pretende convertirse en un centro de referencia científico, observacional, didáctico y divulgativo destinado a la astronomía y sus actividades afines en Cantabria.



La **Universidad de Cantabria**, a través del Instituto de Física de Cantabria (IFCA, CSIC-UC) lleva a cabo la dirección y coordinación de las actividades científicas, observacionales, divulgativas y didácticas del observatorio.

La **Agrupación Astronómica Cantabria (AstroCantabria)** realiza actividades de divulgación cultural para el público y de observación astronómica. Además, se encarga de la calibración y mantenimiento del instrumental astronómico del observatorio.

altitud y aunque el seeing es bastante bueno (FWHM $\sim 1,8''$ en las observaciones realizadas durante el proceso de calibración) las imágenes CCD que obtengamos estarán limitadas por la turbulencia atmosférica. Esto quiere decir que alargar la focal con una lente Barlow para conseguir más resolución no servirá de nada mientras no congelemos o reduzcamos los efectos del seeing en las imágenes (usando una cámara digital de gran velocidad, por ejemplo). Desde el punto de vista práctico partimos inicialmente con una resolución de poco menos que $1,8''$ (en la observación de dobles visuales se consiguen resoluciones algo mejores que el valor del seeing).

Cómo las imágenes CCD tienen un campo de visión lo suficientemente grande ($11,5' \times 7,7'$) será posible registrar un nutrido número de estrellas de referencia permitiendo utilizar el software Astrométrica (<http://www.astrometrica.at/>) en la reducción de las imágenes y obtener así el tamaño del píxel y la orientación de las imágenes y, en la mayoría de los casos, también medir la separación (ρ) y ángulo de posición (θ) de la doble en el mismo proceso.

Para cada doble se obtuvieron 10 imágenes CCD de 5 segundos de exposición. El proceso de calibrado se realizó reduciendo astrométricamente las imágenes usando el programa Astrométrica. El tamaño de píxel resultó ser de $0,45''$ y la orientación de las imágenes fue de $-1,77^\circ \pm 0,02$. Las imágenes se obtuvieron a finales del 2007 y no se usaron filtros fotométricos en las observaciones.

Cuando empleamos por primera vez un instrumento en la observación de estrellas dobles es especialmente importante estudiar la precisión que alcanzamos con el instrumental. No sólo debemos calcular los *errores internos*, o sea la

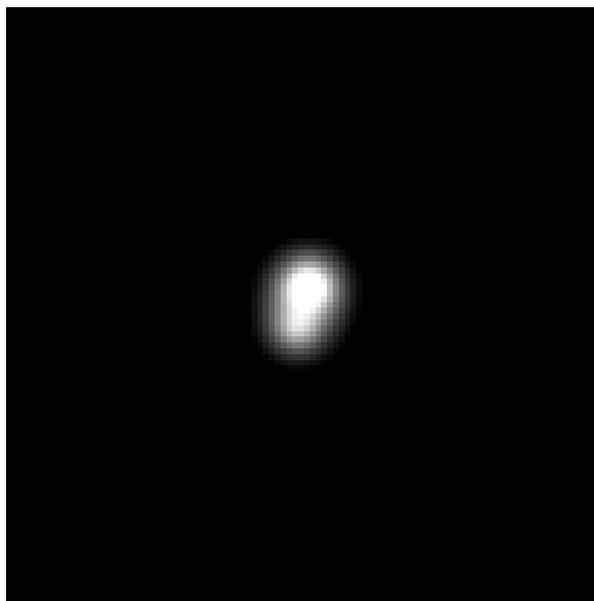


Imagen 1. Binaria BU 79 con componentes desiguales separadas por $1,65''$.

dispersión de las medidas sobre una misma doble, sino también los *errores externos*, es decir, la diferencia entre nuestros resultados y los que supuestamente deberíamos haber obtenido. Los errores externos de nuestras mediciones se calcularon observando dobles de calibración (dobles con separaciones y ángulos de posición bien conocidos) y comparando nuestros resultados con aquellos calculados para la fecha de las observaciones. Las dobles de calibración se obtuvieron del *Catalog of Rectilinear Elements* (<http://www.usno.navy.mil/USNO/astrometry/optical-IR-prod/wds/lin1>) y del *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* (<http://www.usno.navy.mil/USNO/astrometry/optical-IR-prod/wds/orb6>), ambos catálogos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO). En los dos casos es posible calcular efemérides que nos indicarán con bastante precisión los parámetros de la doble para una época determinada.

En la Tabla 1 se listan las dobles de calibración observadas. STF 3006 AC fue medida también aunque, realmente, la doble de calibración está formada por la componentes A y B. En la Tabla 2 se muestran las diferencias entre lo observado y lo calculado por las efemérides para la misma época de observación, o sea, los errores. Se listan los errores radiales (errores en r), errores tangenciales (en q) y errores totales (suma de ambos errores). La binaria orbital HLD 60 también fue observada como calibración pero su distancia angular, de $1,23''$, estaba algo fuera de las posibilidades del instrumental, tal como pudimos comprobar en nuestro intento de medirla.

