

el observador de estrellas dobles

21

julio · diciembre de 2018

Medidas de estrellas dobles con
Lucky Imaging
Rafael Benavides
Lluís Ribé

Nuevos sistemas binarios
con movimiento propio común
Manuel J. del Valle

Tutorial de Geogebra
para la representación y el cálculo
de órbitas de estrellas dobles
Antonio Egea

Uso de GAIA DR2 para la
caracterización de sistemas binarios
Antonio Agudo

Actualización del Catálogo
de F. Argelander
Fernando Limón



S. W. BURNHAM

2ª PARTE: VIDA EN CHICAGO
por Francisco M. Rica



¿POR QUÉ OBSERVO ESTRELLAS DOBLES?

Mi pasión por las estrellas dobles

por Joerg Schlimmer

(Cedido por J. SCHLIMMER)

PROYECTO
SEDA
WDS

Resultados de la campaña
anterior y presentación
de la nueva
para el segundo semestre
de 2018: Delphinus

FUERA DE FOCO

**Tonny
Vanmunster**

escribe
en OED



(Cedido por T. VANMUNSTER)

ISSN 1989-3582

índice

	Editorial 3
ACTUALIDAD	Actualidad de la Comisión G1 de la UAI 4 <i>por Edgardo R. Masa Martín</i>
SEDA-WDS	Presentación de la nueva campaña del Proyecto SEDA-WDS: Delphinus 5
	Resultados de la 8ª campaña del Proyecto SEDA-WDS: Leo 7 <i>por AA.VV.</i>
OBSERVACIÓN	Uso de GAIA DR2 para la caracterización de sistemas binarios 10 <i>por Antonio Agudo</i>
	Medidas de estrellas dobles con Lucky Imaging (4ª serie) 19 <i>por Rafael Benavides</i>
	Medidas de estrellas dobles con Lucky Imaging (4ª serie) 46 <i>por Luís Ribé</i>
	Medición de la astrometría y el movimiento propio de estrellas LDS 51 <i>por Antonio Egea</i>
	42 sistemas dobles con movimiento propio común 60 <i>por Manuel del Valle</i>
	Astrometría de estrellas dobles del catálogo de F. Argelander 80 <i>por Fernando Limón</i>
MÉTODOLÓGIA	Geogebra: una potente herramienta para la representación y cálculo de órbitas 84 <i>por Antonio Egea</i>
HISTORIAS	S. W. Burnham (2ª parte): Vida en Chicago 101 <i>por Francisco M. Rica</i>
¿POR QUÉ...?	¿Por qué observo estrellas dobles? 118 <i>Firma invitada: Joerg Schlimmer</i>
FUERA DE FOCO	Investigación Pro-Am de fotometría estelar desde cielos españoles 121 <i>Firma invitada: Tonny Vanmunster</i>

condiciones de publicación

Cualquier trabajo **relacionado con la astronomía de las estrellas dobles** es bienvenido para ser publicado en **El Observador de Estrellas Dobles** (OED). Los interesados deben atenerse a las siguientes pautas:

- Se aceptará cualquier tipo de trabajo que tenga relación con las estrellas dobles, independientemente de la temática que aborde.
- Los trabajos deberán remitirse a cualquiera de los editores a través de los correos electrónicos que figuran en la parte inferior de la página siguiente.
- Se remitirán archivos de texto en formato Word o similar. Se agradece que vengán corregidos ortográfica y sintácticamente. No hay que dar formato al texto (sin columnas ni tipografía especial).
- Se deberán adjuntar las imágenes o dibujos que se desean publicar, preferentemente insertados en el texto.
- En la cabecera del artículo deberán figurar los siguientes datos: nombre y apellidos del autor, agrupación o asociación astronómica a la que pertenezca y dirección de correo electrónico.
- Los artículos deberán venir precedidos por un breve resumen del contenido del mismo (4 líneas) en inglés y en español.
- OED tendrá una periodicidad semestral. La fecha límite de recepción de trabajos para el próximo número será el 1 de noviembre de 2018.
- En la web de OED se puede encontrar una guía con las instrucciones de formato y estilo para publicar en la revista (<http://elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com>), rogamos a los interesados leerlas con atención.

Tienes ante tus ojos un nuevo número de **El Observador de estrellas dobles**. 122 páginas llenas de astronomía de estrellas dobles, de investigaciones y observaciones de apasionados astrónomos amateur que dedican muchas horas a pensar, escribir y observar estos maravillosos astros que tanto nos gustan. Como cada uno de los veinte ejemplares que le han precedido, este también tiene su punto especial: el próximo, el que corresponde al primer semestre del próximo año, significará el décimo aniversario de esta publicación. Nada menos que 10 años, 22 números, casi 2500 páginas llenas de pasión e información.

Este número trae algo que nos alegra y motiva de forma especial, el bautismo en la observación de estrellas dobles de un nuevo observador: Fernando Limón que, además de cometas, asteroides y estrellas variables, ha aceptado el reto de probar las estrellas dobles. Ojalá que este, su primer trabajo relacionado con estos astros, represente el principio de una larga y fructífera afición por este apasionante campo de trabajo observacional. Su primer artículo publicado en **OED** lo dedica a actualizar el catálogo de estrellas dobles del astrónomo alemán Friedrich Argelander, todo un reto que ha superado con creces.

Antonio Egea publica dos excelentes trabajos. Uno de ellos sobre las estrellas de Luyten, las famosas LDS caracterizadas por tener un elevado movimiento propio común. Pero, además, tenemos el privilegio de publicar uno de esos trabajos que, a buen seguro, será muy consultado en los próximos años por todos los interesados en las estrellas dobles: un tutorial sobre Geogebra y sus posibilidades para el cálculo y la representación de órbitas de sistemas binarios.

Manuel J. del Valle publica el descubrimiento de 42 pares con movimiento propio común fruto de sus investigaciones sobre este tema. Formarán parte del Washington Double Star Catalog (WDS) y, gracias a su esfuerzo, conoceremos un poco más las verdaderas características de las estrellas de nuestra galaxia.

Antonio Agudo presenta un interesante artículo que, sin duda, es el anticipo de muchos trabajos que serán habituales publicaciones especializadas en estrellas dobles: el empleo de los datos de la reciente Data en Release 2 de la misión GAIA para constatar el carácter físico de sistemas binarios ya catalogados.

Y no podían faltar dos excelentes artículos relacionados con la obtención de medidas mediante técnicas como Lucky Imaging, de la mano de Rafael Benavides y Lluís Ribé, que presentan más de 200 medidas de gran precisión gracias al empleo de esta técnica.

Otro trabajo muy esperado y deseado es la segunda parte de la extensa biografía que Francisco M. Rica nos regala y que está dedicada a uno de los astrónomos históricos más queridos por todos los aficionados, S. W. Burnham. En esta segunda entrega el autor ahonda en los años que el astrónomo norteamericano pasó en Chicago, sin duda los más fecundos de su larga trayectoria científica.

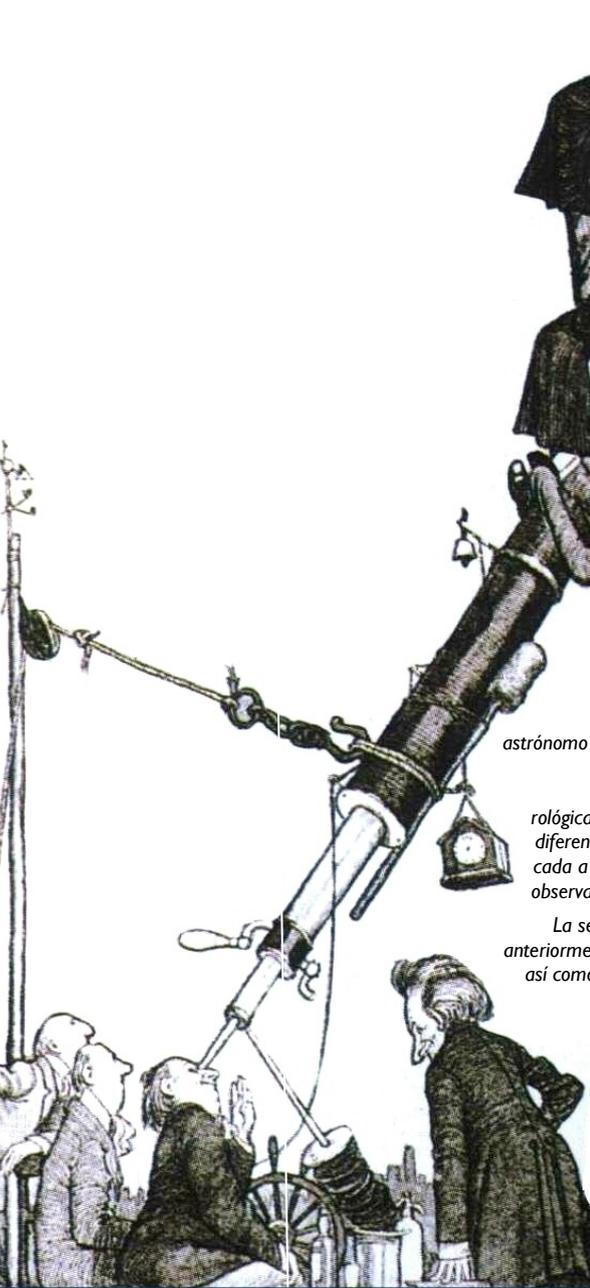
Además, publicamos los resultados de la 8ª campaña de observación de SEDA-WDS, aunque las condiciones meteorológicas han dificultado mucho la observación astronómica durante la pasada primavera. Ocho observadores de tres países diferentes han participado en esta campaña. Presentamos una nueva campaña para el segundo semestre de este año, dedicada a la constelación de Delphinus, bien situada para ambos hemisferios en los próximos meses. Animamos a todos los observadores interesados a participar en ella.

La sección "¿Por qué observo estrellas dobles?" recibe la firma invitada del gran aficionado alemán Joerg Schlimmer, que ya anteriormente ha publicado algunos trabajos en OED. No os perdáis su artículo en el que nos comenta sus inicios en este campo, así como sus principales logros conseguidos, todo un ejemplo a seguir por su buen hacer y constancia.

Finalmente, la sección Fuera de foco se viste gala para recibir la colaboración de Tonny Vanmunster, un reconocido fotometrista belga con un amplio historial observacional que le sitúa en la vanguardia de la observación astronómica amateur, especialmente en el campo de la exoplanetología y las estrellas variables cataclísmicas. Nos entrega un artículo inspirador que muestra todo lo que la pasión por la astronomía permite conseguir, además de presentarnos su recién inaugurado observatorio remoto localizado en los oscuros cielos de la dehesa extremeña.

Por nuestra parte, esperamos que este número sea de vuestro agrado, lo difundáis entre vuestros conocidos y os anime a participar de este mundo apasionante que son las estrellas dobles. Al menos, seguiremos intentándolo. ☺

¡Gracias a todos!
LOS EDITORES



director honorífico

editores

sitio web
colaboradores

Sr. D. José Luis Comellas García-Llera

Rafael Benavides Palencia
Juan-Luis González Carballo
Edgardo R. Masa Martín

rafaelbenpal@gmail.com
struve1@gmail.com
ermasa.dsa@gmail.com

www.elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com

Florent Losse, Rafael Caballero, José Martín Carro, Francisco Violat Bordonau, Juan Jordano, Francisco M. Rica, Carlos A. Krawczenko, Martine Castets, Bernard Tregon, Ángel M. López Borrega, Jesús R. Sánchez, Óscar Lleixà Subiràs, Paco Bellido, Ignacio Novalbos, Ángel R. López, Ángel Otero, Juan M.ª Díaz, Tomás Vázquez, Miguel Muro, Ángel Gómez Roldán, Javier Armentía, Margarita Granado, Pablo Santos Sanz, Israel Tejera Falcón, Josefina F. Ling, Rainer Antón, Brian D. Mason, David Galadí, Juan Lendínez, Antonio Agudo Azcona, Lluís Ribé de Pont, Germán Bresciano, Giuseppe Micello, J. A. Docobo, Carlos Alberto Lasgoity, T. Tobal, X. Miret, Francisco Soldán Alfaro, David Cejudo, Enrique de Ferra, Faustino García, Javier M. López Cuñat, Roberto Vasconi, Julio Castellano, W. Hartkopf, Luis Lahuerta, Salvador Lahuerta, José Antonio Caballero, Joerg Schlimmer, Mark Kidger, Gianni Galli, Manuel J. del Valle, Fco. Gutiérrez Turpin, Oleg Malkov, Vladimir Surdín, Giuseppe Donatiello, Marcel Fay, David Chiron, Blanca Troughton, Carme Jordà, Enzo de Bernardini, Amadeo Aznar, A. Egea, Fernando Limón, Tonny Vanmunster

con el apoyo de



por Edgardo Rubén Masa Martín
Miembro Asociado de la Comisión G1 de la UAI

El pasado mes de febrero se publicó la circular informativa nº 194 de la Comisión G1 de UAI.

En esta ocasión se presentan 38 nuevas órbitas de sistemas binarios calculadas en su mayoría por los astrónomos adscritos a los equipos del observatorio de Santiago de Compostela, España.

Debackère, continuando su trabajo con tres telescopios del proyecto LCOGT global telescope network, aporta 26 nuevos pares cerrados numerados desde DBR 272 hasta DBR 295.

Por otro lado, Kacper Wierzchos, desde el Observatorio Aravaca, en España, incluye 4 nuevas parejas observadas con CCD y un telescopio de 0,2 metros de apertura.

Para finalizar, como es habitual en las circulares publicadas en el mes de febrero, se incluye un listado con todos los artículos profesionales relativos a los sistemas binarios publicados a lo largo del año anterior. En concreto, durante 2017, el montante total de trabajos ascendió a 76. ©

Para descargar la circular n.º 194: <http://ad.usno.navy.mil/wds/bsl/cir194.pdf>

Para visitar la página de la Comisión G1 de la UAI: <http://ad.usno.navy.mil/wds/bsl/>



ASTRONOMÍA

Desde 1985 acercándote el mundo de la Astronomía

la revista esencial de
Astronomía en español



Astronomía ahora disponible en todos tus dispositivos

Disponible para Android, Windows 8, iOS



astronomia-mag.com

Rafael Benavides Palencia
 Juan-Luis González Carballo
 Edgardo Rubén Masa Martín

presentación de la 9ª campaña del Proyecto SEDA-WDS



Uno de los objetivos que proponíamos en el planteamiento inicial del Proyecto de Seguimiento de Estrellas Dobles Abandonadas del Washington Double Star Catalog (SEDA-WDS) era el de presentar campañas que sirvieran para actualizar el referido catálogo, administrado y mantenido por el Observatorio Naval de Estados Unidos (USNO). Con la publicación de este número de *El Observador* culmina la campaña dedicada a la constelación de Leo; es, pues, momento de presentar una nueva... y ya es la novena.



© JOSÉ JIMÉNEZ

ESTE OBJETIVO se encamina a la consecución de uno de nuestros propósitos fundamentales: **reducir el número de estrellas dobles consideradas abandonadas, así como el de promover la observación de estos astros entre la comunidad amateur**. Llegados a este punto quizá sea conveniente recordar, los **objetivos** del Proyecto SEDA-WDS:

1. Aportar datos actualizados al WDS.
2. Participar en un proyecto de colaboración Pro-Am de primer nivel.
3. Desarrollar un proyecto colaborativo entre la comunidad amateur internacional.
4. Aumentar el interés por la observación y estudio de las estrellas dobles, especialmente entre aquellos que no se dedican habitualmente a este campo de trabajo.
5. Fomentar el uso de las técnicas digitales que provienen del uso de las CCD para la realización de astrometría de estrellas dobles, un campo particularmente olvidado entre los amateurs, incluyendo técnicas novedosas como la interferometría Speckle o Lucky Imaging.
6. Publicar los resultados obtenidos en la revista "El Observador de Estrellas Dobles" para que sean incluidos en el WDS.

Para el desarrollo de este proyecto se procede a la selección de sistemas dobles y múltiples que cumplan con **una serie de requisitos** y que permitan a la mayoría de aficionados dotados de cámaras de captación de imágenes digitales obtener resultados de calidad suficiente como para ser incluidos en el WDS.

- Estrellas de magnitud inferior a la 16ª.
- Pares más abiertos que 1".
- Estrellas que, en la medida de lo posible, tienen datos poco actualizados en el WDS o que hace al menos un par de décadas que no se observan. No obstante, en algunos casos este criterio puede no ser tenido en cuenta en función del interés que un sistema determinado pueda presentar.

Como puede observarse en los criterios anteriormente expuestos, para la presente campaña se ha considerado adecuado **mantener la modificación que planteábamos en las anteriores campañas**, en aras de explotar el potencial del instrumental de algunos de los colaboradores que, en los últimos seis meses, se han sumado a esta iniciativa. Por ello, se ha procedido a **reducir la separación** (valor rho) de los pares objeto de estudio, pasando de los $\geq 3''$ originales a $\geq 1''$. Esta ligera modificación de criterios hace crecer aún más el interés científico de SEDA-WDS al aumentar notablemente el campo de las estrellas dobles, precisamente las más interesantes y abandonadas.

En la presentación de campañas anteriores se hacían las oportunas **recomendaciones metodológicas** (uso de software adecuado, presentación y envío de las medidas, etc.), por lo que aconsejamos al observador interesado que visite la página web del Proyecto para tener una mayor información al respecto; no obstante, recordamos que existen dos programas específicos para la realización de la astrometría que permiten obtener los valores theta y rho de cada sistema: para la absoluta recomendamos el uso de **Astrometrica**, mientras que para la relativa el archiconocido **Reduce**, de nuestro colaborador y amigo Florent Losse.

Puesta al día

En este mismo número de *El Observador* de Estrellas Dobles presentamos los resultados de la campaña del Proyecto SEDA-WDS, correspondiente a la que se desarrolló durante el primer semestre de 2018, centrada en la constelación de Leo.

Como podréis ver en el artículo referido, hemos recibido cerca de 50 mediciones CCD realizadas por 7 observadores independientes. Nos llena de satisfacción ver que el relanzamiento del Proyecto no ha caído en

saco roto y que hay doblistas interesados. Por cierto, algunos observadores que han participado en dicha campaña eran novatos en estas lides y se puede decir que ya dominan la técnica. Desde aquí les animamos a continuar y les agradecemos sinceramente su colaboración. Sus medidas aparecerán individualmente en el WDS (para algunos será la primera vez), lo cual debe significar para ellos un merecido premio a su labor.

La presente campaña

Para el semestre de julio/diciembre de 2018 hemos procedido a seleccionar las 20 estrellas dobles del WDS que cumplen los requisitos del Programa en la **constelación de Delphinus**. Tal y como ya ocurrió con la anterior campaña, esta constelación presenta la ventaja de que puede ser observada tanto desde el hemisferio norte como el sur, en aras de propiciar la participación de nuestros compañeros de Iberoamérica, argentinos en su mayor parte.

Como las campañas tienen una duración de 6 meses, los resultados deberán enviarse en el formato adecuado **antes del 1 de diciembre de 2018** (la tabla de Excel para enviar los resultados puede obtenerse en la página web del Proyecto). Recordamos que las medidas enviadas por cada observador aparecerán publicadas en el WDS bajo el código colectivo del Proyecto (SDA).

La constelación seleccionada para la presente campaña es Delphinus.

Remitimos a los astrónomos interesados a la web oficial del Proyecto para poder conocer de forma detallada los sistemas seleccionados y poder **descargarse el listado completo de estrellas propuestas** ordenadas por ascensión recta.

El proyecto en cuestión se asienta sobre **dos pilares básicos**: calidad de las medidas y cooperación entre los observadores, pues sólo así será posible colaborar en la reducción de las lagunas observacionales de los catálogos profesionales.

Volvemos a recordar que materializar los objetivos y propósitos expuestos sólo exige un requisito previo: disponer de cámara CCD (o webcam), no siendo necesario inscribirse ni darse de alta, como tampoco es preciso determinar un mínimo (o un máximo) en los pares observados.

No es necesario modificar excesivamente la rutina de trabajo de un observador que, por ejemplo, suele dedicar su tiempo de observación a realizar astrometría y/o fotometría de asteroides, cometas, estrellas variables o supernovas; simplemente se trata de dedicar parte del tiempo al apasionante mundo de la astrometría de estrellas dobles, **uno de los campos de trabajo más puramente astronómicos** que, en el caso de los amateur, presenta una idoneidad de difícil parangón. ☺

PROYECTO SEDA-WDS | CAMPAÑA DE OBSERVACIÓN JULIO/DICIEMBRE 2018 | CONTELACIÓN: DELPHINUS

Id. WDS	Descubridor	Última	N.º Medidas	Theta	Rho	Mag A	Mag B	MP A	MP B	Código WDS	Coordenadas
20156+1526	HDS2887AB	1991	2	244	4.7	8.85	13.18	-12/-12	14/4240		201533,68+152612,9
20198+1203	J 837	1977	11	297	2	10.8	11.9	-18	11/4221		201952,01+120310,4
20201+1109	A 1206	1947	5	269	3	9.32	12.3	-38	10/4250		202005,15+110906,6
20210+1028	J 838	2016	27	119	6.8	12.5	12.6	-25/14		NO	202100,67+102821,0
20247+0302	J 1342	1957	2	307	2.7	12.1	12.8	-42			202444,82+030503,2
20278+1935	TDT2296	1991	1	359	1.6	11.23	11.41	-5			202745,53+193508,0
20311+1248	J 562	1975	10	145	2.2	10.1	10.7	-25	12/4360		203107,27+124652,8
20329+1142	J 1AB	2015	33	57	2.1	10.04	10.57	-75/-76	11/4302	O	203252,76+114437,2
20331+0525	TDT2364	1991	1	241	2.2	10.9	11.73	5/5			203306,61+052430,4
20350+1134	BRT3358	1907	1	311	4.9	12.84	13.27	9		B	203458,10+113344,5
20373+0332	BAL2539	1910	1	101	18	12.16	12.3	-5			203717,83+033212,3
20419+1150	HEI 588	1994	2	304	2.2	10.55	10.9	8	11/4358		204154,90+115113,5
20422+0724	J 571	1911	2	255	3.9	9.4	11			X	
20453+1715	GWP2993	1990	1	103	10.2	11.4	16.8	40/42		V/R	204520,72+171516,7
20471+0253	TDT2536	1991	1	348	1.6	11.09	11.79	-7/-7			204704,45+025256,8
20485+1450	BRT1349	1905	1	46	2.7	11.7	12	5			204828,42+144945,1
20560+0840	TDT2638	1991	1	97	2.2	11.12	12.16	0/0			205600,36+083937,4
20562+0728	LDS4861	1960	1	90	2	14.04	15.7	201/201			205617,28+072732,8
21050+1243	SLE 518AD	1982	1	119	4.6	8.96	11.4	37		N	210502,23+124320,5
21056+1443	TDT2738CD	1991	1	190	1.9	11.85	12.04	32/32		N	210536,04+144158,1

Más información y listado completo para descargar en la página web del Proyecto:

<https://sites.google.com/site/sedawds>



Resultados de la 8ª campaña del Proyecto SEDA-WDS: dobles abandonadas en Leo (1er semestre de 2018)

Results of the 8th Campaign of SEDA-WDS Project:
Neglected Double Stars in Leo (1st Half of 2018)

Rafael Benavides Palencia, Enrique de Ferra Martín, Román García Verdier, Fernando Limón, Gianpiero Locatelli, Ramón Sobrino Muñoz, Francisco C. Soldán Alfaro y Roberto Vasconi

■ Correo-e: seda-wds@gmail.com

Presentamos las medidas recibidas por parte de los observadores participantes en la campaña dedicada a la constelación de Leo del Proyecto SEDA-WDS. Dichas medidas corresponden al primer semestre del año 2018.

We present the measurements received by the participant observers in the SEDA-WDS Project campaign (Leo constellation). These measurements are from the first semester of 2018.

El programa observacional

LA CONSTELACIÓN ESCOGIDA FUE LEO. Al estar atravesada por la eclíptica y ser bien visible desde ambos hemisferios es un objetivo perfecto.

Los observadores

En esta ocasión hemos contado con observadores repartidos entre España, Italia y Argentina. En la tabla 1 (página siguiente) damos relación de todos ellos, así como del equipo observacional usado y la resolución/píxel a la que han trabajado cada uno de ellos.

Los códigos de observadores son propios y de carácter interno dentro de nuestro proyecto, aunque muchos de ellos son los mismos adjudicados por el propio Brian Mason. Como hemos comentado en anteriores campañas, cada una de las medidas aportadas aparecerá en el Washington Double Star Catalog (en adelante WDS) con el código asignado al proyecto SEDA-WDS del que todos formamos parte (SDA).

Según la preferencia de cada observador, las imágenes obtenidas fueron medidas mediante dos métodos principales (tabla 2, página siguiente):

—**Reduc**: específico para el trabajo y medida en estrellas dobles. Su creador es el conocido doblista francés, y querido colaborador nuestro, Florent Losse.



La constelación de Leo en la *Uranographia* de J. Hevelius (1690)

—**Astrométrica**: programa muy utilizado para el cálculo de astrometrías absolutas creado por Herbert Raab.

Ambos métodos son totalmente fiables, obteniéndose unos resultados totalmente comparables entre ellos.

Resultados

Desgraciadamente estos meses de buena visibilidad, cuando mejor situada estaba la constelación, se

OBSERVADOR	TELESCOPIO	CCD	ESCALA DE PLACA (" / PÍXEL)	CÓDIGO
Rafael Benavides	Schmidt-Cassegrain 280 mm	ZWO ASI 290 MM	0,209	BVD
Ramón Sobrino	Meade LX200 406 mm	ASI 174 monocroma	0,29	SOB
Fernando Limón	Schmidt-Cassegrain 203 mm	Atik 314L+	0,85	LIM
Francisco Soldán	Schmidt-Cassegrain 203 mm	Atik 314L	1,95	SDN
Roberto Vasconi	Maksutov-Cassegrain 180 mm	QHY6	0,74	RVA
Román García	Newton 180 mm	ZWO-ASI120MC	0,64	ROM
Enrique de Ferra	Newton TSO 150 mm	Atik 16IC	2,03	EDF
Gianpiero Locatelli	Meade LX 200 250 mm	QHY9	0,4	LOC

Tabla 1. Relación de observadores, instrumental usado y resolución a la que han tomado las imágenes.

NOMBRE OBSERVADOR	MÉTODO
Enrique de Ferra	Astrometrica+Reduc
Gianpiero Locatelli	Reduc
Francisco Soldán	Astrometrica
Román García	Astrometrica+Reduc
Roberto Vasconi	Astrometrica+Reduc
Ramón Sobrino	Reduc (Lucky Imaging)
Fernando Limón	Reduc
Rafael Benavides	Reduc (Lucky Imaging)

Tabla 2. Métodos de reducción usados por cada observador.

han visto perjudicados por una meteorología adversa que ha complicado hasta límites insospechados las condiciones en la observación, haciendo imposible en muchos casos la misma y dejándose, por tanto, sin estudiar muchos de los pares incluidos en el programa. Debido a estos motivos se han observado 9 sistemas de los 17 propuestos en la campaña.

La estrella doble BAL 1157, aunque se ha buscado, no ha podido ser identificada con todas las garantías por lo que no se incluye en la tabla con los resultados astrométricos.

Agradecimientos

A cada uno de los observadores que han participado en esta campaña que con su esfuerzo e ilusión hacen posible que este proyecto sea realidad. ☺

Referencias

Reduc: <http://astrosurf.com/hfosaf/>

Astrometrica: <http://www.astrometrica.at/ArtSoftUtil/Software.html>

Mason, B.D., Wycoff, G.L., Hartkopf, W.I., Douglas, G.G. et Worley, C.E. 2011 – Washington Double Star Catalog y actualizaciones electrónicas mantenidas por el USNO: <http://ad.usno.navy.mil/wds/>

This research has made use of the Washington Double Star Catalog maintained at the U.S. Naval Observatory

GALERÍA DE IMÁGENES



LDS 3896



TDS 6906



STF 1396 AB



HEI 492



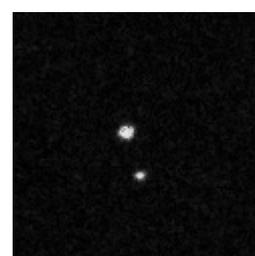
STT 215



HJ 2551



LDS 5742



SLE 889

TABLA 3. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS EN LEO.

WDS ID.	DESC.	WDS MAGS.		ÉPOCA	THETA (^o)	RHO (^{''})	NOCHES	OBSERV.	NOTAS
09287+3055	LDS3896	12,8	13,4	2018,297	286,29	4,173	1	LOC	1
				2018,210	285,07	4,183	1	BVD	
09561+2433	TDS6906	10,96	11,07	2018,210	70,0	0,961	1	BVD	2
09564+1040	STF1396AB	8,79	10,42	2018,210	130,54	3,767	1	SOB	3
				2018,210	130,24	3,892	1	BVD	
10062+0911	HEI 492	10,95	11,27	2018,210	93,49	1,199	1	BVD	
10163+1744	STT 215	7,25	7,46	2018,210	176,36	1,471	1	BVD	4
10578+1314	HJ 2551	12,39	12,33	2018,237	196,96	28,005	1	LIM	
				2018,366	196,32	27,734	1	EDF	
				2018,368	196,21	27,912	1	LOC	
				2018,341	196,40	27,94	1	SDN	
				2018,245	196,27	27,87	1	ROM	
11239+1032	STF1536AB	4,06	6,71	2018,152	93,3	2,131	2	SOB	5
11489+1802	LDS5742	14,1	15,1	2018,385	109,47	4,391		RVA	6
11504+1508	SLE 889	12,80	14,30	2018,366	19,03	16,707	1	EDF	
				2018,415	19,06	16,568	1	LOC	
				2018,415	19,1	16,68	5	SDN	
				2018,385	16,31	16,978	1	RVA	

Utilización de los datos procedentes de Gaia DR2 para revisar el carácter físico de 154 estrellas dobles del catálogo Tycho Double Star

Using data from Gaia DR2 to discuss the physical nature of 154 double stars from Tycho Double Star Catalogue

Antonio Agudo Azcona

Observatorio Las Vaguadas (IAU MPC 154)

■ Correo-e: agudo.fyq@gmail.com | Blog: elrelojdelasguardas.blogspot.com

En este trabajo se presenta la revisión de 154 estrellas dobles del catálogo TDS con separaciones angulares comprendidas entre 3 y 4 segundos de arco con objeto de confirmar o descartar su carácter físico. Los datos utilizados para realizar la discusión proceden de la segunda liberación de datos del proyecto Gaia. Los resultados muestran que en 64 pares no se puede confirmar o descartar la relación física entre sus componentes por carecer de datos suficientes, en 22 se descarta la posible relación física y en 68 de ellos se puede afirmar que son pares de movimiento propio común. De este último grupo una gran parte de ellos presenta una elevada probabilidad de ser sistemas binarios. Para los pares de movimiento propio común se incluyen las coordenadas precisas y se ha calculado la astrometría relativa para época 2015,5.

In this paper is shown a review of 154 TDS catalogue double stars with angular separations between 3 and 4 seconds of arc in order to confirm or reject their physical nature. GAIA data Release 2 is used to do the discussion. The results show that 64 pairs must be still considered as uncertain nature systems because there isn't enough data from Gaia DR2, 22 pairs must be considered as not physical systems and the remaining 68 may be considered as common proper motion systems. Most of double stars of this group show high probability of physical nature. For the common proper motion systems the precise coordinates and the computed relative astrometry for epoch 2015.5 is included.

Introducción

LA MISIÓN GAIA de la Agencia Espacial Europea (Gaia Collaboration, 2016) tiene por objetivo fundamental hacer un mapa tridimensional de nuestra Galaxia. Las medidas son realizadas por el satélite Gaia que fue lanzado en diciembre de 2013 y que está situado en el punto de Lagrange L2 del sistema Sol-Tierra. Los instrumentos del satélite Gaia han realizado y seguirán realizando medidas hasta 2019 de las posiciones, distancias, movimientos propios y otras características físicas de más de 1000 millones de estrellas de hasta la 20ª magnitud, con una precisión que alcanza unas pocas millonésimas de segundo. Hasta el día de hoy se han realizado dos liberaciones de datos, en septiembre de 2016 (Gaia DR-1) y en abril de 2018 (Gaia DR-2) (Gaia Data Release 2, 2018). Esta última es la que se ha utilizado para realizar el estudio que presento en este artículo.

El Tycho-2 Catalogue (Hog et al, 2000) es un catálogo de referencia que contiene las posiciones, movimientos propios y fotometría B_T y V_T para 2,5 millones de estrellas que se obtuvo a partir de las ob-

servaciones realizadas por el satélite Hipparcos de la Agencia Espacial Europea en la última década del siglo pasado.

A partir de la reducción de datos del Tycho-2 catalogue en diferentes etapas (Mason et al, 2000) se elaboró en 2002 el Tycho Double Star Catalogue (TDSC) (Fabricius et al, 2002), que es un catálogo que contiene astrometría absoluta y fotometría B_T y V_T para 66219 estrellas pertenecientes a 32631 estrellas dobles y sistemas múltiples. Muchos de estos sistemas, cuando se sacaron a la luz, ya estaban incluidos en el Washington Double Star Catalog (WDS) (Mason et al, 2003), y por lo tanto figuran con sus correspondientes códigos de descubridor. Sin embargo, los nuevos sistemas que se obtuvieron figuran bajo los códigos TDS y TDT. Se tuvo que recurrir a dos diferentes códigos porque el número de nuevos pares era superior a 10000 y a efectos de formato en el WDS se decidió que la denominación de un par no tuviera más de 4 dígitos.

Muchas de las estrellas dobles TDS y TDT del catálogo han sido observadas muy pocas veces como

tales pares. Es más, en una gran parte de ellas solo se dispone de una medida, la obtenida a partir de los datos del satélite Hipparcos en 1991. Por ello un gran número de ellas todavía están por confirmar, no sabemos si en realidad son sistemas dobles y en caso de que lo sean, se necesita determinar si son sistemas ópticos o presentan alguna relación física.

Con esa idea, la de confirmar la naturaleza de estos sistemas dobles, se ha realizado el presente artículo. Para ello se decidió seleccionar una muestra de estrellas dobles que por su separación angular tuvieran una gran probabilidad de constituir sistemas binarios y que al mismo tiempo fueran accesibles a una buena parte de los observadores aficionados a las estrellas dobles, con idea de que en un futuro se pudiera seguir haciendo un seguimiento de estos pares. De esta forma se seleccionaron sistemas dobles cuya separación angular estuviera comprendida entre 3 y 4 segundos de arco.

Metodología

Una vez se determinó acotar el estudio a los pares con separaciones angulares comprendidas entre 3 y 4 segundos de arco, se procedió a realizar la selección de los sistemas utilizando la página web Stelle Doppie (Sordiglioni, Double Star Database). Esta web dispone de un acceso directo a la base de datos del WDS, pero además ofrece la comodidad de tener una función de búsqueda avanzada que permite realizar los filtrados de los pares basándose en diferentes parámetros. De esta forma se obtuvo la muestra de estudio (154 sistemas dobles) y sus coordenadas ecuatoriales.

Posteriormente se utilizó el atlas interactivo Aladin Sky Atlas (Bonnarel et al, 2000) para visualizar cada par y observar si se disponían de los datos procedentes de Gaia DR2 para las dos componentes. En esta fase se hizo el primer cribado de resultados porque en 64 pares de la muestra no se disponían de datos para las dos componentes. Además, en algunos casos aislados también se pudo observar que la astrometría relativa que se deducía de los datos que ofrecía Gaia DR2 no coincidía con la que aparecía en WDS.

En los sistemas dobles en los que Gaia DR2 ofrecía datos para ambas componentes se utilizó VizieR, servicio de catálogos astronómicos del Centre de Données astronomiques de Strasbourg, (Ochsenbein et al, 2000) para recopilar de cada estrella las coordenadas ecuatoriales (época 2015.5), la paralaje, los movimientos propios, las velocidades radiales, cuando fue posible, y el número de buenas medidas utilizadas para obtener las soluciones astrométricas. Las paralajes y los movimientos propios se acompañaron de sus errores estándar.

Con estos datos se hizo el segundo cribado, ya que en 22 de los pares se vio claramente que las paralajes y/o los movimientos propios eran muy diferentes, por lo que se podía descartar la posible relación física de sus dos componentes.

A los 68 pares restantes, donde se observaron paralajes y movimientos propios muy similares para ambas componentes, se les sometió al criterio de Halbwachs (Halbwachs, 1986) con el objetivo de confirmar si constituyen pares de movimiento propio común. Este criterio, como es bien sabido, considera que dos estrellas constituyen un par de movimiento propio común (MPC), si sus movimientos propios tienen un nivel de semejanza del 95%, y para ello es necesario que satisfagan la condición:

$$(\mu_1 - \mu_2)^2 < -2 \cdot ((\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2) \cdot \ln 0,05$$

Donde μ_1 y μ_2 son los movimientos propios de ambas componentes y σ_1 y σ_2 las respectivas desviaciones estándar de los movimientos propios. Como en GAIA los movimientos propios van acompañados del error estándar de la media, hubo que calcular la desviación estándar para poder aplicar el criterio de Halbwachs.

Además, se calculó el parámetro T (Rica, 2004), que es el tiempo que tarda en recorrer el sistema la separación angular ρ mediante su movimiento propio μ . La fórmula utilizada para calcular T es:

$$T = \frac{\rho}{\mu}$$

Para valores de $T < 1000$ se considera que hay una probabilidad superior al 99% de que exista una relación física entre ambas componentes. Si $1000 > T > 3500$, la probabilidad de relación física se considera superior al 60 % y para $T > 3500$ se considera que la probabilidad de relación física es muy baja.

Finalmente, utilizando las coordenadas precisas para época 2015,5 se calculó la astrometría relativa para cada uno de los sistemas de movimiento propio común.

Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 1, 2 y 3.

En la tabla 1 se pueden observar los 64 sistemas dobles en los que usando los datos de Gaia DR2 no se puede confirmar la naturaleza del sistema doble y por lo tanto continúa siendo incierta. En estos sistemas nos encontramos en la mayoría de las ocasiones con que Gaia no ofrece datos de alguna de las dos componentes. Los motivos de esta situación se discuten más adelante en el apartado de discusión y conclusiones.

En la tabla 2 se muestran 22 sistemas en los que a partir de los datos obtenidos por Gaia podemos afirmar que se trata de sistemas dobles en los que entre sus componentes no existe relación física. Ninguno de ellos cumplen la condición de Halbwachs, por lo que no se consideran pares de MPC y además presentan paralajes diferentes y velocidades radiales (si el dato

TABLA 1

ID	COMENTARIO	ID	COMENTARIO	ID	COMENTARIO	ID	COMENTARIO
TDS1372	(2)	TDS4767	(2)	TDS6567	(2)	TDS8274	(2)
TDS1568	(1)	TDS4828	(2)	TDS6619	(2)	TDS8419	(2)
TDS2534	(2)	TDS4931	(2)	TDS6734	(2)	TDS8440	(2) (3)
TDS2802	(1)	TDS5212	(2)	TDS7138	(2)	TDS8446	(2)
TDS2947	(2)	TDS5426	(2)	TDS7165	(2) (3)	TDS8485	(2)
TDS3770	(2)	TDS5470	(2) (3)	TDS7386	(2)	TDS8766	(2) (3)
TDS3923	(2)	TDS5614	(2)	TDS7443	(3) (4)	TDS701	(2)
TDS3997	(2)	TDS5875	(2)	TDS7542	(2)	TDS8900	(2)
TDS4069	(2)	TDS5979	(2)	TDS7554	(2)	TDS9030	(2) (3)
TDS4219	(2)	TDS6022	(2)	TDS7593	(2)	TDS9040	(2) (3)
TDS4275	(2)	TDS6087	(2)	TDS7607	(2)	TDS9470	(2) (3)
TDS4333	(2)	TDS6138	(2)	TDS7676	(2)	TDS9697	(2)
TDS4386	(2)	TDS6229	(2)	TDS7971	(2)	TDS9791	(1) (2)
TDS4534	(2)	TDS6269	(2)	TDS8092	(2)	TDS9796	(2) (3)
TDS4641	(2)	TDS6417	(2)	TDS8119	(2)	TDS9851AB	(2)
TDS4723	(2)	TDS6482	(2)	TDS8136	(2)	TDS9870	(2) (3)

(1) Gaia DR2 no ofrece información de la primaria o bien no existe; (2) Gaia DR2 no ofrece información de la secundaria o bien no existe; (3) Existen otras estrellas cercanas sin relación física; (4) no aparecen estrellas en esa posición.

está disponible) diferentes.

Merece la pena detenerse en TDS2845, porque si bien no cumple la condición de Halbwachs, si es cierto que presenta paralajes y velocidades radiales similares, por lo que este par debería continuar estudiándose. La astrometría relativa del sistema para época 2015,5 es $\rho=2,97$; $\theta=113,8$.

Finalmente en la tabla 3 se presentan los 68 pares que pueden considerarse de movimiento propio común, ya que cumplen la condición de Halbwachs.

En uno de los casos (TDS8358) la probabilidad de relación física es muy pequeña tras aplicar el criterio del parámetro T. Además como puede observarse, las velocidades radiales de ambas componentes son bastante diferentes, por lo que es muy probable que no se trate de un sistema binario. En 7 casos la probabilidad de relación física basándonos en el criterio del parámetro T es superior al 60% y en los 60 sistemas restantes esta probabilidad es superior al 99 %. De este último grupo, se pueden resaltar los sistemas TDS4259, TDS4943, TDS8303 y TDS8370, en los que a la vista de sus paralajes, elevados movimientos propios y velocidades radiales pueden constituir ejemplos de lo que se daría en llamar "binarias de libro".

Discusión y conclusiones

En el presente estudio se ha procedido a confirmar la naturaleza física de estrellas dobles del catálogo TDS, usando los datos proporcionados por la segunda liberación de datos del proyecto Gaia. De 154 sistemas estudiados, en 22 se ha descartado la posible relación física, en 64 no se ha podido realizar ninguna evaluación y en 68 se ha sacado a la luz la existencia de una relación física.

Los resultados obtenidos conducen a hacer una reflexión acerca de la naturaleza de los sistemas del catálogo TDS (y por ende también de los TDT). Analizando los datos previos de los movimientos propios relativos (rPM) que aparecen en la base de datos de Stelle Doppie, que se nutre del WDS, se puede observar que de los 154 sistemas estudiados, 82 estaban considerados de naturaleza incierta, 71 como sistemas dobles no físicos y tan solo 1 (TDS3480) como sistema doble con relación física. El desglose para cada uno de los grupos estudiados se muestra en la tabla 4.

A partir de los datos de esta tabla se puede obtener una primera conclusión, a saber, que la mayoría de los sistemas que eran considerados previamente de naturaleza incierta, continúan siéndolo según los datos

TABLA 2.

ID	PARALAJE (MAS)	PMRA (MAS/AÑO)	PMDE (MAS/AÑO)	VRADIAL (KM/S)	COMENTARIO
TDS1967	0,2056	-1,678	-0,199	-46,99	
	1,0318	0,562	-0,764	-1,54	
TDS2007	0,7451	6,406	-4,747	-27,83	
	0,8006	2,202	-3,814	-18,81	
TDS2497	2,1494	12,569	24,760		
	1,8251	16,918	2,121		
TDS2845	1,2074	-1,268	-8,031	29,99	(*)
	1,3673	-0,817	-6,477	29,93	
TDS3208	-9,5791	0,237	-8,761		
	1,0032	3,654	-4,446		
TDS3552	1,3668	4,118	-2,660		
	1,6063	2,065	-3,227		
TDS3781	2,6656	0,241	-0,108		
	1,9389	2,193	1,380	39,97	
TDS4432	3,1709	-27,467	16,119	59,45	
	2,1397	-8,632	-2,843		
TDS4706	1,2597	-2,982	8,219		(**)
	0,1457	-1,817	2,562		
TDS5382	1,6304	-1,899	6,626	38,38	
	0,9991	-7,806	-0,352	7,68	
TDS5509	0,5537	-3,103	1,829	43,42	
	0,8051	-5,344	4,899	61,87	
TDS5746	0,9494	-9,491	-17,473	44,82	
	1,5116	-4,625	-4,563	-0,07	
TDS5805	-1,5474	5,354	3,485	-16,95	
	3,4427	5,042	7,880	-20,67	
TDS6634AB	8,9849	-15,646	46,409	18,55	
	8,6756	-25,861	54,755	15,45	
TDS7572	3,0922	10,460	-26,091	41,61	(**)
	0,2867	-7,107	3,080		
TDS8290	1,0180	-11,335	7,969	51,53	
	0,8217	-6,250	2,116	-23,89	
TDS8635	2,2949	-8,124	21,266	-9,40	
	0,8218	-8,083	-0,890		
TDS9060	0,4647	-5,679	-1,743		
	1,7859	3,693	0,467		
TDS9232	1,4671	-10,650	-14,150	-52,89	
	1,2839	-0,281	-11,143	-23,66	
TDS9307	1,8031	-16,328	-14,131	-49,80	
	1,8157	-24,593	-21,169		
TDS9723	2,4397	-0,083	2,222	23,32	
	0,8440	-3,746	-4,798	-30,04	
TDS9851AC	3,9901	-2,217	-25,008		
	0,7384	7,882	-9,517		

(*) Basándonos en los movimientos propios no cumple la condición de Halbwachs, pero las paralajes y velocidades radiales son muy similares por lo que en este par no debería descartarse al 100 % la probabilidad de una relación física y debería seguir estudiándose ($Rho=2,97$; $Theta=113,8$).

(**) La secundaria aparece en otra posición diferente a la referenciada en WDS.

TABLA 3.

ID	RHO	THETA	COORDENADAS PRECISAS	PARALAJE (mas)	PMRA (mas/año)	PMDE (mas/año)	PROBAB. FÍSICA	Vradial (km/s)
TDS1625	3,34	16,1	00 48 40,03 +71 05 41,5	1,2507	-1,839	0,348	60%	
			00 48 40,22 +71 05 44,7	1,2362	-2,259	0,470		
TDS1896	3,53	134,0	01 31 00,73 -74 45 49,5	3,1476	0,930	-3,244	60%	15,29
			01 31 01,38 -74 45 51,9	3,2435	0,889	-3,736		
TDS1977	3,11	18,3	01 44 25,72 -42 09 00,0	1,6150	-3,216	-6,506	99%	15,13
			01 44 25,81 -42 08 57,1	1,6048	-3,094	-6,092		
TDS2128	3,76	112,4	02 07 42,22 +53 22 07,6	4,6309	36,089	4,866	99%	4,30
			02 07 42,61 +53 22 06,1	4,6744	36,211	5,610		-3,20
TDS2905	3,14	350,5	04 35 45,83 -16 59 09,2	1,7162	12,083	3,155	99%	39,81
			04 35 45,79 -16 59 06,1	1,8260	12,011	3,357		40,10
TDS3003	3,36	245,7	04 54 53,69 +06 06 33,1	1,9969	8,106	3,897	99%	19,25
			04 54 53,48 +06 06 31,7	2,1591	7,914	3,971		18,90
TDS3059	3,46	146,7	05 05 02,25 -56 42 21,1	6,8760	10,182	-12,839	99%	32,84
			05 05 02,48 -56 42 24,0	6,8748	10,687	-13,077		32,19
TDS3155	3,22	149,8	05 21 14,82 +69 36 32,0	1,4402	-2,030	2,683	99%	18,50
			05 21 15,13 +69 36 29,2	1,4129	-2,706	2,231		16,79
TDS3223	3,25	67,6	05 31 14,60 -23 27 00,9	1,8319	2,587	-0,477	60%	53,18
			05 31 14,82 -23 26 59,7	1,8189	2,438	-0,791		
TDS3236	2,95	55,1	05 33 32,84 +69 31 06,1	1,9142	10,787	-3,697	99%	5,70
			05 33 33,31 +69 31 07,8	1,9444	10,644	-3,480		
TDS3259	3,60	232,9	05 37 13,73 -17 49 09,6	1,9180	2,974	4,651	99%	12,08
			05 37 13,53 -17 49 11,7	2,0179	3,062	4,578		
TDS3332	3,17	54,7	05 46 28,95 -10 42 30,4	2,5720	10,073	-5,262	99%	25,52
			05 46 29,12 -10 42 28,6	2,5924	9,941	-5,875		
TDS3480	3,15	213,6	06 00 13,02 +29 16 26,1	1,1123	-3,006	-6,798	99%	
			06 00 12,89 +29 16 23,5	1,0371	-3,545	-7,016		
TDS3716	3,17	330,4	06 18 07,33 +47 53 43,2	16,1011	17,789	-90,218	99%	-2,18
			06 18 07,17 +47 53 45,9	16,0050	17,890	-88,996		
TDS4259	3,23	300,9	06 53 35,96 +71 45 44,8	4,7703	-14,397	-28,978	99%	14,82
			06 53 35,37 +71 45 46,4	4,8513	-13,261	-29,105		15,18
TDS4394	3,34	0,8	07 01 27,64 -18 21 59,8	4,2740	7,738	-8,521	99%	-1,38
			07 01 27,64 -18 21 56,5	4,2845	7,859	-9,067		-2,03
TDS4650	3,39	278,8	07 16 07,62 +34 11 38,3	1,7182	1,459	-1,228	60%	7,83
			07 16 07,35 +34 11 38,9	1,6967	1,310	-1,297		7,97
TDS4682	3,90	219,0	07 17 43,39 -17 49 11,3	0,7626	-3,445	-0,961	60%	41,31
			07 17 43,22 -17 49 14,3	0,7602	-3,676	-0,281		
TDS4943	3,88	289,2	07 34 12,45 +64 49 17,0	2,4843	-1,763	-22,592	99%	-13,40
			07 34 11,87 +64 49 18,3	2,5658	-3,032	-22,080		-14,32
TDS4955	3,23	34,6	07 35 00,91 -32 08 44,1	1,1284	-3,939	-0,735	99%	20,25
			07 35 01,05 -32 08 41,5	1,0772	-3,825	-0,864		
TDS4961	7,81	114,7	07 35 21,28 -76 40 50,9	8,8640	44,511	-27,461	99%	36,85
			07 35 23,33 -76 40 54,2	8,8862	46,244	-26,663		
TDS4991	3,43	330,5	07 37 28,54 -30 25 58,2	1,0853	-5,532	4,661	99%	
			07 37 28,41 -30 25 55,2	1,0721	-5,515	4,921		
TDS4999	3,38	288,3	07 38 16,42 +06 50 17,8	1,5753	-4,964	-7,823	99%	12,07
			07 38 16,21 +06 50 18,9	1,5915	-4,929	-8,106		12,77

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. (CONT.).

ID	RHO	THETA	COORDENADAS PRECISAS	PARALAJE (mas)	PMRA (mas/año)	PMDE (mas/año)	PROBAB. FÍSICA	Vradial (km/s)
TDS5196	2,48	116,9	07 46 55,68 -19 20 22,1	0,3841	-0,779	0,637	60%	
			07 46 55,84 -19 20 23,3	0,5437	-1,068	0,423		
TDS5219	3,75	123,9	07 48 18,40 -38 22 37,4	5,0906	-20,721	14,408	99%	
			07 48 18,66 -38 22 39,5	5,1530	-22,076	15,116		
TDS5250	3,70	228,4	07 50 02,17 -38 43 29,8	1,5924	-3,694	-0,015	60%	
			07 50 01,93 -38 43 32,3	1,6993	-3,937	-0,001		
TDS5295	3,46	57,5	07 52 20,55 -07 27 17,9	1,4305	-5,009	9,053	99%	40,17
			07 52 20,75 -07 27 16,1	1,7728	-5,341	8,476		
TDS5315	3,03	152,8	07 53 52,03 +71 57 01,4	2,4498	-20,772	-12,462	99%	
			07 53 52,33 +71 56 58,7	2,4541	-20,239	-12,258		
TDS5394	3,39	151,7	07 58 09,77 +58 45 14,0	2,8002	12,780	5,812	99%	
			07 58 09,98 +58 45 11,0	2,8479	11,983	5,964		
TDS5550	3,29	292,0	08 07 23,69 +77 15 11,8	1,2645	-6,221	-12,297	99%	-17,26
			08 07 22,77 +77 15 13,0	1,3956	-6,483	-12,276		-16,57
TDS5673	2,41	169,9	08 17 01,01 -51 36 40,2	2,0120	-2,072	4,950	99%	15,44
			08 17 01,06 -51 36 42,6	2,0764	-1,945	5,031		16,90
TDS6303	3,66	200,9	09 05 11,68 +71 08 59,9	2,2193	-1,733	7,291	99%	7,42
			09 05 11,42 +71 08 56,5	2,2635	-1,600	7,108		8,81
TDS6363	3,37	356,6	09 09 37,92 -33 39 45,9	3,6371	0,738	16,515	99%	
			09 09 37,90 -33 39 42,6	3,7041	1,210	16,517		
TDS6440	3,17	326,0	09 16 33,92 -61 23 28,7	0,4007	-4,944	4,969	99%	6,51
			09 16 33,67 -61 23 26,1	0,5021	-5,234	5,603		
TDS6541AB	3,79	138,0	09 24 30,27 -44 53 58,8	1,4807	-3,398	3,725	99%	
			09 24 30,51 -44 54 01,6	1,4819	-3,844	3,677		
TDS6606	1,84	90,1	09 30 06,57 -41 44 40,8	0,7815	-7,685	-0,598	99%	49,99
			09 30 06,74 -41 44 40,8	0,8592	-7,215	-1,089		
TDS6744	3,58	112,4	09 41 28,11 -60 48 07,8	4,6340	-27,018	44,853	99%	31,10
			09 41 28,57 -60 48 09,1	4,5667	-25,145	48,090		
TDS6826	3,43	35,1	09 48 32,48 -84 25 58,7	2,5168	7,539	-4,260	99%	0,43
			09 48 33,83 -84 25 55,8	2,5646	7,234	-4,413		
TDS6903	3,01	284,9	09 55 51,87 -70 10 58,3	2,1970	-3,411	11,256	99%	-24,45
			09 55 51,30 -70 10 57,5	2,1909	-3,595	11,283		-26,15
TDS6909	3,29	134,9	09 56 24,14 -31 46 18,4	2,7794	-24,936	1,358	99%	6,20
			09 56 24,32 -31 46 20,7	2,1763	-25,382	3,138		7,86
TDS7037	3,87	172,2	10 07 30,04 -45 54 33,3	2,6390	-16,648	2,623	99%	-10,70
			10 07 30,09 -45 54 37,1	2,1009	-16,672	2,631		
TDS7842	2,59	330,1	11 24 30,18 -23 14 39,5	5,6720	-19,124	-11,872	99%	23,34
			11 24 30,08 -23 14 37,3	5,7603	-20,027	-12,058		
TDS7882	3,41	22,2	11 28 49,56 -41 57 36,9	2,8545	2,005	-9,516	99%	24,41
			11 28 49,68 -41 57 33,8	2,9552	2,052	-9,650		16,44
TDS7983	3,46	0,4	11 40 59,29 -52 22 17,6	1,1076	-7,847	-0,365	99%	
			11 40 59,29 -52 22 14,2	1,1864	-8,248	-0,273		
TDS8053	3,02	163,6	11 49 56,66 -47 37 43,1	1,2650	-8,901	-1,616	99%	-9,85
			11 49 56,75 -47 37 46,0	1,4250	-8,655	-1,821		
TDS8059	3,53	189,2	11 50 13,63 +31 58 16,8	1,7664	-25,770	24,117	99%	41,46
			11 50 13,59 +31 58 13,3	1,8277	-25,944	24,128		

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 3. (CONT.).

ID	RHO	THETA	COORDENADAS PRECISAS	PARALAJE (mas)	PMRA (mas/año)	PMDE (mas/año)	PROBAB. FÍSICA	Vradial (km/s)
TDS8207	3,89	99,7	12 04 37,91 -60 28 36,2	0,4834	-5,621	0,830	99%	
			12 04 38,43 -60 28 36,9	0,4993	-6,696	1,192		
TDS8253	3,59	75,6	12 10 18,34 -06 22 32,4	3,4308	-17,398	-54,425	99%	-75,52
			12 10 18,57 -06 22 31,5	3,4198	-17,442	-54,084		
TDS8276	3,92	50,7	12 13 28,89 -73 43 53,2	3,8427	14,899	0,257	99%	-2,95
			12 13 29,61 -73 43 50,7	3,9298	16,025	0,160		
TDS8303	3,61	37,4	12 17 26,76 -45 28 44,1	3,6121	-50,653	6,896	99%	47,04
			12 17 26,97 -45 28 41,2	3,6864	-50,435	6,364		
TDS8358	3,94	46,6	12 22 52,72 -60 58 14,6	1,4801	0,975	0,275	no física	-1,91
			12 22 53,11 -60 58 11,9	1,5288	0,890	-0,297		
TDS8370	3,69	129,1	12 24 45,15 +31 19 11,1	6,6127	-65,254	-19,767	99%	-19,81
			12 24 45,37 +31 19 08,8	6,5925	-64,622	-19,238		
TDS8444	3,01	6,4	12 34 30,95 -59 38 26,4	1,7527	-16,384	2,821	99%	-19,76
			12 34 31,00 -59 38 23,4	1,6509	-16,733	2,370		
TDS8750	3,12	218,1	13 15 03,42 +13 23 50,6	2,5385	-40,867	-2,471	99%	
			13 15 03,29 +13 23 48,1	2,6037	-40,465	-2,806		
TDS8905	3,43	100,3	13 37 44,08 -63 05 30,0	1,2878	-10,526	-3,425	99%	
			13 37 44,57 -63 05 30,6	1,3068	-10,532	-3,541		
TDS8921	3,80	141,8	13 39 34,51 -54 50 54,7	1,2649	-10,923	-2,686	99%	
			13 39 34,78 -54 50 57,7	1,3250	-10,738	-2,334		
TDS8944	3,03	25,7	13 43 18,15 +12 35 24,6	3,6079	-2,158	-4,992	99%	-0,43
			13 43 18,24 +12 35 27,4	3,6299	-2,226	-4,534		
TDS8961	3,69	53,2	13 46 23,44 -17 02 32,8	3,1892	-21,243	4,338	99%	-2,62
			13 46 23,65 -17 02 30,6	3,1759	-20,921	4,366		
TDS9086	3,24	102,9	14 04 45,60 -62 06 08,5	0,3607	-3,575	-2,222	99%	
			14 04 46,05 -62 06 09,2	0,4982	-3,898	-1,901		
TDS9115	3,73	145,5	14 09 59,59 -59 15 19,9	1,0460	-8,414	-2,611	99%	
			14 09 59,86 -59 15 23,0	1,0226	-8,797	-3,033		
TDS9121	3,09	46,1	14 10 49,61 -79 37 53,7	12,4576	-68,850	-36,633	99%	
			14 10 50,44 -79 37 51,5	12,5212	-65,437	-37,132		
TDS9165	3,10	173,6	14 19 48,29 +30 15 37,0	2,6186	5,413	-17,717	99%	-7,82
			14 19 48,31 +30 15 33,9	2,6953	5,908	-18,026		
TDS9463	3,20	165,3	15 14 49,18 -54 36 33,0	1,1112	-4,551	0,206	99%	
			15 14 49,27 -54 36 36,1	0,9802	-4,181	0,064		
TDS9521	3,31	135,9	15 27 07,40 +51 26 54,4	10,0720	-16,158	16,766	99%	-2,02
			15 27 07,65 +51 26 52,1	10,1369	-17,597	15,396		
TDS9531	3,45	183,0	15 29 41,79 -70 40 35,3	0,7714	-5,904	-4,915	99%	
			15 29 41,75 -70 40 38,7	0,7166	-5,910	-4,973		
TDS9763	3,28	81,0	16 07 02,54 -49 25 11,3	1,2145	-5,423	-11,607	99%	-5,68
			16 07 02,87 -49 25 10,8	1,2852	-5,525	-11,537		
TDS9893	3,42	241,7	16 25 36,99 +15 02 06,0	3,2086	-13,387	-3,750	99%	-43,60
			16 25 36,78 +15 02 04,4	2,8622	-11,862	-2,971		
TDS932	4,02	0,0	18 41 04,96 -42 27 22,6	3,4435	3,761	-12,072	99%	-25,87
			18 41 04,96 -42 27 18,6	3,6469	3,765	-12,327		

TABLA 4.

		CLASIFICACIÓN A PARTIR DEL PRESENTE ESTUDIO		
		Sistemas de naturaleza incierta (64)	Sistemas no MPC (22)	Sistemas MPC (68)
DATOS PREVIOS	Sistema de naturaleza incierta (82)	59	7	16
	Sistemas no binarios $rPM > 0,3$ (71)	5	15	51
	Sistemas binarios $rPM < 0,3$ (1)	0	0	1

del presente estudio, y solo en 7 se ha descartado la naturaleza física y en 16 casos se ha sacado a la luz que son pares de movimiento propio común. Por lo tanto, a priori se podría pensar que este trabajo aporta poco a este respecto, pero un estudio más detallado permite obtener alguna conclusión más.

Como ya se ha dicho anteriormente, en los 64 sistemas en los que no se puede confirmar la naturaleza (tabla 1), Gaia no ofrecía los datos de alguna de las componentes. Esto puede ser debido a limitaciones en las medidas realizadas por Gaia, si bien no sería descartable que en muchos casos se deba realmente a que estos sistemas dobles propuestos en su día a partir de los datos de Tycho-2, en realidad no sean tales sistemas dobles, sino que constituyan una sola estrella. Este argumento es apoyado por el hecho de que en 60 de los 64 pares solo se dispone a día de hoy de una medida, la deducida en 1991 a partir de los datos obtenidos por Hipparcos. Por lo tanto, dada la sensibilidad que ofrecen las medidas del proyecto Gaia, cobra mucha verosimilitud que estos sistemas no sean en realidad sistemas dobles.

De la tabla 4 también puede deducirse que un gran número de los sistemas hasta ahora considerados sin relación física, se ha desvelado que en realidad son pares de movimiento propio común, en concreto 51 de 71. Esta conclusión puede parecer un poco osada, pero deja de serlo cuando se observan los datos de algunos sistemas, como por ejemplo los anteriormente mencionados, TDS4259, TDS4943, TDS8303 y TDS8370, que anteriormente estaban considerados sistemas sin relación física, y cuyo carácter binario parece estar fuera de toda duda según los datos de la tabla 3.

El único sistema considerado previamente co-

mo sistema binario, TDS3480, también es considerado como par de movimiento propio común según este estudio y con una probabilidad de relación física superior al 99%.

Cabe también indicar con los resultados obtenidos, que en algunos de los sistemas de movimiento propio común la astrometría relativa catalogada en WDS es errónea y muy diferente a la deducida a partir de Gaia DR2. En todos estos sistemas con astrometría errónea solo se dispone de una sola medida, la correspondiente a 1991. Estos casos se muestran en la tabla 5 y es recomendable que se corrijan e incluso se contemple la posibilidad de que algunos sean considerados como nuevos sistemas dobles.

En resumen, con los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede afirmar que los datos obtenidos por el proyecto Gaia ofrecen una fuente de incalculable valor que va a ser muy útil para el estudio de las estrellas dobles. No solamente datos astrométricos y cinemáticos, como los utilizados en el presente estudio, sino otros tipos de datos astrofísicos como la temperatura efectiva, el radio o la luminosidad de las estrellas. El uso de estos datos por parte de los aficionados a las estrellas dobles va a permitir acotar nuestro ámbito de estudio, dejando de lado los sistemas ópticos, centrándonos en aquellos que presenten interés físico. Para ello, como trabajo previo se tendrán que hacer filtrados similares al mostrado en este trabajo. ©

Referencias

This research has made use of the Washington Double Star Catalog maintained at the U.S. Naval Observatory.

This work has made use of data from the European Space Agency (ESA) mission Gaia (<https://www.cosmos.esa.int/gaia>), processed by the Gaia Data Processing and Analysis Consortium (DPAC, <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dpac/consortium>). Funding for the DPAC has been provided by national institutions, in particular the institutions participating in the Gaia Multilateral Agreement.

Referencias bibliográficas

Bonnarel, F., Fernique, P., Bienaymé, O., Egret, D., Genova, F., Louys, M.; Ochsenbein, F., Wenger, M., Bartlett, J. G., 2000, "The ALADIN interactive sky atlas. A reference tool for identification of astronomical sources", *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 143, p.33-40.

TABLA 5.

	ASTROMETRÍA RELATIVA WDS (1991)		ASTROMETRÍA RELATIVA GAIA DR2 (2015,5)	
	Rho	Theta	Rho	Theta
TDS4941	3,3	111	7,81	114,7
TDS5196	3,2	141	2,48	116,9
TDS5673	3,1	141	2,41	169,9
TDS6606	3,3	194	1,84	90,1
TDS7037	3,3	30	3,87	172,2
TDS7842	3,4	146	2,59	330,1

Fabrizius C., Høg E., Makarov V. V., Mason B. D., Wycoff G. L., and Urban S. E., 2002 "The Tycho double star catalogue" *Astronomy and Astrophysics* 384, 180–189

Gaia Collaboration (Prusti T. et al.) 2016 "The Gaia Mission" *Astronomy and Astrophysics Special issue*, 595, A1.

Gaia Data Release 2 Documentation release 1.0. European Space Agency (ESA) and Gaia Data Processing and Analysis Consortium (DPAC) 25 April 2018

Halbwachs, J.L., 1986, "Common proper motion stars in the AGK3". *Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires*, 30, p.129.

Høg E., Fabrizio C., Makarov V.V., Urban S., Corbin T., Wycoff G., Bastian U., Schwkendiek P., Wicenec, A, 2000, "The Tycho-2 catalogue of the 2.5 million brightest stars" *Astronomy and Astrophysics*, v.355, p.L27-L30

Mason, B. D., Wycoff, G. L., Urban, S. E., Hartkopf, W. I., Holdenried E.R.. 2000, "Double Stars in Tycho-2 Catalogue" *Astronomical Journal*, 120, 3244L

Mason B. D.; Wycoff, G.; Hartkopf, W. I. 2003, "The Washington Double Star Catalog", <http://ad.usno.navy.mil/proj/WDS/wds.html>

Ochsenbein F., Bauer P. and Marcout J. 2000 "The VizieR database of astronomical catalogues" *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 143, 23-32

Rica, F. 2004, "Criterio de Caracterización de J.L. Halbwachs: Relación entre r y m ", Circular N° 6 Sección Estrellas Dobles LIADA, 33.

Sordiglioni G., "StelleDoppie (Double Star Database)" <https://www.stelledoppie.it>

Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica de Lucky Imaging con filtro IR Pass (4ª serie)

Close Binaries measurements using Lucky Imaging Technique and IR Pass filter (4th Series)

Rafael Benavides Palencia

Observatorio Posadas IAU MPC J57 (Posadas, Córdoba, España), El Observador de Estrellas Dobles (OED), Agrupación Astronómica de Córdoba (España)

■ Correo-e: rafaelbenpal@gmail.com

Continuando con el proyecto iniciado hace algunos años, se presentan los resultados y medidas obtenidas durante 2017 mediante la técnica de Lucky Imaging.

Continuing with the project that began some years ago, the results and measurements obtained during 2017 by means of the Lucky Imaging technique are presented.

Introducción

OBSERVAR Y MEDIR ESTRELLAS DOBLES CERRADAS, casi al límite de nuestro equipo observacional, es una faceta de la astronomía realmente apasionante. Ser capaz de desdoblar una pareja de estrellas que la mayoría de observadores verán como simple debido a su configuración observacional, es siempre algo mágico y que nos motiva a ir todavía un paso más perfeccionando nuestro sistema de trabajo para conseguir mejores resultados.

Realmente esta técnica no es algo que sea exclusiva de unos pocos, a pesar de que en España nos sobren dedos de la mano para contar los que nos dedicamos a ella. La mayoría de los aficionados tienen equipo de sobra para poder abordarla con unos resultados muy satisfactorios que sorprenderían a más de uno. Cualquiera que se dedique a planetaria o a la Luna tiene conocimientos de sobra en el uso de los diferentes programas informáticos de tratamientos de imágenes para conseguir el mayor de los éxitos en todos los retos propuestos con esta técnica. Solo falta atreverse y sentir la emoción que no nos abandonará nunca más.

El programa observacional

Para la selección de estrellas dobles el primer paso que hice fue abrir el *Washington Double Star Catalog* (WDS a partir de ahora) en una tabla Excel, donde hago un filtrado de ambas estrellas por debajo de la magnitud 12 y con una separación inferior a 10". Posteriormente, en plena observación, voy escogiendo aquellas que sean más interesantes y estén mejor situadas. Suelo esperar a que se encuentren en el momento

de culminación, cuando alcanzan mayor altura, para conseguir de este modo que su luz atraviese el menor grosor de atmósfera posible y de este modo minimizar en la medida de lo posible los efectos indeseables producidos por la turbulencia atmosférica.

Evidentemente, la turbulencia será nuestra mayor enemiga y con la que habrá que luchar todas las noches. En función de la misma, podremos escoger sistemas más o menos complicados. Principalmente el factor limitante va a ser la magnitud, debido a que los tiempos de exposición en una noche con suficiente turbulencia van a ser muy cortos. Esto es algo que habrá que valorar en la propia sesión de observación para escoger los sistemas más apropiados en base al listado previamente filtrado del WDS. Por dicho motivo, es difícil elaborar previamente un programa observacional concreto y hay que escoger las dobles más adecuadas en el mismo momento de nuestra observación en función de la calidad de la noche.

El equipo

El equipo óptico ha sido el habitual de las anteriores campañas. Como telescopio principal el Celestron Schmidt Cassegrain de 280 mm de apertura y 2800 mm de focal que se encuentra sobre la montura Losmandy G11 equipada con el sistema Gemini 1.

El telescopio secundario es el EZG-60, el versátil tubo guía comercializado por Lunático. Tiene 60 mm de diámetro y 230 mm de distancia focal, un tubo perfecto para facilitarnos todas las búsquedas.

En esta ocasión la cámara principal ha sido la ZWO ASI 290MM que dispone del sensor Sony

IMX290. Más sensible que las anteriores y con un tamaño de píxel muy pequeño: 2,9 micrómetros. Esto consigue que no tengamos que utilizar ninguna barlow, a pesar de que con ellas y las anteriores cámaras (como la QHY-5 o la DMK-21) podíamos conseguir un poco más de resolución, pero a costa de perder mucha luminosidad. Con dicha cámara y el equipo anteriormente descrito conseguimos una resolución de 0,209 "/píxel trabajando en modo *binning* 1.

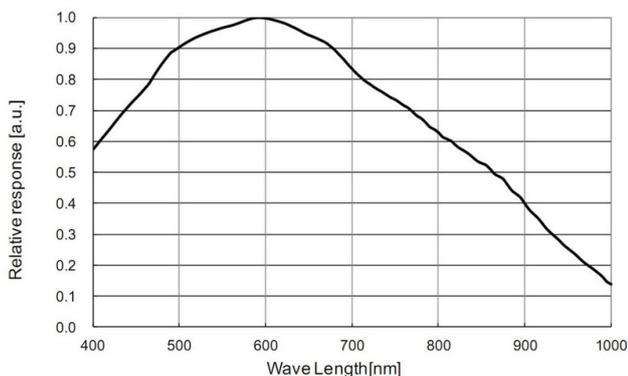


Figura 1. Eficiencia cuántica del sensor IMX 290 en función de la longitud de onda.

La cámara guía ha sido la Luna QHY-5 que cumple a la perfección su cometido.

Para paliar en la medida de lo posible los indeseables efectos de la turbulencia se ha usado el filtro *IR Pass* de *Baader Planetarium* que presenta transmisión a partir de 650 nm. En este caso el sensor tiene una transmisión máxima a 600 nm (figura 1), pero su respuesta sigue siendo muy buena en el rango de longitud de onda donde el filtro es transparente.

Obtención de imágenes

El método ha sido idéntico al de pasadas campañas. La localización de los sistemas ha sido gracias a

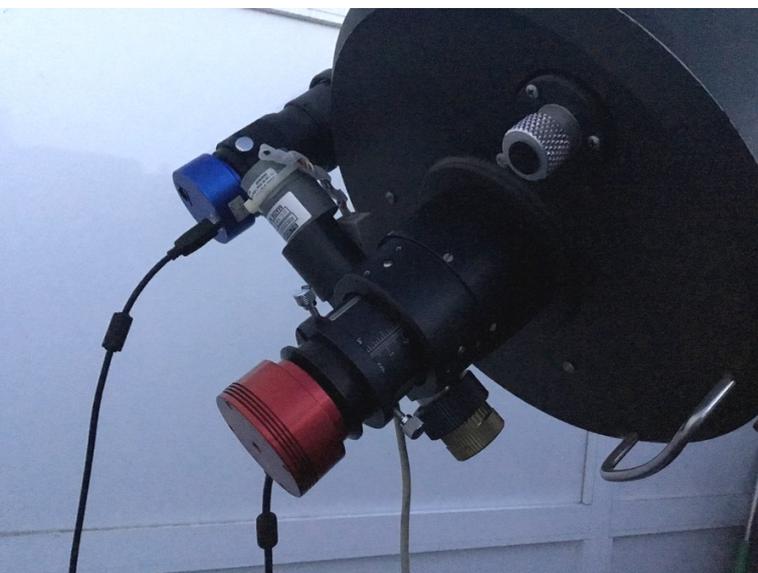


Figura 2. Equipo listo para una observación de estrellas dobles. En la parte superior, de color azul, vemos a la cámara secundaria Luna QHY-5. La que se encuentra en primer plano es la ZWO ASI 290MM.

la función *GoTo* del sistema Gemini. El tamaño de imagen trabajando en *binning* 1x1 conseguido con dicha cámara es un generoso campo de 1936 x 1096 píxeles. Esto facilita mucho que la mayoría de los apuntados consigan entrar a la primera en el campo, aunque en caso contrario nos hemos ayudado en el centrado gracias a la imagen que consigue la cámara secundaria en el tubo de 60 mm con el programa *PHD Guiding*. Con dicho programa visualizamos la imagen de campo amplio de la cámara secundaria y mediante el retículo virtual *Coarse Grid* podemos centrar de manera fácil cualquier sistema que podamos detectar.

El programa de captura ha sido *Firecapture v2.5*. Los tiempos de exposición han variado entre 4 ms para STF 161 y 384 ms para TDS 642. Como comentábamos al principio, solo las noches más estables permitían imágenes puntuales trabajando a dicha resolución con los tiempos de exposición mayores.

La captura ha sido siempre de 3000 imágenes en formato FITS con un tamaño de 100 píxeles centrados en nuestros sistemas. En algunos casos especiales donde había más componentes separadas que merecían nuestra atención, hemos escogido un tamaño de imagen mayor para poder medir a todas las estrellas.

Generalmente siempre se ha trabajado en *binning* 1x1; solo en algunos casos en los que la turbulencia era algo mayor se optó por *binning* 2x2 (una noche para HJ 2142, A 949, LDS1167, TDS2007 y TDS2736) trabajando de este modo con una resolución de 0,42 "/píxel.

Calibración

Debido a la sensibilidad de la cámara se ha calibrado siempre gracias a *Astrometrica* usando una imagen de cúmulos globulares o abiertos aprovechando todo el tamaño del sensor.

Para obtener dicha imagen se han promediado aproximadamente 1500 FITS de unos 200 milisegundos de exposición con el programa *AutoStakkert*, de esta forma conseguimos alcanzar suficiente profundidad para calibrar sin ningún problema. A modo de ejemplo la imagen de M3 (figura 3, página siguiente) tiene un campo de 7,1'x4,0' y se han usado para la calibración 227 estrellas.

Reducción y medidas

El programa por excelencia ha sido *Reduc V5.36*, bien conocido por todos nosotros y diseñado por Florent Losse.

El procedimiento seguido para todos los sistemas ha sido el siguiente: una vez cargadas las 3000 imágenes del sistema, se ordenan todas según la función *best of*. Terminado el proceso se escoge de forma automática el 10%, que corresponde a las 300 mejores



Figura 3. Imagen del cúmulo globular M3 obtenida el 29 de marzo de 2017 con una resolución de 0,209 "/píxel.

imágenes y con mejor relación señal/ruido en función de los parámetros que usa el programa para realizar la selección. Este va a ser el conjunto de imágenes con el que vamos a trabajar, descartando de este modo las 2700 restantes.

El primer método de medida ha sido con la función *AutoReduc*, eliminando posteriormente todos los resultados con los mayores residuos (color fucsia) tanto en *theta* como en *rho*, hasta conseguir solo valores con residuos de color azul. De esta forma nos aseguramos de eliminar todas las medidas erróneas que se puedan producir en el proceso, que suele ser un número importante en procedimientos totalmente automáticos.

El segundo método ha sido con la función ELI (*Easy Lucky Imaging*), de esta forma hemos obtenido la imagen de cada uno de los sistemas. Posteriormente se ha medido esa única imagen usando el algoritmo *Surface*, especialmente desarrollado por Guy Morlet y Pierre Bacchus para la medida de sistemas dobles cerrados.

El resultado final presentado en la tabla de medidas ha sido la media de los dos métodos de medida. En estos casos, se presenta el error medio obtenido mediante la función *AutoReduc*. En algunos sistemas cerrados donde no ha sido posible aplicar este método, solo se presenta el resultado obtenido mediante *Surface* de la imagen obtenida con ELI. Al ser la medida sobre una sola imagen, en la tabla no aparecen errores medios en estos sistemas dobles.

Tabla de medidas

En la tabla 1 se presentan los sistemas observados ordenados según su ascensión recta.

Debido a que todas las observaciones se hicieron en la banda del infrarrojo y también a algunos errores fotométricos en el WDS, en ocasiones la estrella secundaria aparecía más brillante que la principal. En estos casos, en el valor de *theta* se ha respetado siempre la orientación histórica presentada en el catálogo para que se pueda apreciar y comparar mejor la evolución a lo largo del tiempo.

N se refiere al número de noches en las que ha sido observado un sistema y la fecha es la media en época besseliana de todas esas noches.

En la tabla 2 se presentan los últimos datos obtenidos por la misión Gaia (*Gaia Data Release 2*) donde se muestran los movimientos propios en ascensión recta y declinación, paralajes y velocidad radial. Se disponen de forma que sea fácil comparar ambos valores para las distintas componentes y de esta manera poder valorar con mayor facilidad la posible naturaleza del sistema.

En las notas he incluido algunas distancias que nos separan del sistema doble en pársecs, así como algunos valores de temperaturas, radios y luminosidades (estos dos últimos en relación al Sol). Todos estos datos han sido directamente extraídos de *Gaia data release 2*.

Resultados

Trabajar con una cámara sensible nos abre la puerta a observar y conectar con los astrónomos que descubrieron aquellas parejas más débiles y apretadas y que durante mucho tiempo han sido inaccesibles debido a las propias limitaciones del equipo, tales como Cousteau, Aitken, etc. y con muchas otras únicamente detectadas y medidas en la misión Hipparcos en

1991 (TDS, TDT) y que han podido ser confirmadas en este trabajo.

Del mismo modo, se presenta una nueva estrella doble (denominada provisionalmente BVD 346Aa) que, tal como indico en notas, presenta unos valores en *theta* y *rho* algo imprecisos debido a la dificultad de la medida (se ha medido únicamente sobre la imagen final obtenida con ELI), pero que he decidido incluir ya que su existencia es muy evidente siendo fácilmente visible en muchas de las imágenes obtenidas del sistema (figura 5, página siguiente).

Galería de imágenes

Se presentan todos los sistemas medidos, la mayoría de ellos obtenidos a la misma resolución de 0,209 "/pixel. La orientación de los mismos no es exactamente la misma, ya que cada noche colocaba la cámara intentando que tuviese la misma disposición, aunque como es lógico este valor difería algunos grados de una sesión a otra.

Tal como hemos comentado en el apartado de captación de imágenes, para unos pocos sistemas hemos trabajado en *binning* 2x2 y en estos casos la resolución obtenida es de 0,42 "/pixel.

El tiempo de exposición es muy diferente según la magnitud de cada sistema y la única modificación que tienen es un ajuste del histograma, así como de brillo y contraste, hasta conseguir el aspecto más estético posible.

Se han incluido también 3 sistemas que no aparecen en la tabla de medidas, ya que la incertidumbre en estos casos concretos ha sido muy importante y decidí no incluirlos, pero que sirven para confirmar a TDS 5583, únicamente observada en 1991 por la misión Hipparcos. ©

Para la realización de este trabajo se ha hecho uso de los siguientes programas informáticos:

- *Firecapture v2.5*: captura de imágenes. <http://www.firecapture.de/>
- *PHD Guiding* versión 1.14.0: localización y centrado de las estrellas dobles. <http://www.starklabs.com/phdguiding.html>
- *TeamViewer 13.0*: Conectar con el ordenador del observatorio para poder controlarlo remotamente. <http://www.teamviewer.com/es/Index.aspx>
- *Astroart v 6.0*: tratamiento de imágenes. <http://www.msb-astroart.com/>
- *Reduc versión v5.36*: medida y apilado de los sistemas dobles. <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>
- *Guide 9.0*. <http://www.projectpluto.com/>
- “*Binaries_6th_Excel2000*”, Excel creado por Brian Workman para el cálculo de efemérides y representación de modelos orbitales.

Referencias

Argyle, R. W., *Observing and measuring Visual Double Stars*, 2004.

Benavides Palencia, R., 2011, Obtención de imágenes mediante *lucky imaging*, *Astronomía*, nº145-146, II Época, 68-69.

Benavides Palencia, R., 2012, Medición de 28 sistemas dobles usando *lucky imaging*, *El Observador de Estrellas Dobles*, nº 9, 91-98.

Benavides Palencia, R., 2013, Técnica de *lucky imaging* con filtro infrarrojo, *Astronomía*, nº 172, II Época, 64-65.

Benavides Palencia, R., 2014, Medidas de estrellas dobles mediante la técnica de *lucky Imaging* con filtro IR, *El Observador de Estrellas Dobles*, nº 12, 21-30.

Benavides Palencia, R., 2016, Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica de *lucky imaging* con filtro IR Pass (Segunda serie), *El Observador de Estrellas Dobles*, nº 16, 50-71.

Benavides Palencia, R., 2017, Medida de sistemas cerrados mediante la técnica de *lucky imaging* con filtro IR Pass (Tercera serie), *El Observador de Estrellas Dobles*, nº 19, 10-18.

Benavides, R., González, J. L., Masa, E. R., Observación de estrellas dobles, MARCOMBO S. A., 2017.

Hartkopf, W. I. et al., *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Hartkopf, W. I. et al., *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Losse, F., 2011, Alta resolución con interferometría *speckle*, trabajo disponible en <http://www.astrosurf.com/hfosaf/sp/speckle10.htm>

Mason, B. D. et al., *The Washington Double Star Catalog (WDS)*, U.S. Naval Observatory.

Ribé de Pont, L., 2017, Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica de *lucky imaging*, *El Observador de Estrellas Dobles*, nº 18, 25-31.

Ribé de Pont, L., 2017. Medida de sistemas cerrados con la técnica de *lucky imaging* (Segunda serie), *El Observador de Estrellas Dobles*, nº 19-33.

Rica, F., 2008, Observación Imágenes Speckle, *Astronomía*, nº109-110, II Época, 68-69.

Este trabajo ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog*, *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* y del *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, todos ellos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos.

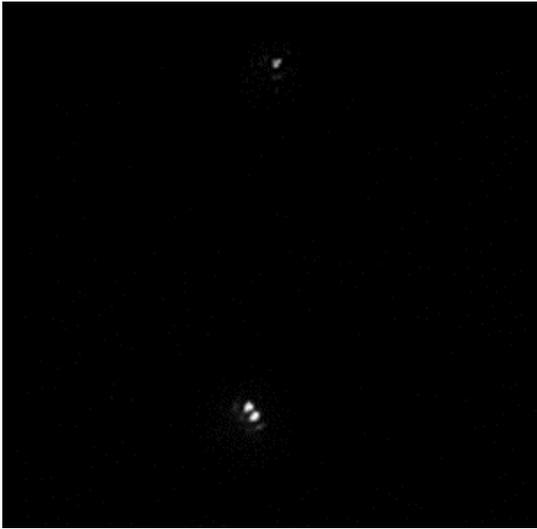


Figura 4. 00047+3416 STF3056AB,C.

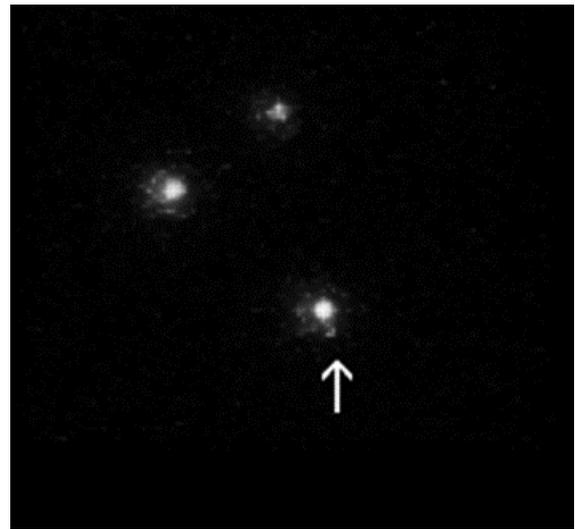


Figura 5. Nueva componente detectada muy próxima a la estrella principal del sistema HJ 2142 y denominada provisionalmente **BVD 346 Aa**.

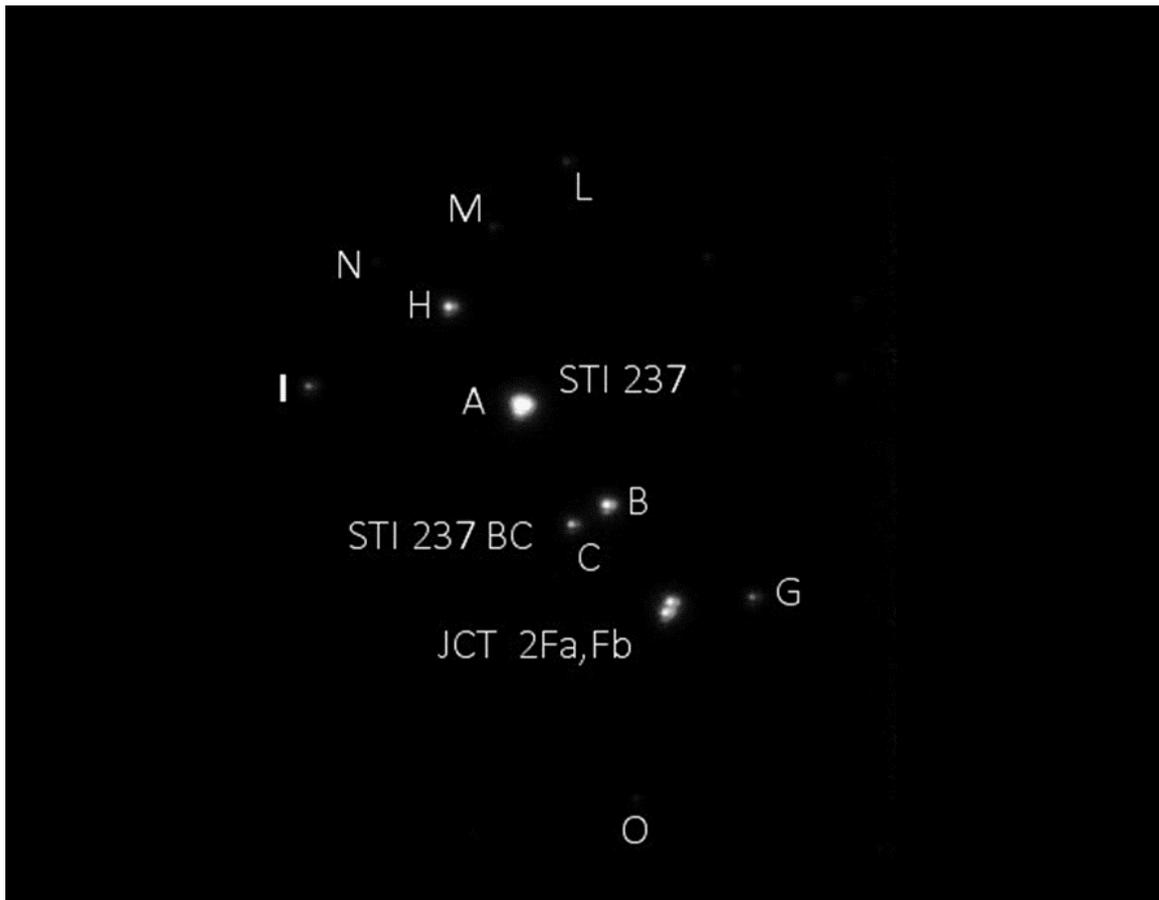


Figura 6. Cúmulo Trumpler 1 donde se incluyen STI 237AB, HJ 1083AH, ES 2588AF, STI 237BC y JCT 2Fa,Fb. Con letras se señalan el resto de estrellas catalogadas en el *WDS Catalog* e identificadas en la imagen.

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

WDS DESIG	SISTEMA	MAG A	MAG B	ÉPOCA	THETA	σ THETA	RHO	σ RHO	N	NOTAS
00047+3416	STF3056AB	7,72	8,08	2017,7774	143,49		0,725		1	1
00047+3416	STF3056AB,C	7,13	10,13	2017,7774	3,66	0,32	26,282	0,168	1	
00048+4358	A 203	8,68	9,35	2017,8346	348,67	1,33	1,854	0,05	1	2
00057+4239	A 110	9,84	9,86	2017,9220	123,51	1,65	2,122	0,071	1	3
00063+5826	STF3062	6,42	7,32	2017,8394	1,19	1,89	1,532	0,081	4	4
00116+5558	STF 7	7,99	8,46	2017,9220	210,49	1,95	1,314	0,046	1	5
00172+5034	BU 776	9,93	10,25	2017,7774	197,31	2,42	1,180	0,071	1	
00175+4514	ES 1294	10,3	10,77	2017,8265	227,53	2,71	1,103	0,057	1	6
00185+2608	STF 24	7,79	8,44	2017,8319	247,65	0,99	5,247	0,113	1	7
00218+6628	STT 7AB	9,21	9,81	2017,8346	128,1	2,17	0,884	0,093	1	8
00253+3230	STF 29	9,44	9,81	2017,7774	166,93	0,8	5,254	0,08	1	9
00278+5001	HU 507AB	9,97	9,62	2017,7774	127,45	1,98	1,690	0,043	1	10
00278+5001	HU 507AC	9,97	10,3	2017,7774	179,89	3,05	1,597	0,089	1	10
00310+3406	STF 33	8,83	8,91	2017,8319	213,07	1,29	2,801	0,082	1	11
00378+3031	A 915	10,45	10,56	2017,7775	129,74	2,49	0,959	0,052	1	12
00428+2924	A 917	10,43	11,12	2017,8538	119,65	2,28	1,293	0,084	1	
00442+4614	STF 52	7,87	8,95	2017,8442	2,33	1,56	1,393	0,043	2	13
00455+4324	BU 865AB	8,69	9,17	2017,8538	192,64	2,48	1,211	0,072	1	14
00480+5127	STF 59AB	7,24	8,06	2017,8266	147,43	1,57	2,300	0,073	1	15
00487+3604	COU1207	11,24	11,49	2017,8538	324,2	3,32	1,752	0,082	1	
00499+2743	STF 61	6,33	6,34	2017,9302	115,38	0,72	4,309	0,063	1	16
00516+6859	BU 781	8,41	9,33	2017,9248	21,72	2,26	1,038	0,055	1	17
00527+6852	STF 65	8,00	8,02	2017,8538	219,69	1,73	3,207	0,058	1	18
00528+5638	BU 1AB	8,58	9,33	2017,8319	81,9	1,91	1,529	0,078	1	
00528+5638	BU 1AC	8,58	8,89	2017,8319	133,52	0,92	3,915	0,078	1	
00528+5638	BU 1AD	8,58	9,66	2017,8319	193,92	0,63	8,956	0,111	1	
00551+2811	A 437	9,48	9,37	2017,8319	29,89	0,89	3,028	0,062	1	19
00568+5712	TDS 34	10,92	10,94	2017,9247	42,61	3,73	1,015	0,062	1	20
01104+2952	BU 2	9,33	10,43	2017,9303	152,62	1,43	2,078	0,04	1	21
01119+4748	BU 398	9,31	9,38	2017,8825	44,19	1,64	1,816	0,09	2	22
01122+5132	STF 97	8,69	9,13	2017,8157	101,28	0,78	4,544	0,075	2	23
01188+3724	STF 108	6,52	9,57	2017,7775	62,46	0,73	6,42	0,117	1	24
01197+6135	KR 11	9,57	9,66	2017,8320	58,86	1,83	1,975	0,077	1	25
01259+6808	STF 117CD	9,18	10	2017,8538	73,34	0,97	2,870	0,062	1	
01261+5832	ES 1713	10,4	10,47	2017,7775	139,83	2,7	1,632	0,194	1	26
01323+5825	A 942	9,29	10,02	2017,9221	51,52	1,57	1,887	0,066	1	27
01352+5150	A 112	9,57	10,19	2017,9221	333,9	2,47	1,102	0,051	1	

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

WDS DESIG	SISTEMA	MAG A	MAG B	ÉPOCA	THETA	σ THETA	RHO	σ RHO	N	NOTAS
01356+6117	STI 237AB	10,1	10,9	2017,8539	220,23	0,35	15,216	0,095	1	28
01356+6117	HJ 1083AH	10,1	10,8	2017,8539	35,76	0,44	14,001	0,104	1	28
01356+6117	ES 2588AF	10,1	10,4	2017,8539	216,74	0,26	28,653	0,136	1	28
01356+6117	STI 237BC	11,2	11,9	2017,8539	118,78	1,11	4,642	0,089	1	28
01356+6117	JCT 2Fa,Fb	10,1	10,3	2017,8539	155,81	2,62	1,311	0,056	1	28
01401+3858	STF 141	8,28	8,61	2017,8638	303,37	1,38	1,672	0,034	3	29
01476+4820	TDS2007	10,75	11,76	2017,9303	48,93	1,83	3,169	0,117	1	30
01479+4440	A 949	9,3	9,3	2017,9304	294,57	1,26	3,535	0,079	1	31
01493+4754	STF 162AB	6,47	7,22	2017,8894	198,46	1,47	1,945	0,049	2	32
01516+5252	BU 1366AB	9,6	9,8	2017,9249	301,5	2	1,420	0,066	1	33
01543+4020	COU1363	10,98	11,8	2017,9249	35,18	2,06	2,693	0,126	1	34
01546+5956	A 953	9,07	9,17	2017,8539	62,4		0,844		1	35
02009+5258	A 1921	9,62	9,78	2017,9221	67,25	1,00	2,892	0,078	1	36
02031+5237	COU2678	10	10	2017,8540	86,93	1,91	1,947	0,072	1	37
02062+2507	STF 212	8,35	8,71	2017,8320	161,70	1,79	1,957	0,075	1	38
02084+6025	TDS 71	10,83	11,53	2017,8540	88,43	2,48	1,047	0,082	1	39
02172+5555	STF 235	9,6	9,81	2017,9221	48,29	1,11	1,864	0,075	1	40
02188+5714	BKO 168AC	10,1	11	2017,9222	238,70	0,98	4,071	0,105	1	41
02211+4246	STF 248	9,55	9,83	2017,8320	202,75	3,31	0,71	0,055	1	42
02217+3923	STF 251	9,02	9,63	2017,8540	265,87	1,39	2,212	0,069	1	43
02218+3830	STT 40	8,68	9,05	2017,8320	48,61		0,662		1	44
02313+4703	A 968	9,00	9,46	2017,9222	27,28	1,38	1,709	0,052	1	45
02322+5415	HJ 2142AB	10,11	9,71	2017,9264	311,74	0,5	8,148	0,118	2	
02322+5415	HJ 2142AC	10,11	10,3	2017,9264	350,48	0,75	8,638	0,116	2	
02322+5415	HJ 2142BC	9,71	10,4	2017,9264	55,85	0,69	5,568	0,084	2	
02322+5415	BVD 346 Aa	10,11	12	2017,9264	167,12		0,89		1	46
02331+5828	STF 272	8,33	8,36	2017,8772	216,48	1,74	1,928	0,072	2	47
02357+4411	A 1528	9,44	9,62	2017,8785	192,58	1,65	1,551	0,042	2	48
04041+4659	TDS2736	11,31	11,68	2017,9305	124,3	2,84	2,355	0,132	1	49
04236+2520	LDS1167	10,96	11,38	2017,9306	197,26	1,67	3,047	0,129	1	50
05055+1948	STT 95	7,02	7,56	2017,1335	295,98	2,19	0,990	0,028	1	51
05079+5459	STF 635	8,56	8,82	2017,1335	305,50	2,1	1,038	0,038	1	
07057+5245	STF1009AB	6,87	7,01	2017,1335	148,02	1,31	4,375	0,153	1	
07173+3744	COU1883	10,34	10,02	2017,1336	62,56		0,729		1	52
07597+4637	STF1161	8,21	9,82	2017,1253	198,14	1,63	2,982	0,096	1	53
07599+4931	HDS1136	11,43	11,49	2017,1254	302,57	1,06	3,005	0,048	1	54
08033+2616	STT 186	7,71	7,93	2017,1254	74,54	1,6	0,993	0,019	1	55

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

WDS DESIG	SISTEMA	MAG A	MAG B	ÉPOCA	THETA	σ THETA	RHO	σ RHO	N	NOTAS
08508+3504	STF1282AB	7,59	7,76	2017,1337	278,76	1,03	3,512	0,092	1	56
08536+2656	COU1119	10,76	11,4	2017,1337	277,05	1,81	2,567	0,09	1	57
08542+3035	STF1291AB	6,09	6,37	2017,1296	309,45	1,18	1,561	0,049	2	58
09127+1632	STF1322	8,32	8,71	2017,1255	53,15	0,64	1,812	0,032	1	59
09184+3522	STF1333	6,63	6,69	2017,1338	49,49	1,36	1,947	0,079	1	60
09210+3643	STF1339	9,15	9,89	2017,1255	65,06	1,86	1,398	0,028	1	61
09300+4216	A 1985	8,68	8,72	2017,1255	23,68	0,87	1,567	0,038	1	62
09561+2433	TDS6906	10,96	11,07	2017,1338	67,67		1,015		1	63
10163+1744	STT 215	7,25	7,46	2017,2404	175,82	1,68	1,482	0,043	1	64
10215+4603	COU2503	11,08	11,25	2017,2405	171,89	1,89	1,468	0,089	1	
10250+2437	STF1429	9,05	9,34	2017,2405	155,33	2,63	0,785	0,011	1	65
10260+5237	STF1428	8,02	8,44	2017,2007	87,96	1,37	2,776	0,082	2	66
10301+2048	STF1439	8,32	8,87	2017,1612	70,51	1,29	1,345	0,051	2	67
10312+3707	HU 880	10,1	10,43	2017,1256	143,85	2,82	0,932	0,036	1	68
10369+5042	COU2624	10,51	10,56	2017,1339	133,95	1,92	1,018	0,028	1	69
10556+2445	STF1487	4,48	6,3	2017,1338	113,28		6,589		1	70
11023+3049	STF1501	9,89	10,19	2017,2008	185,62		1,343		2	71
11040+0338	STF1504	7,92	8,05	2017,1885	123,39	0,81	1,200	0,028	1	72
11137+2008	STF1517AB	7,54	8,02	2017,1886	316,69	2,11	0,748	0,037	1	73
11154+2734	STF1521	7,66	8,06	2017,2815	97,33	1,24	3,666	0,019	1	74
11241+2929	TDS7840	11,14	11,6	2017,1340	201,70		1,310		1	75
11332+4927	HU 727	9,83	9,99	2017,2132	205,83		1,233		1	
11347+1648	STF1552AB	6,26	7,31	2017,2405	207,83	1,34	3,535	0,108	1	
11363+2747	STF1555AB	6,41	6,78	2017,2187	150,52	1,35	0,776	0,029	3	76
11371+4040	A 1996	9,94	9,97	2017,2816	190,02		2,025		1	
11390+4109	STT 237AB	8,11	9,32	2017,1886	243,23	1,99	2,030	0,086	1	77
11431+4808	TDS 642	11,87	11,87	2017,2269	190,38	1,25	2,249	0,052	2	78
11487+4030	COU1262	10,39	10,6	2017,1341	250,53		0,702		1	
11520+4805	HU 731	9,81	9,68	2017,2406	307,64	1,731	1,206	0,056	1	79
11552+1643	COU 51AB	11,33	11,3	2017,2406	163,28	1,531	1,245	0,077	1	80
12039+5003	TDS8202	11,3	11,86	2017,2406	96,73	1,75	1,456	0,051	1	81
12043+2128	STF1596	6,18	7,48	2017,2406	235,59	1,16	3,717	0,097	1	82
12126+3546	STF1613	9,29	9,36	2017,2407	7,04	2,06	1,15	0,044	1	83
12244+2535	STF1639AB	6,74	7,83	2017,2133	323,4	1,52	1,847	0,101	1	84
12272+2701	STF1643AB	9,03	9,45	2017,2407	3,87	0,87	2,755	0,059	1	85
12374+2322	COU 392	10,3	11,0	2017,2652	336,48		2,169		1	86
12396+6440	STF1667AB	9,49	9,99	2017,2407	40,19	2,06	1,220	0,054	1	87

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

WDS DESIG	SISTEMA	MAG A	MAG B	ÉPOCA	THETA	σ THETA	RHO	σ RHO	N	NOTAS
12397+4444	COU1578	10,55	11,4	2017,2653	65,94	2,47	1,419	0,091	1	
12563+4300	A 2000	9,75	10,2	2017,2407	48,90	2,35	1,034	0,024	1	88
12587+2728	STF1699	8,74	8,77	2017,2653	9,06	1,6	1,702	0,056	1	89
13112+6805	TDS 692	11,15	11,21	2017,2408	272,61	1,13	1,177	0,034	1	90
13120+3205	STT 261	7,43	7,64	2017,2735	338,41	1,22	2,663	0,081	2	91
13166+5034	STT 263	9,53	9,74	2017,2134	137,1	1,99	1,786	0,036	1	92
13491+2659	STF1785	7,36	8,15	2017,2654	187,96	1,12	2,880	0,086	1	93
14416+5124	STF1871	8,02	8,07	2017,2819	311,74	1,76	1,848	0,058	1	94
14484+2422	STF1884	6,58	7,48	2017,2655	56,24		2,193		1	95
20168+3942	STF2663AB	8,2	8,66	2017,8287	322,61	0,69	5,441	0,068	1	96
20182+2912	A 1205	9,17	10,08	2017,8287	96,92	2,13	1,224	0,05	1	97
20184+5524	STF2671AB	6,01	7,51	2017,8262	337,23	1,12	3,798	0,101	1	98
20269+4152	A 293	9,57	9,62	2017,8288	118,93	2,33	1,372	0,08	1	
21092+5220	COU2694	10,2	10,5	2017,8315	249,32	1,88	1,125	0,079	1	99
21103+4359	STF2773AB	8,46	9,09	2017,8342	113,23	0,44	3,282	0,021	1	
21115+4115	STT 431AB	8,8	8,99	2017,8315	126,01	1,04	2,622	0,047	1	100
21118+5959	STF2780AB	6,09	6,77	2017,8329	212,2	2,36	1,016	0,065	2	101
21171+3546	BU 162AB	8,6	8,84	2017,8316	253,44	1,65	1,209	0,044	1	102
21200+5259	STF2789AB	7,71	7,87	2017,8316	113,27	0,35	6,905	0,042	1	103
21454+4356	HO 168AB	9,46	9,55	2017,7771	41,37		0,847		1	
21516+6545	STF2843AB	7,01	7,28	2017,7717	150,4	2,32	1,330	0,078	1	104
21523+6306	STF2845AB	8,07	8,2	2017,7771	172,52	1,56	1,962	0,067	1	
21555+5232	STT 456AB	8,25	8,93	2017,8343	37,61	0,86	1,642	0,023	1	105
21565+5948	STT 458AB	7,2	8,41	2017,8343	348,19	2,62	0,957	0,059	1	106
21576+6144	MLR 63	8,7	9,79	2017,8343	216,21	2,32	0,962	0,032	1	107
22009+6250	HU 976	9,16	9,21	2017,8057	56,91	1,24	1,600	0,048	2	108
22044+1339	STF2854	7,77	7,89	2017,7717	83,56	2,1	1,545	0,08	1	109
22070+3605	STT 462AB	8,05	9,53	2017,7772	315,15	1,81	1,037	0,044	1	110
22086+5132	ES 1112	10,02	10,28	2017,7772	226,57	1,29	1,672	0,034	1	111
22086+5917	STF2872A,BC	7,14	7,98	2017,7717	314,84	0,58	22,087	0,129	1	
22086+5917	STF2872BC	7,98	8,00	2017,7717	296,76	2,61	0,823	0,033	1	112
22094+2233	STF2868	8,87	9,38	2017,7717	351,86	1,77	1,087	0,07	1	113
22110+6324	STF2879AB	7,99	8,26	2017,7718	233,56	2,39	0,821	0,03	1	
22115+5232	COU2659	10,56	11,3	2017,7772	161,27	2,52	1,242	0,05	1	114
22117+4941	ES 1178	11,18	11,2	2017,8344	295,46	2,59	1,738	0,077	1	
22126+3013	HO 179AB	8,64	9,41	2017,7718	281,36	2,36	0,902	0,058	1	
22136+5234	BU 991	9,21	9,05	2017,7718	135,60	2,26	0,705	0,053	1	

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

WDS DESIG	SISTEMA	MAG A	MAG B	ÉPOCA	THETA	σ THETA	RHO	σ RHO	N	NOTAS
22146+2934	STF2881	7,65	8,24	2017,8263	75,63	2,34	1,290	0,066	1	115
22167+5438	TDS1166	11,1	11,28	2017,7773	312,68		1,099		1	116
22202+2931	BU 1216	8,61	9,21	2017,8264	275,55	2,3	0,927	0,055	1	117
22218+6642	STF2903	7,13	7,8	2017,8317	96,57	1,03	4,172	0,098	1	118
22236+4521	STF2902AB	7,62	8,22	2017,9245	88,96	0,81	6,517	0,093	1	119
22262+3532	TDT3523	11,21	11,33	2017,8317	125,11	3,22	1,316	0,072	1	120
22306+5332	STF2917AB	8,28	8,56	2017,8536	70,69	0,83	4,718	0,084	1	121
22328+2625	HO 475AB	9,34	9,62	2017,7718	304,53	1,8	1,122	0,117	1	
22328+2625	HO 475AC	9,34	11,3	2017,7718	225,62	1,96	8,420	0,212	1	
22357+6133	TDS1175	10,61	11,02	2017,7719	298,85	2,63	0,885	0,089	1	122
22391+2715	TDT3636	11,14	11,5	2017,8264	160,17		0,957		1	
22400+4800	COU2335	10,7	10,97	2017,8264	165,35	1,81	0,956	0,076	1	123
22425+3917	BU 176	9,49	9,91	2017,7719	54,46	1,33	2,579	0,1	1	124
22470+4446	A 189AB	8,99	9,16	2017,7719	26,05	2,58	1,038	0,066	1	
22478+6614	MLR 85	10,72	10,86	2017,7719	37,34	2,62	0,952	0,052	1	
22514+6142	STF2950AB	6,03	7,08	2017,8304	273,18	2,71	1,130	0,06	2	125
22548+5914	BU 712AB	10,13	10,59	2017,8536	295,86	2,32	1,250	0,092	1	126
22564+2257	COU 240	7,73	8,82	2017,8264	289,48		0,794		1	127
22565+6252	STF2961	8,48	8,61	2017,8627	347,31	0,89	1,897	0,035	3	
22586+6950	A 785	9,97	10,4	2017,9246	28,51	1,56	1,279	0,083	1	128
23014+4638	A 193	9,6	9,85	2017,9247	175,7	1,49	1,565	0,069	1	129
23117+3730	A 1480	9,95	10,42	2017,7773	225,38		0,823		1	130
23188+2513	STF3000	9,63	9,83	2017,8019	49,84	1,11	3,422	0,089	2	131
23208+2158	STT 494	8,19	8,72	2017,8318	81,66	0,99	3,338	0,084	1	
23237+4425	COU1994	11,07	11,22	2017,7773	44,935	1,3	1,055	0,034	1	132
23276+1638	STF3013CD	8,51	10,2	2017,8265	276,94	1,06	3,237	0,095	1	133
23276+1638	STF3012AB	9,47	9,82	2017,8265	190,18	1,33	2,873	0,099	1	134
23276+1638	STF3012AC	9,47	8,51	2017,8265	65,98	0,17	52,45	0,195	1	135
23303+5425	TDS1210	11,01	11,17	2017,8318	21,92	1,93	1,133	0,071	1	136
23362+4944	HU 791	9,69	9,99	2017,8265	306,09	0,34	2,763	0,019	1	
23420+2018	STT 503AB	8,26	8,63	2017,7773	134,35	1,8	1,037	0,057	1	137
23455+0629	HU 300	10,09	10,12	2017,8265	109,28	2,31	1,298	0,088	1	
23481+6349	BU 1152BC	10,2	10,2	2017,9247	96,87		0,854		1	
23519+3753	STF3042	7,62	7,75	2017,8700	86,70	0,71	5,761	0,08	3	138
23522+4331	BU 728AB	8,69	8,94	2017,8797	9,98	1,42	1,234	0,032	2	139
23579+5723	STF3047AB	9,0	9,2	2017,8346	71,66	1,89	1,131	0,025	1	
23590+5315	HLD 59AB	8,74	8,92	2017,8346	12,11	1,99	1,196	0,061	1	
23590+5315	HLD 59AC	8,74	10,9	2017,8346	313,06	0,38	17,884	0,145	1	

Notas

- 1) STF3056. Distancia: 177,305 pc. Temperatura: 4782 K. (figura 4)
- 2) A 203. Se separa y aumenta AP. En 1900: 1,3" y 334°. Distancia: 122,5 pc. Temperatura: 7043 K. Movimiento propio elevado, aunque ligeramente diferente entre ambas componentes.
- 3) A 110. Distancia: 369,44 pc. Temperaturas: 6572 K y 6605,85 K. Radios: 2,87 R \odot y 2,53 R \odot . Luminosidades: 13,832 L \odot y 11,018 L \odot .
- 4) STF3062. Sistema orbital con periodo de 106,7 años (grado 2, Sod 1999). También es variable eclipsante: V640 Cas. Temperatura: 5694 K. Distancia: 20,9 pc. Masas: 0,86 M \odot – 0,31 M \odot – 0,98 M \odot . Movimiento propio elevado.
- 5) STF 7. En 1831: 1,3" y 217°. Desciende lentamente el AP. Distancia: 598,8 pc. Temperaturas: 7212 K y 6759 K.
- 6) ES 1294. Sistema con solo 5 mediciones históricas. Entre 1914 – 1981 prácticamente fija: 1,1" y 228°. En 1991 el catálogo Tycho midió un AP de 222,8°. Mi medida está más en consonancia con las primeras. Paralajes y movimientos propios diferentes.
- 7) STF 24. Distancia: 150,06 pc. Temperaturas: 8123 K y 7164 K. Espectros: A6 V y F2 V.
- 8) STT 7. En 1847: 0,5" y 107°. Movimientos propios y paralajes diferentes para cada componente. Temperaturas: 5962 K y 5096 K.
- 9) STF 29. Distancia: 255 pc. Temperaturas: 6096 K y 6481 K respectivamente. Radios: 2,75 R \odot y 2,11 R \odot . Luminosidades: 9,4 L \odot y 7,09 L \odot . Pareja de movimiento propio común.
- 10) HU 507 ABC. Grupo de movimiento común situado a 235 pc. Movimiento propio compatible entre las tres componentes. Temperaturas: 5852 K, 5215 K y 5096 K respectivamente.
- 11) STF 33. Distancia: 122 pc. Temperaturas: 7033 K y 6752 K. Radios: 1,27 R \odot y 1,40 R \odot . Luminosidades: 3,546 L \odot y 3,665 L \odot . Masa de la componente A: 1,3 M \odot .
- 12) A 915. En 1905: 0,7" y 143°. Movimientos propios y paralajes diferentes. Temperatura: 5096 K. Masa: 1,22 M \odot .
- 13) STF 52. En 1828: 1,3" y 26°. Eclipsante algólida con un periodo de 4,718 días. Distancia: 117,87 pc. Temperaturas: 6984 K y 5346 K. Masa: 1,4 M \odot .
- 14) BU 865 AB. Movimientos propios y paralajes ligeramente diferentes. Distancia: 197,07 pc. Temperaturas: 5952 K y 5095. Masa: 1,5 M \odot .
- 15) STF 59AB. Distancia: 275,43 pc. Temperatura: 9032 K y 8013 K. Espectros B9.5 IV y A0 V.
- 16) STF 61. Pareja de movimiento propio común situada a 89 pc. Temperaturas: 6742 K y 6933 K. Radios: 3,22 R \odot y 3,00 R \odot . Luminosidades: 19,258 L \odot y 18,704 L \odot .
- 17) BU 781. En 1881: 1,0" y 31°. Evolución lenta. Posible pareja óptica, movimientos propios y paralajes diferentes. Temperaturas: 6876 K y 5096 K.
- 18) STF 65. Lenta evolución. En 1822: 3,2" y 215°. Distancia: 207,17 pc. Temperaturas: 8441 K y 8271 K.
- 19) A 437. Pareja de movimiento propio común situada a 112,5 pc. Temperaturas: 6731 K y 6362 K. Radios: 1,03 R \odot y 1,10 R \odot . Luminosidades: 1,966 L \odot y 1,776 L \odot .
- 20) TDS 34. Estrella con solo 3 observaciones en WDS. Prácticamente fija desde 1991.
- 21) BU 2. Pareja de movimiento propio común situada a 125,25 pc.
- 22) BU 398. En 1900: 1,4" y 335°. Los datos de movimiento propio y paralaje sugieren que es una pareja óptica. Temperaturas: 6912 K y 6746 K
- 23) STF 97. Prácticamente fija desde 1833. Pareja de movimiento propio común situada a 280 pc. Temperaturas: 7860 K y 8266 K.
- 24) STF 108. Distancia: 147,94 pc. Temperaturas: 7734 K y 6206 K.
- 25) KR 11. Pareja de movimiento común situada a 156,44 pc. Temperaturas: 5823 K y 5779 K. Radios: 1,80 R \odot y 1,72 R \odot . Luminosidades: 3,353 L \odot y 2,959 L \odot .
- 26) ES 1713. Estrella con 8 observaciones históricas en WDS. En 1918: 1,4" y 147°. Distancia similar para ambas componentes: 135 pc. Movimientos propios y velocidad radial similares, pero con diferencias significativas que no confirman la naturaleza de la pareja. Temperaturas: 5516 K y 5530 K. Radios: 1,15 R \odot y 1,14 R \odot . Luminosidades: 1,106 L \odot y 1,185 L \odot .
- 27) A 942. En 1905: 1,3" y 28°. Se aleja y aumenta AP. Pareja de enanas de movimiento común situada a 67,6 pc. Temperaturas: 5038 K y 5812 K. Radios: 0,85 R \odot y 0,89 R. Luminosidades: 0,422 L \odot y 0,817 L \odot .
- 28) Todos los sistemas pertenecen al cúmulo abierto Trumpler 1. (figura 6)
- 29) STF 141. Paralajes y movimientos propios similares, pero con claras diferencias. Temperaturas: 5605 K y 5143 K. Masa: 1,4 M \odot .
- 30) TDS2007. Sistema solo observado dos veces en WDS, la última en 2010: 3,0" y 52°. Pareja óptica. Temperaturas: 4936 K y 4883 K. Radios: 13,51 R \odot y 8,10 R \odot . Luminosidades: 97,555 L \odot y 33,613 L \odot .
- 31) A 949. Sistema poco observado. En 1905: 3,3" y 291°. Temperaturas: 5739 K y 6300 K.
- 32) STF 162 AB. Movimientos propios y paralaje son diferentes. Probable pareja óptica. Temperaturas: 7031 K y 8869 K.
- 33) BU 1366. En 1904: 3,8" y 274°. Se acerca y aumenta AP con rapidez. Pareja de movimiento propio común situada a 210,788 pc. Temperatura: 6019 K.
- 34) COU1363. Estrella con solo 3 observaciones en WDS, la última en 1997: 2,6" y 36°.
- 35) A 953. Paralajes no totalmente coincidentes, aunque el movimiento propio de ambas es moderado y totalmente coincidente. Temperatura: 5096 K.