Podemos comprobar cómo los errores son inferiores o iguales a $0,05''$ (excepto para STF 3008) y, por tanto, la calidad de nuestras medidas es suficientemente buena. También debemos tener en cuenta que las efemérides también acarrearán un error que puede ser de varias centésimas de segundo de arco y siempre en el mismo orden de magnitud que nuestros errores. No obstante, sería interesante emplear más noches y usar más dobles de calibración para tener una mejor idea de nuestra precisión.

A continuación se incluyen algunos comentarios sobre las dobles medidas:

- STF 3006 AB (= WDS 23212+3526)

[$\theta = 152,2^\circ$ y $\rho = 7,15''$ en 2007,992] esta doble (Imagen 4) está compuesta por estrellas de magnitudes 9,06 y 9,84 (Tycho-2) y ha sido medida en 134 ocasiones entre 1825 (184° y $5,1''$) y 2006 (152° y $7,2''$). El movimiento propio anual de la primaria procedente del Tycho-2 es $\mu(\alpha) = -1,2 \pm 2,5$ mas/año y $\mu(\delta) = -1,9 \pm 2,4$ mas/año. El movimiento propio de la secundaria es de $\mu(\alpha) = +24,2 \pm 3,6$ mas/año y $\mu(\delta) = -7,7 \pm 3,6$ mas/año. En la literatura profesional

par ha sido medido en 134 ocasiones entre 1881 (124° y 0,6") y 2006 (170° y 1,3") y posee una órbita calculada en 1963 la cual aún sigue ajustándose correctamente a las mediciones modernas. La medida obtenida desde el observatorio de Cantabria ($\theta = 170^{\circ}8$ y $\rho = 1^{\prime}57$), usando REDUC y la herramienta SURFACE, no la consideramos buena, especialmente por el residuo en la separación medida (0,34" mayor que el valor de la efeméride). Este residuo es debido a que su separación angular es demasiado pequeña para ser resuelta en una imagen CCD. Nuestra resolución está limitada por el seeing del lugar (en torno a 1,8") y por el tamaño de píxel (las componentes de HLD 60 están separadas solo por casi 3 píxeles). Aún en estas condiciones extremas, el valor que obtuvimos para el ángulo de posición difería sólo 0,2 del valor dado por las efemérides y sin duda contribuyó positivamente el aspecto alargado del par en las imágenes CCD. Gracias a esta observación comprobamos que el límite de resolución para el instrumental usado es mayor que 1,23" y quizá se sitúe en torno a 1,5-1,6". De nada nos serviría duplicar la focal con una barlow ya que las imágenes CCD seguirían estando limitadas por el seeing.

- BU 79 (= WDS 23176-0131)

[$\theta = 11,3^{\circ}$ y $\rho = 1,66''$ en 2007,9934] esta doble (Imagen 1) está compuesta por enanas amarilla y anaranjada de magnitudes 8,23 y 9,59 (Tycho-2). Nuestra medida arrojó una separación de 1,66" en dirección 11,3° (en 2007,9934) para la cual tuvimos que usar la función SURFACE del software REDUC. Este par ha sido medido en 133 ocasiones entre 1872 (120° y 1,0") y 2006 (14° y 1,7") y posee una órbita calculada en el año 2004 (Imagen 3). Nuestra medida no estaba muy alejada de lo que dice la efeméride calculada para la misma época de observación y las diferencias de

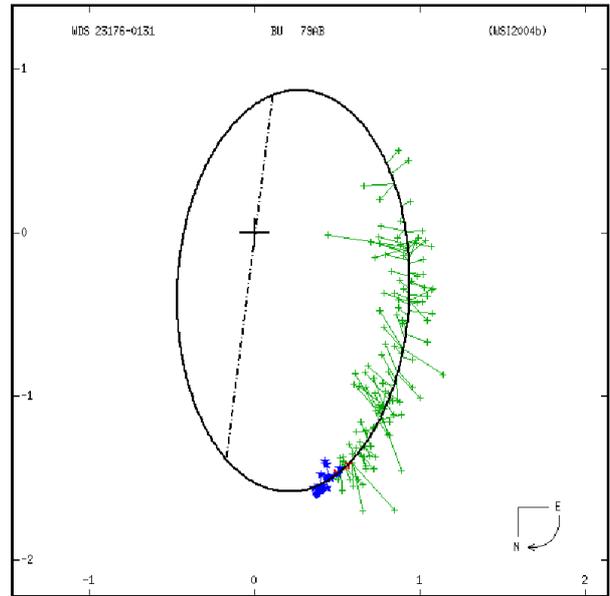


Imagen 3. BU79.