- 36) A 1921. Pareja de movimiento propio común situada a 144,47 pc. Temperaturas: 5747 K y 5787 K. Radios: 1,77 R \odot y 1,57 R \odot . Luminosidades: 3,090 L \odot y 2,502 L \odot .
- 37) COU2678. Estrella con solo 3 observaciones en WDS. En 1993: 2,1" y 92°. Pareja de movimiento propio común situada a 110,43 pc. Temperaturas: 5234 K y 5254 K.
- 38) STF 212. Parálajes idénticas, aunque no hay total coincidencia en el movimiento propio de ambas componentes. Temperaturas: 7230 K y 5360 K. Radios: 3,69 R \odot y 5,62 R \odot . Luminosidades: 33,506 L \odot y 23,521 L \odot . Masa: 1,4 M \odot .
- 39) TDS 71. Solo observada en dos ocasiones desde 1991. Se reduce AP.
- 40) STF 235. En 1830: 1,7" y 43°. Se separa y desciende el AP lentamente. Pareja de movimiento propio común situada a 204,33 pc. Temperaturas: 5651 K y 6023 K. Radios: 2,46 R \odot y 1,99 R \odot . Luminosidades: 5,572 L \odot y 4,702 L \odot .
- 41) BKO 168AC. Pareja óptica. En 1908: 15,5" y 278°. La estrella secundaria es más cercana y presenta un rápido movimiento frente a la más lejana primaria. La más brillante es TDS 81AB, solo observada en 1991: 1,2" y 105°. Puede haberse acercado o ser una falsa alarma. Indetectable. Tampoco aparece en los últimos datos de la misión Gaia. Conviene observar en el futuro.
- 42) STF 248. Sistema orbital con un periodo de 318 años (grado 3, Pbx2000b). Pasó por el perihelio en 1989, ahora se separa con rapidez, aunque cada vez más lentamente. Distancia: 55,617 pc. Temperatura: 5106 K. Masa: 0,93 M \odot . Espectros: K0 V y K1 V. Movimiento propio común elevado.
- 43) STF 251. Pareja de movimiento común situada a 464,7 pc. Temperaturas: 4901 K y 4938 K. Radios: 8,03 R \odot y 11,22 R \odot . Luminosidades: 33,538 L \odot y 67,447 L \odot .
- 44) STT 40. Medida muy difícil. En el límite del instrumental. Distancia: 184,162 pc. Temperatura: 7095 K.
- 45) A 968. Pareja de movimiento propio común situada a 166 pc. Temperaturas: 5685 K y 5858 K. Radios: 2,43 R \odot y 1,91 R \odot . Luminosidades: 5,544 L \odot y 3,837 L \odot .
- 46) BVD 346Aa. Nueva componente del sistema HJ 2142 que acompaña a la componente principal (A). Parámetros imprecisos al ser muy difícil la medida. La magnitud está deducida gracias a *Reduc*. No aparece en los últimos datos de Gaia. (figura 5)
- 47) STF 272. En 1830: 1,7" y 222°. Se separan y desciende AP. Pareja de movimiento propio común situada a 193,12 pc. Temperaturas: 9450 K y 9430 K.
- 48) A 1528. Distancia: 453,8 pc. Temperatura: 7382 K.
- 49) TDS2736. Sistema observado solo en dos ocasiones, la última en 2003: 2,36" y 125°. Distante a 625 pc y con movimientos propios muy pequeños. Temperaturas: 7725 K y 7221 K. Radios: 1,79 R \odot y 1,50 R \odot . Luminosidades: 10,24 L \odot y 5,522 L \odot .
- 50) LDS1167. Sistema con solo 5 observaciones en WDS, la última en 2010: 3,1" y 190° (seguramente errónea en la medida del AP). Pareja de movimiento propio común situada a 254,6 pc. Temperaturas: 5000 K y 4937 K. Radios: 2,32 R \odot y 2,32 R \odot . Luminosidades: 3,042 L \odot y 2,882 L \odot .
- 51) STT 95. Sistema orbital con periodo de 760,34 años, grado 4 (Jas1996b). En 1845: 0,6" y 344°. Distancia: 137,74 pc. Temperatura: 6759 K.
- 52) COU1883. Distancia: 170 pc. Masa: 0,89 M \odot . Temperatura: 5191 K.
- 53) STF1161. Pareja de movimiento común situada a 147,34 pc.
- 54) HDS1136. Estrella poco observada con 4 medidas históricas. Fija desde 1991. Pareja de movimiento propio común situada a 349,5 pc. Temperaturas: 6349 K y 6488 K. Radios: 1,45 R \odot y 1,32 R \odot . Luminosidades: 3,06 L \odot y 2,783 L \odot .
- 55) STT 186. En 1843: 0,7" y 68°. Lenta evolución con ascenso de distancia y separación angular. Los últimos datos astrofísicos indican parálajes y movimientos propios diferentes entre ambas componentes.
- 56) STF1282AB. En 1821: 3,8" y 277°. Sistema físico situado a 55,33 pc. Masas: 1,19 M \odot y 1,18 M \odot . Separación proyectada de 186 ua. Temperaturas: 5923 K y 5994 K. Radios: 1,48 R \odot y 1,41 R \odot . Luminosidades: 2,445 L \odot y 2,296 L \odot .
- 57) COU1119. Estrella poco observada con 3 mediciones históricas. En 1974: 1,9" y 276°. Se separa radialmente. Se trata de ASAS J085336+2656.7, una binaria de contacto eclipsante (tipo EC) con una amplitud de 0,45 magnitudes y un periodo de 1,15061 d.
- 58) STF1291AB. En 1829: 1,5" y 333°. El ángulo de posición disminuye con regularidad. Espectros G7 III y K1 III. Conocido sistema físico 57 Cnc. Temperaturas: 4920 K y 4979 K.
- 59) STF1322. En 1830: 1,7" y 59°. Lenta disminución del ángulo de posición. Parálajes y movimientos propios parecidos, pero con diferencias.
- 60) STF1333. Sistema físico. En 1827: 1,5" y 40°. Distancia: 175,8 pc. Temperatura: 8630 K y 7356 K.
- 61) STF1339. En 1828: 1,2" y 74°. En 1975: 1,4" y 66°. Sensiblemente fija en las últimas décadas. Movimiento propio de ambas componentes muy pequeño.
- 62) A 1985. Pareja de movimiento propio común situada a 115 pc. Masa: 1,40 M \odot . Temperaturas: 5190 K y 5163 K.
- 63) TDS6906. Sistema confirmado, solo observado en 1991 (1,24" y 59,4°). Se acerca y aumenta AP. Estrella roja. Índice B-V: 1,116.
- 64) STT 215. Sistema orbital con periodo estimado de 670,27 años (grado 4, Zae1984). Distancia: 108,46 pc. Masa: 1,4 M \odot . Temperaturas: 5711 K y 5163 K.
- 65) STF1429. Sistema orbital con un periodo estimado de 1281 años (grado 4, Zul1981). Distancia: 67,476 pc. Temperatura: 5095 K. Masa total del sistema: 1,93 M \odot .

- 66) STF1428. Pareja de movimiento propio común situada a 79,335 pc. Masa: 1,4 M \odot . Temperaturas: 6361 K y 6644 K.
- 67) STF1439. Pareja de movimiento propio común situada a 81,35 pc. Masa: 1,11 M \odot . Temperaturas: 5215 K y 5096 K.
- 68) HU 880. En 1904: 0,7" y 121°. En 1986: 0,8" y 142°. El ángulo de posición se ha ralentizado en su crecimiento. No hay datos de Gaia todavía de paralaje y movimiento propio, solo de velocidad radial y arroja el mismo valor para las dos componentes.
- 69) COU2624. Estrella poco observada con 4 mediciones históricas. En 1991: 0,9" y 136°. Paralajes diferentes de ambas estrellas. Movimientos propios elevados, aunque distintos. Temperaturas: 5215 K y 5096 K.
- 70) STF1487. 54 Leo. Sistema físico situado a 100 pc. En 1777: 6,0" y 105°. Temperaturas: 8271 K y 8861 K.
- 71) STF1501. En 1831: 2,0" y 186°. Se acercan muy lentamente. Pareja de movimiento propio común situada a 107,5 pc. Masa: 1,0 M \odot . Temperaturas: 5096 K y 5145 K.
- 72) STF1504. En 1827: 1,0" y 100°. Movimientos propios no idénticos. Masa: 1,6 M \odot . Temperaturas: 5967 K y 5287 K.
- 73) STF1517. Sistema orbital con periodo de 924 años (grado 4, FMR2015b). Distancia 54,5 pc. Temperatura: 5145 K.
- 74) STF1521. Pareja de movimiento propio común situada a 128,32 pc. Clases espectrales: A7 III y A8 IV. Temperaturas: 7733 K y 7193 K.
- 75) TDS7840. Sistema confirmado, solo observado en 1991 (1,19" y 201,9°). Parece que se va separando lentamente. Temperatura: 6876 K.
- 76) STF1555AB. Sistema orbital con periodo de 1730 años (grado 4, Doc2017a). Distancia: 71,58 pc. Temperatura: 7306 K. Masa sistema: 3,36 M \odot .
- 77) STT 237. Sistema orbital con periodo estimado de 3525 años (grado 4, USN2002). Distancia 81,5 pc. Masa: 1,0 M \odot . Temperaturas: 6327 K y 5885 K. Radios: 1,47 R \odot y 1,08 R \odot . Luminosidades: 3,114 L \odot y 1,252 L \odot .
- 78) TDS 642. Sistema confirmado, solo medido en 1991 (2,325" y 185,1°). Aumenta AP. Sistema de movimiento propio común situada a 311,3 pc. Temperaturas: 5855 K y 5757 K. Radios: 1,27 R \odot y 1,08 R \odot . Luminosidades: 1,695 L \odot y 1,160 L \odot .
- 79) HU 731. Sistema orbital con periodo de 207,77 años (grado 5, Hrt2008). Pareja de enanas rojas situada a 42,49 pc. Movimiento propio común elevado. Temperaturas: 5143 K y 5096 K.
- 80) COU 51AB. Valor de movimientos propios y velocidad radial compatibles, aunque la paralaje, pequeña en los dos casos, es diferente.
- 81) TDS8202. Sistema confirmado, solo observado en 1991 (1,44" y 92,6°). El AP parece aumentar. Pareja óptica. Temperaturas: 5000 K y 5096 K.
- 82) STF1596. 2 Com. Pareja de movimiento propio común situada a 104,17 pc. Temperaturas: 7582 K y 8630 K.
- 83) STF1613. Distancia: 221,47 pc. Temperaturas: 5135 K y 5143. Masa: 1,4 M \odot .
- 84) STF1639. Sistema orbital con periodo 575,44 años (grado 4, Ole2000b). Distancia: 85,71 pc. Temperaturas: 8809 K y 6912 K.
- 85) STF1643AB. Sistema orbital con periodo estimado de 549,41 años (grado 4, Ole2003b). Distancia: 27,414 pc. Temperatura: 5018 K. Masas: 0,78 M \odot y 0,74 M \odot . Pareja de enanas rojas.
- 86) COU 392. Sistema solo con dos observaciones históricas. La última en 2001: 2,11" y 338,2°. Pareja de enanas situadas a 112,17 pc. Temperaturas: 4920 K y 4376 K. Radios: 0,85 R \odot y 0,75 R \odot . Luminosidades: 0,378 L \odot y 0,184 L \odot .
- 87) STF1667AB: Pareja de movimiento propio común situada a 238,11 pc. Temperaturas: 5967 K y 5287 K. Radios: 2,54 R \odot y 2,66 R \odot . Luminosidades: 7,371 L \odot y 4,983 L \odot .
- 88) A 2000. Distancia: 209,13 pc.
- 89) STF1699. Distancia: 88,52 pc. Masas: 1,01 M \odot y 1,04 M \odot . Temperaturas: 5191 K y 5248 K.
- 90) TDS 692. Sistema confirmado, solo observado en 1991 (1,327" y 277,7°). Disminuye AP y se acercan ligeramente. Probable pareja de movimiento propio común situada a 132 pc. Temperaturas: 5095 K y 5190 K.
- 91) STT 261. Distancia: 72,86 pc. Temperaturas: 6551 K y 6869 K. Radios: 1,74 R \odot y 1,39 R \odot . Luminosidades: 5,001 L \odot y 3,848 L \odot . Masa: 0,98 M \odot .
- 92) STT 263. Sistema físico situado a 136,54 pc. En 1843: 2,2" y 132°. Temperaturas: 5952 K y 5909 K. Radios: 1,52 R \odot y 1,36 R \odot . Luminosidades: 2,619 L \odot y 2,031 L \odot .
- 93) STF1785. Sistema orbital de enanas rojas (K4 V y K6 V) con periodo de 155,75 años (grado 2, Hei1988d). Distancia: 13,5 pc. Temperaturas: 4707 K y 4440 K. Radios: 0,70 R \odot y 0,69 R \odot . Luminosidades: 0,217 L \odot y 0,167 L \odot .
- 94) STF1871. Distancia: 116,72 pc. Temperaturas: 7044 K y 6669 K Radios: 1,70 R \odot y 2,04 R \odot . Luminosidades: 6,398 L \odot y 7,425 L \odot .
- 95) STF1884. Movimiento propio común elevado, pero paralajes no totalmente coincidentes. Temperaturas: 5287 K y 6273 K.
- 96) STF2663AB. Sistema lejano de estrellas seguramente sin ninguna relación entre sí. Temperaturas: 9624 K y 8692 K.
- 97) A 1205. Sistema orbital con un periodo estimado de 493,2 años (grado 5, WSI2006b). Distancia: 33,7 pc. Temperaturas: 5000 K y 5096 K. Masa: 0,76 M \odot .
- 98) STF2671AB. Paralajes y movimientos propios no totalmente coincidentes. Temperaturas: 9000 K y 7134 K.
- 99) COU2694. Estrella con solo 2 observaciones en el WDS. En 1991: 1,0" y 245°. Parece que se separa y aumenta AP. Paralajes diferentes.

- 100)STT 431. Sistema físico situado a 96,28 pc. En 1843: 3,4" y 117°. Temperaturas: 6463 K y 6389 K. Radios: 1,27 R_☉ y 1,19 R_☉. Luminosidades: 2,551 L_☉ y 2,132 L_☉.
- 101)STF2780. Estrella muy lejana y masiva. Pareja de perspectiva. Temperaturas: 8440 K y 8869 K. Masa: 50 M_☉. Espectro B0 II.
- 102)BU 162AB. Sistema físico situado a 142,94 pc. Temperaturas: 5287 K y 5190 K.
- 103)STF2789AB. Pareja de movimiento propio común situada a 82,55 pc. Temperaturas: 5915 K y 5313 K. Radios: 2,15 R_☉ y 2,56 R_☉. Luminosidades: 5,085 L_☉ y 4,720 L_☉.
- 104)STF2843. En 1831: 2,4" y 134°. Distancia: 84,31 pc. Temperaturas: 6876 K y 6051 K. Masa: 1,80 M_☉. Espectros F5 IV y F8 V. Radios: 2,07 R_☉ y 2,41 R_☉. Luminosidades: 8,649 L_☉ y 7,007 L_☉.
- 105)STT 456. En 1847: 1,3" y 28°. Distancia: 255,477 pc. Temperaturas: 5962 K y 5287 K. Radios: 4,80 R_☉ y 4,78 R_☉.
- 106)STT 458. En 1846: 0,7" y 350°. Distancia: 281,37 pc. Temperatura: 7420 K.
- 107)MLR 63. En 1970: 0,70" y 226°. Se separa y disminuye AP.
- 108)HU 976. Pareja de movimiento común situada a 114,45 pc. Temperaturas: 5248 K y 5344 K.
- 109)STF2854. Pareja de movimiento propio común situada a 71,65 pc. Temperaturas: 5972 K y 5956 K. Radios: 1,74 R_☉ y 1,64 R_☉. Luminosidades: 3,469 L_☉ y 3,048 L_☉.
- 110)STT 462. Distancia: 146 pc. Temperaturas: 8078 K y 5096 K. Masas: 2,54 M_☉ y 1,61 M_☉.
- 111)ES 1112. Estrella poco observada y no medida desde 1996. En 1911: 1,2" y 231°.
- 112)STF2872BC. Sistema orbital con un periodo calculado de 840 años (grado 4, USN2002).
- 113)STF2868. En 1830: 1,1" y 5°. Distancia: 307,07 pc. Temperaturas: 5095 K y 5267 K.
- 114)COU2659. Estrella con 5 observaciones en el WDS. En 1990: 1,5" y 158°. Espectro F0 V.
- 115)STF2881. En 1829: 1,8" y 112°. Pareja de movimiento propio común situada a 150,84 pc. Temperaturas: 5287 K y 5143 K. Masa: 1,0 M_☉.
- 116)TDS1166. Sistema confirmado solo observado en 1991: 1,109" y 313,8°. Estrellas lejanas. Temperaturas: 5952 K y 5096 K.
- 117)BU 1216. Paralajes y movimientos propios diferentes. Temperaturas: 5096 K y 5287 K.
- 118)STF2903. Pareja de movimiento propio común situada a 235,175 pc. Temperaturas: 4942 K y 8600 K.
- 119)STF2902. Pareja de movimiento propio común situada a 203,757 pc. Temperaturas: 4747 K y 5973 K. Radios: 10,11 R_☉ y 3,87 R_☉. Luminosidades: 46,748 L_☉ y 17,183 L_☉.
- 120)TDT3523. Sistema confirmado, solo medido en 1991: 1,32" y 111,7°.
- 121)STF2917AB. Pareja de movimiento propio común situada a 313 pc. Temperaturas: 7000 K y 7369 K. Radios: 4,11 R_☉ y 3,36 R_☉. Luminosidades: 36,6 L_☉ y 30 L_☉.
- 122)TDS1175. Sistema confirmado, solo observado en 1991: 0,925" y 304,1°. Parece que se acerca y el AP disminuye.
- 123)COU 2335. Sistema fijo.
- 124)BU 176: Sistema de alto movimiento propio común situada a 76,568 pc. Temperaturas: 5788 K y 5171 K. Radios: 0,95 R_☉ y 0,98 R_☉. Luminosidades: 0,904 L_☉ y 0,614 L_☉.
- 125)STF2950. En 1832: 2,0" y 319°. Se acercan y disminuye el AP. Posible aceleración en estos últimos años. Sistema físico situado a una distancia de 72,709 pc. Temperatura: 6704 K.
- 126)BU 712. En 1877: 1,0" y 292°.
- 127)COU 240. Sistema Fijo. Distancia: 261 pc. Temperatura: 5877 K.
- 128)A 785. En 1904: 1,1" y 25°. Distancia: 739,48 pc. Temperaturas: 5937 K y 5190K.
- 129)A 193. Pareja de movimiento propio común situada a 135,677 pc. Temperaturas: 5877 K y 5287 K.
- 130)A 1480. En 1906: 0,5" y 247°. Se aleja y se reduce el AP. Distancia: 64,029 pc. Temperatura: 5240 K.
- 131)STF3000. Distancia: 217,8 pc. Temperatura: 6329 K. Masas: 1,53 M_☉ y 1,50 M_☉.
- 132)COU1994. Estrella con 4 observaciones en WDS. En 1981: 0,80" y 50°. Espectro G8 III.
- 133)STF3013CD. En 1831: 2,6" y 270°. Se separan y crece AP. Pareja de movimiento propio común situada a una distancia de 75,68 pc. Temperaturas: 6387 K y 5227 K. Radios: 1,14 R_☉ y 0,89 R_☉. Luminosidades: 1,955 L_☉ y 0,532 L_☉.
- 134)STF3012AB. Pareja de movimiento común situada a 75,9 pc. Temperaturas: 5833 K y 5413 K. Radios: 0,90 R_☉ y 0,88 R_☉. Luminosidades: 0,851 L_☉ y 0,602 L_☉.
- 135)La doble-doble STF3012-STF3013 es un grupo de movimiento propio común con los mismos movimientos propios y paralajes.
- 136)TDS1210. Sistema confirmado, solo medido en 1991: 1,171" y 18,4°. Parece que aumenta AP. Evolución lenta. Temperatura: 5096 K.
- 137)STT 503. Sistema físico situado a 114,934 pc. Temperatura: 5096 K.
- 138)STF3042. Sistema físico situado a una distancia de 69,4 pc. Temperaturas: 6562 K y 6558 K. Radios: 1,43 R_☉ y 1,35 R_☉. Luminosidades: 3,420 L_☉ y 3,059 L_☉.
- 139)BU 728. Aumenta AP y se mantiene casi a la misma separación. En 1878: 1,1" y 353°. Sistema físico situado a 123,964 pc. Temperaturas: 5191 K y 5096 K.

TABLA 2. DATOS DE MOVIMIENTOS PROPIOS, PARALAJES Y VELOCIDADES RADIALES EXTRAÍDOS DE GAIA DR2.

WDS DESIG	SISTEMA	MOV. PROPIO A.R.		MOV. PROPIO DEC		PARALAJE		VEL. RADIAL	
		A	B	A	B	A	B	A	B
00048+4358	A 203	-92,743	-90,212	-29,167	-24,886	8,1599	7,7616		
00057+4239	A 110	11,711	11,952	-9,079	-8,779	2,7068	2,9214		
00063+5826	STF3062	237,890	286,741	36,693	37,920	47,8005	46,2077		
00116+5558	STF 7	3,753	4,501	-8,814	-8,588	2,4148	2,5105		
00172+5034	BU 776	5,643	6,040	-12,665	-13,640	3,7071	3,6837		
00175+4514	ES 1294	5,938	3,735	-0,521	0,574	1,2935	2,3470	-24,73	
00185+2608	STF 24	-17,223	-20,325	-25,069	-28,445	6,6640	6,7753		-2,17
00218+6628	STT 7AB	-1,645	-4,288	-8,431	-8,728	4,4713	3,4447		5,47
00253+3230	STF 29	32,576	33,009	-8,501	-8,815	3,9193	3,9293	-2,66	
00278+5001	HU 507AB	21,363	23,520	-4,626	-4,370	4,1861	4,2466		
00278+5001	HU 507AC	21,363	22,261	-4,626	-4,377	4,1861	4,2606		
00310+3406	STF 33	25,370	25,403	-8,870	-8,980	8,1983	8,0809		-4,21
00378+3031	A 915	3,491	5,534	-5,735	-4,965	4,3393	4,2419		
00428+2924	A 917	13,489	12,627	-1,863	-3,833	2,2822	2,0999		
00442+4614	STF 52	69,362	64,123	-24,670	-25,924	8,4834	7,7841		
00455+4324	BU 865AB	-9,550	-7,041	-21,419	-20,351	5,0744	4,7898		
00480+5127	STF 59AB	-5,337	-3,787	-11,636	-10,579	3,6306	3,6251		
00487+3604	COU1207	-3,710	-3,286	-6,918	-6,924	2,2252	2,2784	-14,00	
00499+2743	STF 61	88,847	87,593	-11,304	-9,229	11,2322	11,2666	13,30	
00516+6859	BU 781	-4,404	-7,410	-5,447	-1,401	3,4246	2,9813		
00527+6852	STF 65	4,230	2,859	-3,297	-3,478	4,8270	4,8455		
00528+5638	BU 1AB	-2,270	-2,264	-1,323	-1,543	0,3388	0,2911		
00528+5638	BU 1AC	-2,270	-2,319	-1,323	-1,519	0,3388	0,2925		
00528+5638	BU 1AD	-2,270	-2,367	-1,323	-1,437	0,3388	0,3579		
00551+2811	A 437	28,839	27,303	-10,901	-11,654	8,8873	8,9919		
00568+5712	TDS 34	-4,471	-3,251	-3,991	-4,729	1,7731	1,3305		-61,40
01104+2952	BU 2	-30,552	-29,992	-9,833	-8,970	7,9842	7,9189	-15,13	-16,52
01119+4748	BU 398	17,835	16,426	-14,596	-12,739	3,5479	4,0280		
01122+5132	STF 97	12,387	10,428	-6,497	-7,440	3,5768	3,3247		
01188+3724	STF 108	-8,659	-6,816	-3,016	-7,096	6,7595	6,6436	0,64	
01197+6135	KR 11	48,892	48,461	-13,914	-13,864	6,3428	6,3922		9,70
01259+6808	STF 117CD	-4,168	-3,988	2,521	0,822	1,7925	1,8043		8,23
01261+5832	ES 1713	10,128	14,164	-23,828	-17,062	7,3543	7,2861	-27,63	-23,54
01323+5825	A 942	-31,864	-36,606	-149,920	-147,584	14,8222	14,7918		
01352+5150	A 112		10,157		-4,464		1,5029		20,94
01356+6117	STI 237AB	-1,654	-1,553	-0,722	-0,612	0,3159	0,3249		
01356+6117	HJ 1083AH	-1,654	-1,687	-0,722	-0,569	0,3159	0,2987		
01356+6117	ES 2588AF	-1,654	-1,265	-0,722	-0,616	0,3159	0,9657		

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 2. DATOS DE MOVIMIENTOS PROPIOS, PARALAJES Y VELOCIDADES RADIALES EXTRAÍDOS DE GAIA DR2.

WDS DESIG	SISTEMA	MOV. PROPIO A.R.		MOV. PROPIO DEC		PARALAJE		VEL. RADIAL	
		A	B	A	B	A	B	A	B
01356+6117	STI 237BC	-1,553	-1,642	-0,612	-0,509	0,3249	0,3871		
01356+6117	JCT 2Fa,Fb	-1,265	-1,902	-0,616	-0,168	0,9657	0,2946		
01401+3858	STF 141	-26,615	-23,547	-16,679	-23,260	7,4735	7,0560		
01476+4820	TDS2007	6,406	2,202	-4,747	-3,814	0,7451	0,8006	-27,83	-18,81
01479+4440	A 949	-0,421		-13,074		3,9985			
01493+4754	STF 162AB	-17,266	-17,037	-11,958	-3,361	6,9601	7,4047		
01516+5252	BU 1366AB	18,308	18,988	-2,373	-3,017	4,7441	4,7040	-16,59	
01543+4020	COU1363	12,760		6,769		3,4403		35,22	
01546+5956	A 953	-54,530	-54,993	4,226	4,556	7,4192	6,8545		
02009+5258	A 1921	40,097	41,124	-47,359	-50,164	6,5984	6,9220	11,14	10,27
02031+5237	COU2678	154,721	152,188	-44,085	-44,548	9,0557	9,1165		
02062+2507	STF 212	-7,817	-7,064	-9,068	-7,948	3,3535	3,3945		
02084+6025	TDS 71	0,395	0,931	-7,816	-5,279	1,4467	0,7189		
02172+5555	STF 235	40,135	40,221	-19,965	-20,198	4,8939	4,8216		14,24
02188+5714	BKO 168AC	-0,619	114,078	-1,301	-41,730	0,4995	6,3151		11,69
02211+4246	STF 248								
02217+3923	STF 251	29,331	28,783	-22,995	-23,278	2,1519	2,1728	13,06	12,99
02218+3830	STT 40								
02313+4703	A 968	42,595	45,367	-0,697	-1,922	6,3656	6,0214		
02322+5415	HJ 2142AB	0,898	1,987	-4,808	-1,139	1,4146	1,2024		-38,43
02322+5415	HJ 2142AC	0,898	-5,969	-4,808	-4,316	1,4146	1,6720		
02322+5415	HJ 2142BC	1,987	-5,969	-1,139	-4,316	1,2024	1,6720	-38,43	
02322+5415	BVD 346 Aa	0,898		-4,808		1,4146			
02331+5828	STF 272	-16,303	-16,283	-7,259	-7,692	5,1782	5,1091		
02357+4411	A 1528	-0,960		-5,586		2,2036			
04041+4659	TDS2736	0,282	0,527	-1,335	-1,071	1,5996	1,6706		
04236+2520	LDS1167	47,252	45,862	-30,466	-31,047	3,9280	3,5140	47,82	45,79
05055+1948	STT 95	-11,764		-15,750		0,7399			
05079+5459	STF 635		7,721		-19,059		5,5625		
07057+5245	STF1009AB	-30,291	-23,896	-57,151	-61,068	9,8947	9,7648		
07173+3744	COU1883								
07597+4637	STF1161	-28,181	-32,555	-40,047	-41,998	6,9405	6,7867	19,28	20,76
07599+4931	HDS1136	-6,990	-7,178	-16,651	-15,858	2,7854	2,9372	-15,36	-13,50
08033+2616	STT 186	-9,332	-5,102	-4,867	-3,152	4,2017	3,0683		
08508+3504	STF1282AB	-174,649	-170,874	114,396	113,993	18,1136	18,0285	4,91	5,65
08536+2656	COU1119	-19,837	-23,617	-18,293	-18,745	4,1336	3,9050		
08542+3035	STF1291AB	36,388	41,467	-24,722	-23,899	7,8414	8,6925		
09127+1632	STF1322	1,622	1,478	-6,409	-5,752	3,5711	3,4086		

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 2. DATOS DE MOVIMIENTOS PROPIOS, PARALAJES Y VELOCIDADES RADIALES EXTRAÍDOS DE GAIA DR2.

WDS DESIG	SISTEMA	MOV. PROPIO A.R.		MOV. PROPIO DEC		PARALAJE		VEL. RADIAL	
		A	B	A	B	A	B	A	B
09184+3522	STF1333	-44,359	-45,107	-15,403	-20,128	5,7384	5,6385		
09210+3643	STF1339	2,377	3,352	0,859	2,305	3,9549	3,7823		
09300+4216	A 1985	-30,664	-31,177	-37,417	-42,324	8,7502	8,6268		
09561+2433	TDS6906	50,000		-67,186		11,6486			
10163+1744	STT 215	-8,485	-3,241	2,216	-0,208	9,3298	9,1086		
10215+4603	COU2503	3,137	0,794	-9,007	-11,430	3,0978	4,4032	-23,24	
10250+2437	STF1429								
10260+5237	STF1428	-130,460	-124,702	-40,852	-40,104	12,6004	12,6089		
10301+2048	STF1439	103,086	95,505	-67,007	-54,427	12,4614	12,1242		
10312+3707	HU 880					-14,81	-14,95		
10369+5042	COU2624	-82,827	-73,484	-40,091	-59,011	3,5916	12,7231		
10556+2445	STF1487	-78,057	-75,374	-16,520	-18,595	9,8275	10,1748		
11023+3049	STF1501	-44,991	-44,164	-45,623	-39,651	9,4120	9,1865		
11040+0338	STF1504	-33,565	-25,410	-0,170	0,610	5,5844	5,7756		
11137+2008	STF1517AB								
11154+2734	STF1521	-34,969	-34,572	-0,885	-0,943	7,7791	7,8073		5,22
11241+2929	TDS7840	-28,482		1,597		3,4937		-13,06	
11332+4927	HU 727	-20,522	-22,459	-24,107	-23,456	5,1158	4,6412		4,30
11347+1648	STF1552AB	-9,531	-9,737	-0,520	-2,365	3,1248	3,1662		
11363+2747	STF1555AB								
11371+4040	A 1996	-18,156	-15,417	14,437	16,607	7,4294	7,5829		5,21
11390+4109	STT 237AB	-82,222	-84,473	-34,597	-40,143	12,4809	12,0542		
11431+4808	TDS 642	-45,710	-46,962	-27,666	-27,053	3,2178	3,2069	-20,77	-13,58
11487+4030	COU1262								
11520+4805	HU 731	-211,234	-221,024	41,774	45,930	23,4996	23,5725		
11552+1643	COU 51AB	-47,314	-46,810	-4,182	-3,849	1,7590	3,3445	26,08	21,76
12039+5003	TDS8202	-24,333	-22,785	-4,115	-14,956	10,5134	12,2781		
12043+2128	STF1596	35,483	37,363	-5,344	-6,226	9,5641	9,6351		
12126+3546	STF1613	12,147	11,093	7,003	4,566	4,5637	4,4670		
12244+2535	STF1639AB	-9,409	-15,465	-10,868	-6,433	11,6398	11,6948		
12272+2701	STF1643AB	83,776	94,057	-242,365	-248,007	36,4871	36,4672		
12374+2322	COU 392	27,054	20,758	-4,377	-4,440	8,8372	8,9925		
12396+6440	STF1667AB	17,424	17,004	-12,436	-11,935	4,2448	4,1546	-40,69	
12397+4444	COU1578	-18,367	-19,127	7,381	8,133	3,8671	4,9581	-15,04	
12563+4300	A 2000	37,226		-30,079		4,7817		29,84	
12587+2728	STF1699	-121,997	-123,342	-103,755	-104,885	11,3564	11,2377		
13112+6805	TDS 692	-48,496	-50,221	52,427	50,401	7,3280	7,8198		
13120+3205	STT 261	25,662	21,776	-6,700	-1,068	13,6916	13,7597		

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 2. DATOS DE MOVIMIENTOS PROPIOS, PARALAJES Y VELOCIDADES RADIALES EXTRAÍDOS DE GAIA DR2.

WDS DESIG	SISTEMA	MOV. PROPIO A.R.		MOV. PROPIO DEC		PARALAJE		VEL. RADIAL	
		A	B	A	B	A	B	A	B
13166+5034	STT 263	-48,334	-51,642	24,101	25,734	7,3270	7,3213	-44,96	-45,10
13491+2659	STF1785	-416,522	-462,735	-112,016	-71,473	73,9239	74,2043		
14416+5124	STF1871	-13,045	-17,950	-30,538	-33,841	8,7034	8,4309		
14484+2422	STF1884	-98,190	-101,084	56,675	56,626	10,2478	11,4718		
20168+3942	STF2663AB	2,077	1,738	-1,925	-2,258	1,6015	1,5990		
20182+2912	A 1205	-2,245	4,422	-90,456	-88,470	29,7973	29,5524		
20184+5524	STF2671AB	-8,722	-5,531	-29,216	-23,543	10,4681	11,1720		
20269+4152	A 293	-2,138	-2,482	-15,557	-15,879	3,1503	3,1064		
21092+5220	COU2694	-17,674	-17,807	-15,562	-14,958	2,5256	1,0535		
21103+4359	STF2773AB	5,640	5,649	2,045	2,870	2,3282	2,2634		
21115+4115	STT 431AB	-7,741	-13,212	-55,527	-55,683	10,3229	10,4489		2,54
21118+5959	STF2780AB	-11,759	-1,212	7,155	-3,526	2,8200	1,0928		
21171+3546	BU 162AB	0,287	1,454	-25,371	-23,853	6,9121	7,0799		
21200+5259	STF2789AB	9,554	6,485	60,367	56,903	12,1033	12,1232	30,33	29,28
21454+4356	HO 168AB	68,081	60,274	2,426	5,721	7,3374	8,7400		
21516+6545	STF2843AB	-4,336	-10,073	-21,639	-17,188	11,9204	11,8018		
21523+6306	STF2845AB	-3,291	-2,912	-1,446	-0,884	0,9611	1,1835		
21555+5232	STT 456AB	-0,156	1,443	-0,980	-0,896	3,9823	3,8462		
21565+5948	STT 458AB	21,727		0,555		3,5540			
21576+6144	MLR 63	13,263		20,394		9,0532			
22009+6250	HU 976	82,989	86,098	38,042	34,985	8,6213	8,8529		
22044+1339	STF2854	5,106	-7,318	-33,208	-35,453	14,0192	13,8951		
22070+3605	STT 462AB	1,712		-9,744		6,8497			
22086+5132	ES 1112	7,998	9,695	0,705	-2,051	3,2920	3,2274		
22086+5917	STF2872A,B C	11,242	11,141	3,286	0,766	4,3281	5,1834		
22086+5917	STF2872BC	11,141		0,766		5,1834			
22094+2233	STF2868		20,486		-14,804		3,2672		-25,37
22110+6324	STF2879AB	0,069	9,043	0,628	-13,612	0,8396	1,1132		
22115+5232	COU2659	2,430	0,853	0,032	1,503	1,6441	1,7301		
22117+4941	ES 1178	-2,882	-1,980	-3,329	-3,339	1,1535	0,7649		
22126+3013	HO 179AB	32,912		-3,133		4,9335			
22136+5234	BU 991								
22146+2934	STF2881	31,573	31,434	-32,404	-29,774	6,6268	6,6320		
22167+5438	TDS1166	-4,297	-6,019	-1,563	-4,331	-0,1823	0,3201		
22202+2931	BU 1216	63,785	82,119	19,771	19,744	13,3973	9,0919	-17,46	
22218+6642	STF2903	30,083	29,125	8,494	7,441	4,2595	4,2448	-3,70	
22236+4521	STF2902AB	36,435	37,115	8,727	8,953	4,9233	4,8923	-6,40	
22262+3532	TDT3523	24,368	19,666	7,923	6,828	2,7984	2,4728		

(Continúa en la pág. siguiente)

TABLA 2. DATOS DE MOVIMIENTOS PROPIOS, PARALAJES Y VELOCIDADES RADIALES EXTRAÍDOS DE GAIA DR2.

WDS DESIG	SISTEMA	MOV. PROPIO A.R.		MOV. PROPIO DEC		PARALAJE		VEL. RADIAL	
		A	B	A	B	A	B	A	B
22306+5332	STF2917AB	13,638	14,644	1,589	2,025	3,2254	3,1633		
22328+2625	HO 475AB	13,688	13,867	-6,665	-8,377	3,3739	3,5299		
22328+2625	HO 475AC	13,688	11,527	-6,665	-10,251	3,3739	3,6004		-35,01
22357+6133	TDS1175	-1,285		-2,041		1,0546			
22391+2715	TDT3636	-13,294		-16,877		3,1180			-18,73
22400+4800	COU2335	6,929	7,070	4,688	4,348	1,8289	-0,8667		
22425+3917	BU 176	102,373	106,702	13,252	11,889	13,0082	13,1123		-41,45
22470+4446	A 189AB	2,466	4,356	-1,436	-3,109	1,2926	2,1581		
22478+6614	MLR 85	53,606	57,716	1,220	6,979	8,8383	9,2025		
22514+6142	STF2950AB	107,206	94,861	30,747	43,192	13,5503	13,9565		
22548+5914	BU 712AB	4,553	5,685	0,001	-0,806	2,7432	2,3236		
22564+2257	COU 240		51,426		-4,692		3,8305		
22565+6252	STF2961	-0,680	-0,968	-1,707	-1,884	1,2073	1,1993		
22586+6950	A 785	-4,545		-1,533		1,3524			
23014+4638	A 193	-16,012	-15,172	-19,667	-20,089	7,3836	7,3573		-0,43
23117+3730	A 1480	49,228		-36,774		15,6178			
23188+2513	STF3000	5,488	4,152	-4,195	-3,012	4,2602	4,4025	-2,13	-3,54
23208+2158	STT 494	1,149	0,691	-6,444	-6,467	2,8173	3,1936		
23237+4425	COU1994	2,976	4,280	16,515	18,124	3,9048	4,9125		
23276+1638	STF3013CD	40,083	39,716	-10,541	-8,388	13,1813	13,2451	-6,51	
23276+1638	STF3012AB	38,348	38,556	-10,146	-9,702	13,1587	13,1884	-9,62	-6,25
23276+1638	STF3012AC	38,348	40,083	-10,146	-10,541	13,1587	13,1813	-9,62	-6,51
23303+5425	TDS1210	-27,981	-24,977	-14,805	-19,549	3,0390	2,7003		
23362+4944	HU 791	-8,263	-9,157	-5,399	-6,458	1,9299	1,3779		
23420+2018	STT 503AB	-56,703	-59,712	-81,179	-77,626	8,8453	8,5560		
23455+0629	HU 300	10,716	12,968	-4,531	-2,333	6,3388	6,2736		
23481+6349	BU 1152BC	6,366		-12,910		5,6001			
23519+3753	STF3042	-74,075	-67,326	-74,009	-72,288	14,4038	14,4137	-27,76	
23522+4331	BU 728AB	88,882	90,905	-0,616	-0,358	8,0857	8,0480		
23579+5723	STF3047AB	7,304	7,795	-2,798	-2,641	2,1737	2,1650		
23590+5315	HLD 59AB	-9,367	-9,308	-5,358	-5,449	2,7369	2,8911		
23590+5315	HLD 59AC	-9,367	7,403	-5,358	-5,897	2,7369	1,4314		-16,43

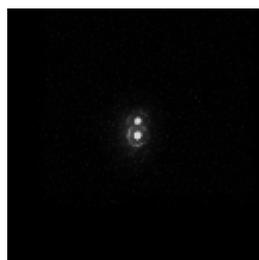
TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



00048+4358 A 203



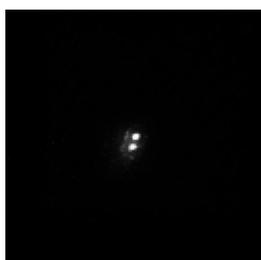
00057+4239 A 110



00063+5826 STF3062



00116+5558 STF 7



00172+5034 BU 776



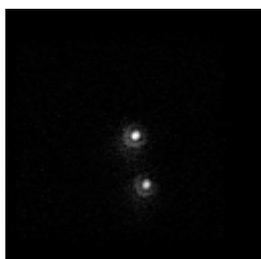
00175+4514 ES 1294



00185+2608 STF 24



00218+6628 STT 7AB



00253+3230 STF 29



00278+5001 HU 507ABC



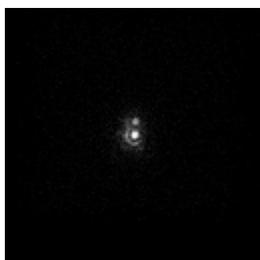
00310+3406 STF 33



00378+3031 A 915



00428+2924 A 917



00442+4614 STF 52



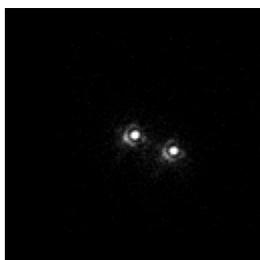
00455+4324 BU 865AB



00480+5127 STF 59AB



00487+3604 COU1207



00499+2743 STF 61



00516+6859 BU 781



00527+6852 STF 65



00528+5638 BU 1ABCD



00551+2811 A 437



00568+5712 TDS 34

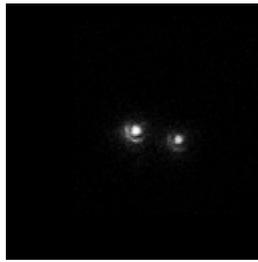


01104+2952 BU 2

TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



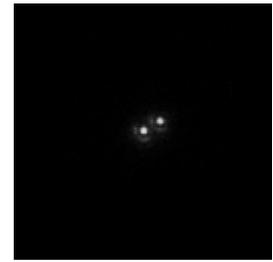
01119+4748 BU 398



01122+5132 STF 97



01188+3724 STF 108



01197+6135 KR 11



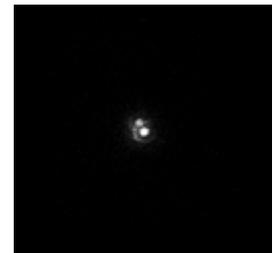
01259+6808 STF 117CD



01261+5832 ES 1713



01323+5825 A 942



01352+5150 A 112



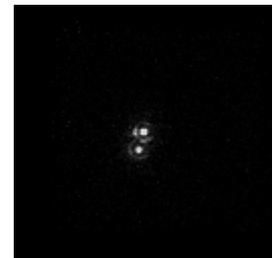
01401+3858 STF 141



01476+4820 TDS2007



01479+4440 A 949



01493+4754 STF 162AB



01516+5252 BU 1366AB



01543+4020 COU1363



01546+5956 A 953



02009+5258 A 1921



02031+5237 COU2678



02062+2507 STF 212



02084+6025 TDS 71



02172+5555 STF 235



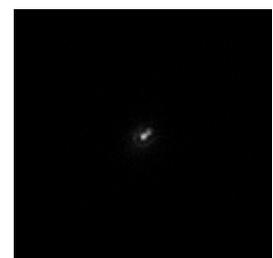
02188+5714 BKO 168AC



02211+4246 STF 248

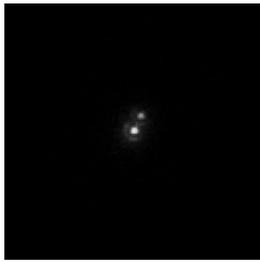


02217+3923 STF 251

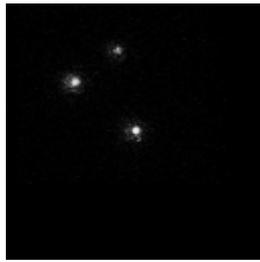


02218+3830 STT 40

TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



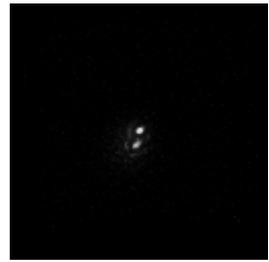
02313+4703 A 968



02322+5415 HJ 2142ABC



02331+5828 STF 272



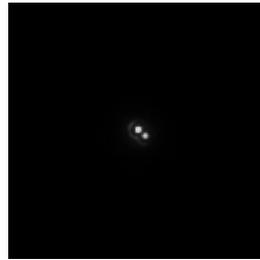
02357+4411 A 1528



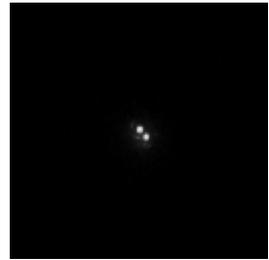
04041+4659 TDS2736



04236+2520 LDS1167



05055+1948 STT 95



05079+5459 STF 635



07057+5245 STF1009AB



07173+3744COU1883



07597+4637 STF1161



07599+4931HDS1136



08033+2616 STT 186



08508+3504 STF1282AB



08536+2656COU1119



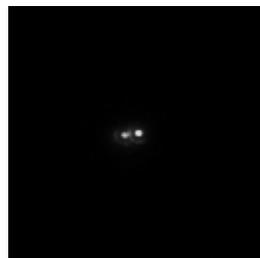
08542+3035 STF1291AB



09127+1632 STF1322



09184+3522 STF1333



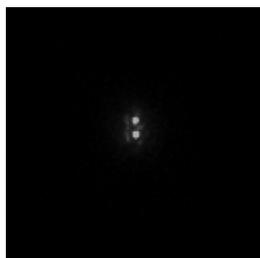
09210+3643 STF1339



09300+4216 A 1985



09561+2433 TDS6906



10163+1744 STT 215

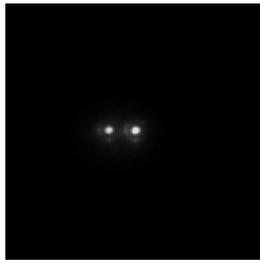


10215+4603 COU2503



10250+2437 STF1429

TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



10260+5237 STF1428



10301+2048 STF1439



10312+3707 HU 880



10369+5042 COU2624



10556+2445 STF1487



11023+3049 STF1501



11040+0338 STF1504



11137+2008 STF1517AB



11154+2734 STF1521



11241+2929 TDS7840



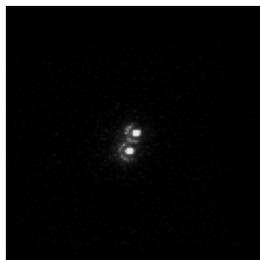
11332+4927 HU 727



11347+1648 STF1552AB



11363+2747 STF1555AB



11371+4040 A 1996



11390+4109 STT 237AB



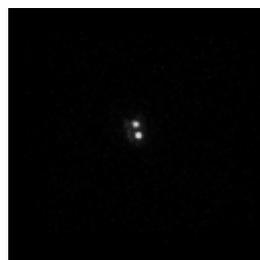
11431+4808 TDS 642



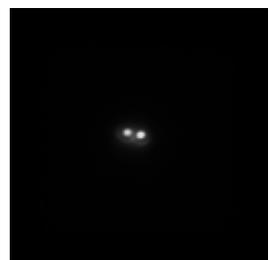
11487+4030 COU1262



11520+4805 HU 731



11552+1643 COU 51AB



12039+5003 TDS8202



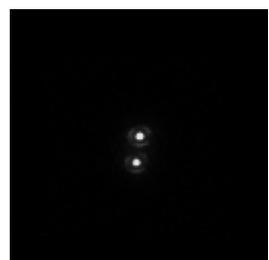
12043+2128 STF1596



12126+3546 STF1613

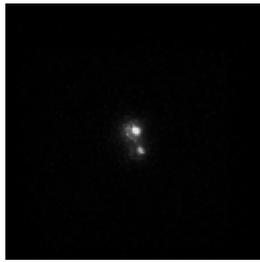


12244+2535 STF1639AB



12272+2701 STF1643AB

TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



12374+2322 COU 392



12396+6440 STF1667AB



12397+4444 COU1578



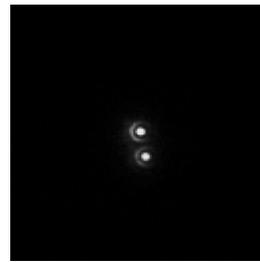
12563+4300 A 2000



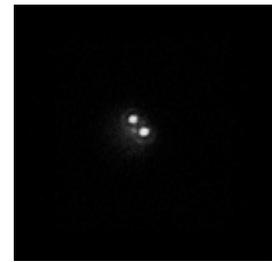
12587+2728 STF1699



13112+6805 TDS 692



13120+3205 STT 261



13166+5034 STT 263



13491+2659 STF1785



14416+5124 STF1871



14484+2422 STF1884



20168+3942 STF2663AB



20182+2912 A 1205



20184+5524 STF2671AB



20269+4152 A 293



21092+5220 COU2694



21103+4359 STF2773AB



21115+4115 STT 431AB



21118+5959 STF2780AB



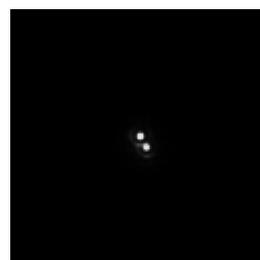
21171+3546 BU 162AB



21200+5259 STF2789AB



21454+4356 HO 168AB



21516+6545 STF2843AB



21523+6306 STF2845AB

TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



21555+5232 STT 456AB



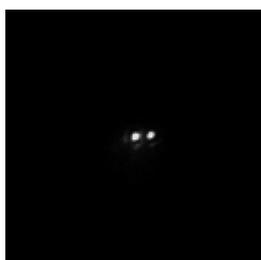
21565+5948 STT 458AB



21576+6144 MLR 63



22009+6250 HU 976



22044+1339 STF2854



22070+3605 STT 462AB



22086+5132 ES 1112



22086+5917 STF2872ABC



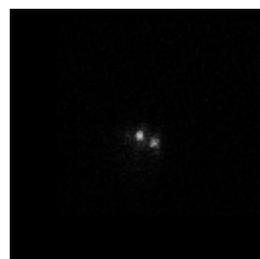
22094+2233 STF2868



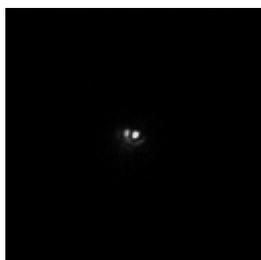
22110+6324 STF2879AB



22115+5232 COU2659



22117+4941 ES 1178



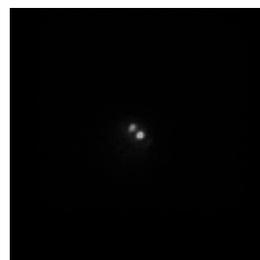
22126+3013 HO 179AB



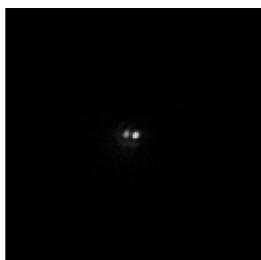
22136+5234 BU 991



22146+2934 STF2881



22167+5438 TDS1166



22202+2931 BU 1216



22218+6642 STF2903



22236+4521 STF2902AB



22262+3532 TDT3523



22306+5332 STF2917AB



22328+2625 HO 475ABC



22357+6133 TDS1175



22391+2715 TDT3636

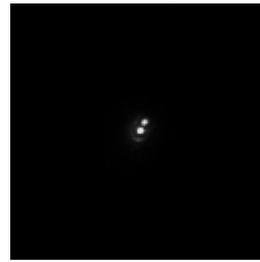
TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



22400+4800 COU2335



22425+3917 BU 176



22470+4446 A 189AB



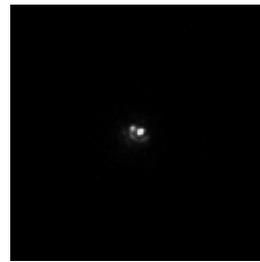
22478+6614 MLR 85



22514+6142 STF2950AB



22548+5914 BU 712AB



22564+2257 COU 240



22565+6252 STF2961



22586+6950 A 785



23014+4638 A 193



23117+3730 A 1480



23188+2513 STF3000



23208+2158 STT 494



23237+4425 COU1994



23276+1638 STF3013CD



23276+1638 STF3012AB



23303+5425 TDS1210



23362+4944 HU 791



23420+2018 STT 503AB



23455+0629 HU 300



23481+6349 BU 1152BC



23519+3753 STF3042

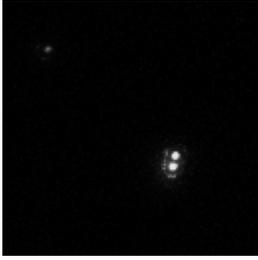


23522+4331 BU 728AB



23579+5723 STF3047AB

TABLA 3. GALERÍA DE IMÁGENES.



23590+5315 HLD 59ABC



08099+4257 TDS5583



23291+4324 A 109



22575+6221 HU 990

Medidas de sistemas dobles cerrados con la técnica Lucky Imaging (4ª serie)

Close Double-Star measurements using Lucky Imaging technique (4th Series)

Lluís Ribé de Pont

Agrupación Astronòmica de Sabadell (AAS), Observatorio Les Pedritxes (Matadepera, Barcelona).

■ Correo-e: luisribedepont@gmail.com

Presentamos las medidas de sistemas dobles cerrados obtenidos con la técnica de *Lucky Imaging*.

We present close stars measurements with *Lucky Imaging* technique.

Introducción

RECOJO EN ESTE ARTÍCULO las observaciones que he hecho en enero y febrero de 2018 en Matadepera, población cercana a Barcelona.

Equipo

He utilizado un telescopio Schmidt-Cassegrain *Celestron* de 203 mm, sobre una montura ecuatorial alemana computarizada CGEM de *Celestron*. La focal del telescopio es de 2030 mm f/10.

Las imágenes han sido tomadas con una cámara ASI 290 MM. Contiene el sensor CMOS IMX290, con un tamaño de píxel de 2,9 μm x 2,9 μm . He trabajado a foco primario con una resolución de 0,28"/píxel.

Para paliar la turbulencia he utilizado un filtro IR.

Obtención de imágenes

Para capturar las imágenes he utilizado el programa *FireCapture*. Puede grabar tanto vídeos en formato AVI como imágenes en formato BMP y FIT. Yo trabajo con formato FIT. También permite grabar *sub-frames*, de modo que he seleccionado únicamente la parte donde sale la estrella.

He obtenido 2000 imágenes por cada sistema.

Calibración y reducción

Para medir las estrellas abro las 2000 imágenes con *Reduc* y las ordeno en función de su calidad. Después, según su separación las mido de dos maneras. Para las menos cerradas utilizo la función "*AutoReduc*", seleccionando las 50 mejores imágenes, aunque puede variar según las condiciones atmosféricas de turbulencia. Para los pares más cerrados, los hago manualmente: Primero amplío la imagen mediante la función "*QuadPx*" y a continuación la mido con "*Surface*".

Astrometría relativa

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de los pares observados. Algunos han sido medidos varias noches, lo que está indicado por el título "nº" de la tabla. Otros, sólo una noche, donde el *seeing* era bastante bueno. También recogemos los errores de las mediciones de theta y rho, como " σ ".

Álbum fotográfico

En la Tabla 2 se muestran las imágenes de los pares observados. Se han obtenido con la función "ELI" del programa *Reduc*. Son recortes de 128 x 128 píxeles. Todas las imágenes están orientadas con el norte arriba y el este a la izquierda. ©

Referencias

Argyle, R. W., Observing and measuring Visual Double Stars, 2004.

Benavides Palencia, R., 2012, *Medición de 28 sistemas dobles usando Lucky Imaging*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 9, 91-98.

Benavides Palencia, R., 2014, *Medidas de estrellas dobles mediante la técnica de lucky imaging con filtro IR*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 12, 21-30.

Benavides Palencia, R., 2015, *Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica Lucky Imaging con filtro IR Pass (Segunda serie)*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 16, 50-71.

Benavides, R., González, J. L., Masa, E. R., *Observación de estrellas dobles*, MARCOMBO S. A., 2017.

Hartkopf, W. I. et al., *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Hartkopf, W. I. et al., *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Mason, B. D. et al., *The Washington Double Star Catalog (WDS)*, U.S. Naval Observatory.

Ribé de Pont, Ll.; 2017, Medidas de sistemas cerrados con la técnica de Lucky Imaging, El Observador de Estrellas Dobles, nº 18, 25-31.

Ribé de Pont, Ll.; 2017, Medidas de sistemas cerrados con la técnica de Lucky Imaging (Segunda serie), El Observador de Estrellas Dobles, nº 19, 19-33.

Ribé de Pont, Ll.; 2018, Medidas de sistemas cerrados con la técnica de Lucky Imaging (Tercera serie), El Observador de Estrellas Dobles, nº 20, 12-17.

Para realizar este trabajo he usado los siguientes programas:

-*Firecapture* versión 2.6: captura de imágenes. <http://www.firecapture.de/>

-*TheSky 6*: conectado con el telescopio para buscar los sistemas dobles. <http://www.bisque.com>

-*Reduc* versión 5.36: medida y apilado de los sistemas dobles. <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>

Este trabajo ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog*, *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* y del *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, todos ellos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos.

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

WDS	DESC	MAG. A	MAG. B	RHO	Σ RHO	THETA	Σ THETA	ÉPOCA	Nº	NOTA
06011+1414	HEI 47	9,4	9,6	1,986	0,043	207,15	0,57	2018,032	1	1
06038+1816	HDS 824	8,1	9,3	1,979	0,092	148,35	0,42	2018,032	2	2
06081+0317	STF 851	9,1	9,6	2,568	0,095	33,36	0,56	2018,032	2	
06085+0548	STF 854	8,9	9,9	5,612	0,103	321,08	0,52	2018,032	2	
06085+1358	STF 848 AB	7,4	8,2	2,515	0,068	110,72	0,48	2018,032	2	3
06111+2453	STF 860	8,6	9,9	5,909	0,091	357,54	0,49	2018,032	3	4
06111+4444	ES 580 AB	10,1	11,1	6,595	0,097	226,23	0,84	2018,09	2	
06116+4843	STF 845 AB	6,2	7	7,573	0,097	357,34	0,35	2018,032	3	5
06116-0046	STF 871	8,8	9,3	7,381	0,09	306,83	0,47	2018,09	3	
06144+5110	STF 865	8,1	10,7	5,675	0,094	69,49	0,31	2018,09	2	6
06156+3609	STF 872 AB	7,3	7,8	11,374	0,096	215,69	0,43	2018,032	3	7
06192+3947	STF 883 AB	9,7	10	3,355	0,072	265,38	0,28	2018,09	3	
06197+2128	AG 109	9,3	9,8	2,373	0,071	16,63	0,52	2018,032	1	
06200+2826	STF 888 AB,C	7,4	9,6	2,867	0,084	265,44	0,6	2018,032	1	8
06205+4708	STF 884	8,6	9	8,887	0,1	271,76	0,41	2018,09	3	9
06228+1734	STF 899	7,4	8,04	2,199	0,065	17,6	0,47	2018,032	1	10
06238+0436	STF 900 AB	4,5	6,9	12,009	0,1	28,86	0,49	2018,032	3	11
06288-0702	STF 919 AC	4,6	5,2	9,825	0,125	125,46	0,42	2018,09	3	12
06288-0702	STF 919 AB	4,6	4,8	7,146	0,094	132,14	0,42	2018,09	2	13
06288-0702	STF 919 BC	5,6	6,2	2,59	0,273	108,47	0,8	2018,032	2	14

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

WDS	DESC	MAG. A	MAG. B	RHO	Σ RHO	THETA	Σ THETA	ÉPOCA	Nº	NOTA
06323+1747	STF 924 AB	6,4	7,3	19,79	0,091	210,86	0,5	2018,09	2	15
06387+4135	STF 941 AB	7,2	8,2	1,911	0,085	83,5	0,37	2018,032	1	16
06412+0859	STF 953	7,1	7,6	7,252	0,1	330,15	0,48	2,018,032	3	17
06462+5927	STF 948 AB	5,5	6,1	1,889	0,076	65,35	0,43	2018,032	1	18
06482+5542	STF 958 AB	6,7	6,8	4,527	0,097	256,35	0,43	2018,09	3	19
06546+1311	STF 982	5	7	7,403	0,094	143,365	0,47	2018,09	3	20
07049+2807	STF 1012	9,9	10,7	12,817	0,1	167,71	0,49	2018,14	1	
07057+5245	STF 1009 AB	6,9	7,1	4,451	0,107	146,95	0,45	2018,14	1	21
07066+3802	AG 136	10,5	10,8	6,921	0,144	215,1	0,45	2018,14	1	
07069+6233	STF 1006 AB	8,7	8,9	28,496	0,099	74,07	0,5	2018,14	1	22
07072+1650	STF 1017	9,8	10,9	12,849	0,07	255,27	0,49	2018,14	1	
07088+1655	STF 1027 AB	9,9	10	6,955	0,089	356,67	0,55	2018,14	1	23
07088+3554	STF 1018	9,3	10,5	9,636	0,1	17,87	0,46	2018,14	1	
07120+2217	STF 1035	8,6	8,8	8,702	0,083	40,12	0,48	2018,14	1	24
07142+0412	STF 1048	9,4	10,4	5,942	0,111	350,68	0,54	2018,14	1	25
07143+1546	STF 1047 A,BC	8,4	10	24,05	0,1	29,96	0,39	2018,14	1	
07163+4813	STF 1040	9	10,9	7,257	0,121	260,79	0,5	2018,14	1	

Notas

- HEI 47. El ángulo theta de 2016 (212°) parece un poco discordante con las demás medidas.
- HDS 824. Clase espectral B8. Está a 2863 años-luz.
- STF 848 AB. Clase espectral B1V y B2V. Está a 979 años-luz.
- STF 860. Clase espectral B9. Está a 7248 años-luz.
- STF 845 AB. 41 Aur. Clase espectral A1V y A6V. Está a 334 años-luz.
- STF 865. Clase espectral B0. Está a 1279 años-luz.
- STF 872 AB. Clase espectral F4IV. Está a 175 años-luz.
- STF 888 AB,C. Clase espectral A6V. Está a 433 años-luz.
- STF 884. Clase espectral A0-. Está a 1655 años-luz.
- STF 899. Clase espectral A0V. Está a 1062 años-luz.
- STF 900 AB. Eps Mon. Clases espectrales A5IV y F5V. Está a 122 años-luz.
- STF 919 AC. Clases espectrales B3Ve y B3e. Está a 676 años-luz.
- STF 919 AB. Bet Mon. Clases espectrales B3Ve y B3ne. Está a 676 años-luz.

- STF 919 BC. Clases espectrales B3Ve y B3e. Está a 676 años-luz.
- STF 924 AB. 20 Gem. Clase espectral F8III. Está a 262 años-luz.
- STF 941 AB. Clase espectral B9. Está a 1125 años-luz.
- STF 953. Clase espectral F5. Está a 1623 años-luz.
- STF 948 AB. 12 Lyn. Sistema orbital con un período de 907 años y grado 4. Está a 215 años-luz. Clase espectral A3V.
- STF 958 AB. Sistema orbital con un período de 2200 años y grado 5. Está a 144 años-luz. Clases espectrales dF5 y dF6.
- STF 982 AB. 38 Gem. Sistema orbital con un período de 1898 años y grado 4. Está a 84 años-luz. Clase espectral F0Vp.
- STF 1009 AB. Clase espectral A3Vs. Está a 325 años-luz.
- STF 1006 AB. Clase espectral G5. Está a 1370 años-luz.
- STF 1027. Clase espectral K3III. Está a 1019 años-luz.
- STF 1035. Clase espectral F7IV. Está a 534 años-luz.
- STF 1048. Clase espectral A5. Está a 934 años-luz.

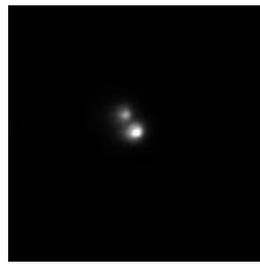
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



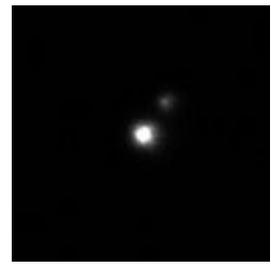
HEI 47



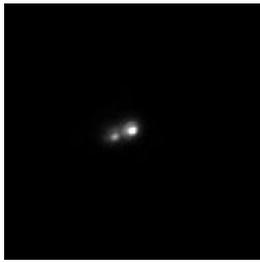
HDS 824



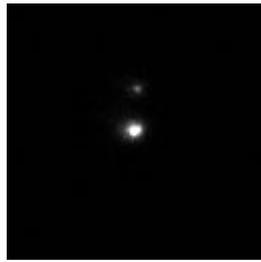
STF 851



STF 854



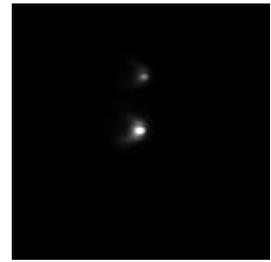
STF 848 AB



STF 860



ES 580 AB



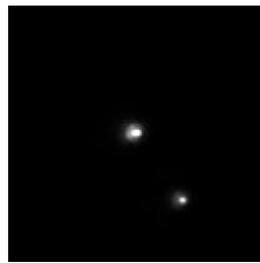
STF 845 AB



STF 871



STF 865



STF 872 AB



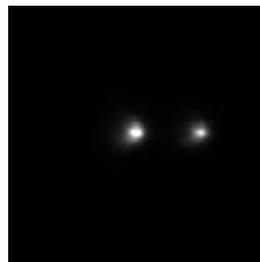
STF 883 AB



AG 109



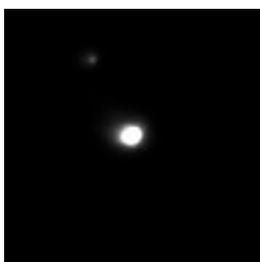
STF 888 AB,C



STF 884



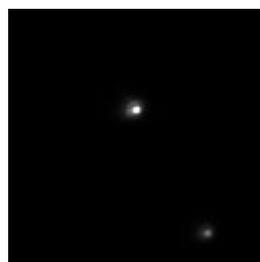
STF 899



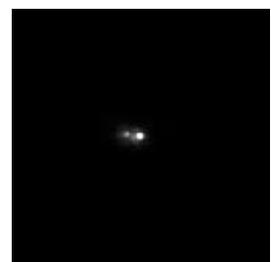
STF 900 AB



STF 919

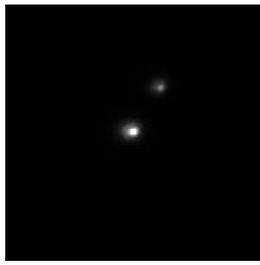


STF 924 AB

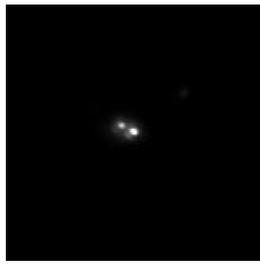


STF 941 AB

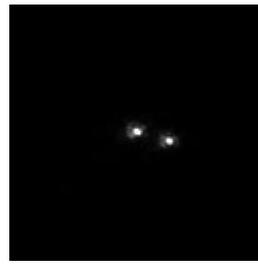
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



STF 953



STF 948 AB



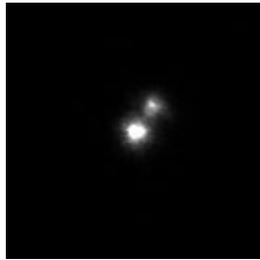
STF 958 AB



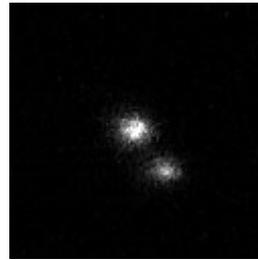
STF 982



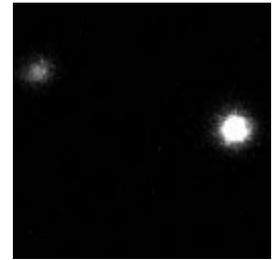
STF 1012



STF 1009 AB



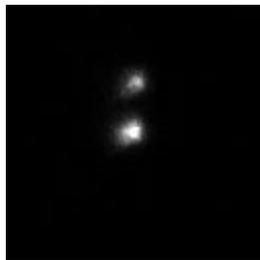
AG 136



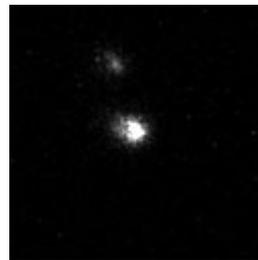
STF 1006



STF 1017



STF 1027 AB



STF 1018



STF 1035



STF 1048



STF 1047 A,BC



STF 104

Medición de la separación, ángulo y movimiento propio de estrellas LDS (Luyten Double Stars)

Astrometry and Proper Motion measurements of Luyten Double Stars (LDS)

Antonio Egea Gómez

■ Correo-e: aegeaprimer@gmail.com

Se exponen las mediciones de 38 estrellas dobles del catálogo LDS para las cuales se hace una estimación del error de cada medición. Se han tenido en cuenta las habituales normas acerca del cálculo de errores y del redondeo numérico. Sin embargo, el movimiento propio de cada sistema binario se ha estimado a partir de una sola imagen, siguiendo un procedimiento manual.

The measurements of 38 double stars of the LDS catalog are exposed for which an estimation of the error of each measurement is made. The usual rules about calculation of errors and numerical rounding have been taken into account. However, the proper motion of each binary system has been estimated from a single image, following a manual procedure.

Introducción

DURANTE EL PERIODO de septiembre a noviembre de 2017 han sido localizados estos sistemas binarios basándonos en el criterio de que la estrella principal sea más débil que la magnitud 11 y la secundaria más brillante que la magnitud 17, al objeto de explorar estos débiles objetos que, sin embargo, se encuentran en el límite de mi sistema óptico. Se ha llegado a alcanzar la magnitud 16,80 (LDS2939).

Después de medir la separación y el ángulo de posición, se ha medido también el movimiento propio y para ello se ha hecho uso de *Aladin* que posee una herramienta de medida (común a muchos programas) con la posibilidad que brinda de conjuntar dos imágenes de diferente época en una para formar una imagen RGB, en mi caso solo en dos colores. En esta imagen resultante se puede observar y medir de forma manual la distancia de separación que se ha producido y dividiendo por el tiempo pasado entre las dos imágenes, se calcula el movimiento propio de cada estrella del sistema. En el álbum fotográfico se muestra una imagen RGB general ampliada, así como un detalle de los vectores de medición.

Equipo

- Instalación fija.
- Montura: EQ8
- Tubo: Celestrón C11 a f/10 (sin reductor de focal ni lente de Barlow).
- Cámara: ASI1600MM sin refrigeración con filtro no fotométrico IR.
- Guiado: Guía fuera de eje con cámara Lodestar,
- Buscador: TS65 con longitud focal 420 mm y cámara QHY8L.

Instrumentación y soporte informático

Para encontrar la orientación de las imágenes y la escala se ha utilizado el programa *Xparallax*. En el caso de este equipo, la escala resulta ser de 0,26 arcseg/píxel lo que proporciona una longitud focal efectiva de 2975 mm frente a la nominal de 2800 mm. Se utilizó solamente el filtro IR al hacer las mediciones para estabilizar en la medida de lo posible la turbulencia atmosférica.

El programa que proporciona el ángulo y la separación es *Reduc*, aunque se ha acudido a *AstroimageJ* para calcular ángulos y separaciones de pares en los cuales la distancia superaba la que se puede medir en *Reduc*.

La captura de imágenes se realizó con un programa comercial y para el guiado se utilizó *PHD2* cuyo comportamiento asociado a la guía fuera de eje y a la cámara *Lodestar* es siempre excelente.

Los movimientos propios se miden utilizando dos imágenes, la primera es la tomada por mí y la segunda la que esté disponible en la base de datos y que se distancie temporalmente lo más posible. Esta suele ser del catálogo POSSI cuyas placas datan de entre 1950 y 1954. Las medidas se realizan con la herramienta de medición disponible en *Aladin*.

Selección de observaciones

No se ha utilizado criterio alguno, pero como he comentado anteriormente, he tratado de acercarme a la magnitud límite que permite el equipo. Una posi-

bilidad de elección podría haber sido escoger pares físicos o sin confirmar, sin embargo ambos tipos presentan muy poca cantidad de medidas por lo cual no se ha tenido a priori ninguna preferencia. En cuanto al límite, la magnitud 17 es casi obligada, requiriéndose con el cielo lumínicamente contaminado de que dispongo, tiempos de exposición de 360 segundos.

Casi todas las imágenes están tratadas con *darks*. En realidad, cada serie de imágenes podría ser medida sin este tratamiento, pero si coincide que una estrella es de débil magnitud y cerca de su centroide hay un píxel caliente, entonces tanto *Reduc* como *AstroimageJ* se van necesariamente a medir desde este píxel.

Cálculo de errores

Para encontrar una estimación del error de cada una de las medidas, se ha utilizado la hipótesis de la propagación cuadrática de los errores y el hecho de que si se aumenta el número de medidas se obtiene una menor incertidumbre de su valor medio.

Es decir, partiendo del valor de la desviación, si se divide por la raíz cuadrada del número de medidas, obtenemos una estimación del error al efectuar N medidas.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}}$$

Este es el valor de la desviación que habitualmente proporcionan los programas.

$$\sigma_{N-1} = \frac{S_x}{\sqrt{N}}$$

Es la *desviación estándar de la media*, aunque se puede encontrar bajo otros nombres.

Conclusiones

En la medición de estos sistemas dobles aparecen binarias que están identificadas como físicas o de naturaleza incierta, si bien sobre casi ninguna de ellas se han alcanzado 6 mediciones y la mayor parte tienen 3 o menos. De acuerdo al escaso número de medidas, se ha medido su movimiento propio. En casi todos los casos, la calificación de la confianza de la medida proporcionada por SIMBAD es C (A el mejor, E el peor). Así pues, proporciono mis medidas e incluyo una imagen RGB de tal medición donde en algunos casos el

valor difiere de los encontrados en SIMBAD.

Además, todas las binarias o sistemas múltiples encontrados, presentan un movimiento propio que parece indicar que están enlazados gravitacionalmente, disminuyendo la incertidumbre sobre su binariedad.

No se ha aplicado criterio estadístico alguno para conocer su enlace gravitacional, ya que solo dispongo de una imagen de referencia (POSSI) y la determinación de la distancia se realiza manualmente. De este modo, no valoro la dispersión de los valores obtenidos para los movimientos propios.

Se añaden finalmente, las medidas proporcionadas por GAIA que servirían de comparación. Aunque en pocos casos no hay datos y en otros existen algunas discrepancias, este trabajo permite mostrar que algunos sistemas considerados inciertos tienen muchas posibilidades de ser físicos. 

Agradecimientos

- Este estudio ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog* mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos.
- A Florent Losse por el consentimiento de utilización del programa *Reduc*.
- *Xparallax*: VIU. <https://sourceforge.net/projects/xparallaxviu/files/latest/download>
- *Site Informatique des Etoiles Doubles de Nice*, SIDONe por mantener una base de datos de fácil utilización.
- *WdsPick*: <http://www.astrosurf.com/legalet/software/wdspick/WdsPick-2.1.zip>
- *Stelle Doppie*: <http://stelledoppie.goaction.it/index2.php>, por Gianluca Sordiglioni.
- Este trabajo ha hecho uso de *Aladin Sky Atlas* desarrollado por CDS, Strasbourg Observatory, France
- *AstroimageJ*: AstroImageJ, Astronomical Journal open access paper, Collins, Kielkopf, Stassun, and Hessman, 2017, AJ, 153, 77
- Este estudio ha hecho uso de las guías educativas de Observatorio Virtual desarrolladas en el marco de los proyectos EuroVO-AIDA (INFRA-2007-1.2.1/212104) y SVO (AyA2008-02156).
- A los editores de esta publicación por su esfuerzo de años.

Referencias

Benavides, R., González, J. L., Masa, E. R, Observación de estrellas dobles, MARCOMBO S. A., 2017.

Introduction to Stellar Astrophysics, Vol 1, 2 y 3. Böhm Vitense, Erika, Cambridge University Press. 1989.

TABLA 1. ASTROMETRÍA DE LOS SISTEMAS DOBLES ESTUDIADOS.

IDENT. WDS	DESC	ÉPOCA	MAGS.	θ ($^{\circ}$)	σ (θ)	ρ ($''$)	σ (ρ)	IMG.	θ ($^{\circ}$) final	ρ ($''$) final
21450+3800	LDS1054	2017,82309	12,80-14,50	$\zeta?$	$\zeta?$	$\zeta?$	$\zeta?$		$\zeta?$	$\zeta?$
22240+2523	LDS1493	2017,82593	13,50-15,80	294,54	0,02	69,717	0,027	6	294,54 \pm 0,01	69,717 \pm 0,011
21032+4131	LDS2484	2017,82854	16-16,20	33,48	0,36	8,686	0,038	6	33,48 \pm 0,15	8,686 \pm 0,016
21099+4257	LDS2492	2017,82581	15,37-15,64	135,5		21,6		1	135,5	21,6
21129+4003	LDS2495	2017,73838	15-15,80	173,04	0,26	5,114	0,013	7	173,04 \pm 0,01	5,114 \pm 0,005
21146+3947	LDS2500	2017,73022	14-14,60	354,99	0,13	14,46	0,015	6	354,99 \pm 0,05	14,460 \pm 0,006
21180+4003	LDS2506	2017,73834	14-14,10	160,69	0,1	14,055	0,018	4	160,69 \pm 0,05	14,055 \pm 0,009
21213+4235	LDS2513	2017,74377	15,30-15,80	245,94	0,14	7,063	0,011	6	245,94 \pm 0,06	7,063 \pm 0,004
21061+2843	LDS2939	2017,75747	16,00-16,80	319,78	0,19	5,934	0,016	5	319,78 \pm 0,09	5,934 \pm 0,007
00094+4819	LDS3128	2017,89159	14,44-16,41	295,83	0,08	51,882	0,02	4	295,83 \pm 0,04	51,88 \pm 0,01
00118+3919	LDS3138	2017,82616	12,86-14,39	270,42	0,05	45,697	0,012	5	270,42 \pm 0,02	45,697 \pm 0,005
00274+3836	LDS3170	2017,89166	11,44-12,80	8,343	0,005	186,38	0,02	8	8,343 \pm 0,002	186,380 \pm 0,007
00340+2810	LDS3179	2017,89172	12,39-13,17	46,54	0,09	25,961	0,032	6	46,54 \pm 0,04	25,961 \pm 0,013
00483+3321	LDS3200	2017,88358	15,23-15,31	224,47	0,12	13,034	0,031	5	224,47 \pm 0,05	13,034 \pm 0,014
01492+4008	LDS3313	2017,88367	14,57-15,80	194,79	0,22	11,432	0,018	5	194,8 \pm 0,1	11,432 \pm 0,008
21384+3044	LDS4900	2017,76302	13,36-14,64	212,96	0,05	17,398	0,017	6	212,96 \pm 0,02	17,398 \pm 0,007
21596+3126	LDS4934	2017,73849	15,38-15,41	255,48	0,2	10,879	0,033	7	255,48 \pm 0,08	10,879 \pm 0,012
22234+3159	LDS4964	2017,82047	12,59-15,11	348,46	0,04	34,005	0,027	6	348,46 \pm 0,016	34,005 \pm 0,011
22328+2621	LDS4977	2017,77675	11,80-12,75	160,1	0,08	21,118	0,012	7	160,1 \pm 0,03	21,118 \pm 0,005
22533+3046	LDS5013	2017,82603	11,18-15,05	265,42	0,03	33,618	0,034	6	265,42 \pm 0,012	33,618 \pm 0,014
22556+2545	LDS5019	2017,76852	14,90-16,60	198,71	0,21	12,853	0,052	5	198,71 \pm 0,09	12,853 \pm 0,023
22570+2244	LDS5023	2017,82863	14,26-14,82	11,199	0,003	130,728	0,006	8	11,199 \pm 0,001	130,728 \pm 0,002
22575+4243	LDS5029	2017,73032	15,10-16,33	316,5	0,03	82,459	0,025	6	316,50 \pm 0,012	82,459 \pm 0,01
23013+3804	LDS5037	2017,82870	15,60-16,37	303,7	0,13	12,797	0,009	5	303,70 \pm 0,06	12,797 \pm 0,004
23098+4402	LDS5054	2017,88341	13,62-15,50	77,205	0,002	265,41	0,01	8	77,205 \pm 0,001	265,41 \pm 0,004
23123+3243	LDS5058	2017,82053	13,31-14,87	40,37	0,08	29,058	0,035	8	40,37 \pm 0,03	29,058 \pm 0,012
23177+2744	LDS5066AB	2017,88612	11,60-16,50	139,49	0,05	76,15	0,063	8	139,49 \pm 0,018	76,15 \pm 0,02
23177+2744	LDS5066BC	2017,88612	16,50-16,70	212,47	0,42	8,961	0,049	5	212,47 \pm 0,19	8,961 \pm 0,02
23263+3903	LDS5087	2017,77960	13,70-13,79	336,91	0,31	2,89	0,008	3	336,91 \pm 0,18	2,890 \pm 0,005
23337+3316	LDS5102	2017,75493	15,39-15,90	242,54	0,13	14,396	0,017	6	242,54 \pm 0,05	14,396 \pm 0,007
23442+4923	LDS5116	2017,75486	15,30-15,60	290,14	0,19	2,967	0,021	5	290,14 \pm 0,08	2,967 \pm 0,009
23449+2814	LDS5117	2017,82609	14,32-15,60	240,45	0,07	31,665	0,041	5	240,45 \pm 0,03	31,66 \pm 0,02
03107+5231	LDS5412	2017,88375	15,30-15,50	82,51	0,12	7,616	0,039	6	82,51 \pm 0,05	7,616 \pm 0,016
22370+5554	LDS5963	2017,74383	13,30-15,40	146,92	0,18	4,076	0,02	5	146,92 \pm 0,08	4,076 \pm 0,009
23291+4708	LDS6035	2017,77954	14-14,60	41,9	0,05	19,361	0,02	6	41,90 \pm 0,02	19,36 \pm 0,01
21282+2637	LDS6353	2017,73843	12,85-15,10	158,48	0,12	11,528	0,024	6	158,48 \pm 0,05	11,53 \pm 0,01
00266+3908	LDS6409	2017,87253	15,29-15,96	23,16	0,06	24,63	0,095	4	23,16 \pm 0,03	24,63 \pm 0,05

TABLA 2. MOVIMIENTOS PROPIOS.

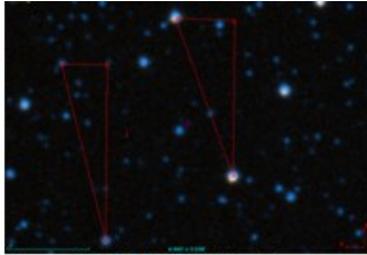
IDENT. WDS	DESC	ÉPOCA	mp A	mp B	mp A GAIA	mp B GAIA
21450+3800	LDS1054	2017,82309	¿?	¿?	s/d	s/d
22240+2523	LDS1493	2017,82593	+133,1+17,8	+152,4+43	+137,0 (3,5)+17,3 (3,6)	+157,0 (8,0)+56,0 (8,0)
21032+4131	LDS2484	2017,82854	-52,6+20,7	-52,9+21,5	-48,7 (4,4)+39,6 (4,6)	-48,9 (4,6)+44,4 (4,7)
21099+4257	LDS2492	2017,82581	+196-39,5	+198,9-36,8	+202,0 (8,0)-19,0 (8,0)	+200,6 (12,9)-3,8 (15,1)
21129+4003	LDS2495	2017,73838	+29,8-42,3	+22,6-37,2	+24,5 (5,7)-0,7 (5,7)	+23,4 (5,7)+23,2 (5,7)
21146+3947	LDS2500	2017,73022	-73,2-2,4	-82,3-9,6	-75,7 (0,8)-7,2 (1,6)	s/d
21180+4003	LDS2506	2017,73834	-29,8-64,9	-27,2-64,4	-45,3 (7,1)-35,6 (6,6)	-36,0 (7,0)-32,7 (6,6)
21213+4235	LDS2513	2017,74377	-70,9+40,8	-70,9+36,5	-79,5 (5,6)+40,3 (5,6)	s/d
21061+2843	LDS2939	2017,75747	+187,1+35,9	+171,5+40	+198,2 (4,9)+43,4 (2,3)	+191,0 (8,0)+43,4 (8,0)
00094+4819	LDS3128	2017,89159	+215-46,9	+207,4-43,9	+200,1 (2,6)-5,7 (3,0)	+207,0 (8,0)-12,0 (8,0)
00118+3919	LDS3138	2017,82616	-82-92,7	-71,4-100,4	-79,3 (1,6)-70,2 (2,0)	-82,3 (4,0)-72,5 (3,2)
00274+3836	LDS3170	2017,89166	+99,4-10,1	+90,7+0	+97,6 (0,6)-13,9 (2,1)	+90,1 (1,5)+8,1 (0,8)
00340+2810	LDS3179	2017,89172	+148-11,3	+154,3-25,2	s/d	s/d
00483+3321	LDS3200	2017,88358	+103,3-45,6	+105,1-45,9	+93,1 (2,5)-22,0 (2,6)	+87,9 (2,3)-26,7 (2,5)
01492+4008	LDS3313	2017,88367	+232-56	+232-60,7	+243,0 (8,0)-28,0 (8,0)	+243,0 (8,0)-28,0 (8,0)
21384+3044	LDS4900	2017,76302	+4,1-139,8	-4,1-134,1	s/d	s/d
21596+3126	LDS4934	2017,73849	-11,7-149,2	-5,7-147,2	s/d	s/d
22234+3159	LDS4964	2017,82047	+149,1+50,1	+145,2+43,7	+147,3 (0,7)+67,0 (0,8)	+141,0 (8,0)+71,0 (8,0)
22328+2621	LDS4977	2017,77675	+64,8+38,5	+64,6+33,7	+72,7 (1,4)+42,4 (1,4)	+76,1(2,6)+40,3 (2,0)
22533+3046	LDS5013	2017,82603	-144,9-189	-149,7-190,6	-146,0 (0,7)-175,0 (0,5)	-152,7 (10,1)-194,4 (8,9)
22556+2545	LDS5019	2017,76852	+125,6-39,5	+118,2-44,5	s/d	s/d
22570+2244	LDS5023	2017,82863	-121,7-64,6	-125-67,2	-105,6 (3,1)-43,4 (3,3)	-104,8 (3,0)-40,3 (3,2)
22575+4243	LDS5029	2017,73032	-68,1-51,8	-60,0-71,9	-62,2 (1,7)-47,8 (2,2)	s/d
23013+3804	LDS5037	2017,82870	-116-65	-120,3-71,5	-115,2 (3,2)-55,4 (3,2)	-108,4 (3,9)-58,1 (3,9)
23098+4402	LDS5054	2017,88341	+109,2+6,2	+90,6-9,4	+104,6 (2,6)+21,6 (3,0)	+90,9 (5,9)+10,7 (5,9)
23123+3243	LDS5058	2017,82053	+151,9+19,5	+154,3+14,9	+150,0 (8,0)+32,0 (8,0)	+150,0 (8,0)+32,0 (8,0)
23177+2744	LDS5066AB	2017,88612	+70,3+7,9	+107,9+21,7	+47,0 (0,7)+29,6 (0,8)	+92,5 (4,1)+13,1 (4,1)
23177+2744	LDS5066BC	2017,88612	+107,9+21,7	+104,5+15,9	+92,5 (4,1)+13,1 (4,1)	+91,2 (4,4)-1,4 (4,4)
23263+3903	LDS5087	2017,77960	+106,1-169,5	+119,1-175,6	-104,0 (8,0)-154,0 (8,0)	¿? +1,7 (2,1)-0,2 (2,4)
23337+3316	LDS5102	2017,75493	-91,4-71,8	-84,0-69,8	-86,3 (2,5)-52,6 (2,9)	-88,3 (3,5)-55,9 (3,1)
23442+4923	LDS5116	2017,75486	-174,3-211,9	-179,4-212,8	-150,0 (3,8)-206,1 (3,8)	s/d
23449+2814	LDS5117	2017,82609	+123,2-66,9	+114,2-73,5	+114,9 (3,2)-54,3 (3,4)	+113,6 (2,6)-54,7 (2,9)
03107+5231	LDS5412	2017,88375	+13,1-228,7	+13,1-227,1	+30,0 (8,0)-201,0 (8,0)	+30,0 (8,0)-201,0 (8,0)
22370+5554	LDS5963	2017,74383	+261,3-103,2	+258,1-106,2	¿? -22,7 (6,9)-37,4 (6,2)	s/d
23291+4708	LDS6035	2017,77954	+123,5+30	+102,9-16,6	+111,8 (3,3)+38,3 (1,5)	+92,2 (1,5)+11,3 (1,6)
21282+2637	LDS6353	2017,73843	+209,2-85,7	+212,2-78,5	+201,6 (2,5)-73,2 (4,4)	+199,0 (8,0)-71,0 (8,0)
00266+3908	LDS6409	2017,87253	+131,6-133,3	+125,8-130,3	+141,0 (8,0)-130,0 (8,0)	+141,0 (8,0)-130,0 (8,0)

Notas

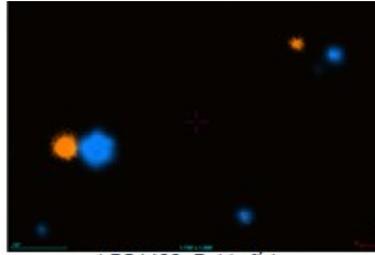
- *LDS1054*. Doble incierta. La cruz indica las coordenadas donde debería estar la estrella principal, sin embargo no aparece. No se observa en la imagen RGB de las dos imágenes cambio de posición alguno en los alrededores, a pesar de los más de 66 años transcurridos. No obstante, existe un par de estrellas que se corresponde con el ángulo y separación dadas en el catálogo WDS pero como se puede observar, no presentan movimiento propio. Otro par, parece presentar un pequeño movimiento propio y también podría corresponder al ángulo y separación correspondientes a *LDS1054* dadas en 1936.
- *LDS1493*. Doble física. A: 10,25" E; 2,89" N; B: 8,95" E; 1,2" N. Tiempo entre imágenes: 24549 MJD = 67,25916 años. Movimiento Propio: A: 133,1 msa/año E, 17,8 msa/año N; B: 152,4 msa/año E, 43 msa/año N
- *LDS2484*. Doble física. A: 3,33" W, 1,31" N; B: 3,35" W, 1,36" N. Tiempo entre imágenes: 23127 MJD = 63,36164 años. Movimiento propio: A: 52,6 msa/año W, 20,7 msa/año N; B: 52,9 msa/año W, 21,5 msa/año N
- *LDS2492*. Doble incierta. A: 12,42" E; 2,50" S; B: 12,6" E, 2,33" S. Tiempo entre imágenes: 23126 MJD = 63,35890 años. Movimiento propio: A: 196 msa/año, E 39,5 msa/año S; B: 198,9 msa/año E, 36,8 msa/año S. La componente B es una enana blanca muy débil a causa de la utilización del filtro IR. Se han sumado 8 imágenes midiendo una, la cual a pesar de la débil señal ha permitido hacer una estimación de la separación y del ángulo, así como de las coordenadas AR y DEC.
- *LDS2495*. Doble incierta. A: 1,883" E, 2,679" S; B: 1,428" E, 2,354" S. Tiempo entre imágenes: 23094 MJD = 63,27123 años. Movimiento propio: A: 29,8 msa/año E, 42,3 msa/año S; B: 22,6 msa/año E, 37,2 msa/año S.
- *LDS2500*. Doble incierta. A: 4,63" W, 0,15" S; B: 5,52" W, 0,61" S. Tiempo entre imágenes: 23091 MJD = 63,26301 años. Movimiento propio: A: 73,2 msa/año W, 2,4 msa/año S; B: 82,3 msa/año W, 9,6 msa/año S.
- *LDS2506*. Doble física. A: 1,883" W, 4,108" S; B: 1,722" W, 4,076" S. Tiempo entre imágenes: 23094 MJD = 63,27123 años. Movimiento Propio: A: 29,8 msa/año W, 64,9 msa/año S; B: 27,2 msa/año W 64,4 msa/año S.
- *LDS2513*. Doble incierta. A: 4,485" W, 2,584" N; B: 4,485" W, 2,308" N. Tiempo entre imágenes: 23096 MJD = 63,27671 años. Movimiento Propio: A: 70,9 msa/año W, 40,8 msa/año N; B: 70,9 msa/año W, 36,5 msa/año N.
- *LDS2939*. Doble física. A: 12" E, 2,3" N; B: 11" E, 2,5" N. Tiempo entre imágenes: 23406 MJD = 64,12603 años. Movimiento Propio: A: 187,1 msa/año E, 35,9 msa/año N; B: 171,5 msa/año E, 40 msa/año N.
- *LDS3128*. Doble física. A: 13,8" E, 3,01" S; B: 13,31" E, 2,82" S. Tiempo entre imágenes: 23426 MJD = 64,18082 años. Movimiento Propio: A: 215 msa/año E, 46,9 msa/año S; B: 207,4 msa/año E, 43,9 msa/año S.
- *LDS3138*. Doble física. A: 5,173" W, 5,852" S; B: 4,509" W, 6,338" S. Tiempo entre imágenes: 23035 MJD = 63,10959 años. Movimiento Propio: A: 82 msa/año W, 92,7 msa/año S; B: 71,4 msa/año W 100,4 msa/año S.
- *LDS3170*. Doble física. A: 6,58" E, 0,67" S; B: 6" E, 0". Tiempo entre imágenes: 24156 MJD = 66,18082 años. Movimiento propio: A: 99,4 msa/año E, 10,1 msa/año S; B: 90,7 msa/año E, 0 msa/año.
- *LDS3179*. Doble incierta. A: 9,35" E, 0,71" S; B: 9,75" E, 1,59" S. Tiempo entre imágenes: 23060 MJD = 63,17808. Movimiento Propio: A: 148 msa/año E, 11,3 msa/año S; B: 154,3 msa/año E, 25,2 msa/año S.
- *LDS3200*. Doble física. A: 6,524" E, 2,883" S; B: 6,637" E, 2,9" S. Tiempo entre imágenes: 23057 MJD = 63,16986. Movimiento Propio: A: 103,3 msa/año E, 45,6 msa/año S; B: 105,1 msa/año E, 45,9 msa/año S.
- *LDS3313*. Doble incierta. A: 14,9" E, 3,6" S; B: 14,9" E, 3,9" S. Tiempo entre imágenes: 23439 MJD = 64,21644 años. Movimiento Propio: A: 232 msa/año E, 56 msa/año S; B: 232 msa/año E, 60,7 msa/año S.
- *LDS4900*. Doble incierta. A: 0,26" E, 8,82" S; B: 0,26" W, 8,46" S. Tiempo entre imágenes: 23025 MJD = 63,08219 años. Movimiento Propio: A: 4,1 msa/año E, 139,8 msa/año S; B: 4,1 msa/año W, 134,1 msa/año S.
- *LDS4934*. Doble incierta. A: 0,74" W, 9,41" S; B: 0,36" W, 9,28" S. Tiempo entre imágenes: 23016 MJD = 63,05753 años. Movimiento Propio: A: 11,7 msa/año W, 149,2 msa/año S; B: 5,7 msa/año W, 147,2 msa/año S.
- *LDS4964*. Doble física. A: 9,86" E, 3,31" N; B: 9,60" E, 2,89" N. Tiempo entre imágenes: 24138 MJD = 66,13151 años. Movimiento Propio: A: 149,1 msa/año E, 50,1 msa/año N; B: 145,2 msa/año E, 43,7 msa/año N.
- *LDS4977*. Doble física. A: 4,155" W, 2,467" S; B: 4,139" W, 2,159" S. Tiempo entre imágenes: 23401 MJD = 64,11233 años. Movimiento Propio: A: 64,8 msa/año E, 38,5 msa/año N; B: 64,6 msa/año E, 33,7 msa/año E.
- *LDS5013*. Doble física. A: 9,170" W, 11,96" S; B: 9,469" W, 12,06" S. Tiempo entre imágenes: 23092 MJD = 63,26575 años: A: 144,9 msa/año W, 189 msa/año S; B: 149,7 msa/año W, 190,6 msa/año S.
- *LDS5019*. Doble física. A: 7,94" E, 2,5" S; B: 7,469" E, 2,81" S. Tiempo entre imágenes: 23071

- MJD = 63,20822 años. Movimiento Propio: A: 125,6 msa/año E, 39,5 msa/año S; B: 118,2 msa/año E, 44,5 msa/año S. En la imagen se advierte lo que podría ser una tercera componente. C: 1,93" E, 0,45" N. Movimiento Propio estimado C: 30,5 msa/año E, 7,1 msa/año S.
- *LDS5023*. Doble física. A: 7,70" W, 4,087" S; B: 7,912" W, 4,249" S. Tiempo entre imágenes: 23093 MJD = 63,26849 años. Movimiento Propio: A: 121,7 msa/año W, 64,6 msa/año S; B: 125 msa/año W, 67,2 msa/año S.
 - *LDS5029*. Doble física. A: 4,352" W, 3,313" S. B: 3,706" W, 4,596" S. Tiempo entre imágenes: 23338 MJD = 63,93973 años. Movimiento Propio: A: 68,1 msa/año W, 51,8 msa/año S; B: 60 msa/año W, 71,9 msa/año S. Parece existir otra componente: C: 3,706" W, 2,152" S. Movimiento Propio C: 58 msa/año W, 33,7 msa/año W. $\rho = 49,8''$ $\theta = 35,01/35,02 = 45^\circ$
 - *LDS5037*. Doble física. A: 7,439" W, 4,166" S; B: 7,715" W, 4,587" S. Tiempo entre imágenes: 23403 MJD = 64,11781 años. Movimiento Propio: A: 116 msa/año W, 65 msa/año S; B: 120,3 msa/año W, 71,5 msa/año S.
 - *LDS5054*. Doble física. A: 7,0" E, 0,4" N; B: 5,81" E, 0,6" S. Tiempo entre imágenes: 23394 MJD = 64,09315 años. Movimiento Propio: A: 109,2 msa/año E, 6,2 msa/año N; B: 90,6 msa/año E, 9,4 msa/año S.
 - *LDS5058*. Doble incierta. A: 9,6" E, 1,232" N; B: 9,75" E, 0,94" N. Tiempo entre imágenes: 23070 MJD = 63,20548 años. Movimiento Propio: A: 151,9 msa/año E, 19,5 msa/año N; B: 154,3 msa/año E, 14,9 msa/año N.
 - *LDS5066*. AB doble incierta. BC doble física. B: 6,831" E, 1,377" S; C: 6,62" E, 1,004" S. Tiempo entre imágenes: 23114 MJD = 63,32603 años. Movimiento Propio: B: 107,9 msa/año E, 21,7 msa/año N; C: 104,5 msa/año E, 15,9 msa/año N. Otras medidas. Estrella más brillante, A: 4,454" E, 0,5" N. Movimiento Propio: A: 70,3 msa/año E, 7,9 msa/año N. Estrella posible, D: 4,305" E, 5,247" S. Movimiento Propio: D: 68 msa/año E, 82,8 msa/año S.
 - *LDS5087*. Doble incierta. A: 6,79" E, 10,85" S; B: 7,62" E, 11,24" S. Tiempo entre imágenes: 23358 MJD = 63,99452 años. Movimiento Propio: A: 106,1 msa/año E, 169,5 msa/año S; B: 119,1 msa/año E, 175,6 msa/año S.
 - *LDS5102*. Doble física. A: 5,834" W, 4,584" S; B: 5,363" W, 4,454" S. Tiempo entre imágenes: 23310 MJD = 63,86301 años. Movimiento Propio: A: 91,4 msa/año W, 71,8 msa/año S; B: 84 msa/año W, 69,8 msa/año S.
 - *LDS5116*. Doble física. A: 11" W, 14,01" S; B: 11,86" W, 14,07" S. Tiempo entre imágenes: 24130 MJD = 66,10959 años. Movimiento Propio: A: 174,3 msa/año W, 211,9 msa/año S; B: 179,4 msa/año W, 212,8 msa/año S.
 - *LDS5117*. Doble física. A: 7,88" E, 4,28" S; B: 7,30" E, 4,70" S. Tiempo entre imágenes: 63,934266 años. Movimiento Propio: A: 123,2 msa/año E, 66,9 msa/año S; B: 114,2 msa/año E, 73,5 msa/año S.
 - *LDS5412*. Doble incierta. A: 0,83" E, 14,45" S; B: 0,83" E, 14,35" S. Tiempo entre imágenes: 23063 = 63,18630 años. Movimiento Propio: A: 13,1 msa/año E, 228,7 msa/año S; B: 13,1 msa/año E, 227,1 msa/año S.
 - *LDS5963*. Doble incierta. A: 16,71" E, 6,60" S; B: 16,51" E, 6,79" S. Tiempo entre imágenes: 23345 MJD = 63,95890 años. Movimiento Propio: A: 261,3 msa/año E, 103,2 msa/año S; B: 258,1 msa/año E, 106,2 msa/año S.
 - *LDS6035*. Doble física. A: 7,81" E, 1,90" N; B: 6,51" E, 1,05" S. Tiempo entre imágenes: 23082 MJD = 63,23836 años. Movimiento Propio: A: 123,5 msa/año E, 30 msa/año N; B: 102,9 msa/año E, 16,6 msa/año S.
 - *LDS6353*. Doble física. A: 13,86" E, 5,68" S; B: 14,06" E, 5,20" S. Tiempo entre imágenes: 24182 MJD = 66,25205 años. Movimiento Propio: A: 209,2 msa/año E, 85,7 msa/año S; B: 212,2 msa/año E, 78,5 msa/año S.
 - *LDS6409*. Doble incierta. A: 8,71" E, 8,82" S; B: 8,32" E, 8,62" S. Tiempo entre imágenes: 22149 MJD = 66,16164 años. Movimiento Propio: A: 131,6 msa/año E, 133,3 msa/año S; B: 125,8 msa/año E, 130,3 msa/año S.
 - *LDS3222*. Doble incierta. A: 9,82" W, 7,94" S; B: 10,47" W, 8,46" S. Tiempo entre imágenes: 23800 MJD = 65,20548 años. Movimiento propio: A: 150,5 msa/año W, 121,7 msa/año S; B: 160,6 msa/año W, 129,7 msa/año S.
 - *LDS3334*. Doble incierta. A: 5,42" E, 3,68" S; B: 7,17" E, 2,67" S. Tiempo entre imágenes: 23443 MJD = 64,22740 años. Movimiento Propio: A: 84,5 msa/año E, 57,2 msa/año S; B: 111,6 msa/año E, 41,6 msa/año S.
 - *LDS3430*. Doble incierta. A: 7,25" E, 5,63" S; B: 9,31" E, 3,50" S. Tiempo entre imágenes = 58106-35097 = 23009 MJD = 63,03836 años. Movimiento Propio: A: 115 msa/año E, 89,4 msa/año S; B: 147,6 msa/año E, 55,5 msa/año S.

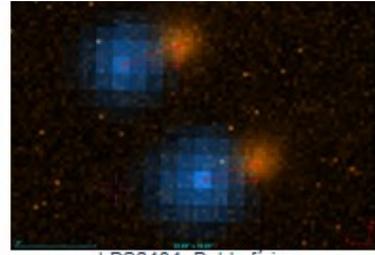
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



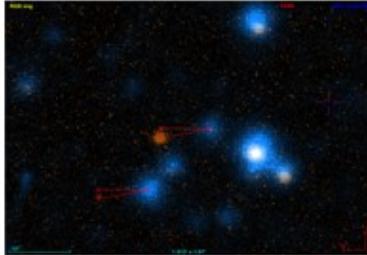
LDS1054. Doble incierta.



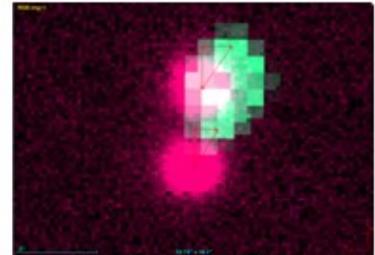
LDS1493. Doble física.



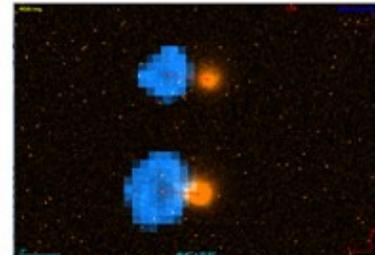
LDS2484. Doble física.