+0,06" y -0,6° (= 0,02") pueden considerarse buenas. Pero observemos con cuidado la figura de la órbita. Las últimas mediciones (puntos azules), situadas más abajo son medidas obtenidas con una precisa técnica llamada interferometría speckle. Todas estas medidas modernas están obteniendo valores para la distancia angular, algo mayores que lo que indican las efemérides. Probablemente, la órbita esté empezando a fallar. Esto significa que nuestra medida podría ser más precisa de lo que indican las efemérides. Para comprobar este hecho, se solicitó al Observatorio Naval de los Estados Unidos un informe completo de esta binaria. Se representaron las mediciones más recientes (a partir del año 1995) y se ajustó a una parábola la variación de los parámetros θ y ρ . Para la época de nuestra observación el cálculo da $\theta = 12,73^{\circ}$ y $\rho = 1,647''$. Por tanto, nuestro error inicial se reduce a casi a la mitad (0"043). ☺

TABLA 1. MEDICIONES DE ESTRELLAS DOBLES DE CALIBRACIÓN DESDE EL OBSERVATORIO DE CANTABRIA

ID	MAGS.	ESPECTROS	ÉPOCA	THETA [°]	RHO ["]	NOTAS
STF 3006 AB	9,06 - 9,84	G8III y K2III	2007,992	152,1 ± 0,2	7,16 ± 0,05	Óptica.
STF 3006 AC	8,70 - 12,10	G8III y F8/G0	2007,992	18,9 ± 0,04	77,33 ± 0,10	No se usó como calibración.
STF 44	9,06 - 9,78	K2III y G9III	2007,992	273,6 ± 0,2	12,59 ± 0,04	Óptica.
STF 3008	7,09 - 7,62	K0III-IV	2007,992	149,0 ± 0,5	6,28 ± 0,06	Óptica.
BU 79	8,23 - 9,59	G5	2007,994	11,3 ± 2,1	1,66 ± 0,03	Orbital.

TABLA 2. ERRORES EN LAS MEDICIONES

ID	$\Delta\theta$ [°]	$R \cdot \Delta\theta$ ["]	ΔP ["]	ΔR ["] = $[(P \cdot \Delta\theta)^2 + \Delta P^2]^{1/2}$	NOTAS
STF 3006 AB	-0,10	0,013	-0,048	0,049	Óptica.
STF 44	+0,09	0,019	+0,019	0,024	Óptica.
STF 3008	-1,21	0,135	-0,109	0,173	Óptica.
BU 79	-1,43	0,041	+0,013	0,043	Orbital.

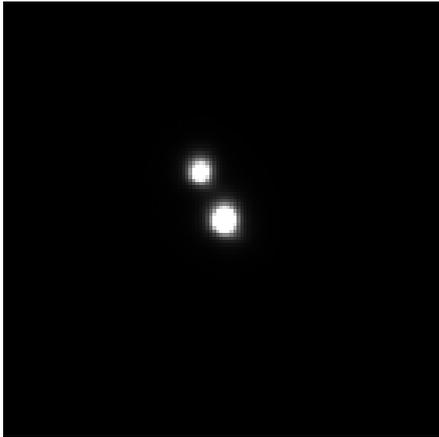


Imagen 4

STF 3006 AB

Mag. 9,6 y 9,84

Esp. G8III y K2III

Theta = $152,1^{\circ}$ Rho = $7,16''$ (2007,992)

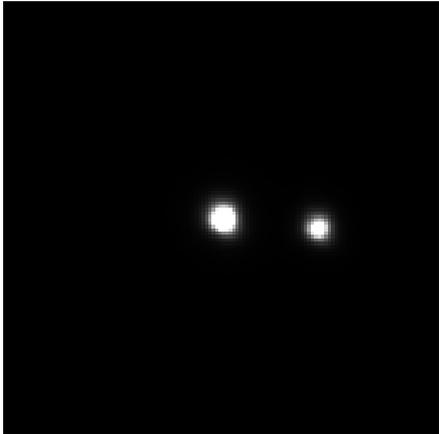


Imagen 5

STF 44

Mag. 9,06 y 9,78

Esp. K2III y G9III

Theta = $273,6^{\circ}$ Rho = $12,59''$ (2007,992)

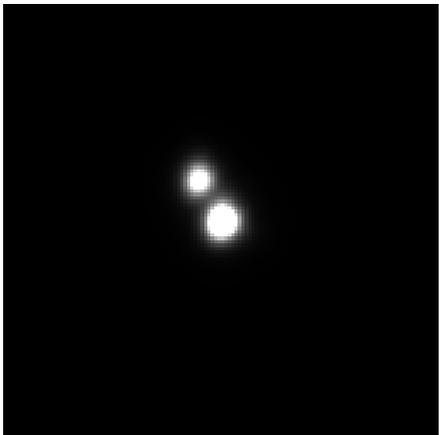


Imagen 6

STF 3008

Mag. 7,09 y 7,62

Esp. K0III-IV

Theta = $149,0^{\circ}$ Rho = $6,28''$ (2007,992)