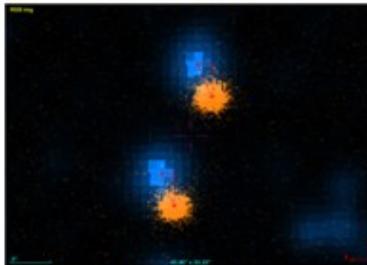
LDS2492. Doble incierta.



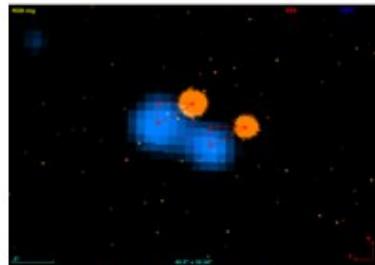
LDS2495. Doble incierta.



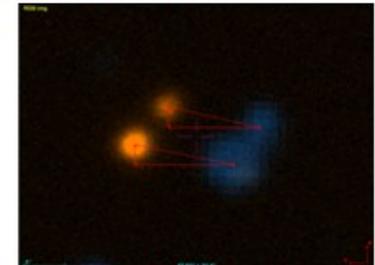
LDS2500. Doble incierta.



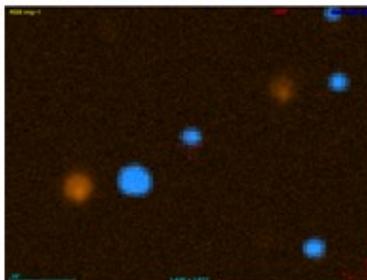
LDS2506. Doble física.



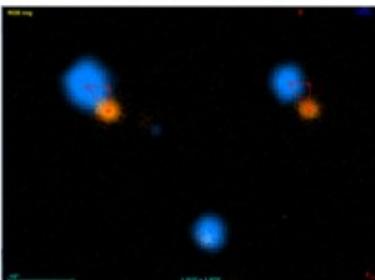
LDS2513. Doble incierta.



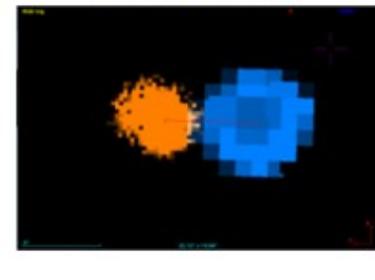
LDS2939. Doble física.



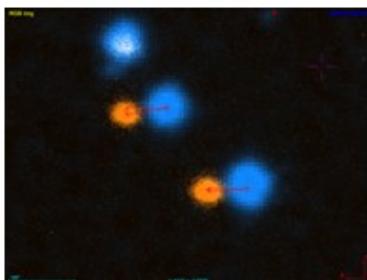
LDS3128. Doble física.



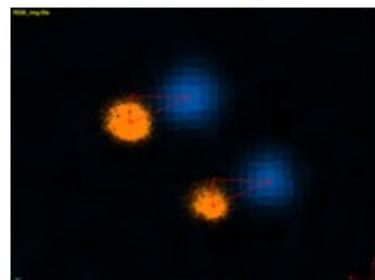
LDS3138. Doble física.



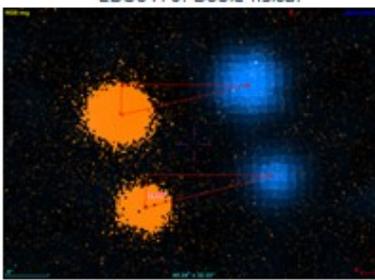
LDS3170. Doble física.



LDS3179. Doble incierta.

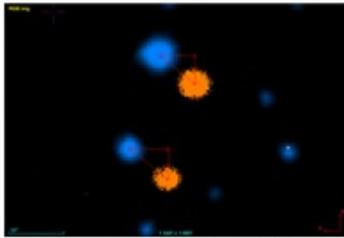


LDS3200. Doble física.

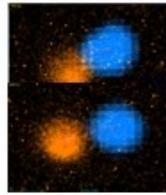


LDS3313. Doble incierta.

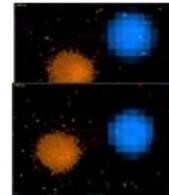
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



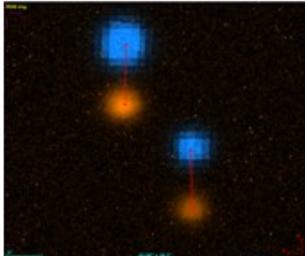
LDS3222. Doble incierta.



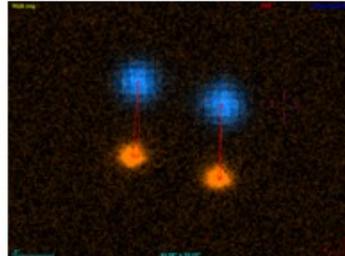
LDS3334. Doble incierta.



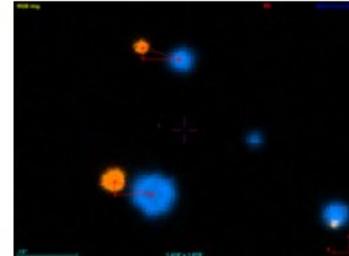
LDS3430. Doble incierta.



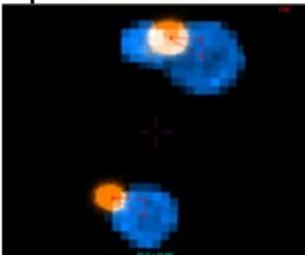
LDS4900. Doble incierta.



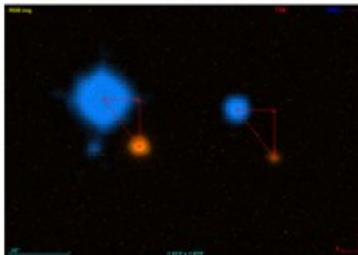
LDS4934. Doble incierta.



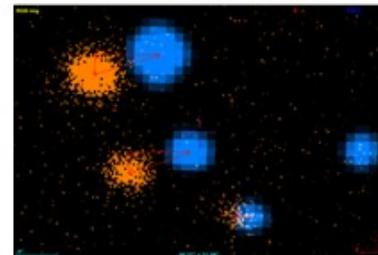
LDS4964. Doble física.



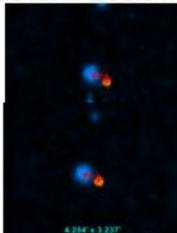
LDS4977. Doble física.



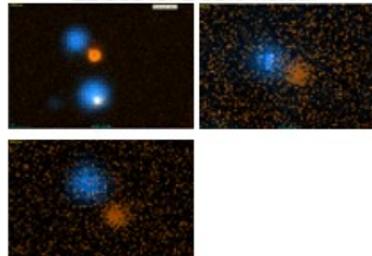
LDS5013. Doble física.



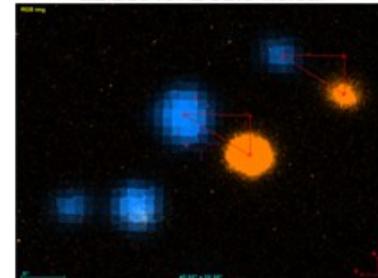
LDS5019. Doble física.



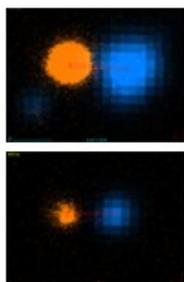
LDS5023. Doble física.



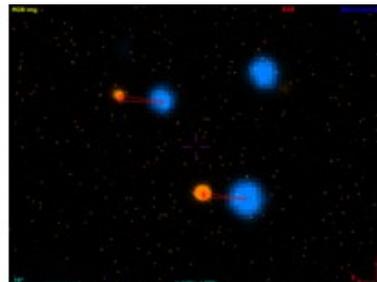
LDS5029. Doble física.



LDS5037. Doble física.



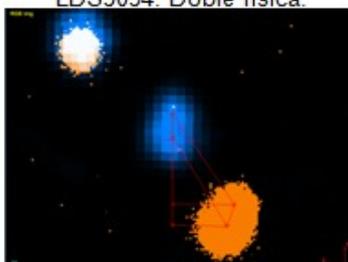
LDS5054. Doble física.



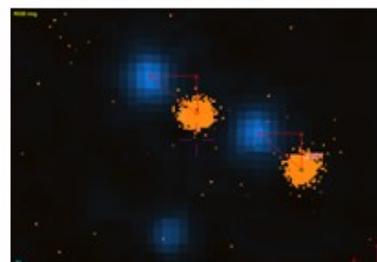
LDS5058. Doble incierta.



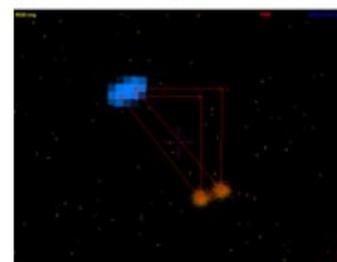
LDS5066. AB incierta. BC física.



LDS5087. Doble incierta.

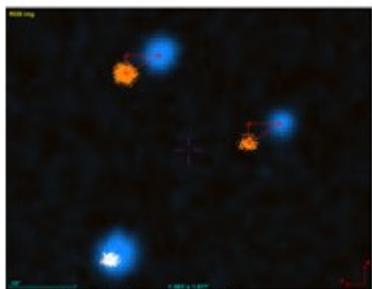


LDS5102. Doble física.

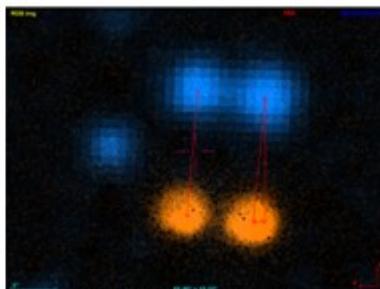


LDS5116. Doble física.

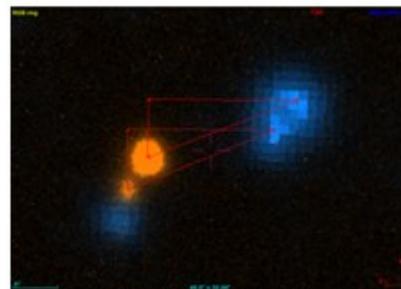
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



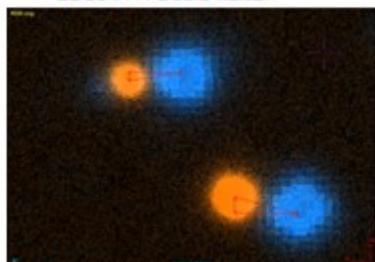
LDS5117. Doble física.



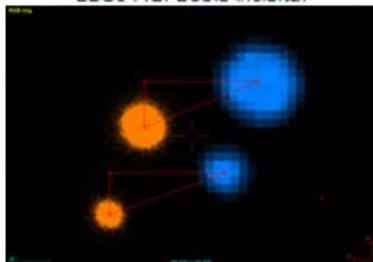
LDS5412. Doble incierta.



LDS5963. Doble incierta.



LDS6035. Doble física.



LDS6353. Doble física.



LDS6409. Doble incierta.

42 nuevos sistemas dobles con movimiento propio común (MPC)

42 New Common Proper Motion Pairs (CPM)

Manuel José del Valle González

Agrupación Astronómica Alba-5 (Albacete), Asociación de Astrofotografía y Astronomía de Almansa (Albacete)

■ Correo-e: mjvallgon@gmail.com

En este artículo, presento 42 nuevos sistemas dobles de movimiento propio común, descubiertos utilizando el observatorio virtual, y combinando placas digitalizadas de los proyectos POSS I y II, de las décadas de 1950 y 1990, respectivamente, mediante la herramienta RGB de ALADIN.

In this article, I present 42 new double systems of common proper motion, discovered using the virtual observatory, and combining digitized plates of the surveys POSS I and II, of the 1950s and 1990s decades, respectively, by means of the RGB tool of ALADIN.

Introducción

ESTOS 42 NUEVOS SISTEMAS MPC, han sido determinados de forma totalmente manual, comparando placas obtenidas en distintas épocas, mediante la herramienta Aladin y confirmados bajo la consulta de diversos catálogos, como son principalmente, 2MASS-PSC, PPMXL, SDSS-DR9/12, USNO B.1, UKIDSS, CMC-14/15, GAIA, UCAC-4 y APASS.

Las condiciones necesarias para considerar a estos nuevos sistemas como dobles de movimiento propio común, se basan tanto en la similitud de los movimientos propios entre las componentes, la similitud de los módulos de distancia, lo que conlleva que las distancias sean similares, y que cumplan la primera y segunda condición del criterio de Halbwachs (Halbwachs, 1986), esto es:

$$(\mu_1 - \mu_2)^2 < -2 * (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) * \ln(0,05)$$

$$\rho / \mu < 1000$$

Para comprobar la existencia de un posible movimiento propio entre los sistemas a estudio, se ha efectuado la combinación RGB de placas de dos épocas diferentes, POSS-I (época 1950) y POSS-II (época 1990), en las cuales se aprecian los tenues movimientos de las componentes de los sistemas.

Identificación de los nuevos sistemas y movimientos propios

Los pares incluidos en este estudio se encuentran identificados en la tabla 1, mediante las coordena-

das J2000 obtenidas del catálogo 2MASS-PSC, así como sus movimientos propios, la fuente consultada y su latitud galáctica, para el posterior ajuste por extinción galáctica.

La obtención de los movimientos propios ha sido casi en la totalidad de los sistemas procedente del catálogo PPMXL, donde no ha sido posible usar este catálogo se han utilizado los movimientos propios procedentes de catálogos como el USNO B.1, UKIDSS, Tycho-2 y GAIA.

Fotometría

La fotometría de los sistemas a estudio, se ha obtenido casi exclusivamente de la consulta de los catálogos 2MASS, SDSS-DR9/12, UCAC-4 (APASS), y del CMC-14. (Tabla 2)

Astrometría relativa

Para determinar la astrometría relativa de cada uno de los sistemas (parámetros theta y rho), he procedido a medir de forma manual mediante la herramienta “dist”, de Aladin y el software FV (versión 5.4) para los sistemas de difícil medida, dada su proximidad, realizando la media de cinco medidas. (Tabla 3).

Estimación del tipo espectral y clase de luminosidad.

Para la determinación de la magnitud V, además de los colores fotométricos B-V y V-I, se ha utilizado la plantilla Excel de Francisco Rica “Transformación SDSS-2MASS-Jhonson_v2.3”, utili-

zando las magnitudes tanto en banda infrarroja JHK, del 2MASS-PSC y ugriz del SDSS-DR9/12, para otros sistemas se ha utilizado directamente los valores BVI del catálogo UCAC-4 (APASS).

Para conocer el tipo espectral aproximado y la clase de luminosidad se ha utilizado otra herramienta facilitada por Francisco Rica "ASTRONOMIA_v1.5.19", donde en base a la distribución espectral de energías, se han obtenido los espectros de todos los sistemas dobles del estudio, complementado todo esto por la utilización de las tablas de E. Mamajek.

Una vez conocidos los espectros estelares, se determinó la magnitud absoluta, las correcciones bolométricas y la magnitud bolométrica de cada componente de los sistemas, todos estos datos también están incluidos en la tabla 4.

Estos parámetros han sido todos corregidos por extinción galáctica y enrojecimiento, utilizando la herramienta "DUST Extinction", <http://irsa.ipac.caltech.edu/frontpage/>, de la NASA/IPAC, Infrared Archive.

Diagramas de movimiento propio reducido y diagramas de doble color J-H vs H-K

Para dilucidar ante qué tipo de estrellas nos encontramos, la mejor forma es utilizar los diagramas de movimiento propio reducido (DMPR), para este trabajo se han utilizado diagramas tales como el de Jones (1972), H_v vs $B-V$; Nelson (2002), H_v vs $V-I$; Salim (2002), H_v vs $V-J$. El uso de estos diagramas nos indica que nos encontramos con estrellas en distintas fases de evolución, pero todas pertenecientes a la secuencia principal, y clases de luminosidad V, exceptuando un caso aislado, donde estos diagramas nos indican claramente que nos encontramos ante una gigante normal, G1III (DVG 47).

Los diagramas de doble color J-H vs H-K, también nos confirman con bastante exactitud, en qué lugar de la secuencia se encuentran todos los sistemas. Para este trabajo se han utilizado en todos los pares a estudio.

Distancias fotométricas

Para determinar las distancias a los sistemas del estudio, una vez conocidos los tipos espectrales, y a partir de estos las magnitudes absolutas de cada componente, podemos calcular la distancia a la que se encuentran por medio del módulo de distancia (magnitud visual menos magnitud absoluta) y mediante la relación:

$$V - M_{v(abc)} = 5 - 5 * \log d$$

(distancia a la estrella en pársecs (pc)).

Para conocer la magnitud absoluta, se utilizaron las tablas de E. Mamajek, una vez conocidos los tipos espectrales.

Todos estos datos quedan recogidos en la tabla 5.

Temperatura efectiva, masa, luminosidad, radio y gravedad superficial

Mediante los índices de color derivados de la fotometría BVI y JHK, podemos calcular aplicando diferentes fórmulas, la temperatura efectiva (T_{eff}) en °K, tanto en el visible (B-V), como en infrarrojo (V-K), la luminosidad, la masa y el radio en función de la magnitud bolométrica (ver tabla 4). Finalmente se ha calculado la gravedad superficial estimada, mediante la masa y el radio estelar en función de la gravedad solar. Estos datos están reflejados en la tabla 6.

Conclusión

Atendiendo a los resultados de este estudio, podemos concluir que nos encontramos ante sistemas dobles de movimiento propio común, en base a sus movimientos propios similares, en el cumplimiento del criterio de Halbwachs, y en la similitud de las distancias fotométricas calculada. Si bien no podemos concluir que se traten de verdaderas binarias y que tengan relación gravitacional, ya que esto requeriría de un estudio detallado de cada uno de los sistemas.

Y que nos encontraríamos con estrellas de la secuencia principal y clase de luminosidad V, exceptuando algún caso aislado como DVG 45, donde la estrella principal corresponde claramente, a una gigante normal G1III además de notar que, de 42 sistemas estudiados, 34 corresponden a estrellas del tipo M, enanas rojas, lo que nos indica la enorme abundancia de esta clase de estrellas.

Galería fotográfica

Se acompañan imágenes de los 42 sistemas del estudio, obtenidas mediante la combinación de placas de distintas épocas, por medio de la herramienta RGB del Aladin, para que se pudiese apreciar el movimiento propio entre las estrellas de cada sistema doble. Si bien como se podrá ver en varias imágenes, debido a la magnitud visual de las estrellas es difícil apreciar el movimiento entre ellas. (Tabla 7)

Agradecimientos

A los editores del OED (El Observador de Estrellas Dobles), por su encomiable trabajo y por hacer posible que esta publicación de referencia mundial siga adelante.

A Francisco Rica, por su trabajo en el desarrollo de las plantillas Excel utilizadas en este y otros trabajos. ©

Referencias

E. Mamajek, "A Modern Mean Dwarf Stellar Color and Effective Temperature Sequence". http://www.pas.rochester.edu/~emamajek/EEM_dwarf_UBVJHK_colors_Teff.txt

Halbwachs, J. L., 1986, "Common proper motion stars in the AGK3". *Bull. Inf. Centre Donnees Stellaires*, **30**:129.

Jones E. M., 1972, *ApJ*, **173**, 671

Lang, K. R.: *Astrophysical data: planets and stars*. New York: Springer-Verlag 1992.

Lupton, R., 2005, *Transformations between SDSS magnitudes and UBVRcIc*, <http://www.sdss.org/dr4/algorithms/sdssUBVRITransform.html#Lupton2005>

Mason, B. D.; Wycoff, G.; Hartkopf, W. I., 2003, "The Washington Double Star Catalog", <http://ad.usno.navy.mil/wds/>

Nelson, C. A.; Cook, K. H.; Axelrod, T. S.; Mould, J. R.; Alcock, C., 2002, *ApJ*, **573**, 644

Popper, D. M., 1980, *Stellar Masses*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **18**:115-64.

Reed, B. C., 1998, *The Composite Observational-Theoretical HR Diagram*, *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, **92**, 36-37.

Rica, F. M., 2004, *Criterio de caracterización de J. L. Halbwachs: Relación entre ρ y μ* , *Circular Sección Estrellas Dobles LIADA*, N° 6.

Salim, S., Gould, A., 2002, *Classifying Luyten Stars using an Optical-Infrared Reduced Proper Motion Diagram*, *Ap. J.*, **575**, 83.

Vandember, D. A. & Bridges, T. J., 1984, *ApJ*, **278** -679

Veeder, G. J. R., 1974, *Luminosities and temperatures of M dwarf stars from infrared photometry*, *Astronomical Journal*, vol. **79**, p. 1056-1072.

Aladin Sky Atlas, aladin.u-strasbg.fr

CDS Centre de données astronomiques de Strasbourg, cdsweb.u-strasbg.fr.

TABLA 1: COORDENADAS 2MASS, MOVIMIENTOS PROPIOS. (ORDEN ASCENDENTE POR A.R.)

SISTEMA	COMP.	AR.	DEC.	MP. AR. (msa/año)	MP. DEC. (msa/año)	FUENTE	LAT. GAL.
DVG 8	A	00 00 16,732	-02 56 52,05	45,40 ± 1,9	-12,50 ± 2,0	Tycho-2 / PPMXL	-62,90
	B	00 00 16,683	-02 56 44,40	48,10 ± 2,0	-8,80 ± 2,0		
DVG 9	A	00 22 11,781	+10 07 00,63	50,00 ± 3,0	16,00 ± 4,0	USNO B.1	-52,09
	B	00 22 11,468	+10 07 09,36	48,00 ± 2,0	22,00 ± 1,0		
DVG 10	A	00 22 52,997	+10 07 18,59	34,30 ± 3,9	-4,90 ± 3,9	PPMXL	-52,11
	B	00 22 53,255	+10 07 31,57	29,50 ± 3,9	-4,20 ± 3,9		
DVG 11	A	00 33 08,012	+14 29 49,64	55,50 ± 3,8	-13,60 ± 3,8	PPMXL	-48,10
	B	00 33 09,085	+14 29 50,27	44,30 ± 0,9	-22,20 ± 0,9		
DVG 12	A	00 59 45,479	+10 53 46,33	35,60 ± 3,1	-7,20 ± 3,1	PPMXL	-51,90
	B	00 59 48,563	+10 54 16,57	37,60 ± 4,0	-3,20 ± 4,0		
DVG 13	A	02 00 21,746	+11 53 57,17	54,50 ± 1,0	-20,20 ± 1,0	PPMXL	-47,50
	B	02 00 22,498	+11 53 53,72	61,00 ± 3,9	-29,80 ± 3,8		
DVG 14	A	02 40 00,514	+19 21 23,51	71,80 ± 3,7	-7,50 ± 3,7	PPMXL	-36,60
	B	02 40 03,566	+19 22 49,53	74,10 ± 3,7	-4,00 ± 3,7		
DVG 15	A	03 00 04,363	-21 56 31,97	-6,00 ± 2,0	52,00 ± 1,0	USNO B.1	-60,37
	B	03 00 04,710	-21 56 43,27	-12,00 ± 3,0	52,00 ± 2,0		
DVG 16	A	03 24 24,136	+21 29 22,60	18,30 ± 3,9	9,70 ± 3,9	PPMXL	-28,90
	B	03 24 24,459	+21 29 39,56	15,10 ± 4,1	5,60 ± 4,1		
DVG 17	A	04 00 03,234	+20 02 12,27	23,00 ± 4,0	-48,60 ± 4,0	UKIDSS	-24,35
	B	04 00 02,632	+20 02 06,69	20,00 ± 4,0	+52,50 ± 4,0		
DVG 18	A	04 00 20,842	+77 59 45,50	16,50 ± 3,9	-51,50 ± 3,9	PPMXL	+18,70
	B	04 00 24,758	+77 59 54,92	18,50 ± 3,9	-46,70 ± 3,9		
DVG 19	A	04 04 54,149	+07 11 59,27	14,53 ± 2,7	-32,59 ± 2,8	PPMXL	-31,97
	B	04 04 55,272	+07 11 59,45	22,40 ± 4,0	-43,40 ± 4,0		
DVG 20	A	04 05 04,201	+07 03 18,37	16,20 ± 2,9	-33,50 ± 2,9	PPMXL	-32,03
	B	04 05 04,818	+07 02 57,90	18,20 ± 4,0	-39,60 ± 4,0		
DVG 21	A	07 57 25,262	+73 00 17,58	-24,50 ± 3,9	-36,50 ± 3,9	PPMXL	+30,70
	B	07 57 25,822	+73 00 26,40	-21,10 ± 3,9	-35,60 ± 3,9		
DVG 22	A	08 00 30,755	+21 54 23,16	-7,80 ± 3,7	-50,70 ± 3,7	PPMXL	+24,50
	B	08 00 28,861	+21 54 28,01	-15,30 ± 3,7	-54,90 ± 3,7		

TABLA 1: COORDENADAS 2MASS, MOVIMIENTOS PROPIOS. (ORDEN ASCENDENTE POR A.R.). CONT.

SISTEMA	COMP.	AR.	DEC.	MP. AR. (msa/año)	MP. DEC. (msa/año)	FUENTE	LAT. GAL.
DVG 23	A	08 33 38,541	+40 36 19,14	-11,10 ± 3,9	-6,70 ± 3,9	PPMXL	+36,03
	B	08 33 39,600	+40 36 04,95	-13,50 ± 3,9	-5,70 ± 3,9		
DVG 24	A	08 59 53,264	-20 54 27,75	31,50 ± 3,1	-73,80 ± 3,1	PPMXL	+16,21
	B	08 59 54,587	-20 54 27,99	23,80 ± 5,2	-73,10 ± 5,2		
DVG 25	A	08 59 56,821	+32 06 43,03	-25,90 ± 2,6	-46,40 ± 2,6	PPMXL	+40,04
	B	08 59 56,349	+32 06 31,83	-36,70 ± 4,0	-49,90 ± 4,0		
DVG 26	A	09 00 13,844	+32 05 53,30	-94,90 ± 1,3	-24,50 ± 1,3	PPMXL	+40,10
	B	09 00 17,678	+32 07 18,41	-126,30 ± 4,0	-31,60 ± 4,0		
DVG 27	A	09 44 25,078	+35 31 38,82	-35,10 ± 4,1	-34,90 ± 4,1	PPMXL	+49,60
	B	09 44 11,709	+35 30 39,81	-40,90 ± 5,5	-32,30 ± 5,5		
DVG 28	A	10 11 09,321	+08 55 13,7	-31,40 ± 3,6	-24,50 ± 3,6	PPMXL	+48,03
	B	10 11 09,345	+08 55 33,3	-27,30 ± 3,6	-27,30 ± 3,6		
DVG 29	A	11 11 05,712	+11 16 27,21	-40,20 ± 3,5	10,00 ± 3,5	PPMXL	+61,60
	B	11 11 06,041	+11 16 08,06	-34,60 ± 3,7	8,20 ± 3,7		
DVG 30	A	11 11 32,702	+11 15 19,95	29,10 ± 3,6	-36,30 ± 3,6	PPMXL	+61,27
	B	11 11 30,616	+11 15 10,92	28,60 ± 4,8	-34,20 ± 4,8		
DVG 31	A	11 42 53,698	+06 22 59,35	28,10 ± 1,0	-42,40 ± 0,8	PPMXL	+63,58
	B	11 42 55,074	+06 23 51,21	23,80 ± 3,8	-39,40 ± 3,8		
DVG 32	A	11 56 57,774	+20 22 50,43	-27,10 ± 2,2	-23,30 ± 2,2	PPMXL	+75,80
	B	11 56 54,028	+0 22 39,33	-33,00 ± 3,7	-24,80 ± 3,7		
DVG 33	A	11 57 08,357	+20 26 28,38	-111,50 ± 3,7	-7,70 ± 3,7	PPMXL	+75,91
	B	11 57 10,001	+20 26 50,49	-76,20 ± 3,7	-7,90 ± 3,7		
DVG 34	A	11 57 24,155	+20 19 22,85	-10,70 ± 2,1	-11,30 ± 2,2	PPMXL	+75,90
	B	11 57 24,523	+20 19 19,57	-10,10 ± 2,4	-9,40 ± 2,4		
DVG 35 ⁽¹⁾	A	12 00 07,464	+11 57 33,53	17,50 ± 0,8	-38,40 ± 6,8	PPMXL	+70,60
	B	12 00 06,985	+11 57 37,95	17,30 ± 6,8	-39,90 ± 6,8		
DVG 36	A	12 11 46,602	+12 18 41,36	-13,50 ± 4,1	-22,80 ± 4,1	PPMXL	+72,50
	B	12 11 42,583	+12 18 09,26	-17,10 ± 4,1	-24,70 ± 4,1		
DVG 37	A	12 12 03,327	+43 39 52,00	-32,60 ± 4,0	4,90 ± 4,0	PPMXL	+71,70
	B	12 12 06,608	+43 40 03,73	-31,90 ± 4,0	4,50 ± 4,0		
DVG 38	A	12 12 18,886	+23 33 44,74	-13,00 ± 3,7	-5,10 ± 3,7	PPMXL	+80,50
	B	12 12 18,996	+23 33 35,93	-17,80 ± 3,7	-4,20 ± 3,7		
DVG 39	A	13 08 51,577	+11 47 26,76	-22,60 ± 4,1	-10,60 ± 4,1	PPMXL	+74,10
	B	13 08 59,165	+11 47 24,33	-25,70 ± 4,1	-14,30 ± 4,1		
DVG 40	A	13 08 58,665	+11 47 26,76	-18,00 ± 4,8	-13,90 ± 4,8	PPMXL	+74,10
	B	13 09 06,566	+11 44 5 46,76	-15,70 ± 4,5	-13,30 ± 4,5		
DVG 41	A	13 56 27,451	+55 24 49,06	-25,10 ± 4,1	10,80 ± 4,2	PPMXL	+59,36
	B	13 56 26,491	+55 24 52,66	-27,50 ± 4,2	12,00 ± 4,2		
DVG 42 ⁽²⁾	A	13 59 33,522	+35 06 54,75	-24,30 ± 3,7	-23,50 ± 3,6	PPMXL	+73,40
	B	13 59 33,257	+35 06 55,04	¿?	¿?		
DVG 43	A	14 59 40,358	-08 57 57,08	-13,50 ± 3,9	-46,50 ± 3,9	PPMXL	+42,40
	B	14 59 39,919	-08 57 37,87	-14,90 ± 5,7	-47,30 ± 5,7		
DVG 44	A	15 16 06,032	+18 23 16,49	-19,00 ± 3,9	-29,30 ± 3,9	PPMXL	+55,70
	B	15 16 04,885	+18 23 14,25	-16,90 ± 3,8	-24,20 ± 3,8		
DVG 45	A	16 23 30,441	+51 26 58,73	-16,50 ± 4,1	-20,90 ± 4,1	PPMXL	+43,70
	B	16 23 32,160	+51 26 56,18	-12,60 ± 6,2	-22,20 ± 6,2		
DVG 46	A	17 00 20,958	-18 53 50,83	-24,80 ± 3,9	-34,10 ± 3,9	PPMXL	+14,16
	B	17 00 14,253	-18 55 02,06	-30,30 ± 3,9	-27,90 ± 3,9		
DVG 47	A	17 03 11,347	+61 28 43,24	-6,90 ± 4,0	-14,50 ± 4,0	PPMXL	+36,40
	B	17 03 13,846	+61 28 18,63	-6,90 ± 4,0	-19,30 ± 4,0		
DVG 48	A	20 57 49,278	-17 49 02,84	5,90 ± 4,1	-51,40 ± 4,1	PPMXL	-35,70
	B	20 57 48,444	-17 48 23,39	8,30 ± 4,1	-50,50 ± 4,1		
DVG 49	A	22 34 34,617	+12 09 53,20	32,10 ± 4,1	-19,10 ± 4,1	PPMXL	-38,56
	B	22 34 35,777	+12 09 45,81	34,10 ± 4,1	-20,60 ± 4,1		
DVG 50	A	22 45 10,248	+23 09 15,27	-17,10 ± 4,1	-29,20 ± 4,1	PPMXL	-31,20
	B	22 45 10,825	+23 09 22,18	-15,90 ± 4,1	-26,20 ± 4,1		
DVG 51	A	23 00 02,282	+07 58 26,49	17,10 ± 1,8	-34,10 ± 1,8	PPMXL	-45,75
	B	23 00 10,192	+07 58 26,49	22,40 ± 3,8	-42,80 ± 3,8		
DVG 52	A	23 59 53,712	+23 52 43,32	57,10 ± 5,5	-27,30 ± 5,5	PPMXL	-37,50
	B	23 59 53,785	+23 53 56,09	62,00 ± 5,5	-27,10 ± 5,5		

(1) Coordenadas J2000, desde UKIDSS.

(2) Los mp de la componente secundaria no aparecen en ningún catálogo consultado.

TABLA 2: MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS OBTENIDAS DE LOS CATÁLOGOS CONSULTADOS.

SIS.	COMP.	2MASS / UKIDSS			UCAC 4 / APASS				SDSS-DR9 / 12				CMC 14/15
		J	H	K	B	V	I	u	g	r	i	z	r'
DVG 8	A	8,638	8,374	8,234	9,834	10,398	9,344	-	-	-	-	-	8,638
	B	10,084	9,757	9,718	-	-	-	-	-	-	-	-	10,084
DVG 9	A	11,988	11,491	11,442	14,552	13,846	12,987	-	-	-	-	-	-
	B	14,713	14,119	13,860	-	-	-	23,428	19,742	18,088	16,804	16,140	-
DVG 10	A	12,161	11,529	11,299	-	-	-	19,489	16,770	15,341	17,294	13,558	15,357
	B	12,238	11,586	11,381	-	-	-	19,777	17,098	15,637	13,925	13,527	15,739
DVG 11	A	9,663	9,537	9,341	-	-	-	14,720	14,883	10,699	10,591	10,873	10,651
	B	13,570	12,990	12,797	-	-	-	20,630	17,838	16,345	15,396	14,913	16,104
DVG 12	A	11,180	10,782	10,649	13,725	12,813	12,157	15,353	15,183	13,904	12,405	12,451	12,516
	B	13,067	12,395	12,181	-	-	-	19,729	17,108	15,675	14,786	14,332	15,677
DVG 13	A	10,998	10,641	10,561	13,068	12,317	11,813	-	-	-	-	-	-
	B	14,795	14,394	14,174	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 14	A	12,188	11,557	11,329	-	-	-	-	-	-	-	-	14,934
	B	12,929	12,291	12,084	-	-	-	-	-	-	-	-	15,851
DVG 15	A	14,004	13,455	13,202	-	-	-	-	-	-	-	-	16,556
	B	14,726	14,141	13,775	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 16	A	14,002	13,288	13,125	-	-	-	-	-	-	-	-	17,069
	B	14,434	13,708	13,559	-	-	-	-	-	-	-	-	17,554
DVG 17	A	12,861	12,278	11,992	-	-	-	-	-	-	-	-	16,718
	B	13,328	12,750	12,456	-	-	-	-	-	-	-	-	17,171
DVG 18	A	11,515	10,995	10,893	14,242	13,293	12,682	-	-	-	-	-	-
	B	12,741	12,171	11,972	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 19	A	11,515	10,995	10,893	14,242	13,293	12,682	-	-	-	-	-	-
	B	12,741	12,171	11,972	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 20	A	11,251	10,755	10,644	14,123	13,116	12,451	-	-	-	-	-	12,807
	B	13,421	12,702	12,508	17,848	16,538	-	-	-	-	-	-	15,805
DVG 21	A	13,630	12,934	12,753	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	14,790	14,147	13,850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 22	A	14,682	14,128	13,804	-	-	-	21,975	19,517	18,007	16,743	16,092	-
	B	15,004	14,365	14,226	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 23	A	12,952	12,408	12,369	15,781	14,864	14,400	17,232	15,165	14,350	14,073	13,920	14,283
	B	13,330	12,729	12,624	-	-	-	18,411	16,012	14,977	14,615	14,402	14,911
DVG 24	A	9,084	8,410	8,257	12,486	11,288	10,783	-	-	-	-	-	10,829
	B	10,125	9,521	9,297	-	-	-	-	-	-	-	-	13,717
DVG 25	A	10,986	10,615	10,525	13,018	12,263	11,859	-	-	-	-	-	12,074
	B	13,691	13,102	12,876	-	-	-	20,924	18,166	16,711	15,596	14,988	16,781
DVG 26	A	6,847	6,670	6,627	8,887	8,673	7,906	-	-	-	-	-	7,743
	B	12,912	12,330	12,123	-	-	-	21,520	17,209	15,816	14,737	14,143	15,787
DVG 27	A	11,925	11,577	11,513	14,059	13,287	12,893	-	-	-	-	-	13,035
	B	14,709	14,111	13,850	-	-	-	21,469	19,129	17,727	16,559	15,913	-
DVG 28	A	13,599	12,920	12,760	-	-	-	19,601	17,060	15,734	15,107	14,770	15,581
	B	13,930	13,215	13,117	-	-	-	20,202	17,653	16,277	15,521	15,113	16,000
DVG 29	A	14,202	13,519	13,363	18,068	16,704	15,557	19,948	17,462	16,155	15,648	15,378	-
	B	15,260	14,557	14,559	-	-	-	21,614	19,161	17,707	16,925	16,514	-
DVG 30	A	11,593	10,937	10,789	15,285	13,998	12,946	-	-	-	-	-	13,483
	B	13,445	12,867	12,632	-	-	-	20,266	17,645	16,169	15,242	14,759	16,002
DVG 31	A	7,520	7,315	7,228	9,086	8,594	8,303	-	-	-	-	-	-
	B	11,381	10,753	10,524	16,423	14,902	13,171	18,460	15,730	14,320	16,023	12,718	-

TABLA 2: MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS OBTENIDAS DE LOS CATÁLOGOS CONSULTADOS. (CONT.)

SIS.	COMP.	2MASS / UKIDSS			UCAC 4 / APASS			SDSS-DR9 / 12					CMC
		J	H	K	B	V	I	u	g	r	i	z	r'
DVG 32	A	11,031	10,596	10,524	13,250	12,441	11,944	15,760	13,055	12,295	12,106	12,310	12,241
	B	12,829	12,182	12,010	-	-	-	19,260	16,618	15,197	14,432	14,035	15,258
DVG 33	A	14,539	14,005	13,802	-	-	-	21,738	19,224	17,876	16,562	15,893	-
	B	14,894	14,185	13,968	-	-	-	22,184	19,454	17,975	16,829	16,216	-
DVG 34	A	13,654	13,290	13,256	-	-	-	16,325	15,165	14,755	17,796	14,527	14,646
	B	14,075	13,702	13,556	-	-	-	17,066	15,717	15,222	15,007	14,939	15,098
DVG 35	A	16,571	16,019	15,835	-	-	-	23,614	20,319	19,028	18,233	17,743	-
	B	16,706	16,267	15,981	-	-	-	23,548	21,253	19,890	18,654	17,960	-
DVG 36	A	15,341	14,647	14,404	-	-	-	21,719	19,106	17,680	16,980	16,608	-
	B	15,409	14,856	14,580	-	-	-	22,307	20,078	18,607	17,436	16,817	-
DVG 37	A	12,637	12,072	11,887	16,661	15,219	14,101	18,523	16,013	14,481	13,925	13,801	-
	B	13,810	13,126	12,980	-	-	-	19,917	17,405	15,985	15,372	15,017	-
DVG 38	A	15,370	14,936	14,891	-	-	-	19,032	17,225	16,552	16,292	16,193	-
	B	15,429	14,942	14,739	-	-	-	19,177	17,351	16,665	16,406	16,280	-
DVG 39	A	15,211	14,601	14,525	-	-	-	21,243	18,705	17,340	16,805	16,460	-
	B	15,494	14,811	14,783	-	-	-	21,583	19,346	17,897	17,144	16,695	-
DVG 40	A	16,215	15,668	15,738	-	-	-	19,022	17,810	17,353	17,215	17,147	-
	B	16,301	16,049	15,325	-	-	-	20,181	18,541	17,762	17,536	17,406	-
DVG 41	A	14,615	14,042	13,848	-	-	-	22,165	19,409	17,947	16,658	15,954	-
	B	14,882	14,382	14,166	-	-	-	22,030	19,530	18,112	16,896	16,236	-
DVG 42	A	11,714	11,468	11,212	13,653	12,990	12,577	-	-	-	-	-	-
	B	11,849	11,447	11,414	-	-	-	16,249	15,737	15,464	15,612	13,211	-
DVG 43	A	14,443	13,759	13,598	-	-	-	21,604	19,075	17,655	16,431	15,786	-
	B	16,213	15,561	15,208	-	-	-	24,241	12,660	20,111	18,752	17,639	-
DVG 44	A	14,631	14,023	13,867	-	-	-	19,412	17,269	16,283	15,908	15,709	-
	B	15,475	14,813	14,706	-	-	-	21,963	19,611	18,172	17,207	16,689	-
DVG 45	A	12,296	11,905	11,805	14,523	13,766	13,324	-	-	-	-	-	-
	B	-	-	-	-	-	-	21,029	19,631	18,997	18,721	18,625	-
DVG 46	A	13,832	13,198	13,089	17,335	16,229	15,196	-	-	-	-	-	15,821
	B	14,668	14,019	13,806	-	-	-	-	-	-	-	-	16,764
DVG 47	A	13,468	13,198	13,116	15,119	14,548	14,280	-	-	-	-	-	-
	B	14,008	13,694	13,587	15,564	15,091	14,703	-	-	-	-	-	-
DVG 48	A	14,198	13,563	13,325	-	-	-	-	-	-	-	-	17,046
	B	14,832	14,203	13,927	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DVG 49	A	12,905	12,334	12,245	16,102	15,013	14,171	17,824	15,534	14,540	14,178	13,970	14,583
	B	13,625	12,937	12,812	-	-	-	19,538	17,015	15,665	15,088	14,765	15,692
DVG 50	A	14,093	13,560	13,504	-	-	-	18,369	16,356	15,560	15,263	15,098	15,603
	B	14,753	14,249	13,958	-	-	-	19,904	17,489	16,408	16,038	15,838	16,482
DVG 51	A	9,398	9,128	9,060	11,118	10,495	10,391	13,802	10,845	10,416	10,267	10,774	10,395
	B	14,273	13,706	13,431	-	-	-	31,208	19,018	17,624	16,286	15,589	-
DVG 52	A	12,248	11,663	11,419	-	-	-	19,400	16,740	15,305	14,155	13,564	15,372
	B	12,423	11,840	11,569	-	-	-	19,615	16,978	15,546	14,349	13,732	15,458

TABLA 3: ASTROMETRÍA RELATIVA.

SISTEMA	FUENTE CATALOGO	RHO (P) ["]	THETA (Θ) [°]	ÉPOCA BESSELIANA
DVG 8	2MASS ⁽¹⁾	7,29	354,1	1999,8548
DVG 9	SDSS9 ⁽²⁾	9,55	332,0	2013,9632
DVG 10	SDSS9	13,61	16,1	2013,9632
DVG 11	SDSS9	15,31	88,6	2013,9632
DVG 12	SDSS9	54,16	56,1	2013,9632
DVG 13	SDSS9	11,54	107,2	2013,9632
DVG 14	2MASS	96,66	26,5	2012,1480
DVG 15	2MASS	12,60	158,5	2012,1480
DVG 16	2MASS	17,62	14,8	2012,1480
DVG 17	2MASS	10,46	237,5	2012,1480
DVG 18	2MASS	15,46	57,7	2012,1480
DVG 19	2MASS	16,72	88,8	2012,1480
DVG 20	2MASS	22,32	156,1	2012,1480
DVG 21	POSS II	9,14	18,1	2000,2317
DVG 22	SDSS9	26,83	280,2	2013,9632
DVG 23	SDSS9	18,65	139,7	2013,9632
DVG 24	2MASS	18,70	90,2	2012,1480
DVG 25	SDSS9	12,62	209,6	2013,9632
DVG 26	SDSS9	115,86	24,6	2013,9632
DVG 27	SDSS9	119,64	240,9	2013,9632
DVG 28	SDSS9	19,61	0,7	2013,9632
DVG 29	SDSS9	19,78	165,6	2013,9632
DVG 30	SDSS9	46,27	258,7	2013,9632
DVG 31	SDSS9	55,53	21,3	2013,9632
DVG 32	SDSS9	54,12	257,4	2013,9632
DVG 33	SDSS9	32,24	46,5	2013,9632
DVG 34	SDSS9	5,98	127,1	2013,9632
DVG 35	SDSS9	8,45	302,6	2013,9632
DVG 36	SDSS9	67,20	241,2	2013,9632
DVG 37	SDSS9	37,52	71,8	2013,9632
DVG 38	SDSS9	9,17	170,9	2013,9632
DVG 39	SDSS9	152,64	130,7	2013,9632
DVG 40	SDSS9	134,70	235,5	2013,9632
DVG 41	SDSS9	9,00	294,6	2013,9632
DVG 42	SDSS9 ⁽³⁾	3,89	275,6	2013,9632
DVG 43	SDSS9	20,48	342,1	2013,9632
DVG 44	SDSS9	16,56	261,7	2013,9632
DVG 45	SDSS9	16,74	998,0	2013,9632
DVG 46	SDSS9	119,88	233,2	2013,9632
DVG 47	2MASS	30,58	323,9	2012,1480
DVG 48	SDSS9	41,07	343,4	2013,9632
DVG 49	SDSS9	18,61	112,9	2013,9632
DVG 50	SDSS9	10,47	49,9	2013,9632
DVG 51	2MASS	162,66	46,6	2012,1480
DVG 52	2MASS	72,54	0,6	2012,1480

(1) 2MASS COLOR (JHK), The Two Micron All Sky Survey.

(2) SDSS9 COLOR, Sloan Digital Sky Survey (www.sdss.org).

(3) Medido sobre catalogo SDSS-DR9, con el software RhoTheta (RAA).

TABLA 4: MAGNITUD V, COLORES, ESPECTROS, MAGNITUD ABSOLUTA, MAGNITUD Y CORRECCIÓN BOLOMÉTRICA.

SIST.	COMP.	V.	B - V	V - I	V - K	ESP.	MV.	M.BOL.	CB
DVG 8	A	9,710	0,498	0,440	1,486	F9V	4,15	4,06	-0,09
	B	11,155	0,580	0,654	1,447	G0V	4,45	4,33	-0,12
DVG 9	A	13,398	0,578	0,682	1,992	G8V	5,32	5,20	-0,18
	B	18,319	1,621	2,489	4,495	M2,5V	10,70	8,59	-2,11
DVG 10	A	15,500	1,201	1,236	4,231	M1,5V	9,97	8,07	-1,90
	B	15,860	1,431	2,834	4,509	M2,5V	10,70	8,58	-2,12
DVG 11	A	10,598	0,509	0,235	1,371	F7V	3,87	3,78	-0,09
	B	16,807	1,526	2,172	4,024	M1,5V	9,97	8,22	-1,75
DVG 12	A	12,600	0,852	0,573	1,968	K0V	5,76	4,52	-0,34
	B	16,138	1,340	2,077	3,974	M1V	9,69	7,98	-1,71
DVG 13	A	11,890	0,628	0,336	1,360	F9V	4,15	4,01	-0,14
	B	18,464	1,647	2,436	4,324	M2,5V	10,70	8,73	-1,97
DVG 14	A	14,223	1,215	1,249	2,921	K5V	7,25	6,19	-1,06
	B	14,926	1,195	1,229	2,869	K5V	7,25	6,21	-1,04
DVG 15	A	16,234	1,210	1,290	3,032	K6V	7,88	6,76	-1,12
	B	17,378	1,390	1,540	3,603	K9V	8,96	7,50	-1,46
DVG 16	A	16,366	1,045	0,975	3,329	K7V	8,30	7,01	-1,29
	B	16,899	1,055	0,975	3,428	K7V	8,30	6,95	-1,35
DVG 17	A	16,473	1,080	1,099	4,542	M2V	10,30	8,15	-2,15
	B	16,927	1,082	1,104	4,532	M2,5V	10,70	8,58	-2,12
DVG 18	A	12,553	0,949	0,325	1,718	G7V	5,18	4,70	-0,48
	B	14,133	0,973	0,954	2,219	K2V	6,19	5,67	-0,52
DVG 19	A	10,997	0,765	0,341	1,627	G6V	5,13	4,89	-0,24
	B	16,077	1,101	1,102	2,553	M0,5V	9,54	8,66	-0,88
DVG 20	A	12,373	0,800	0,379	1,787	G8V	5,32	5,04	-0,28
	B	15,428	1,200	1,187	2,978	K6V	7,88	6,79	-1,09
DVG 21	A	15,942	1,325	1,376	3,196	K7V	8,30	7,08	-1,22
	B	17,317	1,385	1,486	3,474	K9V	9,00	7,62	-1,38
DVG 22	A	18,441	1,514	2,470	4,635	M3V	11,14	8,91	-2,23
	B	18,859	1,467	2,545	4,649	M3V	11,14	8,90	-2,24
DVG 23	A	14,690	0,868	0,464	2,335	K2V	6,19	5,83	-0,36
	B	15,247	1,128	1,220	2,637	K4V	8,19	6,32	-0,72
DVG 24	A	10,362	0,944	0,159	2,176	K2V	6,19	5,72	-0,47
	B	11,494	1,010	0,979	2,268	K3V	6,57	5,99	-0,58
DVG 25	A	12,161	0,725	0,364	1,644	G6V	5,13	4,92	-0,21
	B	17,232	1,512	2,308	4,364	M2,5V	10,70	8,69	-2,01
DVG 26	A	7,494	0,315	0,452	0,875	F2V	2,99	2,89	-0,10
	B	16,309	1,533	2,228	4,194	M2V	10,30	8,42	-1,88
DVG 27	A	13,241	0,759	0,376	1,732	G7V	5,18	4,94	-0,24
	B	18,287	1,465	2,359	4,441	M2,5V	10,70	8,63	-2,07
DVG 28	A	16,199	1,395	1,665	3,447	K9V	8,96	7,60	-1,36
	B	16,764	1,437	1,893	3,655	M0,5V	9,54	7,66	-1,50
DVG 29	A	16,646	0,853	1,543	3,289	K6V	7,88	6,61	-1,27
	B	18,260	1,506	1,932	3,707	M0V	9,16	7,63	-1,53
DVG 30	A	13,917	1,265	1,022	3,134	K7V	8,30	7,12	-1,18
	B	16,810	1,408	2,180	4,184	M2V	10,30	8,43	-1,87

TABLA 4: MAGNITUD V, COLORES, ESPECTROS, MAGNITUD ABSOLUTA, MAGNITUD Y CORRECCIÓN BOLOMÉTRICA. (CONT.).

SIST.	COMP.	V.	B - V	V - I	V - K	ESP.	MV	M.BOL.	CB. ⁽¹⁾
DVG 31	A	8,594	0,383	0,291	1,366	F6V	3,70	3,61	-0,09
	B	14,902	1,521	1,731	4,378	M2V	10,30	8,28	-2,02
DVG 32	A	12,328	0,777	0,453	1,813	G8V	5,32	5,07	-0,25
	B	15,690	1,476	1,876	3,689	M0V	9,16	7,64	-1,52
DVG 33	A	18,346	1,410	2,462	4,552	M2,5V	10,70	8,14	-2,16
	B	18,501	1,529	2,355	4,542	M2,5V	10,70	8,15	-2,15
DVG 34	A	14,794	0,640	0,709	1,546	G3V	4,86	4,64	-0,22
	B	15,322	0,780	0,780	1,774	G8V	5,32	5,07	-0,25
DVG 35	A	19,591	1,430	1,867	3,756	M0,5V	9,54	7,98	-1,56
	B	20,485	1,444	2,432	4,504	M2,5V	10,70	8,58	-2,12
DVG 36	A	18,197	1,484	1,812	3,801	M0,5V	9,54	7,95	-1,59
	B	19,145	1,503	2,284	4,573	M2,5V	10,70	8,58	-2,18
DVG 37	A	15,163	1,427	1,097	3,280	K8V	8,58	7,32	-1,26
	B	16,542	1,501	1,741	3,566	M0V	9,16	7,72	-1,44
DVG 38	A	16,734	0,818	0,995	1,852	G8V	5,32	5,02	-0,30
	B	16,853	0,830	0,960	2,213	K1V	5,91	5,60	-0,31
DVG 39	A	17,832	1,430	1,600	2,642	K8V	8,58	7,65	-0,93
	B	18,425	1,485	1,953	3,650	M0V	9,16	7,67	-1,49
DVG 40	A	17,460	0,902	0,982	2,143	K2V	5,76	5,35	-0,41
	B	18,006	0,615	0,727	2,276	K0V	6,19	6,06	-0,13
DVG 41	A	18,544	1,537	2,540	4,699	M3V	11,14	9,17	-2,31
	B	18,669	1,485	2,464	4,506	M2,5V	10,70	8,99	-2,19
DVG 42	A	13,179	0,721	0,864	1,971	G9V	5,55	5,35	-0,20
	B	13,159	0,712	0,777	1,749	G7V	5,18	4,98	-0,20
DVG 43	A	17,951	1,416	2,331	4,377	M2,5V	10,70	8,68	-2,02
	B	20,464	1,525	2,789	5,280	M4V	12,80	9,98	-2,82
DVG 44	A	16,551	1,080	1,214	2,696	K4V	7,04	6,32	-0,72
	B	18,633	1,465	2,103	3,939	M1V	9,80	8,11	-1,69
DVG 45 ⁽²⁾	A	13,692	0,736	0,413	1,893	G1III	0,86	0,52	-0,34
	B	19,203	0,777	0,961		K3V	6,57	6,17	-0,40
DVG 46	A	14,917	0,748	0,533	1,929	G9V	5,55	5,32	-0,23
	B	15,984	0,955	0,886	2,279	K2V	6,19	5,81	-0,38
DVG 47	A	14,441	0,540	0,225	1,334	F7V	3,87	3,77	-0,10
	B	14,985	0,442	0,345	1,407	F7V	3,87	3,78	-0,09
DVG 48	A	16,397	1,259	1,316	3,089	K6V	7,88	6,73	-1,15
	B	17,122	1,299	1,376	3,212	K7V	8,30	7,08	-1,22
DVG 49	A	14,843	1,042	0,777	2,610	K4V	7,04	6,40	-0,64
	B	16,022	1,296	1,693	3,330	K8V	8,58	7,29	-1,29
DVG 50	A	15,668	0,894	1,371	2,182	K1V	5,91	5,51	-0,40
	B	16,636	1,149	1,520	2,696	K4V	7,04	6,16	-0,88
DVG 51	A	10,276	0,560	0,017	1,234	F6V	3,70	3,59	-0,11
	B	17,995	1,402	2,477	4,582	M2,5V	10,70	8,52	-2,18
DVG 52	A	15,315	1,357	2,147	3,941	M1V	9,80	8,11	-1,69
	B	15,555	1,354	2,200	4,031	M1V	9,80	8,05	-1,75

(1) Lang (1992)

(2) Componente secundaria, sin datos en infrarrojo (JHK).

TABLA 5: DISTANCIAS FOTOMÉTRICAS.

SISTEMA	COMP.	MAGNITUD FOT. (V.) ⁽¹⁾	MAGNITUD ABS. (MV.)	MÓDULO DE DIST. (V - MV)	DISTANCIA FOT. (PC)
DVG 8	A	9,710	4,15	5,56	130
	B	11,155	4,45	6,71	219
DVG 9	A	13,398	5,32	8,08	413
	B	18,319	10,70	7,62	334
DVG 10	A	15,500	9,97	5,53	128
	B	15,860	10,70	5,16	108
DVG 11	A	10,598	3,87	6,73	222
	B	16,807	9,97	6,84	233
DVG 12	A	12,600	5,76	6,84	233
	B	16,138	9,69	6,45	195
DVG 13	A	11,890	4,15	7,74	353
	B	18,464	10,70	7,76	357
DVG 14	A	14,223	7,25	6,97	248
	B	14,926	7,25	7,68	343
DVG 15	A	16,234	7,88	8,35	469
	B	17,378	8,96	8,42	483
DVG 16	A	16,366	8,30	8,07	410
	B	16,899	8,30	8,60	525
DVG 17	A	16,473	10,30	6,17	172
	B	16,927	10,70	6,23	176
DVG 18	A	12,553	5,18	7,37	298
	B	14,133	6,19	7,94	388
DVG 19	A	10,997	5,13	5,87	149
	B	16,077	9,54	6,54	203
DVG 20	A	12,373	5,32	7,05	257
	B	15,428	7,88	7,55	323
DVG 21	A	15,942	8,30	7,64	338
	B	17,317	9,00	8,41	480
DVG 22	A	18,441	11,14	7,30	290
	B	18,859	11,14	7,72	350
DVG 23	A	14,690	6,19	8,50	501
	B	15,247	7,04	8,21	438
DVG 24	A	10,362	6,19	4,17	68
	B	11,494	6,57	4,92	97
DVG 25	A	12,161	5,13	7,03	255
	B	17,232	10,70	6,53	203
DVG 26	A	7,494	2,99	4,50	80
	B	16,309	10,30	5,64	135
DVG 27	A	13,241	5,18	8,06	410
	B	18,287	10,70	7,59	329
DVG 28	A	16,199	8,96	7,24	280
	B	16,764	9,16	7,60	332

(1) La magnitud V, ha sido corregida por extinción en todos los casos.

TABLA 5: DISTANCIAS FOTOMÉTRICAS. (CONT.)

SISTEMA	COMP.	MAGNITUD FOT. (V.) ⁽¹⁾	MAGNITUD ABS. (MV.)	MÓDULO DE DIST. (V – MV)	DISTANCIA FOT. (PC)
DVG 29	A	16,646	7,88	8,77	567
	B	18,260	9,16	9,10	661
DVG 30	A	13,917	8,30	5,62	133
	B	16,810	10,30	6,51	201
DVG 31	A	8,594	3,70	4,89	95
	B	14,902	10,30	4,60	83
DVG 32	A	12,328	5,32	6,96	247
	B	15,690	9,16	6,53	202
DVG 33	A	18,346	10,30	7,65	338
	B	18,501	10,30	7,80	363
DVG 34	A	14,794	4,86	9,93	970
	B	15,322	5,32	10,00	1000
DVG 35	A	19,591	9,60	9,99	996
	B	20,485	10,70	9,79	906
DVG 36	A	18,197	9,38	8,82	580
	B	19,145	10,70	8,45	489
DVG 37	A	15,163	8,58	6,58	207
	B	16,542	9,16	7,38	300
DVG 38	A	16,734	8,47	8,26	450
	B	16,853	8,91	7,94	388
DVG 39	A	17,460	5,76	11,82	2310
	B	18,006	6,19	11,70	2188
DVG 40	A	17,832	8,58	9,25	708
	B	18,425	9,16	9,27	713
DVG 41	A	18,544	11,14	7,41	303
	B	18,669	10,70	7,97	393
DVG 42	A	12,941	5,13	7,81	365
	B	13,159	5,18	7,98	394
DVG 43	A	17,951	10,70	7,25	282
	B	20,464	12,80	7,66	341
DVG 44	A	16,551	7,04	9,51	798
	B	18,633	9,80	8,83	584
DVG 45	A	13,692	0,86	12,91	3812
	B	19,203	6,57	12,71	3480
DVG 46	A	12,127	-0,20	12,33	2920
	B	13,149	0,70	12,45	3089
DVG 47	A	14,441	3,87	10,57	1300
	B	14,985	3,87	11,12	1671
DVG 48	A	16,397	7,88	8,52	505
	B	17,122	8,30	8,82	581
DVG 49	A	14,843	7,04	7,80	364
	B	16,022	8,58	8,58	323
DVG 50	A	15,668	5,91	9,76	895
	B	16,636	7,04	9,39	754
DVG 51	A	10,276	3,70	6,58	207
	B	17,995	10,70	7,30	288
DVG 52	A	15,135	9,80	5,52	127
	B	15,555	9,80	5,76	142

(1) La magnitud V, ha sido corregida por extinción en todos los casos.

TABLA 6: PARÁMETROS ASTROFÍSICOS MÁS RELEVANTES.

SISTEMA	COMP.	TEFF (V - K) ⁽¹⁾	TEFF (B - V) ⁽²⁾	MASA (SOL = 1) ⁽³⁾	RADIO (SOL = 1) ⁽⁴⁾	LUMINOS. (SOL = 1) ⁽⁵⁾	LOG G (LOG ₆ SOL = 4,44)
DVG 8	A	4929	6525	1,20	1,07	1,89	4,36
	B	4952	6199	1,12	1,05	1,47	4,39
DVG 9	A	4639	6207	0,90	0,70	0,66	4,70
	B	3438	3235	0,37	0,48	0,03	4,65
DVG 10	A	3548	4205	0,43	0,57	0,05	4,56
	B	3432	3642	0,38	0,48	0,03	4,65
DVG 11	A	4997	6481	1,29	1,24	2,44	4,36
	B	3637	3432	0,41	0,51	0,04	4,64
DVG 12	A	4652	5230	1,07	1,35	1,24	4,21
	B	3659	3855	0,44	0,56	0,05	4,58
DVG 13	A	5004	6016	1,22	1,29	1,98	4,30
	B	3182	3509	0,36	0,43	0,03	4,73
DVG 14	A	4150	4170	0,69	0,90	0,27	4,29
	B	4177	4221	0,69	0,97	0,26	4,30
DVG 15	A	4095	4182	0,60	0,79	0,16	4,43
	B	3825	3737	0,50	0,64	0,08	4,52
DVG 16	A	3953	4636	0,56	0,75	0,13	4,44
	B	3906	4607	0,62	0,79	0,13	4,43
DVG 17	A	3418	4536	0,42	0,60	0,04	4,51
	B	3422	4530	0,38	0,49	0,03	4,57
DVG 18	A	4794	4923	1,02	1,41	1,05	4,15
	B	4515	4849	0,79	0,93	0,43	4,41
DVG 19	A	4846	5522	0,97	0,98	0,88	4,15
	B	4338	4476	0,37	0,29	0,03	5,07
DVG 20	A	4754	5403	0,93	0,99	0,77	4,41
	B	4122	4208	0,59	0,77	0,15	4,45
DVG 21	A	4016	3892	0,55	0,71	0,12	4,49
	B	3885	3748	0,34	0,59	0,07	4,43
DVG 22	A	3458	3381	0,35	0,43	0,02	4,71
	B	3561	3375	0,35	0,43	0,02	4,71
DVG 23	A	4453	5178	0,76	0,76	0,37	4,56
	B	4294	4542	0,67	0,78	0,24	4,48
DVG 24	A	4538	4938	0,78	0,87	0,41	4,45
	B	4488	4738	0,73	0,83	0,32	4,46
DVG 25	A	4836	5662	0,96	0,96	0,86	4,46
	B	3492	3462	0,37	0,45	0,03	4,71
DVG 26	A	5303	7316	1,62	1,46	5,55	4,32
	B	3564	2417	0,39	0,48	0,03	4,66
DVG 27	A	4786	5543	0,96	0,99	0,84	4,45
	B	3460	3566	0,37	0,47	0,03	4,20
DVG 28	A	3897	3725	0,48	0,59	0,07	3,54
	B	3800	3628	0,48	0,60	0,07	3,38
DVG 29	A	3972	5227	0,62	0,90	0,18	4,33
	B	3778	3475	0,48	0,62	0,07	4,54
DVG 30	A	4046	4040	0,55	0,68	0,11	4,51
	B	3568	3695	0,39	0,48	0,03	4,67

TABLA 6: PARÁMETROS ASTROFÍSICOS MÁS RELEVANTES. (CONT.)

SISTEMA	COMP.	TEFF (V – K) ⁽¹⁾	TEFF (B – V) ⁽²⁾	MASA (SOL = 1) ⁽³⁾	RADIO (SOL = 1) ⁽⁴⁾	LUMINOSI- DAD (SOL = 1) ⁽⁵⁾	LOG G (LOG _e SOL = 4,44)
DVG 31	A	5000	7038	1,35	0,88	2,86	4,68
	B	3486	3443	0,41	0,54	0,04	4,59
DVG 32	A	4739	5481	0,93	0,98	0,75	4,46
	B	3786	3541	0,48	0,61	0,07	4,54
DVG 33	A	3414	3690	0,42	0,60	0,05	4,51
	B	3418	3426	0,42	0,60	0,05	4,51
DVG 34	A	4894	5626	1,03	1,11	1,11	4,37
	B	4762	5471	0,93	0,96	0,75	4,43
DVG 35	A	3756	3644	0,44	0,53	0,05	4,63
	B	3434	3613	0,36	0,48	0,03	4,65
DVG 36	A	3736	3523	0,44	0,55	0,05	4,61
	B	3406	3482	0,33	0,51	0,02	4,55
DVG 37	A	3976	3651	0,52	0,65	0,09	4,54
	B	3842	3486	0,47	0,57	0,09	4,59
DVG 38	A	4717	5343	0,94	1,03	0,78	4,39
	B	4567	5303	0,81	0,80	0,46	4,54
DVG 39	A	4556	5069	0,86	0,98	0,56	4,36
	B	4484	6065	0,72	0,50	0,30	4,91
DVG 40	A	4292	3644	0,48	0,48	0,07	4,76
	B	3804	3521	0,47	0,60	0,07	4,56
DVG 41	A	3341	3409	0,32	0,39	0,02	4,77
	B	3398	3521	0,34	0,41	0,02	4,75
DVG 42	A	4651	5676	0,86	0,78	0,56	4,59
	B	4776	5708	0,95	0,92	0,81	4,49
DVG 43	A	3487	3676	0,37	0,45	0,08	4,70
	B	3129	3434	0,26	0,31	0,01	4,89
DVG 44	A	4264	4536	0,66	0,79	0,24	4,48
	B	3674	3566	0,41	0,53	0,05	4,62
DVG 45 ⁽⁶⁾	A	4694	5233	2,98	8,56	49,20	3,05
	B	-	5081	0,70	0,67	0,27	4,63
DVG 46	A	4674	5581	0,86	0,82	0,60	4,55
	B	4482	5120	0,76	0,78	0,38	4,54
DVG 47	A	5019	6356	1,29	1,29	2,47	4,33
	B	4976	6758	1,29	1,14	2,47	4,44
DVG 48	A	4068	4055	0,60	0,80	0,16	4,42
	B	4008	3955	0,55	0,71	0,12	4,48
DVG 49	A	4308	4645	0,66	0,40	0,22	5,05
	B	3962	3092	0,52	0,66	0,01	4,52
DVG 50	A	4535	5095	0,83	0,90	0,50	4,45
	B	4264	4344	0,70	0,92	0,27	4,36
DVG 51	A	5080	6277	1,36	1,44	2,91	4,25
	B	3402	3709	0,38	0,51	0,03	4,61
DVG 52	A	3674	3815	0,42	0,53	0,05	4,63
	B	3634	3822	0,43	0,55	0,05	4,59

(1) (Veeder, 1974).

(2) (Reed, 1988).

(3) (Couteu, 1947).

(4) (Popper, 1980).

(5) $\text{Log } L = (4,75 - \text{Mbol}) / 2,5$.

(6) Componente B, sin datos bandas infrarrojas JHK.

TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA.

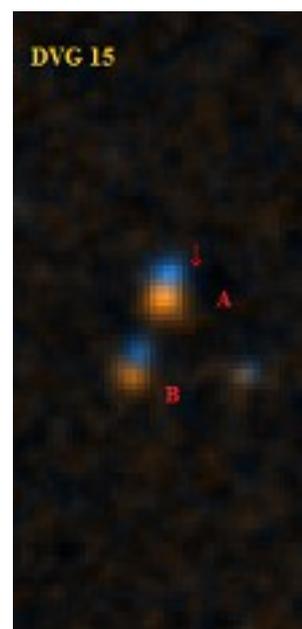
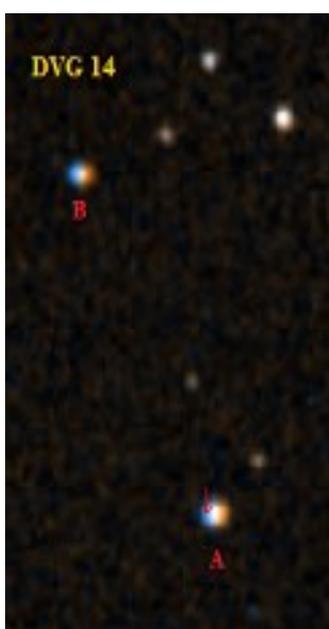
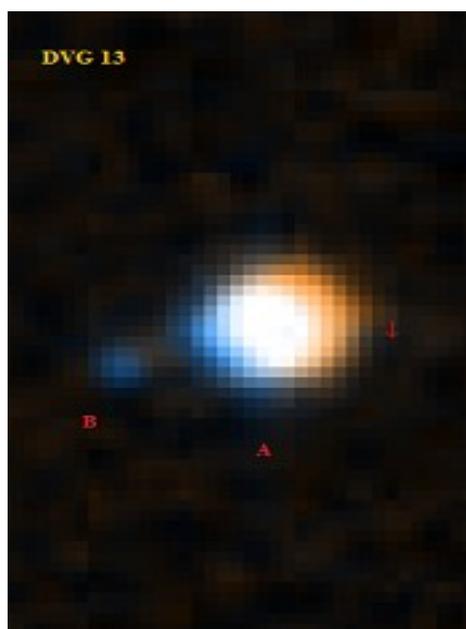
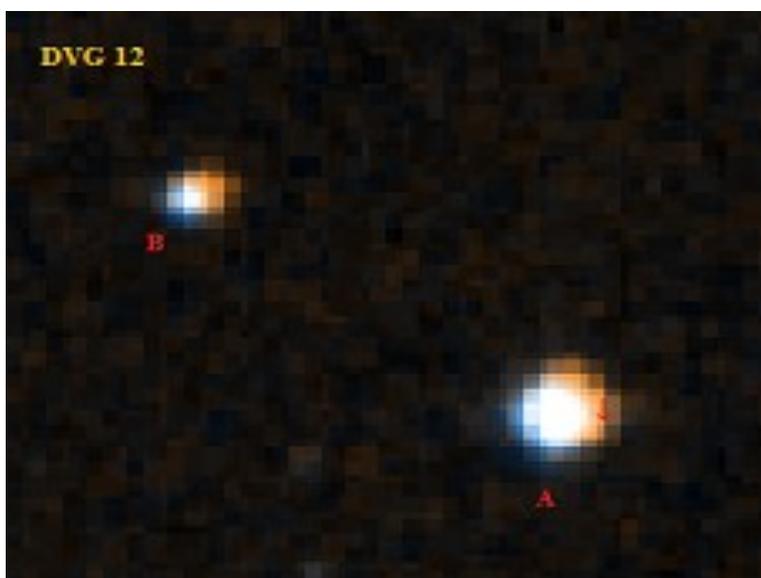
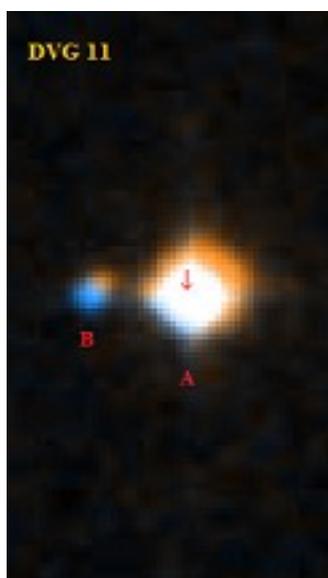
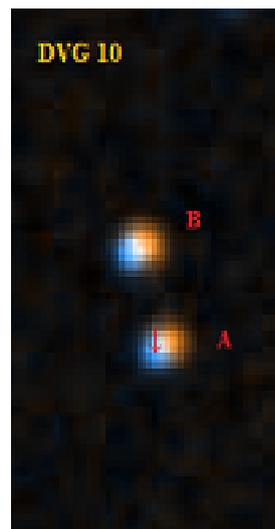
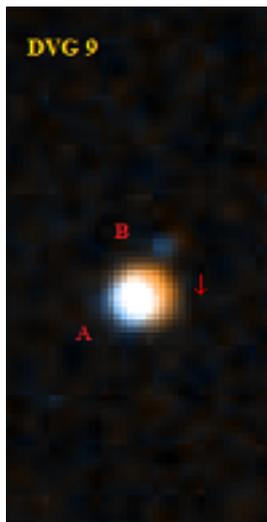
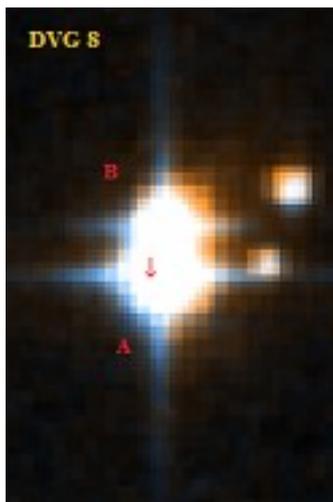


TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA. (CONT.)

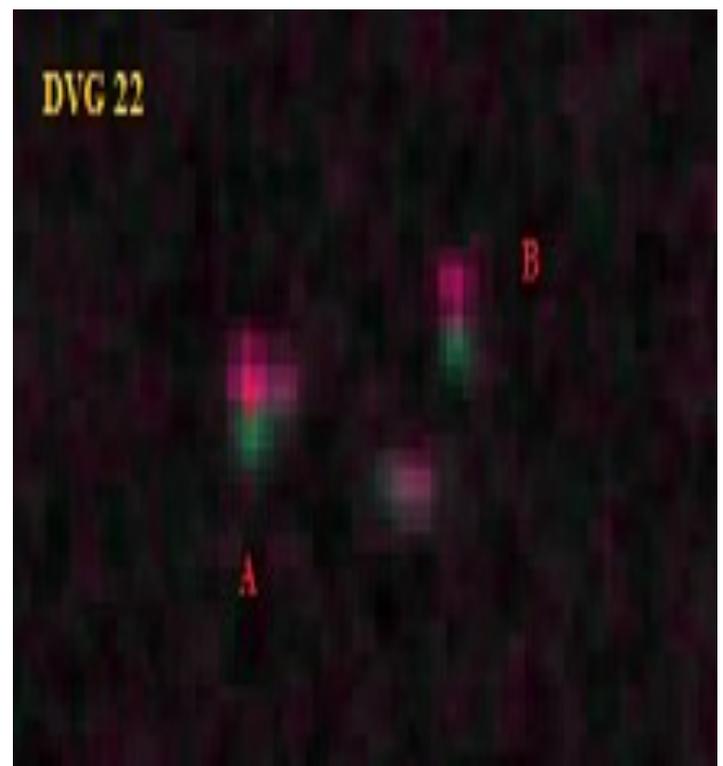
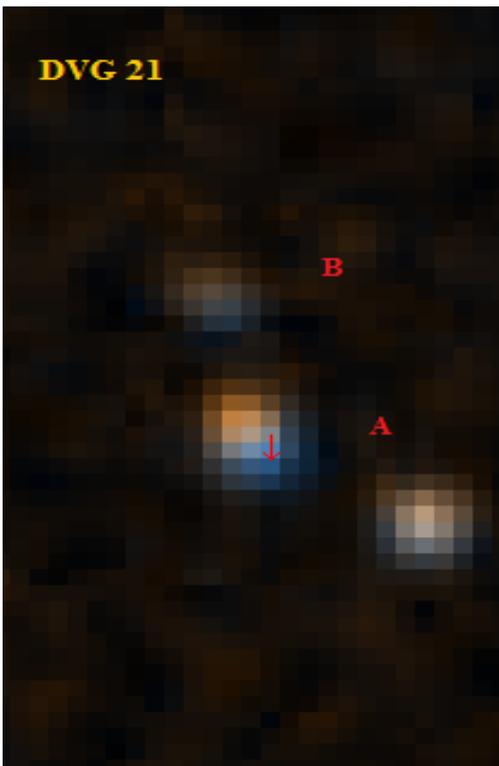
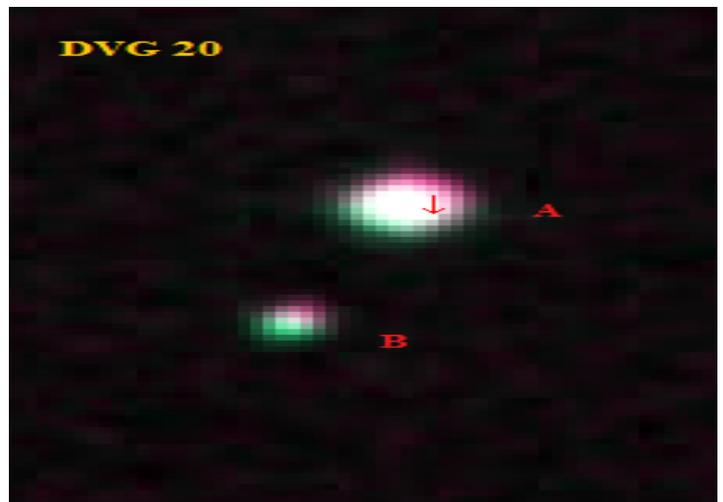
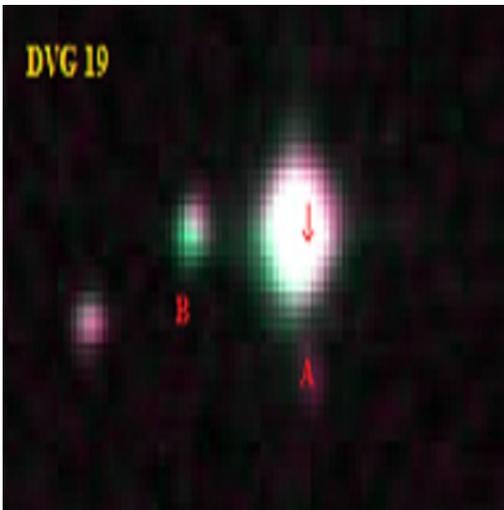
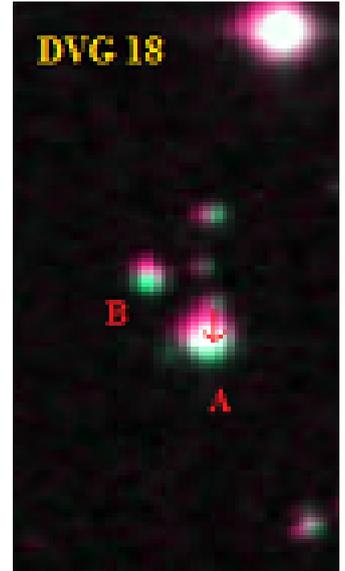
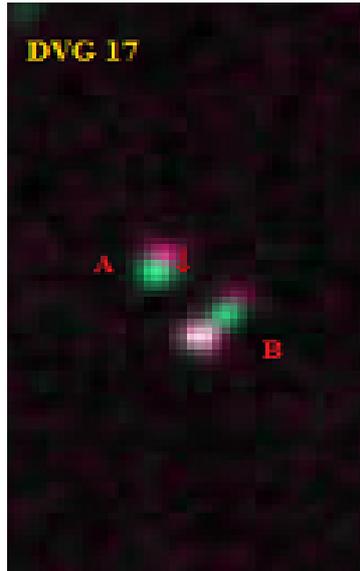
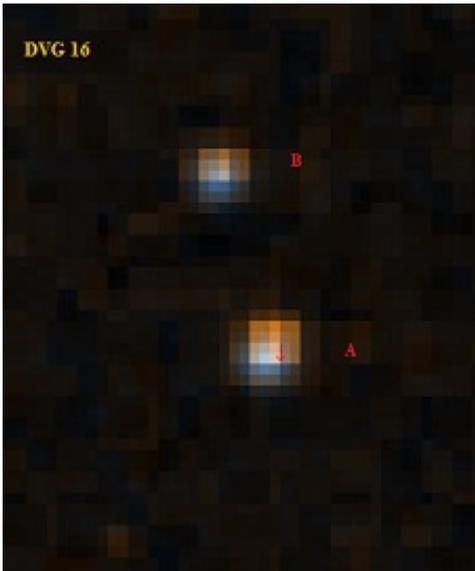


TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA. (CONT.)

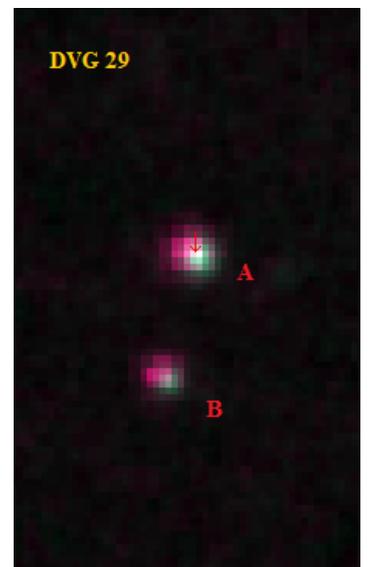
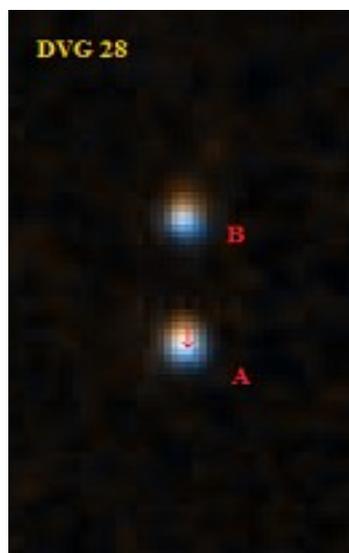
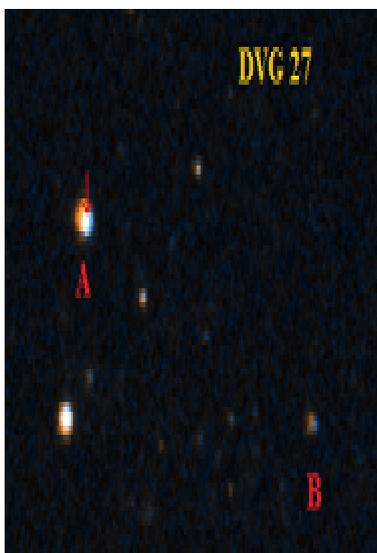
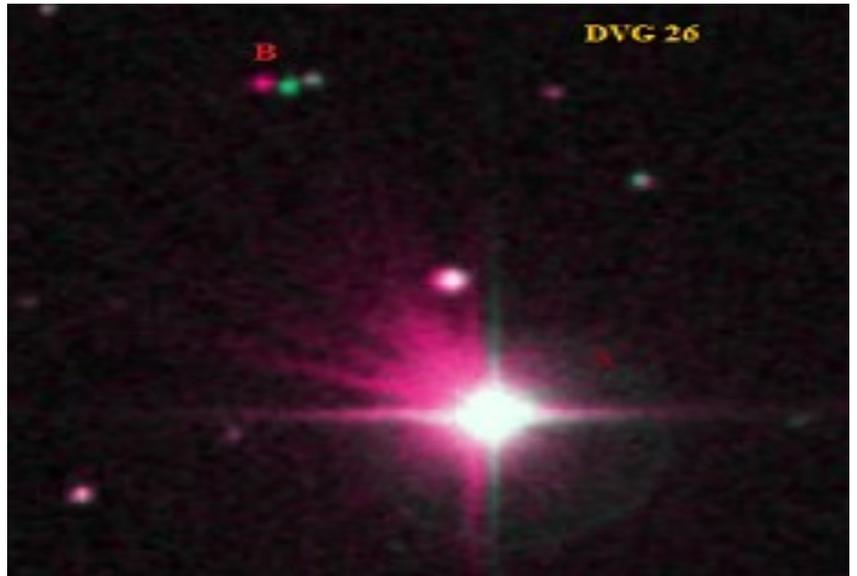
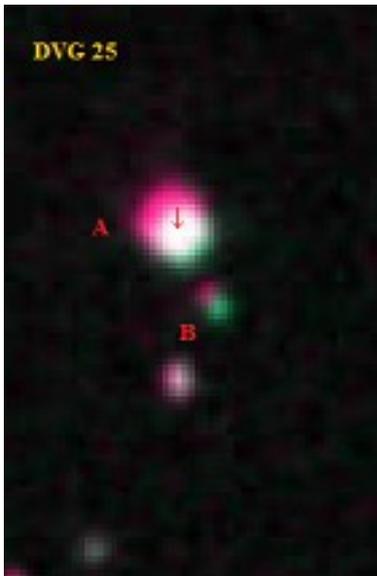
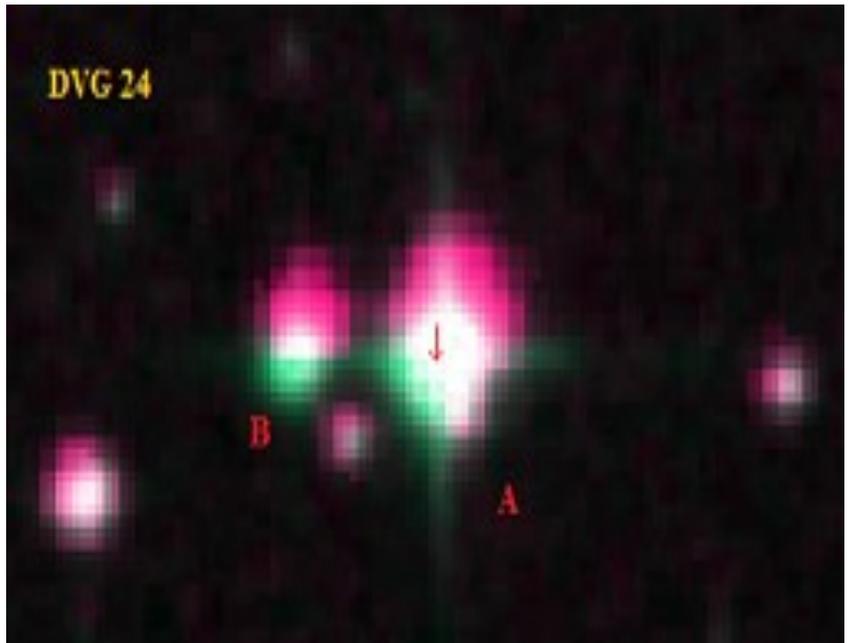
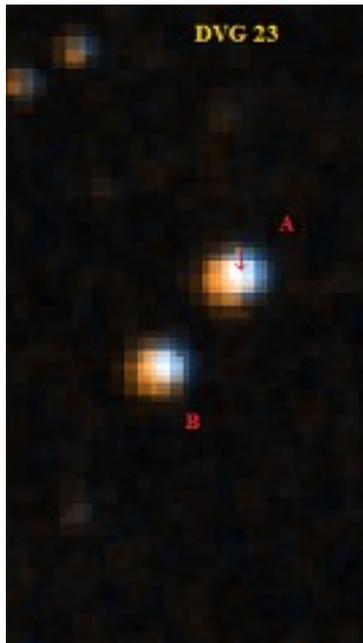


TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA. (CONT.)

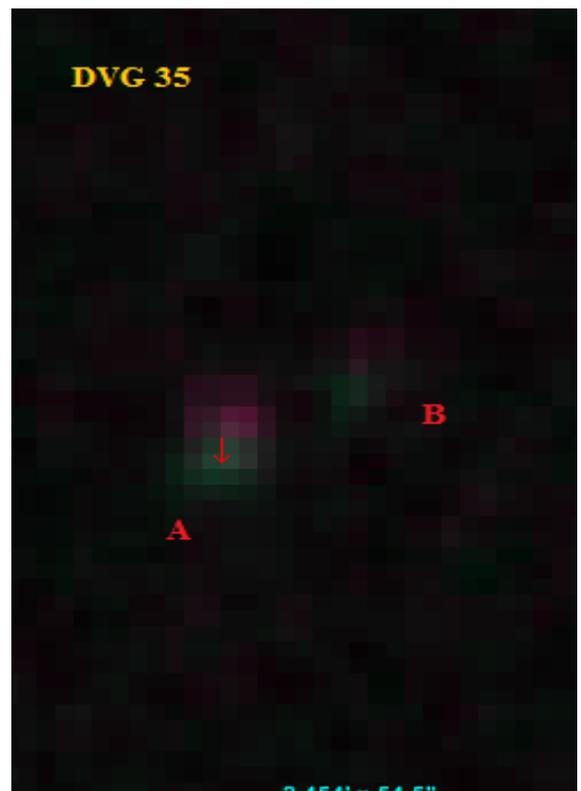
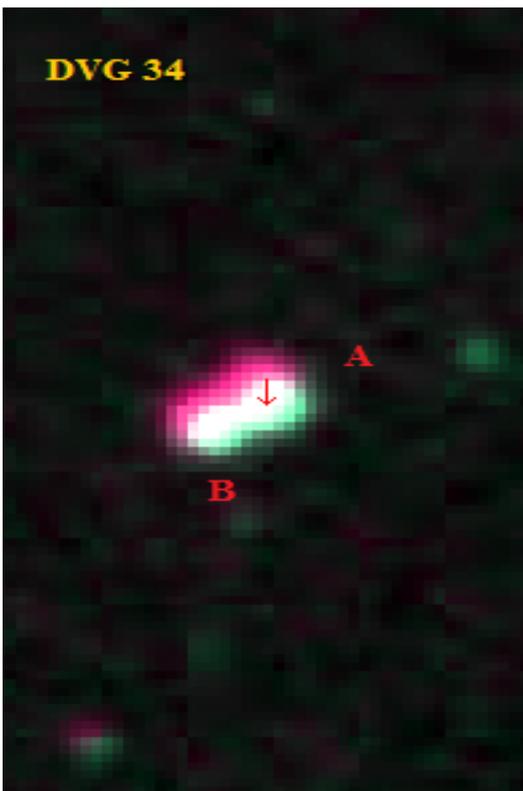
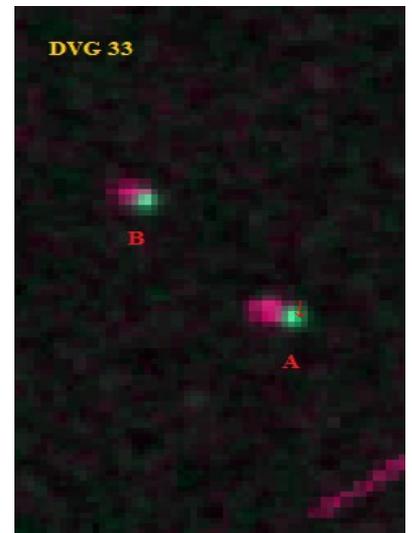
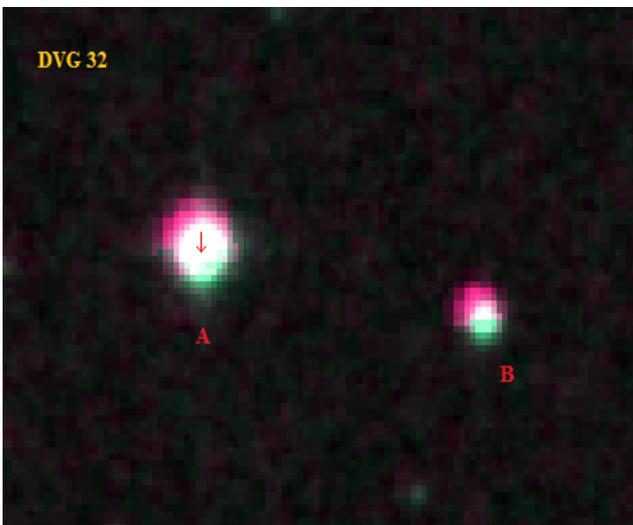
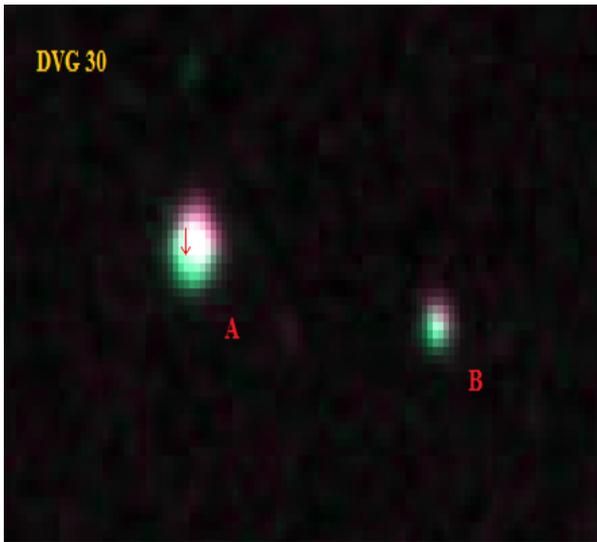


TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA. (CONT.)

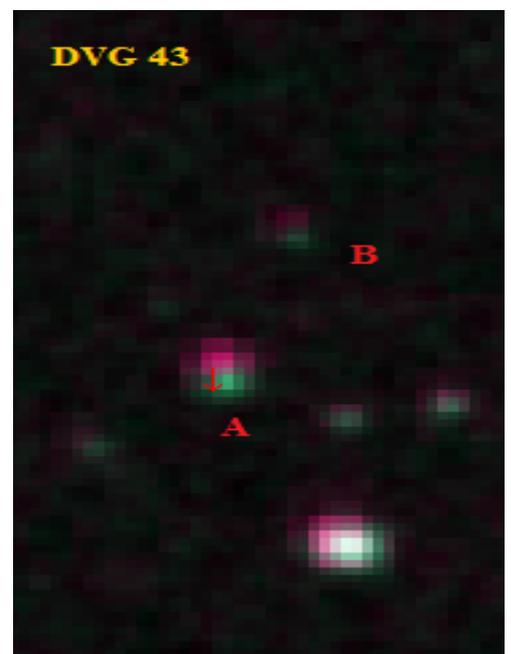
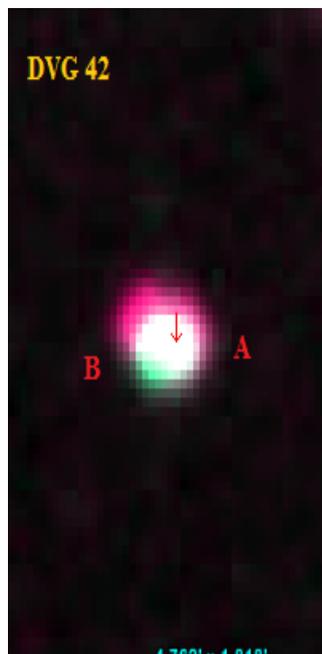
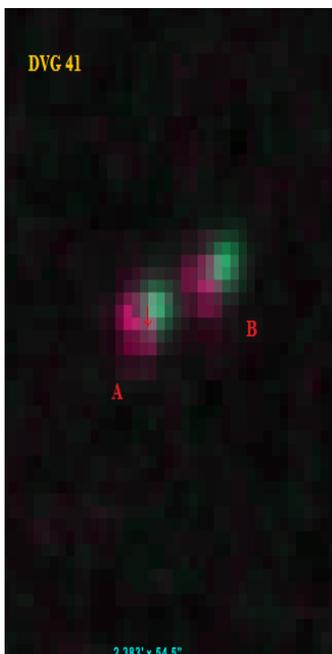
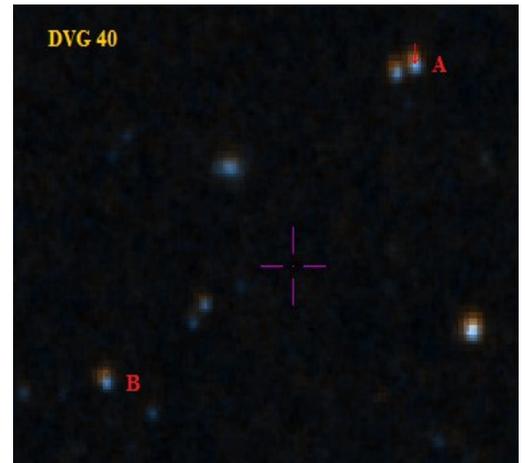
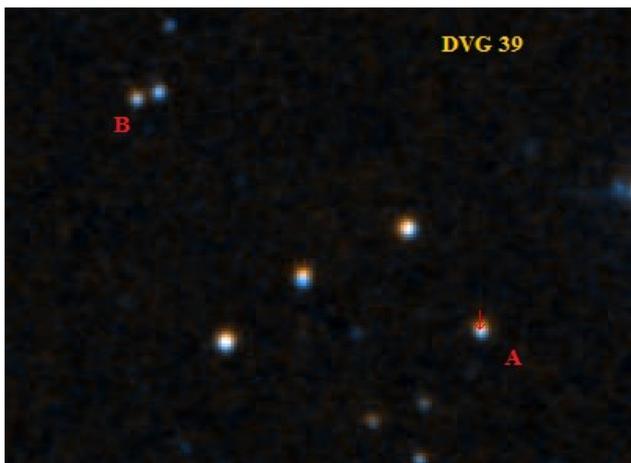
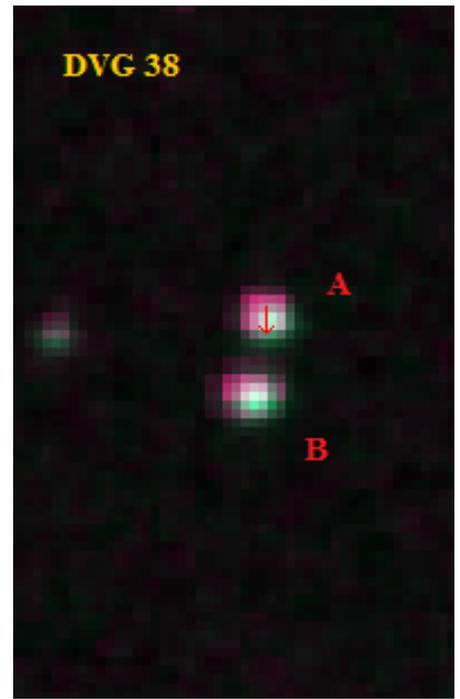
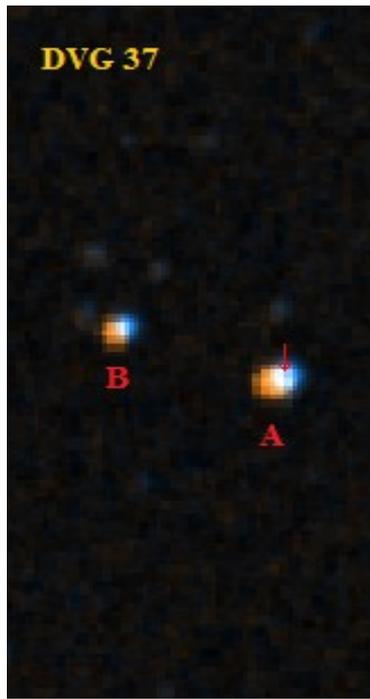
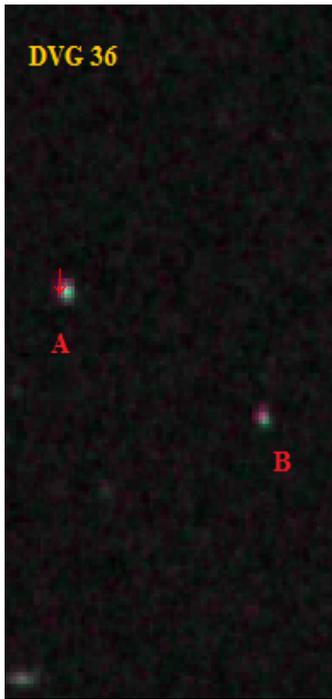


TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA. (CONT.)

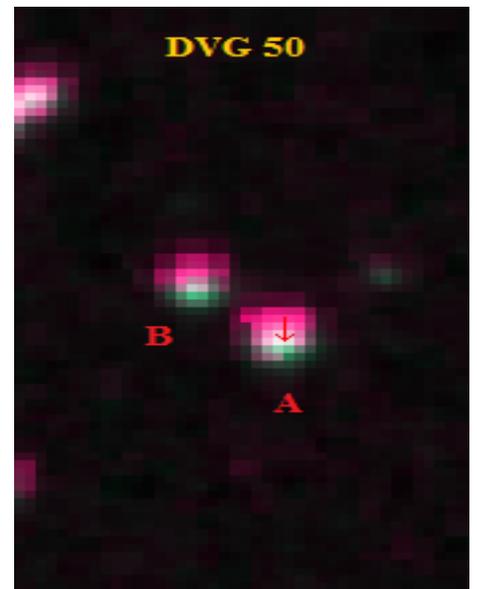
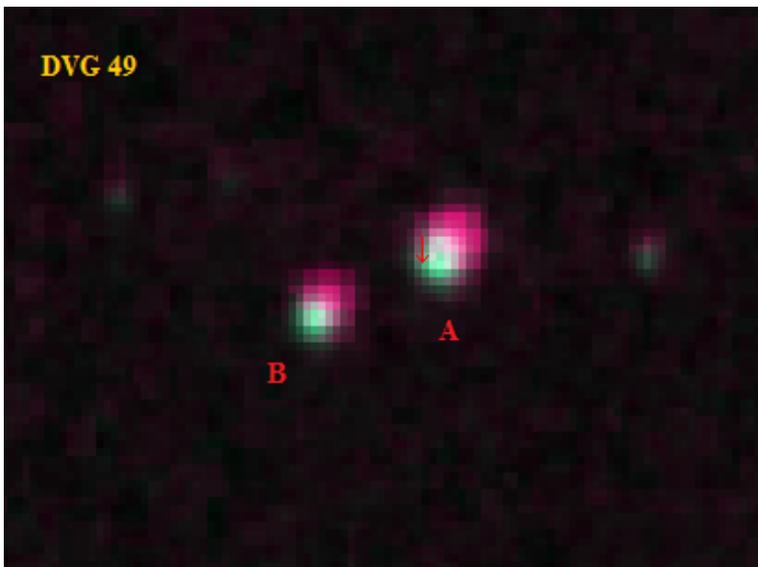
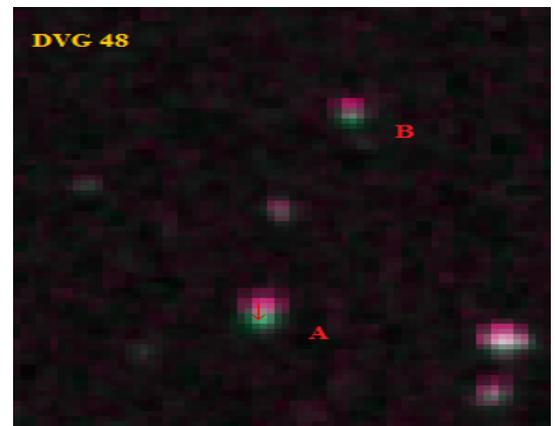
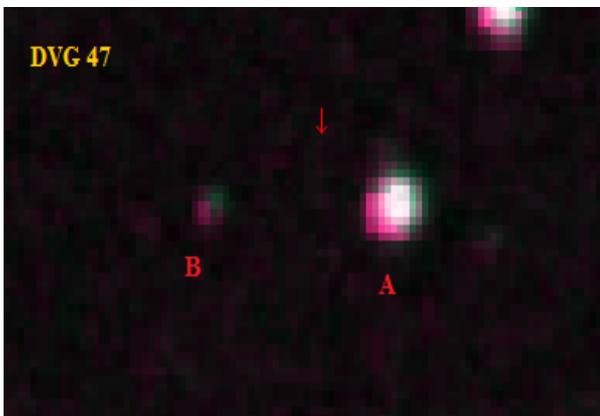
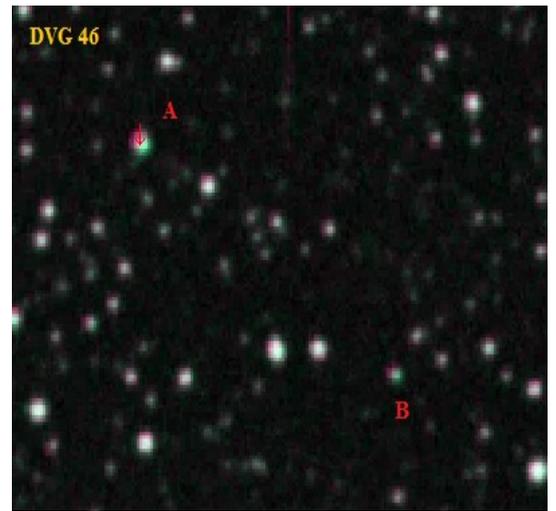
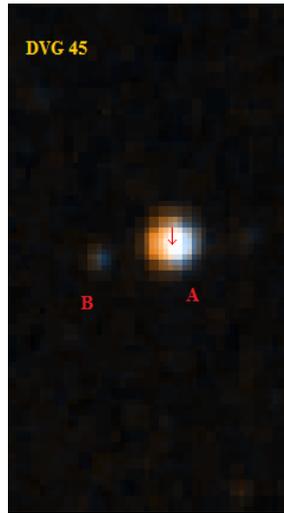
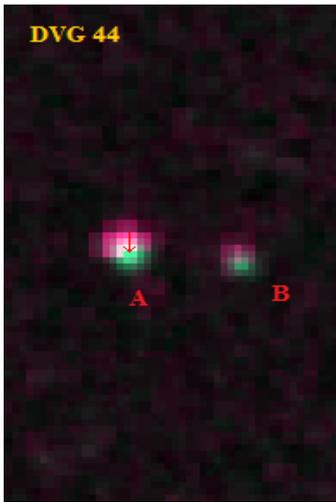
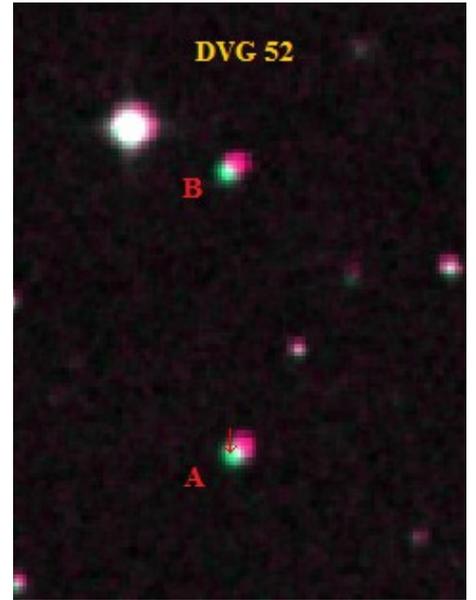
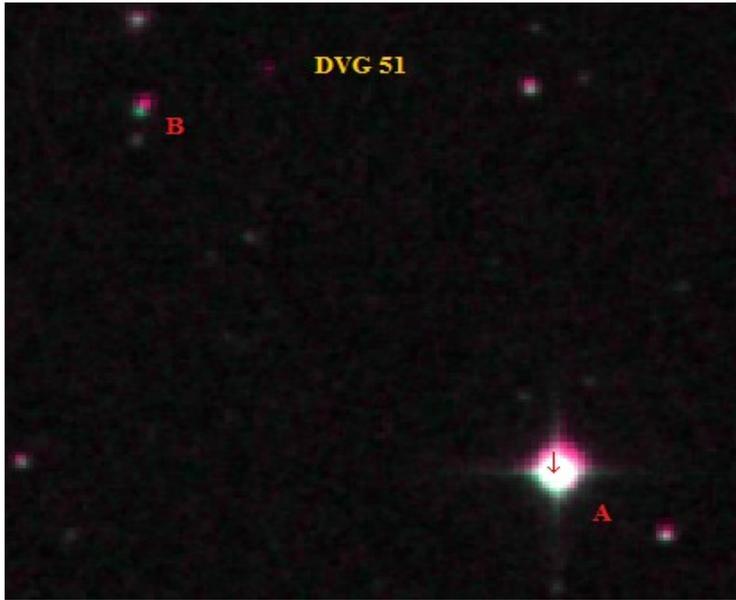


TABLA 7: GALERÍA FOTOGRÁFICA. (CONT.)



Astrometría de estrellas dobles del catálogo de Friedrich Argelander

F. Argelander Catalogue Double Star's Astrometry

Fernando Limón Martínez

Observatorio Mazariegos (Palencia, España) — IAU MPC Z50

■ Correo-e: flimon@ea4su.org

En el presente trabajo presentamos el resultado de un proyecto personal de observación que supone nuestra primera aportación al mundo de la astrometría de estrellas dobles. Para tal fin se ha seleccionado el catálogo de estrellas dobles del astrónomo alemán Friedrich Argelander.

In the present work we present the result of a personal observation project that represents our first contribution to the world of double star astrometry. For this purpose the catalog of double stars of the German astronomer Friedrich Argelander has been selected.

Introducción

SE PRESENTAN NUEVAS MEDIDAS de sistemas dobles y múltiples realizadas sobre imágenes CCD tomadas durante el primer semestre del año 2018. El lugar de observación ha sido el observatorio MPC Z50, denominado “Mazariegos” por estar situado en el pueblo de Mazariegos (Palencia, España).

El astrónomo de origen prusiano Friedrich Wilhelm Argelander (1799–1875), muy conocido por su método para la estimación del brillo de estrellas con relación a otras, también realizó trabajos sobre estrellas dobles, descubriendo 108 sistemas cuya parametrización se ha demostrado totalmente fiable.

En este trabajo se presenta una medición de algo menos de la mitad del catálogo de estrellas dobles de Argelander realizado a lo largo del primer semestre del año 2018.

Configuración óptica y metodología

El telescopio usado para la toma de imágenes CCD ha sido un Schmidt-Cassegrain Celestron de 203 mm, usando un reductor de focal, trabajando por tanto con una LF de 1570mm. Se ha utilizado una cámara Atik 314L+ con 6,45x6,45 micras de tamaño de píxel, usando por tanto una resolución de 0,85 arcsec/píxel. Todas las tomas se han procesado con los bias, darks y flats correspondientes.

Se ha empleado una montura CGEM de Celestron, usando como sistema de guiado un tubo EZG-60 y una cámara QHY6Pro monocroma.



Friedrich Argelander (1799-1875)

Para el enfoque se empleó el software FocusMax de Steve Brady y Larry Weber. El programa MaximDL de Diffraction Limited para la captura de imágenes. La automatización de sesiones se ha realizado mediante CCD Commander de Matt Thomas. El ángulo de la cámara se ha obtenido de las soluciones astrométricas ofrecidas por el programa Astrometrica de Herbert Raab utilizando el catálogo UCAC 4, sobre

la imagen promedio de 10 imágenes de cada serie, y el programa Dobles de Julio Castellano. Para la obtención de los valores astrométricos se utilizó el programa Reduc de Florent Losse usando el algoritmo Surface. Se descartaron aquellos valores de Theta y Rho cuyos residuos superaban en 2 veces la desviación estándar de cada medición. Las mediciones se han realizado sobre una muestra de 5 imágenes resultantes de promediar 50 tomas de 10 en 10.

Galería de imágenes

Todas las imágenes pertenecen al autor del artículo y se han tomado expresamente para la obtención de las astrometrías que presentamos en la tabla 1.

Agradecimientos

Para este trabajo se ha utilizado el Washington Double Star Catalog (WDS) mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos, <http://ad.usno.navy.mil/wds>.

Mención especial a Juan-Luis González Carballo, por su inestimable ayuda, motivación y apoyo con sus conocimientos de la materia. 

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS SISTEMAS OBSERVADOS.

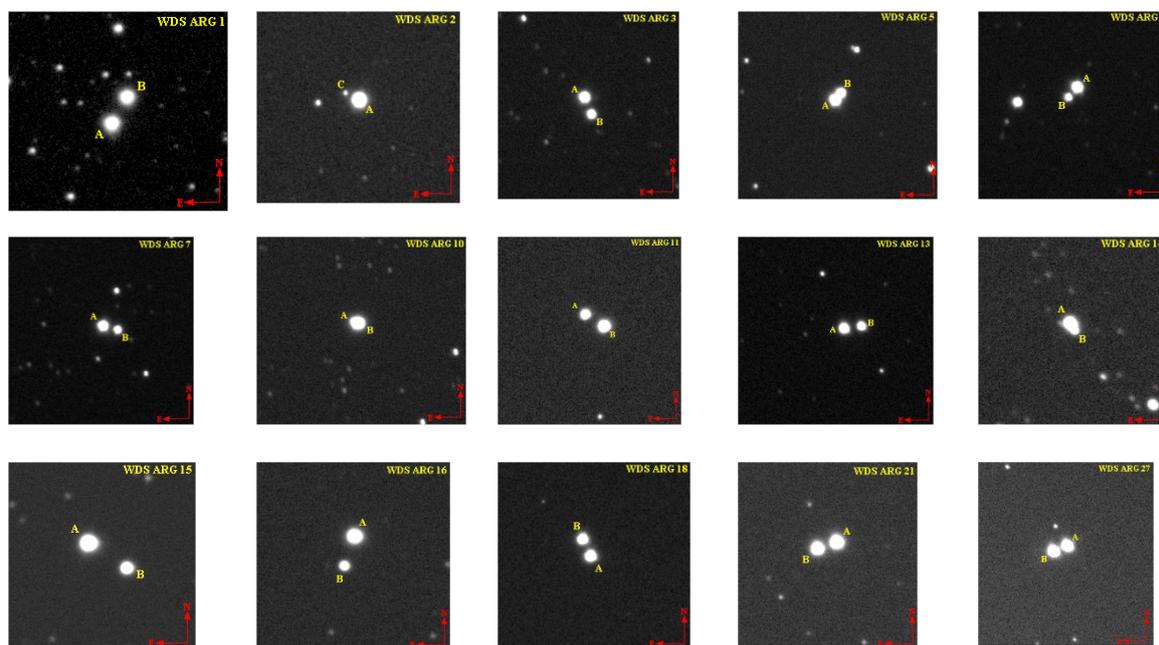
ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA (°)	σ THETA (°)	RHO (")	σ RHO (")	N.º MEDIDAS
00091+5938	ARG 1	AB	9,7	9,8	2018,086	328,34	0,08	26,157	0,051	5
00458+5459	ARG 2	AC	8,0	13,3	2018,086	63,32	0,28	15,301	0,08	5
00573+6020	ARG 3	AB	8,3	9,1	2018,091	199,6	0,14	20,824	0,116	5
01340+4559	ARG 5	AB	9,1	9,9	2018,091	318,75	0,22	9,922	0,026	5
01527+5717	ARG 6	AB	8,1	10,1	2018,092	135,31	0,26	14,847	0,06	5
02108+5624	ARG 7	AB	8,9	10,2	2018,092	251,87	0,29	17,075	0,052	5
03061+5303	ARG 10	AB	9,7	9,9	2018,097	254,29	2,58	3,796	0,057	5
04472-1715	ARG 11	AB	8,7	9,7	2018,154	235,01	0,03	29,956	0,025	5
06115+5702	ARG 13	AB	8,2	9,2	2018,080	274,85	1,57	21,721	0,335	5
06319+4542	ARG 14	AB	9,0	10,9	2018,141	212,04	0,56	8,359	0,081	5
06361-2407	ARG 15	AB	8,2	9,7	2018,154	235,02	0,03	43,314	0,032	5
06521-1838	ARG 16	AB	8,8	10,9	2018,154	159,52	0,03	34,242	0,022	5
08248+6409	ARG 18	AB	9,6	9,9	2018,146	22,7	0,07	19,866	0,053	5
08558+6458	ARG 21	AB	10,0	10,1	2018,149	106,34	0,27	21,623	0,302	5
15108+4640	ARG 27	AB	9,8	9,8	2018,297	109,63	0,27	18,675	0,129	5
16058+5637	ARG 29	AB	9,4	10,3	2018,152	135,73	0,08	25,051	0,021	5
00027+5958	ARG 47	AB	9,2	10,3	2018,086	289,89	0,22	9,995	0,04	5
01147+4255	ARG 49	AB	8,9	10,1	2018,091	105,04	0,19	35,572	0,077	5
01147+4255	ARG 49	AC	8,9	10,3	2018,091	102,13	0,22	23,64	0,05	5
01147+4255	ARG 49	BC	10,1	10,3	2018,091	290,29	0,21	11,973	0,03	5
01268+4908	ARG 50	AB	10,6	11,2	2018,091	135,78	0,07	15,861	0,027	5
01517+4549	ARG 51	AB	9,6	9,8	2018,091	170,92	0,55	15,801	0,306	5
02252+5223	ARG 53	AB	9,2	9,7	2018,092	245,9	0,58	17,125	0,073	5

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS SISTEMAS OBSERVADOS (CONT.).

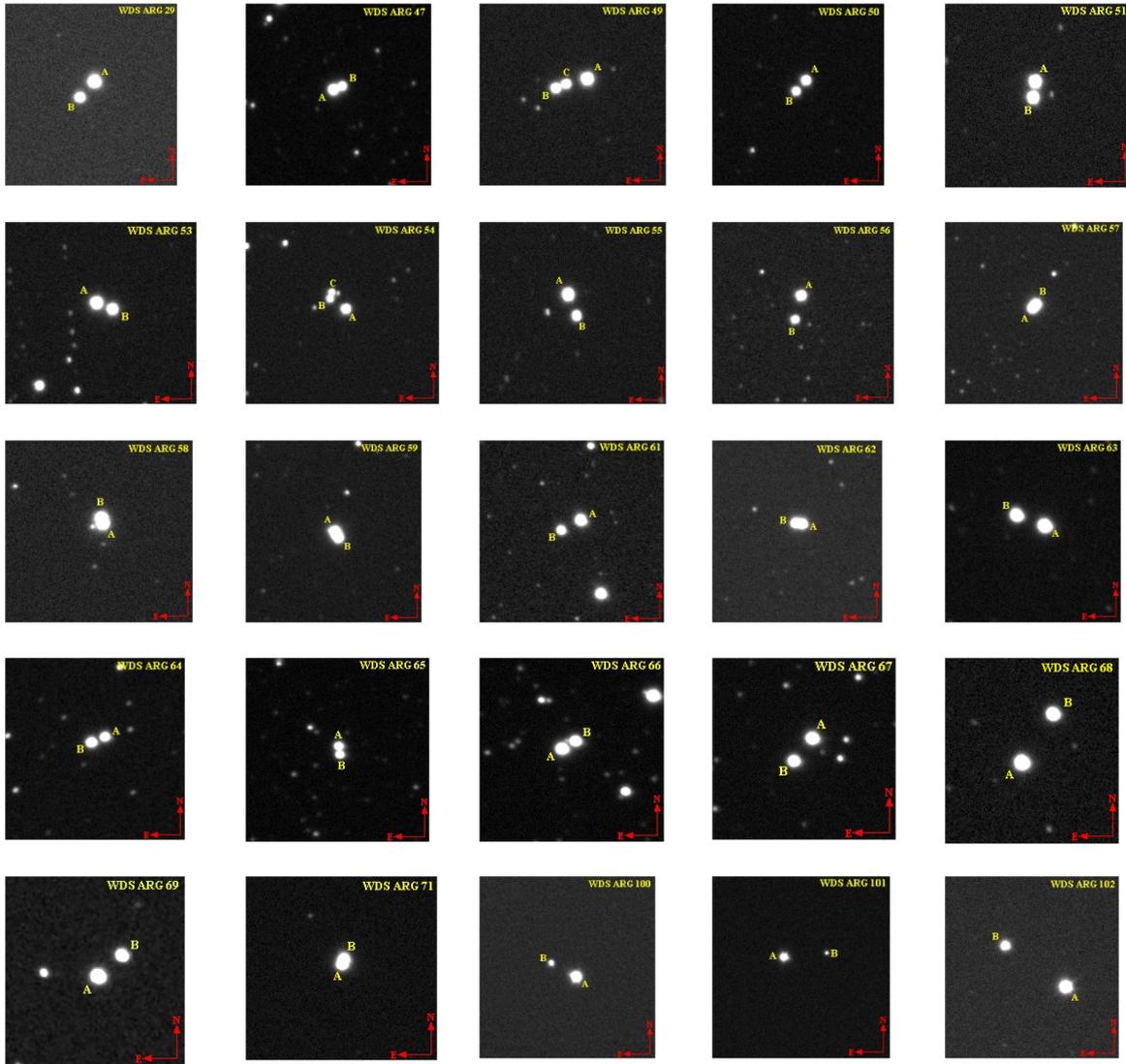
ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	ÉPOCA	THETA (°)	σ THETA (°)	RHO (")	σ RHO (")	N.º MEDIDAS
02503+4529	ARG 54	AB	10,4	11,8	2018,092	54,83	0,16	20,713	0,033	5
02503+4529	ARG 54	BC	11,8	12,0	2018,092	342,98	0,14	7,257	0,036	5
03247+4417	ARG 55	AB	9,1	10,7	2018,097	198,11	1,79	26,111	1,557	5
03327+4534	ARG 56	AB	9,4	10,5	2018,083	163,68	0,07	28,771	0,085	5
03411+6039	ARG 57	AB	10,1	10,2	2018,080	316,87	0,62	6,004	0,067	5
03583+2757	ARG 58	AB	9,5	9,6	2018,105	14,63	0,23	6,203	0,056	5
04596+8008	ARG 59	AB	10,2	10,5	2018,119	206,34	0,9	7,646	0,09	5
05531+4127	ARG 61	AB	9,9	10,8	2018,078	115,67	0,18	23,149	0,013	5
05535+4249	ARG 62	AB	10,0	10,1	2018,072	81,31	0,11	7,37	0,035	5
05571+1014	ARG 63	AB	8,9	9,4	2018,141	67,09	0,01	32,547	0,012	5
06485+1010	ARG 64	AB	10,0	9,4	2018,146	110,38	0,03	14,573	0,021	5
07131-0141	ARG 65	AB	11,1	11,3	2018,144	185,36	0,22	8,303	0,191	5
07162-0216	ARG 66	AB	9,6	10,2	2018,144	298,1	0,13	14,439	0,04	5
07327+0540	ARG 67	AB	9,8	10,3	2018,144	139,41	0,06	24,841	0,044	5
08137+0407	ARG 68	AB	9,2	10,0	2018,217	329,62	0,04	52,146	0,034	5
08414+4457	ARG 69	AB	10,1	11,1	2018,218	313,52	0,03	28,542	0,013	5
08547+4954	ARG 71	AB	10,2	10,3	2018,146	337,26	0,36	5,292	0,02	5
04230+5937	ARG 100	AB	6,8	9,6	2018,119	59,74	0,11	32,627	0,035	5
11512+3322	ARG 101	AB	6,3	9,5	2018,133	273,7	0,11	46,091	0,101	5
16289+5636	ARG 102	AB	8,3	9,5	2018,152	53,26	0,03	81,075	0,051	5
17398+5908	ARG 103	AB	9,6	10,0	2018,152	330,54	0,03	47,37	0,04	5

TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



(Continúa en la página siguiente)

TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



Geogebra: una potente herramienta para la elaboración de órbitas de sistemas binarios

Geogebra: powerful tool to elaborate orbits of Binary Stars

Antonio Egea Gómez

■ Correo-e: aegeaprimero@gmail.com

Este trabajo es un tutorial que trata de utilizar el programa Geogebra para aproximar los datos disponibles del ángulo y la separación en sistemas binarios a una elipse que represente la trayectoria aparente de dicho sistema.

Se desea utilizar dicho programa, pues reúne las cualidades de sencillez y de uso libre, ya que está disponible gratuitamente en internet. El objetivo es conseguir obtener los siete parámetros que caracterizan la órbita relativa utilizando únicamente este programa.

This work is a tutorial that tries to use Geogebra to approximate the available data of the angle and the separation in binary systems, to an ellipse that represents the apparent trajectory of said system.

It is desired to use said program, since it has the qualities of simplicity and free use, since it is freely available on the Internet. The objective is to obtain the seven parameters that characterize the relative orbit using only this program.

Introducción

A DÍA DE HOY SE ENCUENTRAN DISPONIBLES datos de cientos sino miles de estrellas dobles, muchos de los cuales seguramente, podrán proporcionar órbitas de cierto grado de confianza como ha sugerido Rafael Benavides en una comunicación privada. A sugerencia suya, se trata de estudiar la posibilidad de utilizar *Geogebra* para este ajuste y determinar si es factible y si es de sencillo uso. Conocemos otros métodos para ajustar elipses, tanto gráficos (Zwiers, Vidal Abascal), como analíticos (Paton, Fitzgibbon, Thiele Innes Van Den Bos, Cid, Docobo) sin embargo, estos últimos exigen implementar un programa, en MathLab por ejemplo y presentan habitualmente el problema de la convergencia inicial; también existe la posibilidad de aproximar por mínimos cuadrados, sin duda todos ellos de mayor dificultad.

Así pues, este es un primer artículo de acercamiento a *Geogebra* para la determinación de tres parámetros de la órbita relativa. A saber: el periodo, la excentricidad y el paso por el periastro. Los restantes (el semieje mayor, la inclinación de la órbita, el ángulo de la línea de nodos y el ángulo del periastro) se dejan para un segundo artículo.

Por mi parte quisiera dar un humilde homenaje a Paul Couteau, insigne astrónomo de sobra conocido que entre tantos descubrimientos y observaciones, encontró tiempo para escribir *Observation des étoiles doublés visuelles*, libro que me ha inspirado y guiado en el presente y espero que en futuros trabajos.

Datos

Las pruebas fueron realizadas sobre datos de ADS 10786 o AC7 que han sido tomados de *Observation des étoiles doublés visuelles*; estos se extienden desde 1857,70 hasta 1974,54. La órbita ya fue calculada por Couteau en 1959 y él mismo comenta que los datos posteriores se ajustan bien a su cálculo. Hoy en día se ha afinado la misma (Prieur, Scardia, Pansecchi) y es considerada de grado 1, es decir, definitiva.

Siguiendo sus consejos, se han seleccionado los datos que corresponden a una revolución completa desde 1902,94 a 1974,54 y se han representado en *Geogebra* como se indica a continuación.

Coordenadas en la hoja de cálculo

Se han introducido los datos de fecha, separación y ángulo en las tres primeras columnas de la hoja de cálculo.

Nota de los Editores. Dadas las especiales características de este artículo, se ha preferido modificar el diseño habitual de la revista para hacer más cómoda su lectura.

Los datos de separación ρ en arcosegundos y del ángulo θ en grados respecto del norte de nuestro sistema binario en estudio, los hemos colocado en las tres primeras columnas A, B y C de una hoja de cálculo. La primera corresponde a la fecha, la segunda a ρ y en la tercera situamos los valores del ángulo θ .

Ahora, necesitamos convertir los valores ρ y θ en coordenadas cartesianas necesarias para trabajar con *Geogebra* (también se podrían utilizar coordenadas paramétricas, pero esa es otra historia). Para hacer esto, y ya que medimos el ángulo respecto del norte, solo es necesario elegir el eje de coordenadas X en esta dirección norte, situando el eje Y sobre el este, de este modo:

$$x = \rho \cdot \cos \theta \quad y = \rho \cdot \text{sen} \theta$$

Introducimos estas ecuaciones en las celdas D2 y E2 respectivamente de la hoja de cálculo, teniendo en cuenta que el valor del ángulo debe ir en radianes (multiplicando q por PI (π) y dividiéndolo por 180) y por el procedimiento usual, es decir, seleccionando las dos celdas D2 y E2 y desplazando el tirador (la cruz negra situada en la esquina inferior derecha de la celda E2) hasta cubrir todos los valores, obtenemos los puntos en coordenadas cartesianas por los que debe aproximarse la elipse que representará a la trayectoria aparente.

Llegados a este punto, ya nos encontramos en disposición de entrar en *Geogebra* para ajustar estas coordenadas a una elipse.

En Geogebra

Hemos descargado el programa y estamos trabajando en *Geogebra Clásico*. Además, hemos abierto la hoja de cálculo propia de este programa. Si tocamos con el ratón en cualquier punto de la zona gráfica, se debería mostrar una pantalla como la de la figura 1.

Seleccionamos las columnas D y E (de nuestra hoja de cálculo) y copiamos; nos situamos sobre *Geogebra* y seleccionamos la celda A1 (de la hoja de cálculo en *Geogebra*) y pegamos (figura 2).

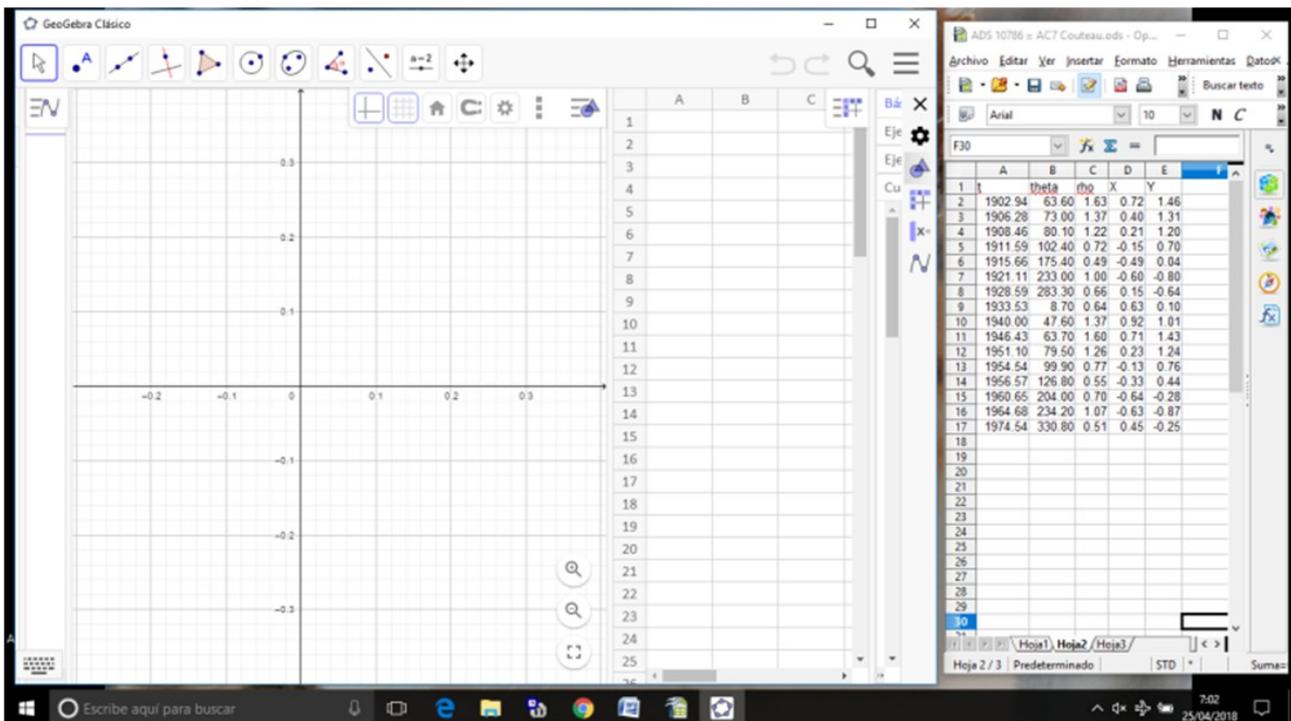


Figura 1

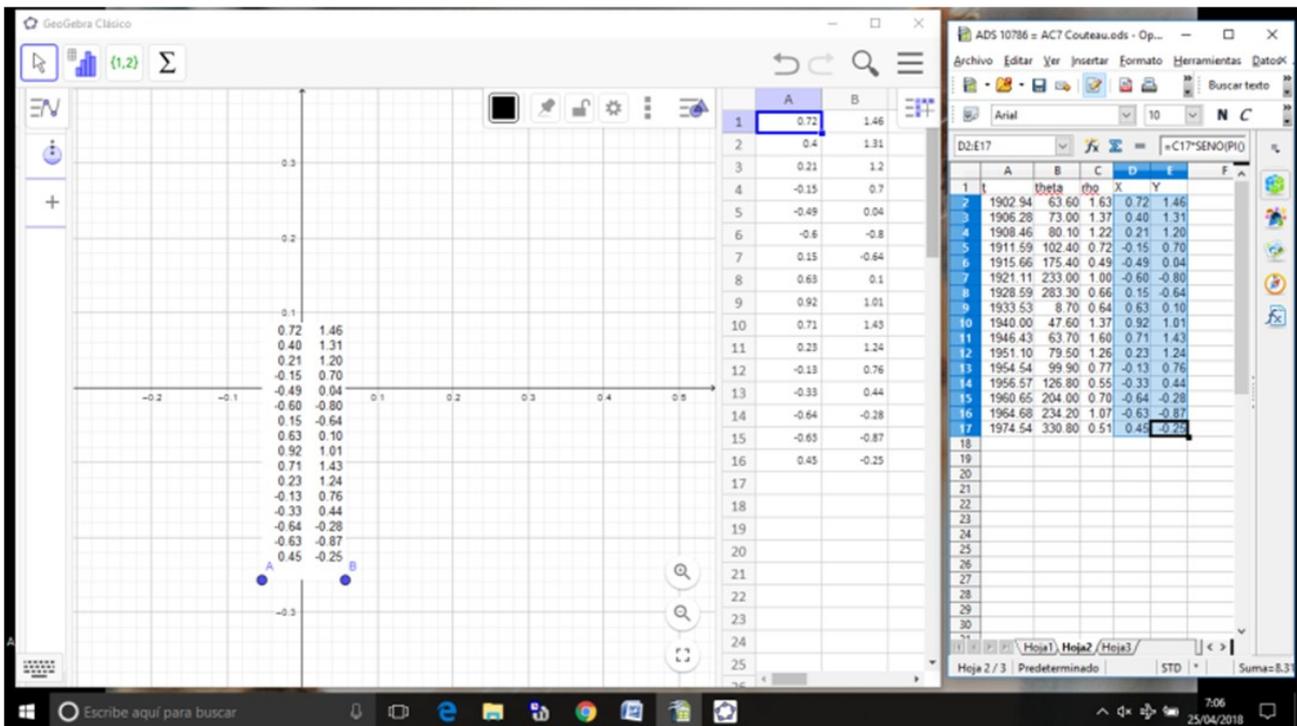


Figura 2

Ya podemos cerrar la hoja de cálculo, pues a partir de aquí, solo trabajaremos con *Geogebra*.

Seleccionamos las columnas A y B (antes suprimo la imagen de las columnas de datos y los dos puntos A, B para dejar limpia la hoja de dibujo) y vamos a la pestaña desplegable que indica *lista de puntos* (figura 3).

Geogebra emite un mensaje (figura 4) donde antes de darle a crear, se puede cambiar el nombre por defecto.

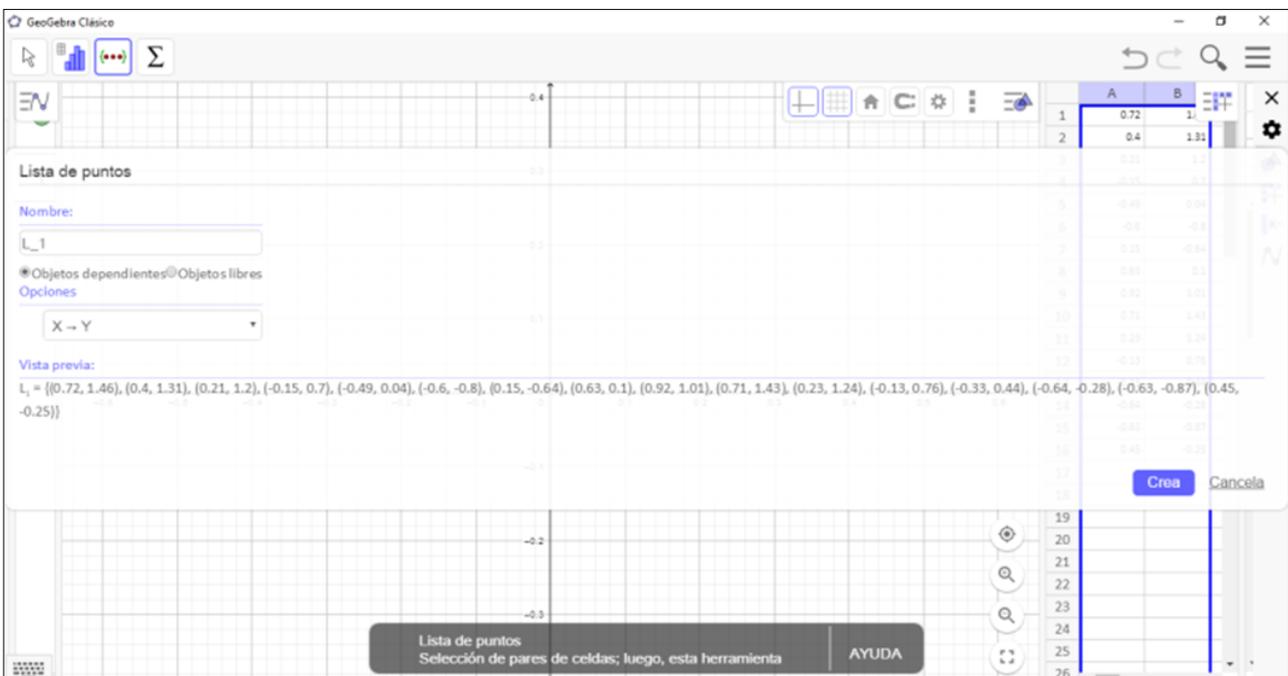


Figura 3

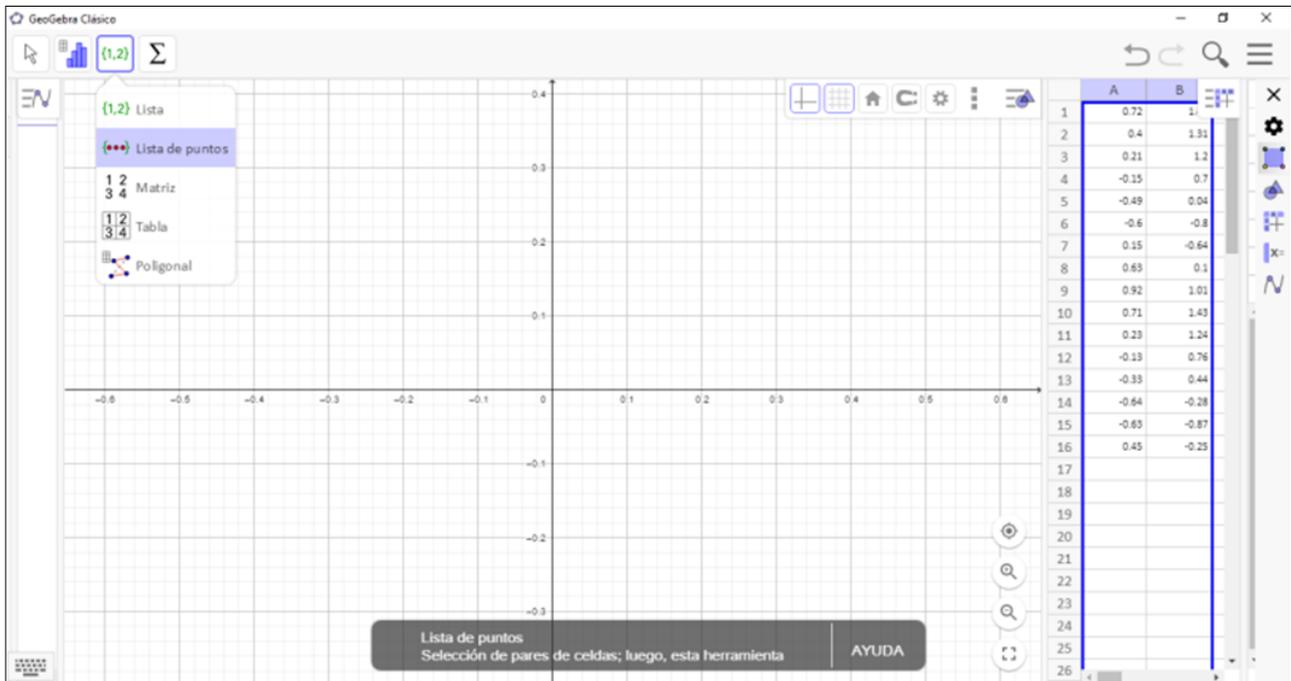


Figura 4

Creamos la lista de puntos y de inmediato, si todo ha ido bien, se muestran en la pantalla los puntos que se deberán ajustar a una elipse (figura 5).

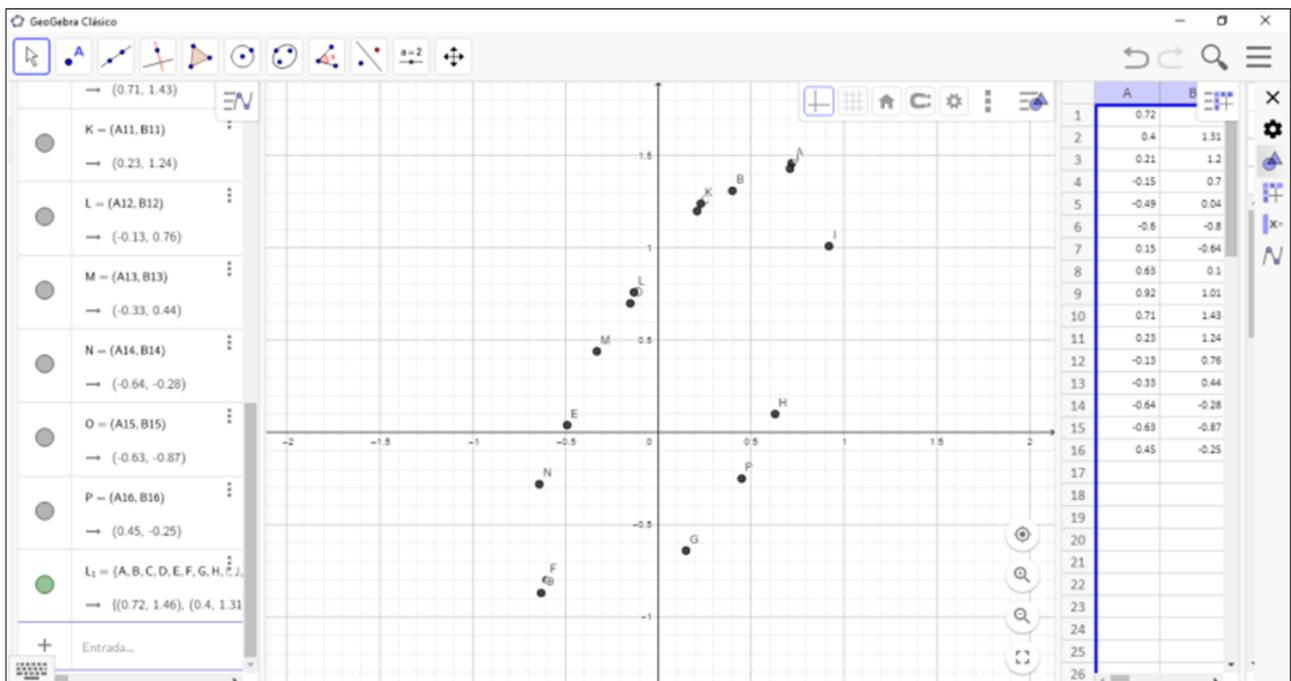


Figura 5

6). Minimizamos la hoja de cálculo propia de *Geogebra* y elegimos la herramienta *cónica por cinco puntos* (figura

El siguiente paso es delicado. Tenemos que elegir cinco puntos por los que debe pasar la elipse (una cónica). Existe un teorema algebraico que permite con cinco puntos obtener la cónica, de este teorema no nos tenemos que preocupar lo más mínimo, *Geogebra* resuelve el problema con solo indicar cinco puntos. Sin embargo, la elección deberá ser tal que estos cinco puntos se encuentren los más equidistantes posible. Si lo hemos hecho bien, surge la elipse (figura 7).

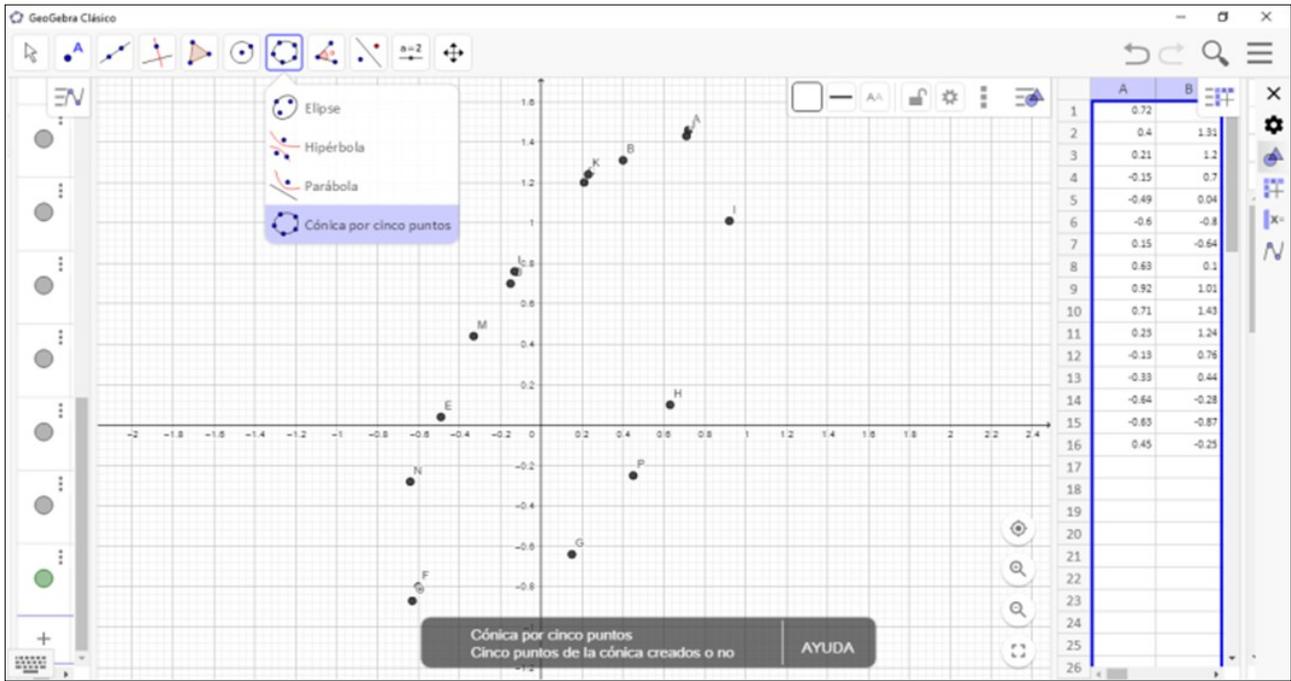


Figura 6

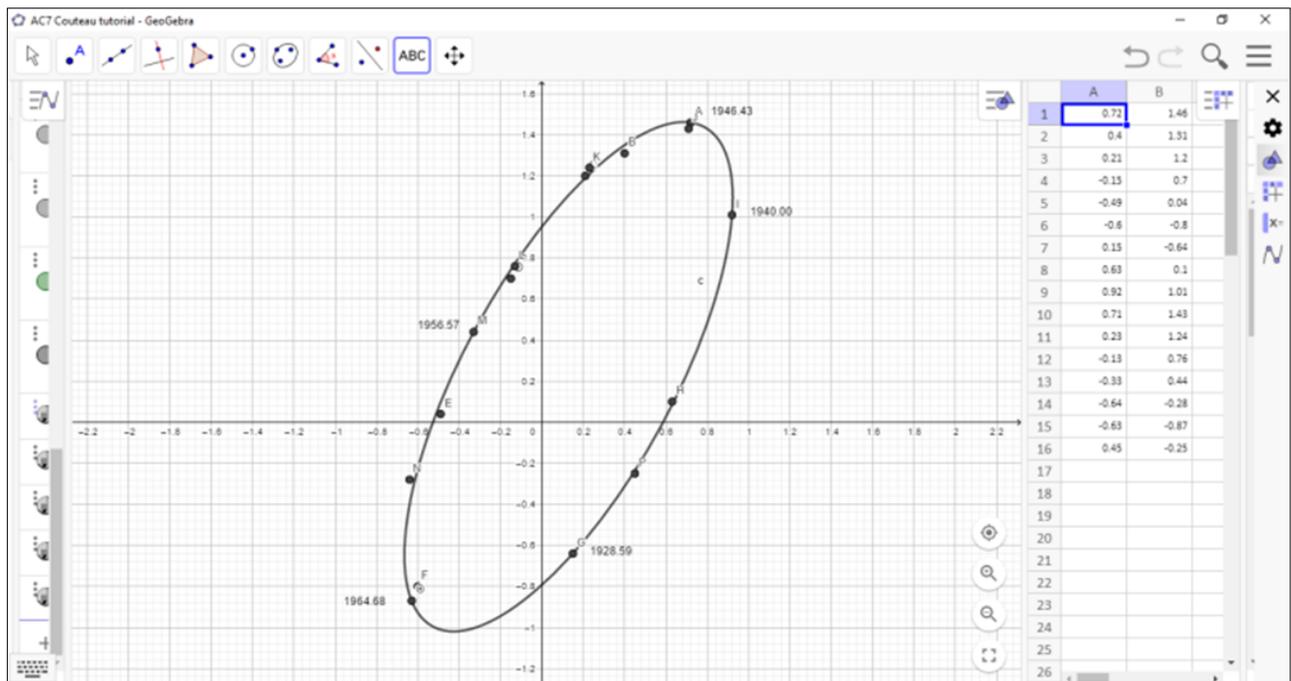


Figura 7

Construida la elipse, debemos encontrar el centro de la misma. Buscamos una pestaña desplegable que permite hallar el *centro* de nuestra elipse (figura 8) y seguimos instrucciones pinchando sobre la elipse con el ratón. Se obtiene el centro (figura 9).

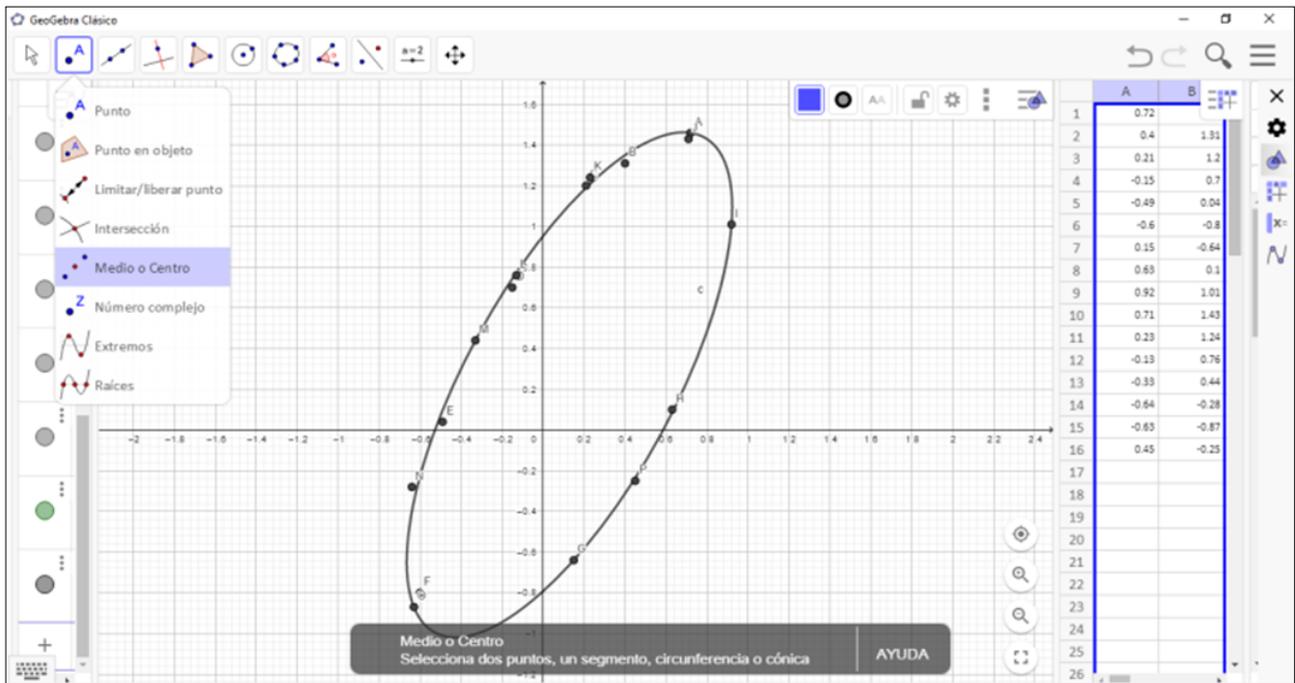


Figura 8

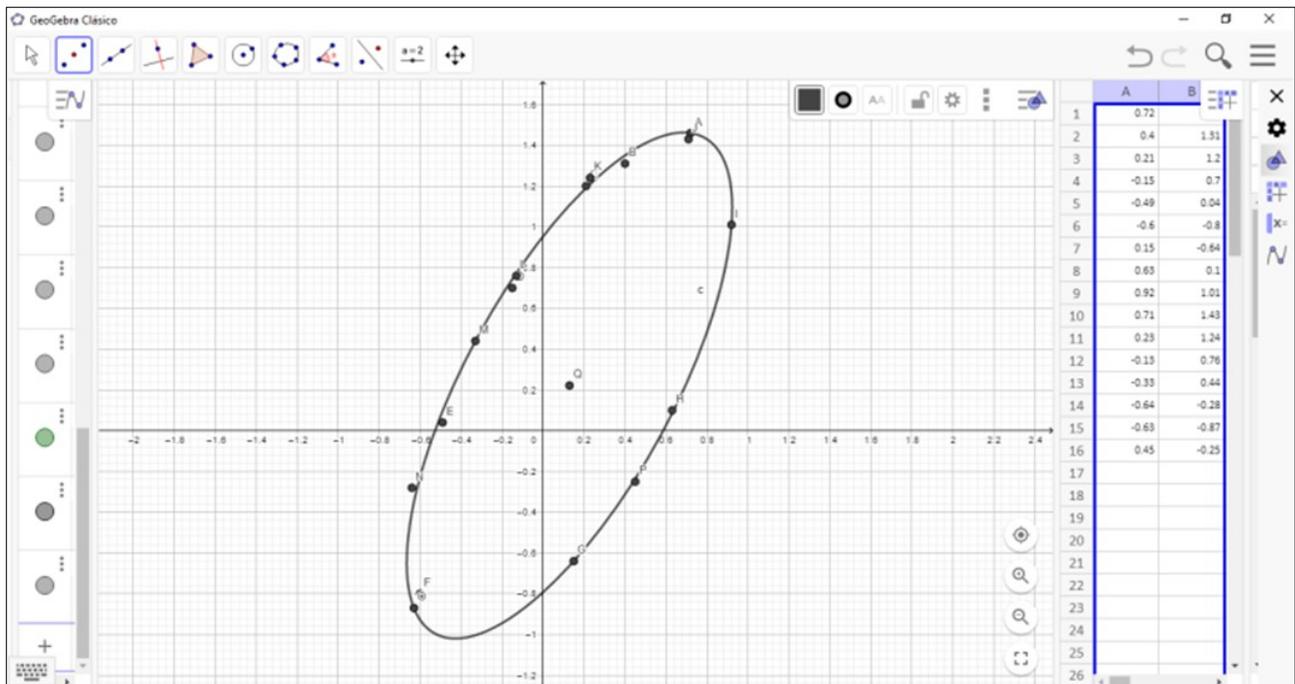


Figura 9

El siguiente paso es marcar el punto donde se encuentra la estrella principal. Esto es, el origen de coordenadas. Vamos al desplegable de *Geogebra*, elegimos punto (figura 10), situamos el puntero del ratón sobre dicho origen y pulsamos (figura 11). Queda así dibujado el lugar donde se encuentra la estrella principal.

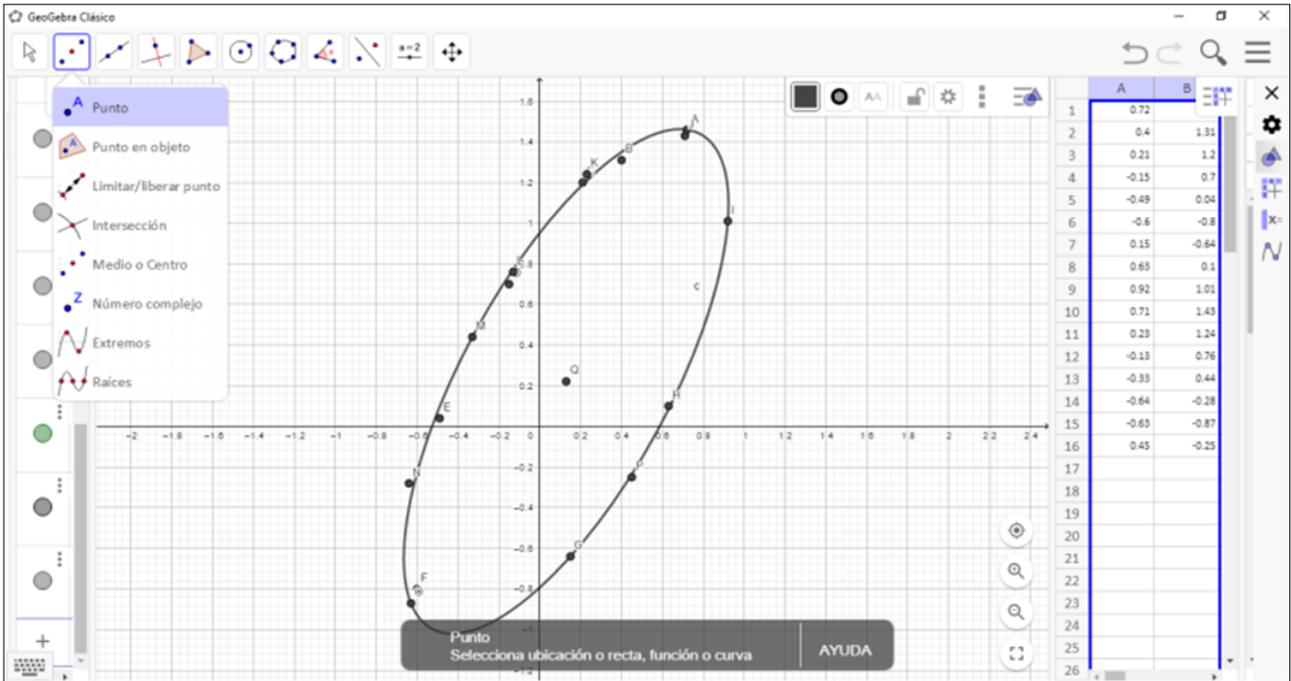


Figura 10

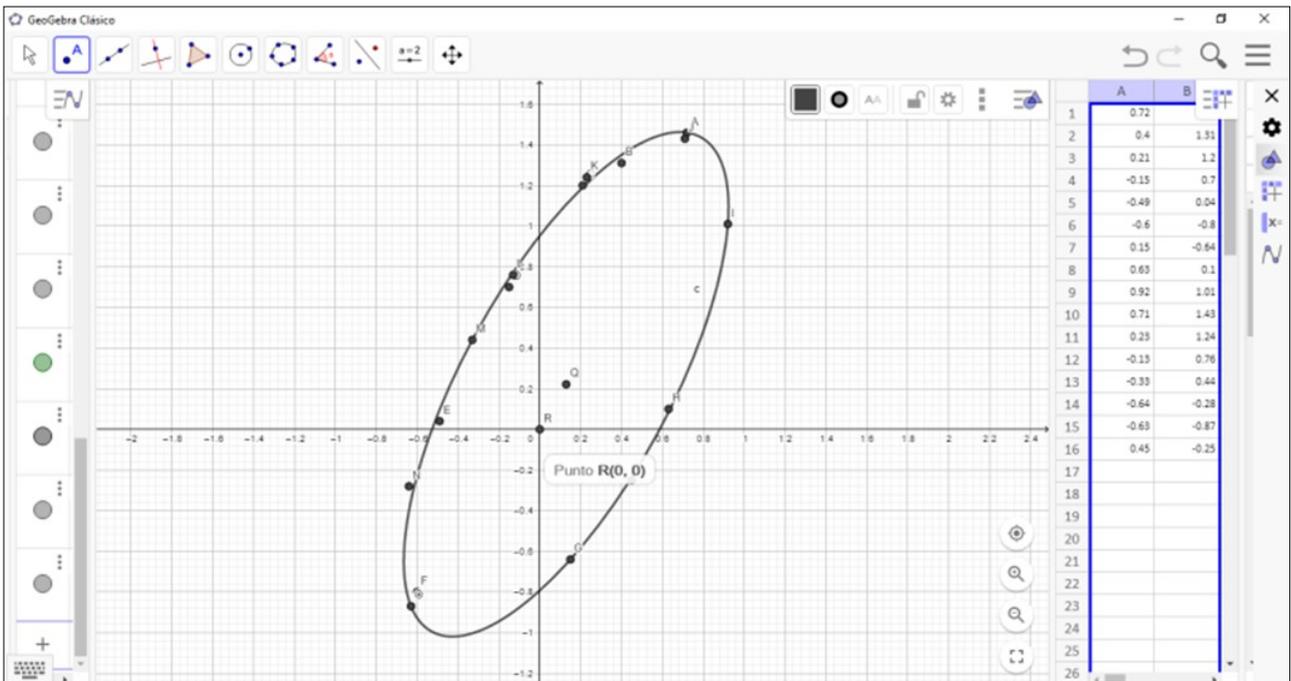


Figura 11

Vamos a trazar la semirrecta que pasando por el centro y la estrella principal, contiene al periastró. Para ello abrimos de nuevo el desplegable anterior y elegimos semirrecta (figura 12), pulsando sobre los dos puntos, el centro y el origen de coordenadas, conseguimos una recta importante. Esta es un diámetro conjugado de la elipse aparente que corresponde al semieje mayor de la elipse relativa (figura 13).

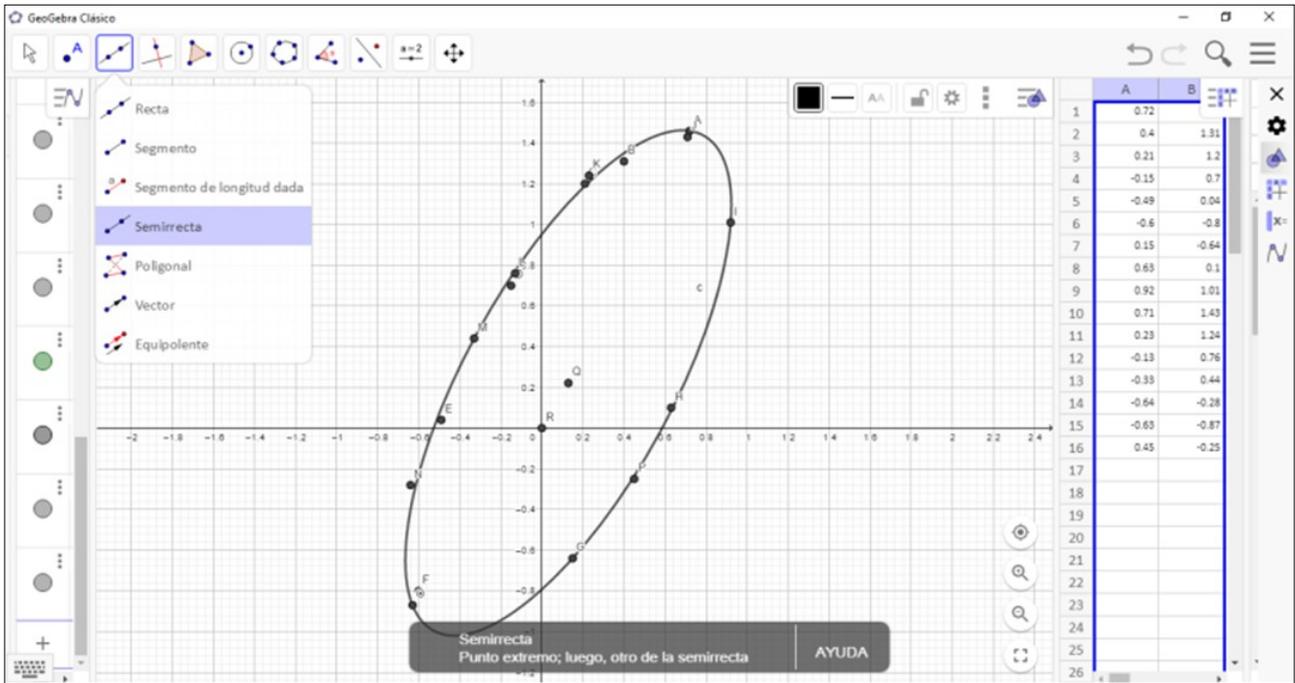


Figura 12

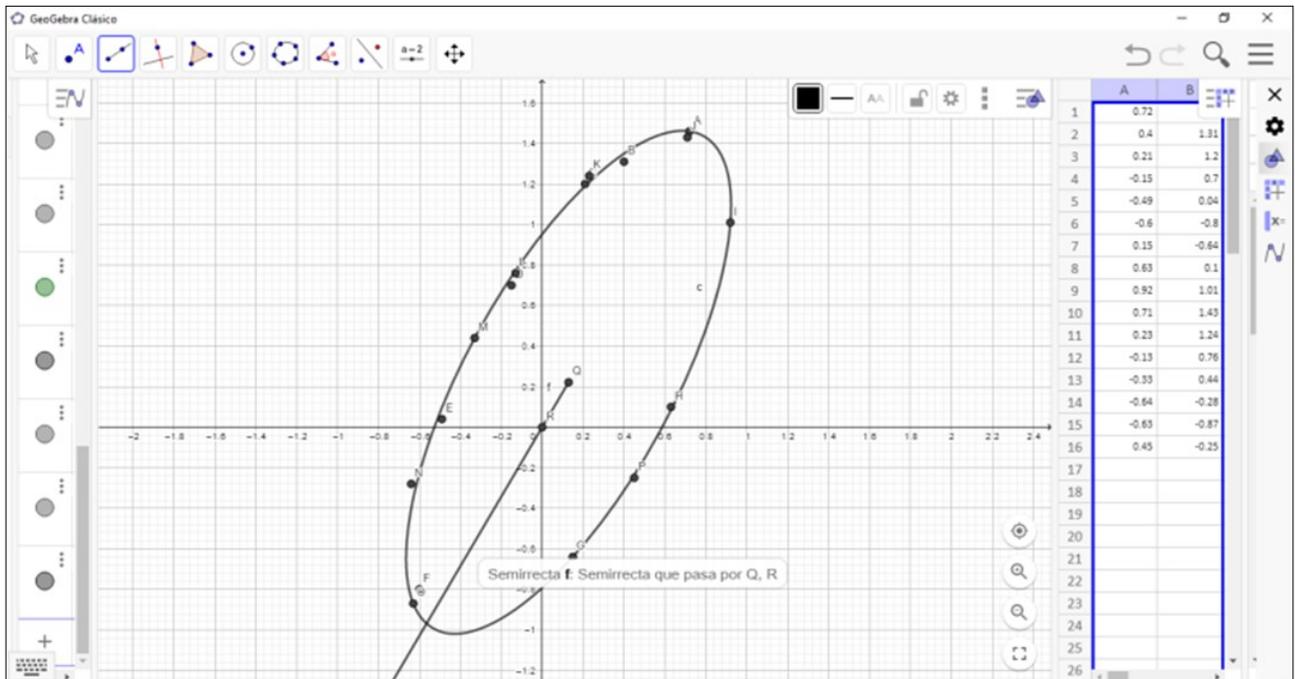


Figura 13

Debemos situar el periastro, punto de intersección de la recta con la elipse. En la pestaña correspondiente se elige intersección (figura 14) y marcamos dicho punto con el puntero del ratón (figura 15).

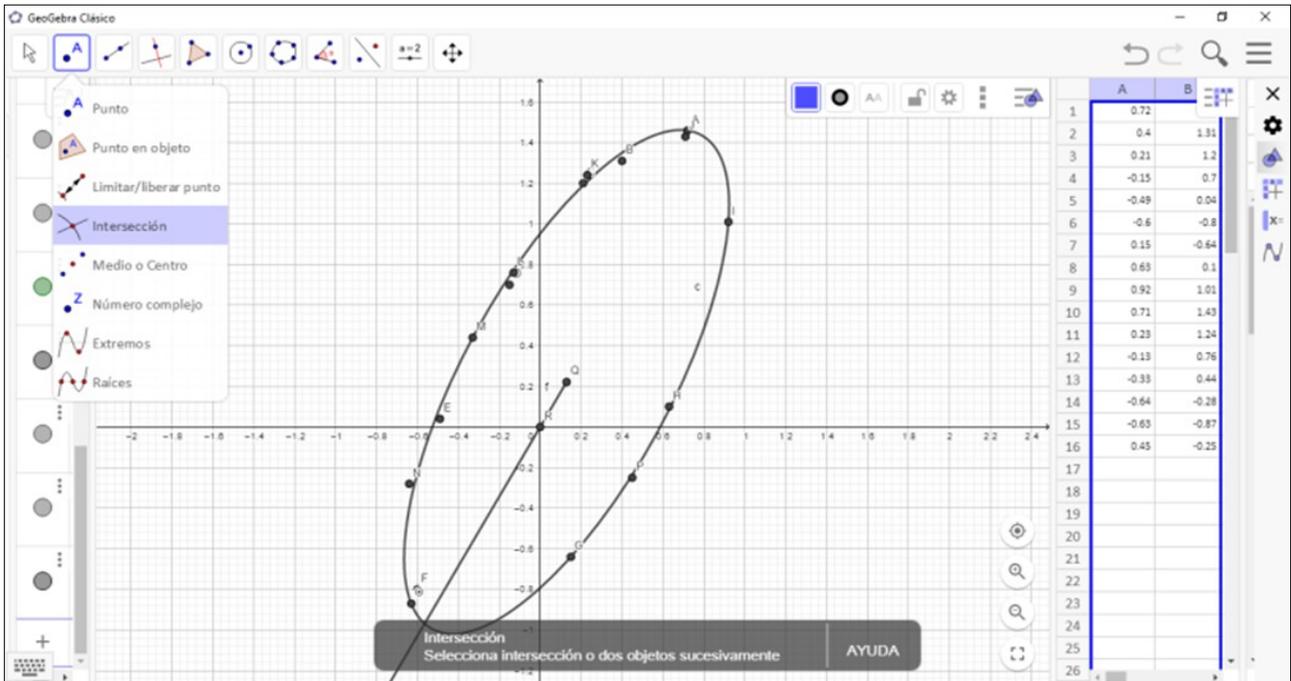


Figura 14

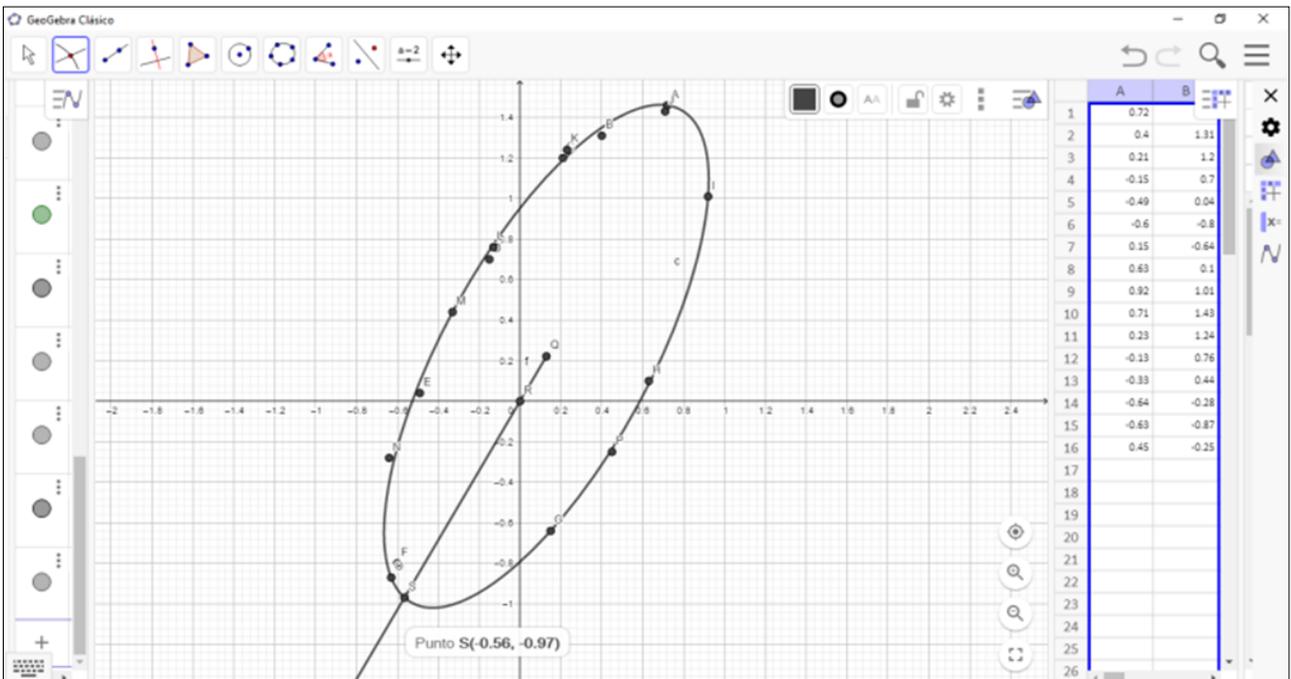


Figura 15

Nos encontramos muy cerca de encontrar el primer valor de la órbita, la excentricidad. Ya que existe una afinidad que conserva las proporciones entre los puntos de la trayectoria relativa y los de la aparente (teorema geométrico), podemos medir la excentricidad con la fracción entre la distancia centro-origen y la distancia centro-periastro. Sobre la pestaña mostrada (figura 16), tomamos distancia y siguiendo instrucciones marcamos primeramente en O y en R, surge un cuadro de texto con la medida (en segundos de arco) y después en O y en el periastro S (figura 17). Pues bien, el cociente entre estas dos longitudes es el valor de la excentricidad.

$$e = \frac{0.26}{1.38} = 0.188$$

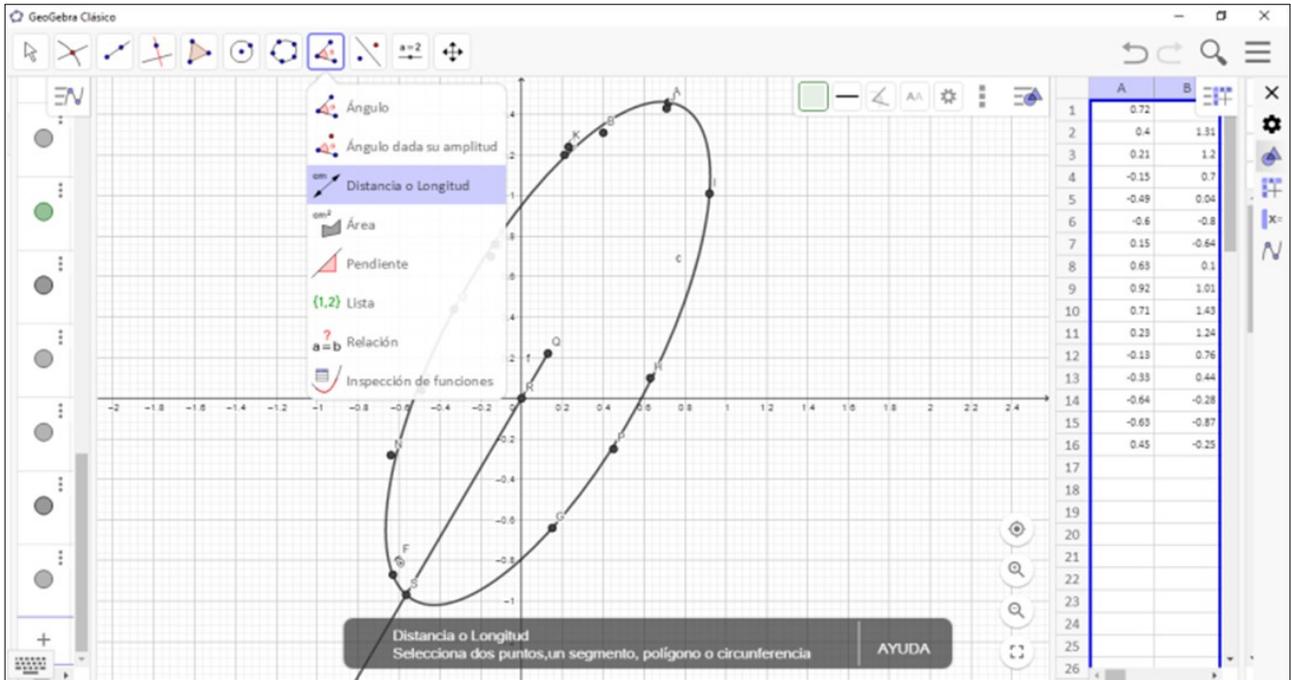


Figura 16

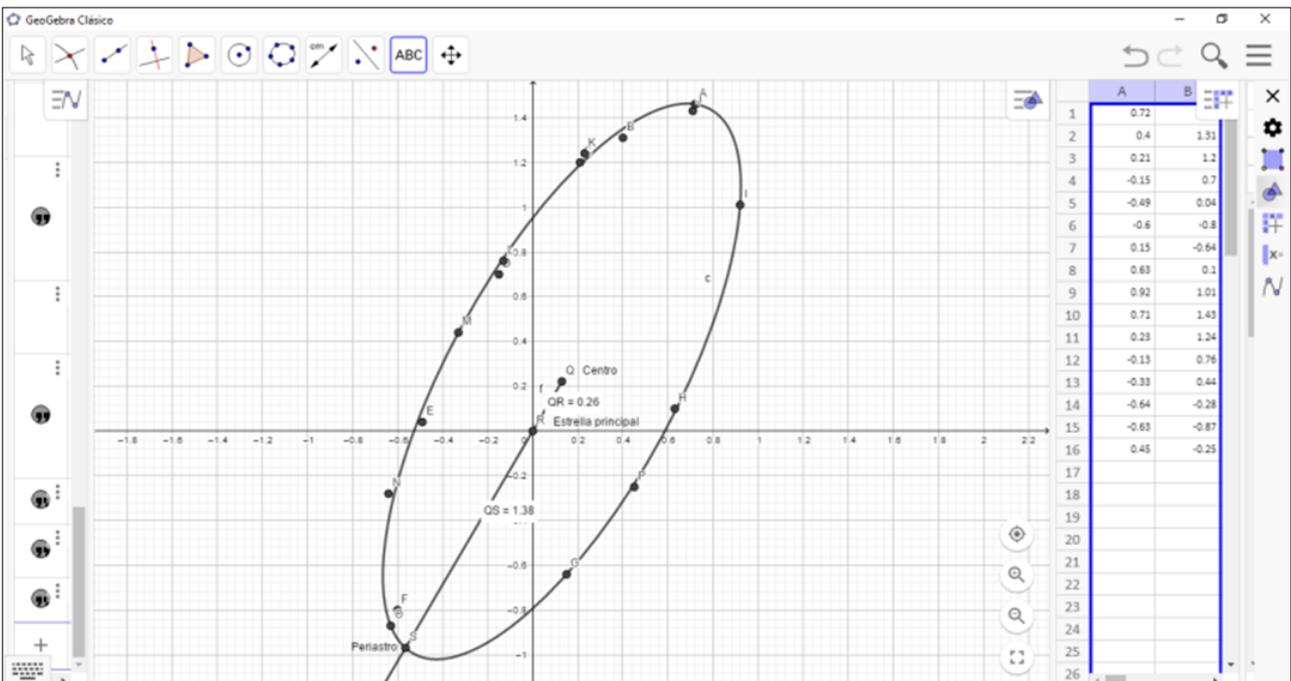


Figura 17

Ahora vamos a calcular la constante de áreas. De nuevo entramos en la pestaña desplegable y elegimos *segmento* pues vamos a trazar varias líneas entre dos puntos (figura 18) y marcamos cinco segmentos que van desde el punto donde se encuentra la estrella principal R hasta (esto es importante) los cinco puntos que hemos elegido para que pase la elipse. En este caso: A, M, O, G e I (figura 19). Si hemos olvidado cuáles son, basta situar el puntero sobre la cónica para que surja un texto informativo.

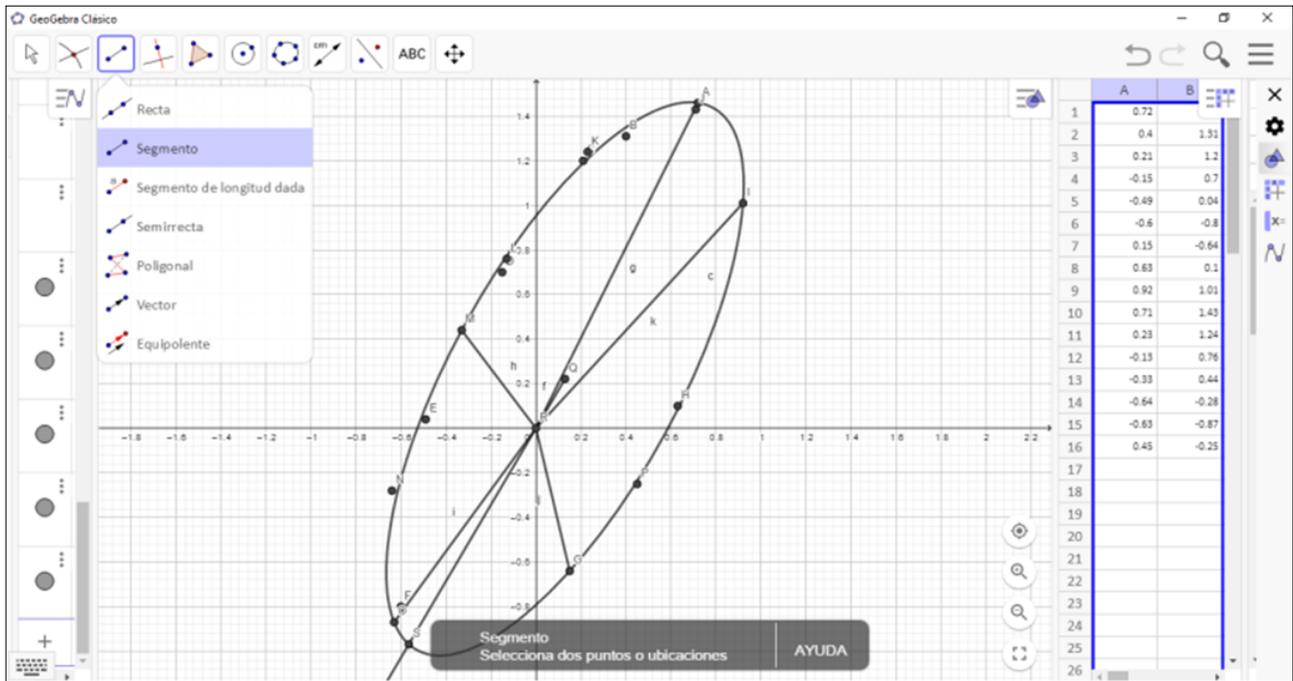


Figura 18

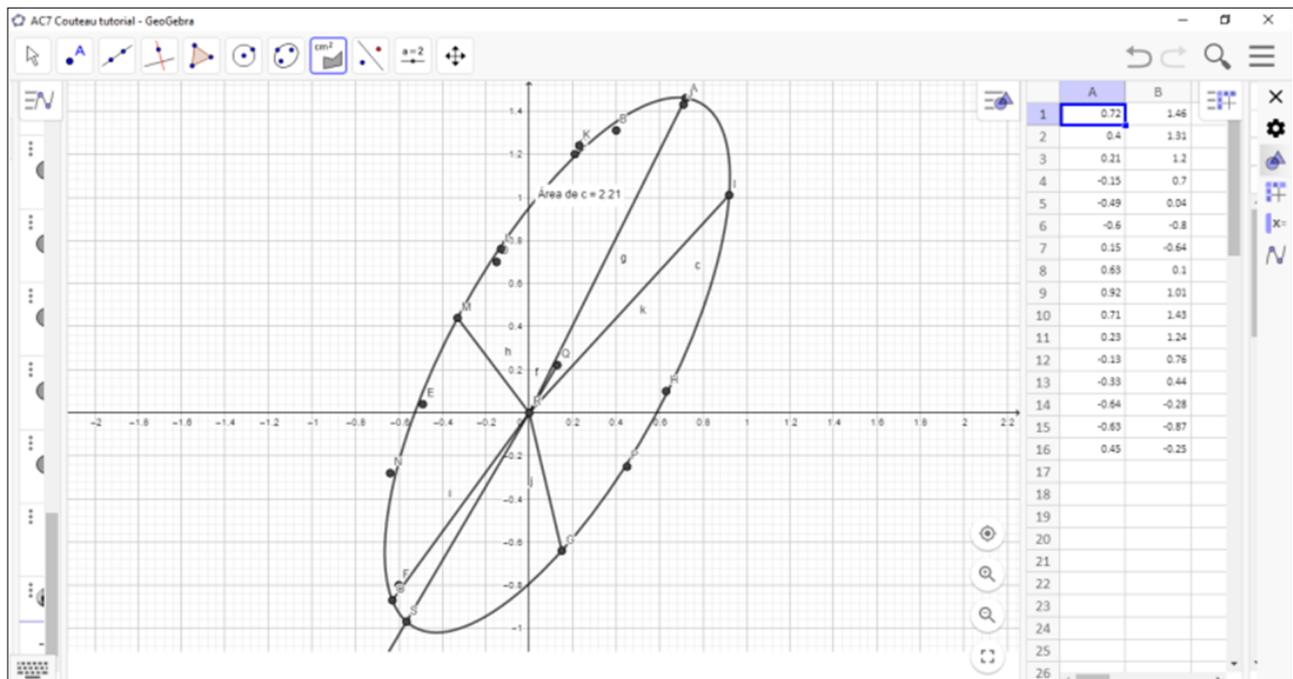


Figura 19

En este momento encontramos un problema práctico a resolver, *Geogebra* no permite de manera rápida obtener el área de un sector elíptico.

Sí permite, por ejemplo, con la herramienta *área* (figura 20) y marcando la elipse, obtener su superficie (en segundos de arco al cuadrado) en un mensaje de texto (figura 21).

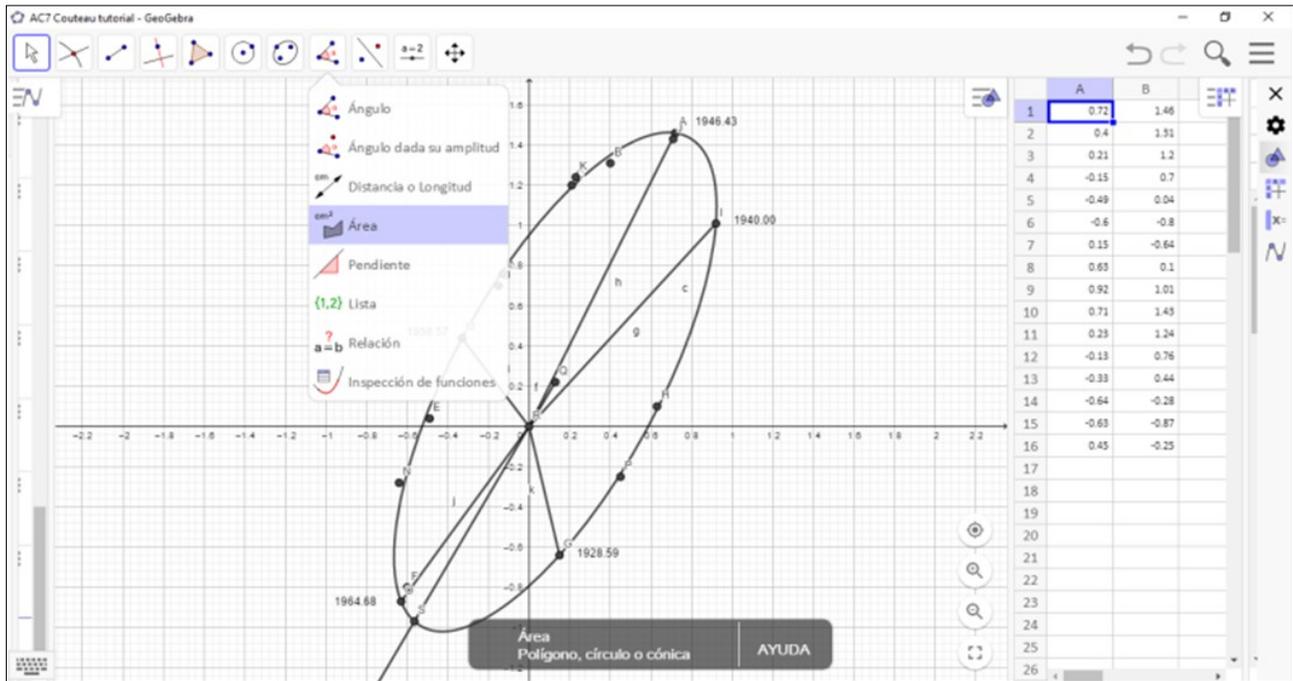


Figura 20

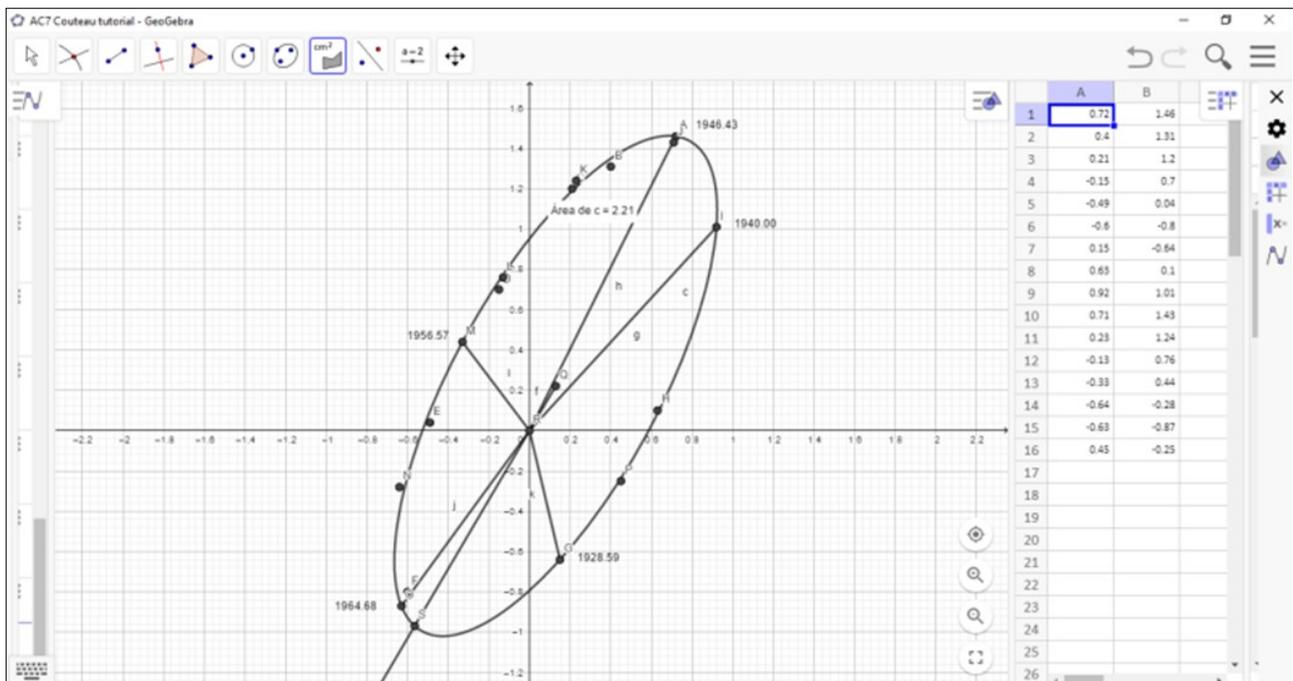


Figura 21

Son varios los procedimientos para encontrar el área de estos cinco sectores elípticos pero ninguno es inmediato. Podemos proceder a *grosso modo*, como propongo en los siguientes pasos, como área entre dos funciones con una herramienta propia de Geogebra. También podemos construir la elipse (disponemos de todos sus parámetros) en otro programa más adaptado al dibujo técnico, por ejemplo *AutoCad*. En este programa existe una herramienta específica que permite hacer esto y así hallar el área de cualquier superficie. O también podemos exportar nuestra pantalla como imagen y utilizar un programa de tratamiento de imagen, por ejemplo *ImagenJ* que es gratuito y que se utiliza en investigación.

Sin salir de *Geogebra* podemos proceder eligiendo la herramienta *polígono* (figura 22) y empezando por un punto claro (punto M, por ejemplo) vamos marcando puntos próximos del polígono sobre el arco elíptico. Esto necesita una cierta dosis de paciencia, hay que pensar que el resultado final depende en gran medida de lo fino que hagamos este paso. Debemos cerrar el polígono yendo al punto R y finalmente volviendo a marcar de nuevo el punto M por el que empezamos.

Si todo ha ido bien, surge una aproximación poligonal al sector elíptico tanto más cercana cuanto más próxi-

mos hayamos dibujado los puntos. Vamos, al igual que antes, a la herramienta *área* y marcamos con el ratón en un punto interior al sector. Debería surgir un texto donde se indica el polígono y su área (figura 23).

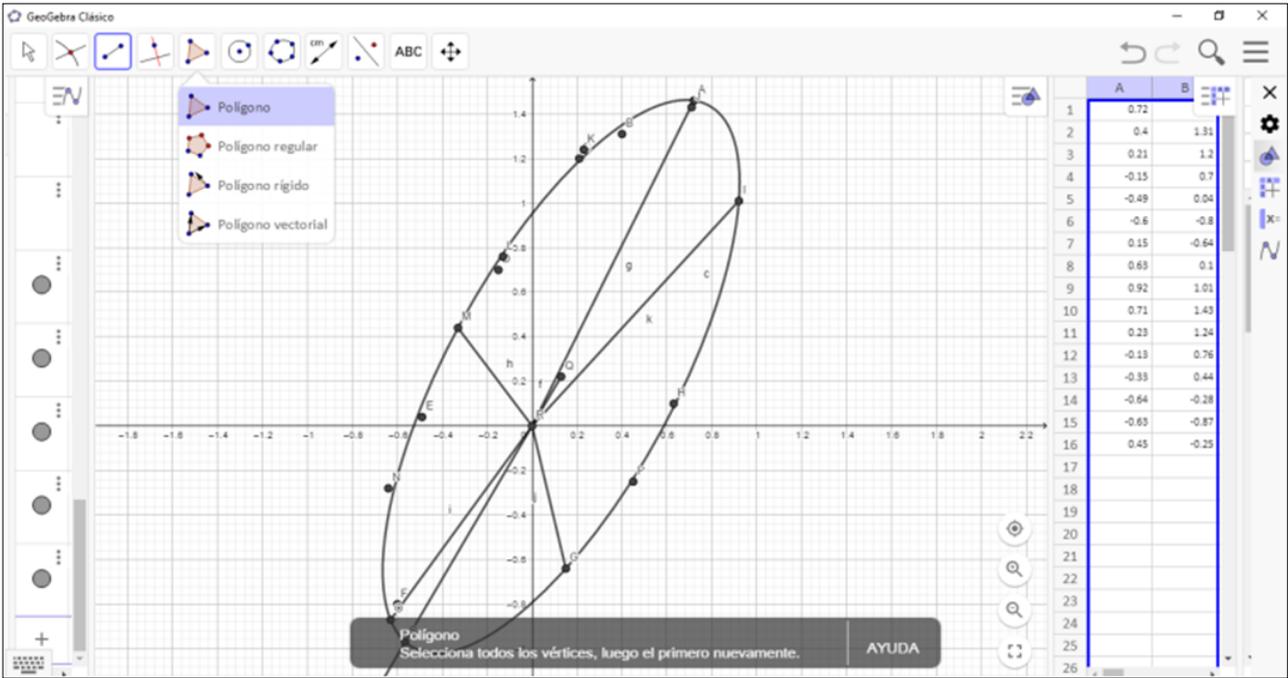


Figura 22

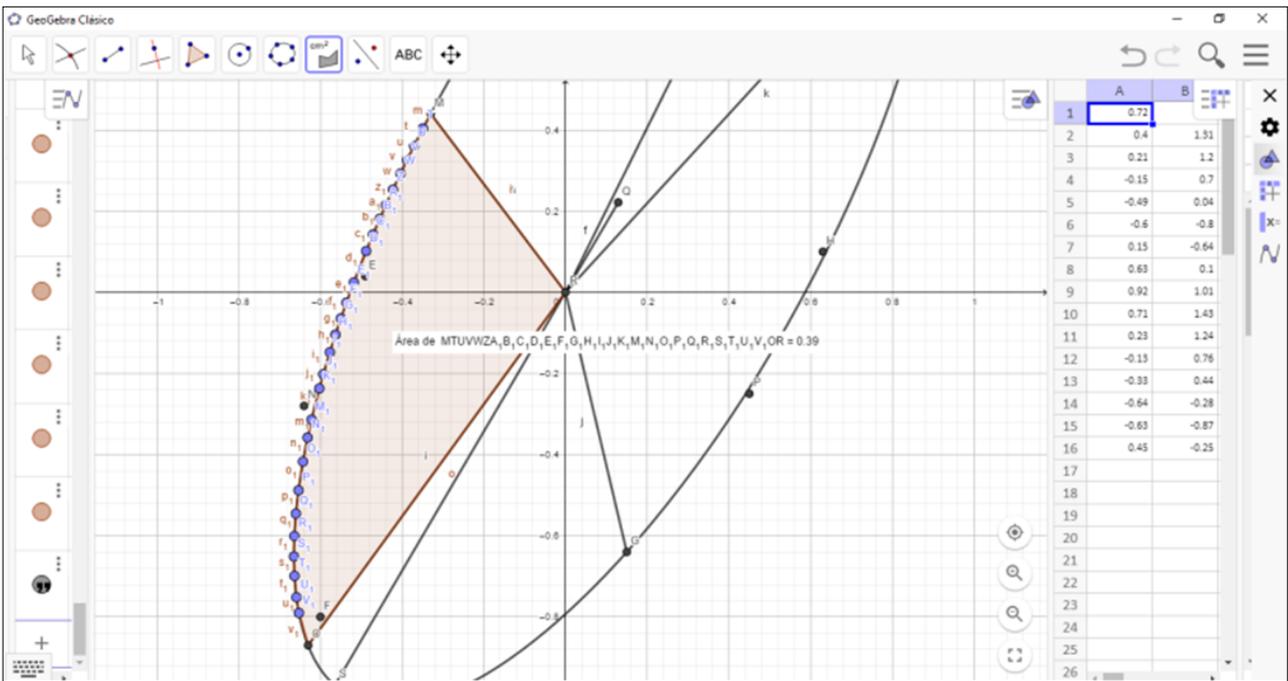


Figura 23

Con música adecuada para la ocasión, las piernas sobre un reposa pies, un buen café y más a elegir, nos dispomos a hacer lo mismo con los cinco sectores definidos por los segmentos que habíamos dibujado.

No nos olvidemos de ir guardando por si acaso, y cuando terminemos tomamos nota de inmediato de los valores de estas áreas (figura 24).

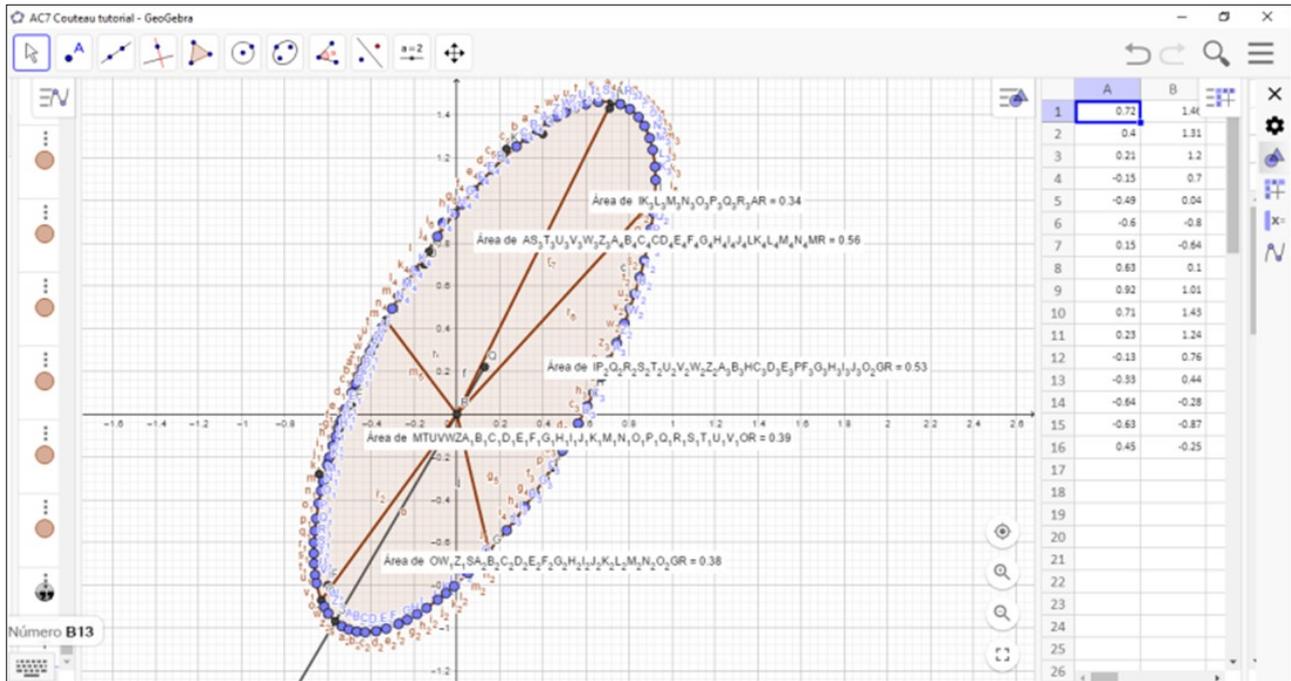


Figura 24

Como ya teníamos identificadas las fechas de estos decisivos puntos (recordemos la figura 7), formamos una tabla (tabla 1) en la hoja de cálculo (o con calculadora).

SECTOR	ÁREA	FECHA	DT (AÑOS)	C	
GIR	0,53	1940,00-1928,59	11,41	0,046	
IAR	0,34	1946,43-1940,00	6,43	0,053	
AMR	0,56	1956,57-1946,43	10,14	0,055	
MOR	0,39	1964,68-1956,57	8,11	0,048	
OGR	0,38			0,051	Promedio
	2,20			0,004	Desv. Tip
Frente a	2,21				

Tabla 1

La diferencia en años entre las fechas se encuentra en la cuarta columna.

C representa a la constante de áreas en $\text{arcseg}^2/\text{año}$ y se ha hallado dividiendo los valores de la columna 2 (Área) entre los correspondientes de la columna 4 (Δt). Se ha obtenido el promedio y la desviación típica.

El sector OGR no se ha utilizado para el cálculo de la constante de áreas, ya que 1928,59 es una fecha anterior a 1964,68 y no podemos asegurar que el punto que marca en la siguiente vuelta 1928,59, se situará exactamente en el mismo lugar. Sin embargo, sí que se halló su área, pues sirve de control acerca del trabajo que hicimos acercando los polígonos a la elipse.

Si sumamos los valores de las áreas de estos sectores se obtiene 2,20 frente al área total de la elipse 2,21 dada por *Geogebra* (en la figura 21).

Comprobamos que el error relativo $e_r = \frac{2.21 - 2.20}{2.21} \times 100 = 0.45\%$ es que muestra que nos hemos aproximado más que aceptablemente,

Para hallar el periodo solo tenemos que dividir el área de la elipse por la constante de áreas.

$$P = \frac{A_{elipse}}{C} = \frac{2.20}{0.051} = 43.137 \text{ años}$$

Para el paso por el periastro hay que realizar el mismo procedimiento tomando tres sectores que involucren al punto S que simboliza el periastro. Encontrar el paso por el periastro T es determinar la fecha en la que pasó:

$$T = t_A + \frac{A_{APR}}{C} \quad T = t_M + \frac{A_{MPR}}{C} \quad T = t_O + \frac{A_{OPR}}{C}$$

Resolvemos tres valores con objeto de poder encontrar un promedio. Se han tomado los tres puntos A, M y O, pues de ellos conocemos sus fechas t_A , t_M y t_O y respectivamente, A_{APR} , A_{MPR} y A_{OPR} son las áreas de los sectores elípticos que se encuentran, según el procedimiento del apartado anterior (figura 25).

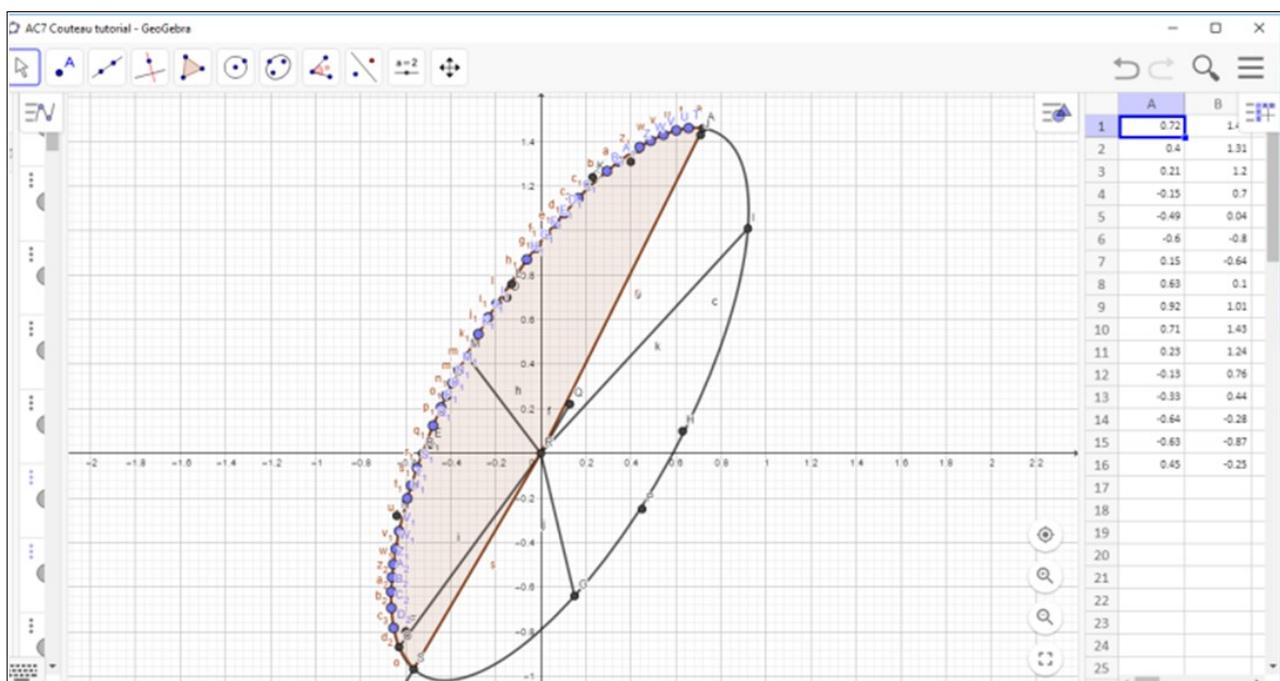


Figura 25

De este modo (tabla 2):

SECTOR	ÁREA	T	T
APR	1,01	1946,43	1966,37
MPR	0,45	1956,57	1965,45
OPR	0,06	1964,68	1965,86
			1965,89
			0,46
			Promedio
			Desv. Tip.

Tabla 2

Resultados

Los valores que hemos obtenido hasta aquí, son de tres de los siete parámetros necesarios para caracterizar la órbita relativa.

— Periodo: $P = 43,137$ años

— Periastro: $T = 1965,89 + 43,137 = 2009,027$

— Excentricidad (e) = 0,188

Los datos considerados definitivos, pues la órbita está clasificada de grado 1, son los siguientes:

— Periodo (P) = $43,127 \pm 0,013$ años

— Periastro (T) = $2008,335 \pm 0,073$ años

— Excentricidad (e) = $0,1796 \pm 0,0009$

En nuestros cálculos no se han dado los valores de los errores, ya que este pretende ser solo un tutorial de introducción al uso de *Geogebra*.

Hay que tener en cuenta, a la vista de los resultados, que en este estudio se han utilizado los datos procedentes de *Observation des etoiles doublés visuelles* (Couteau, 1978). Estos llegan hasta 1974,54. Es decir, sus incertidumbres son mayores necesariamente que las realizadas en los últimos años (por ejemplo, mediante técnicas interferométricas) con los cuales se ha afinado la órbita calculada por Couteau.

Conclusiones

Como se ha mencionado en la introducción, Rafael Benavides me comenta que existen miles de datos y pocas órbitas calculadas. De este modo, buscamos un procedimiento que permita caracterizar estos datos en forma de órbita con sus parámetros ajustados lo más cercanamente posible a la misma.

Geogebra puede ser la herramienta. Es un programa que pretende ser de enseñanza de matemáticas y según se dice en los foros al respecto es de nivel de secundaria ¿?, no llega, ni posiblemente lo pretendan los autores, al nivel de *Mathematica*, *MathLab*, *FreeMath* etc.

Puede ser, por cierto, que tampoco es un gran programa de dibujo. Pero a mi juicio tiene unas herramientas que juntas en un solo programa hacen de él algo verdaderamente útil. La herramienta *cónica por cinco puntos*, ajusta la elipse muy cercanamente a las órbitas calculadas por otros procedimientos considerados más precisos y además, se pueden elegir varias, lo que permite una mayor aproximación y encontrar el error.

Se pretende mostrar en otro estudio cómo es posible sin salir de *Geogebra*, obtener los parámetros restantes de la órbita relativa. Para esta solución se seguirá el método de Vidal Abascal, simplificado por este programa, sobre unos datos que abarcan un mayor intervalo de tiempo y que son más difíciles de tratar.

Se puede pensar que hay pasos que resultan pesados de realizar, como el de calcular las áreas de los sectores elípticos. Existen otros procedimientos, como se ha comentado antes, pero que necesitan de exportaciones a otros programas. No es que esto de por sí sea un gran inconveniente, se hace en casi todos los estudios, pero resulta en principio más cómodo utilizar un solo programa. En cualquier caso, cada uno elige su mejor manera de trabajar.

Epílogo

Espero continuar el trabajo en próximas ediciones de *El Observador de Estrellas Dobles*. En el siguiente se presentará la determinación de los restantes parámetros orbitales con *Geogebra*. Posteriormente se analizará un ejemplo más difícil, debido a la gran cantidad de datos, que abarcan más de una revolución, muchos de los cuales presentan una fuerte dispersión. Sin embargo, la órbita calcula con *Geogebra* es decididamente muy próxima a la ya adoptada como definitiva (grado 1).

Miles de datos esperan ser colocados en sus órbitas ¿Quién puede hacer este trabajo? Pues alguien con un ordenador, paciencia, ganas por aprender, dejar un legado útil (como se insiste en AAVSO) y sobre todo, porque esta es una faceta importante para la Ciencia. El conocimiento del Cosmos a través de las estrellas inmediatas que nos rodean es un trabajo satisfactorio. Todo ello con un programa accesible al mundo a través de internet.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Rafael Benavides la idea de utilizar *Geogebra* para este propósito, su ánimo y también, la disponibilidad para atender las consultas con las que le he mareado. También, el haber solicitado los datos para confirmar con otros ejemplos la bondad de este método.

Este trabajo ha hecho uso de los catálogos *Washington Double Star Catalog*, *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*, todos ellos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos. 

Referencias

Benavides, R., González, J. L., Masa, E. R, Observación de estrellas dobles, MARCOMBO S. A., 2017.

Couteau, P. L'observation des etoiles doublés visuelles. Flammarion Sciences Humaines.

Hartkopf, W. I. et al., Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars, U.S. Naval Observatory.

Mason, B. D. et al., The Washington Double Star Catalog (WDS), U.S. Naval Observatory.

Micello, Giuseppe. GeoGebra: una potente herramienta de cálculo aplicada al estudio orbital de estrellas dobles. El Observador de Estrellas Dobles, nº 19, Julio-Diciembre 2017.

Miret Roig, Núria. Càlcul d'Órbites d'Estrelles Dobles Visuals. Treball de Recerca. Escola Pía Sitges 2011.

Vidal Abascal, E. Calculo de órbitas de estrellas dobles visuales. Editado en Santiago de Compostela, CSIC, 1953.

Programas utilizados

— Apache OpenOffice. <https://www.openoffice.org/es/>

— GeoGebra. <http://www.geogebra.org/>

Datos oficiales

— Periodo (P) = $43,127 \pm 0,013$ años

— Periastro (T) = $2008,335 \pm 0,073$

— Semieje mayor (a) = $1,385 \pm 0,038$ años

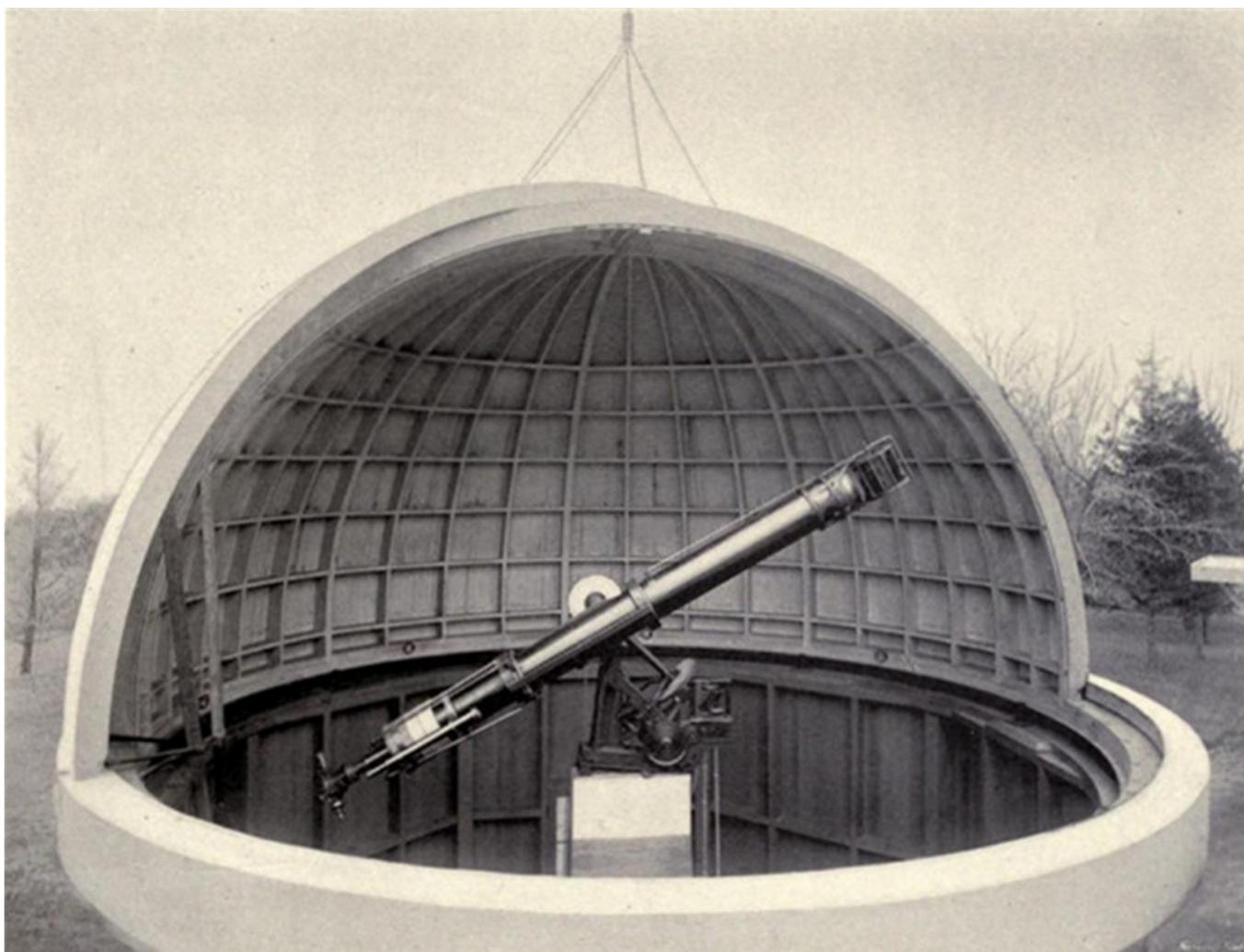
— Excentricidad (e) = $0,1796 \pm 0,0009$

— Inclinação (i) = $66,06 \pm 0,15$

— Longitud del periastro (ω) = $172,85 \pm 0,64$

— Nodo (Ω) = $60,07 \pm 0,17$

— Grado 1 (Definitiva = 1, Indeterminada = 9)



Sherburne Wesley Burnham

2ª PARTE: VIDA EN CHICAGO

por Francisco M. Rica

El pionero americano de las estrellas dobles: un amateur que llegó muy lejos, humilde, trabajador, incansable observador. Ejemplo para todos nosotros.



1. El origen del Observatorio Dearborn.

CUANDO ESTALLÓ LA GUERRA DE SECESIÓN, la Universidad de Mississippi encargó una lente de 18,5 pulgadas (50 cm) a Alvan Clark & Sons (Cambridgeport, Massachusetts). ¡Sería el mayor refractor del mundo! Debido a los desastres de la guerra, la transacción económica no llegó a buen puerto. Alvan Clark lo guardó en sus almacenes e incluso, tiempo más tarde, lo puso a la venta.

El reverendo M. R. Forey llegó a Chicago para efectuar la venta de un refractor de 16 pulgadas e impartir una ponencia el 8 de diciembre de 1862. Tras la ponencia se nombró un comité formado por importantes ciudadanos de Chicago cuyo objetivo sería construir un observatorio en la ciudad. Este puede considerarse el origen de la Sociedad Astronómica de Chicago¹, si bien no se organizaron permanentemente hasta 1866. Se dudaba de la fiabilidad del refractor de 16 pulgadas y poco tiempo después se tuvo conocimiento de la existencia de una lente de 18,5 pulgadas que estaba a la venta en los almacenes de Alvan Clark & Sons. El 10 de enero de 1863 un miembro de la Sociedad Astronómica de Chicago compró la lente por un precio de 11.187 dólares. Tres semanas más tarde, mientras Alvan Clark comprobaba la calidad de la lente, descubrió la compañera enana blanca que orbita alrededor de la estrella Sirio.

La Sociedad Astronómica de Chicago destinó la lente a la Universidad de Chicago y se empezó a construir –en 1863– una torre para albergar al telescopio (figura 2), situada en esa época en la Avenida Cottage Grove, número 3400². Al observatorio se le dio el nombre de Observatorio Dearborn en honor a Mary Ann Haven Dearborn, la esposa fallecida de J. Young Scammon. Este señor fue el principal benefactor del proyecto, donando el dinero para construir la torre y la cúpula del observatorio. Dos años más tarde, en 1865, se finalizó la construcción del observatorio. Sería el refractor más grande del mundo durante unos ocho años, fecha en la que se finalizó la construcción del gran refractor de 26 pulgadas del Observatorio Naval de los Estados Unidos.

La noche del 8 de octubre de 1871 un grupo de hombres participaban clandestinamente en una timba ilegal localizada en un pajar del centro de Chicago y una vez echada la noche se alumbraron con un farol. Nada hacía presagiar el desastre que se les venía encima. Ese farol se cayó y produjo el gran incendio de Chicago, de repercusiones nacionales. Se quemaron 6 Km² de ciudad (más de 15.000 viviendas y locales) y murieron cientos de personas durante los tres días que duró el fuego. Fue una de las

¹Esta sociedad aún está activa y presume de ser la sociedad astronómica más antigua del hemisferio oeste Su web: <http://www.gadboisproductions.com/cas/>.

²Desgraciadamente este edificio no existe en la actualidad.

³Según el profesor John Frazer, este libro fue el trampolín que aceleró la dedicación de Burnham a la astronomía ya que con anterioridad no había leído mucho sobre el tema. Este libro está a disposición de forma gratuita para cualquier persona interesada.



Figura 2. Parte posterior de la Universidad de Chicago en su primer emplazamiento (Avenida Cottage Grove, número 3400). Fotografía tomada por S. W. Burnham donde se observa la torre del observatorio Dearborn (a la izquierda). **Crédito:** Lick Observatory Records. University of California, Santa Cruz. McHenry Library, Special Collections.

catástrofes estadounidenses más grandes del siglo XIX. Aunque el Observatorio de Dearborn salió indemne, la sede de la Sociedad Astronómica de Chicago quedó devastada (libro "Selling the True Time: Nineteenth-century Timekeeping in America" de Ian R. Bartky publicado en el año 2000). El incendio quemó todos los activos de la empresa de J. Young Scammon y le fue imposible seguir pagando el sueldo del Director del Observatorio, situación que subsanaron en enero de 1881.

2. Comienzo de la vida en Chicago.

Tras acabar la guerra, un año después de la finalización del Observatorio Dearborn, S. W. Burnham se establece en Chicago. Contaba 28 años y abrió una firma de reporteros, junto con dos colegas. Esta fue su tarjeta de negocios (por cierto, no he logrado encontrar la dirección en la aplicación Street View ni datos de la empresa en ningún lugar):

ELY, BURNHAM & BARTLETT
SHORT-HAND WRITERS
93 WASHINGTON STREET, CHICAGO
OFFICIAL REPORTERS OF
THE COURTS OF CHICAGO

Será redactor oficial de los Tribunales de los Estados Unidos durante más de 20 años usando la técnica de la taquigrafía para registrar los testimonios orales. Posteriormente estos textos taquigráficos debían reescribirse en textos escritos para lograr una buena redacción. En 1866 adquiere el telescopio de 3,75 pulgadas, mencionado anteriormente, y adquiere una copia de la primera edición (editado en 1859) del libro "*Celestial Objects for Common Telescopes*"³, escrito por el conocido reverendo T. W. Webb. Su afición por la astronomía empieza a crecer.

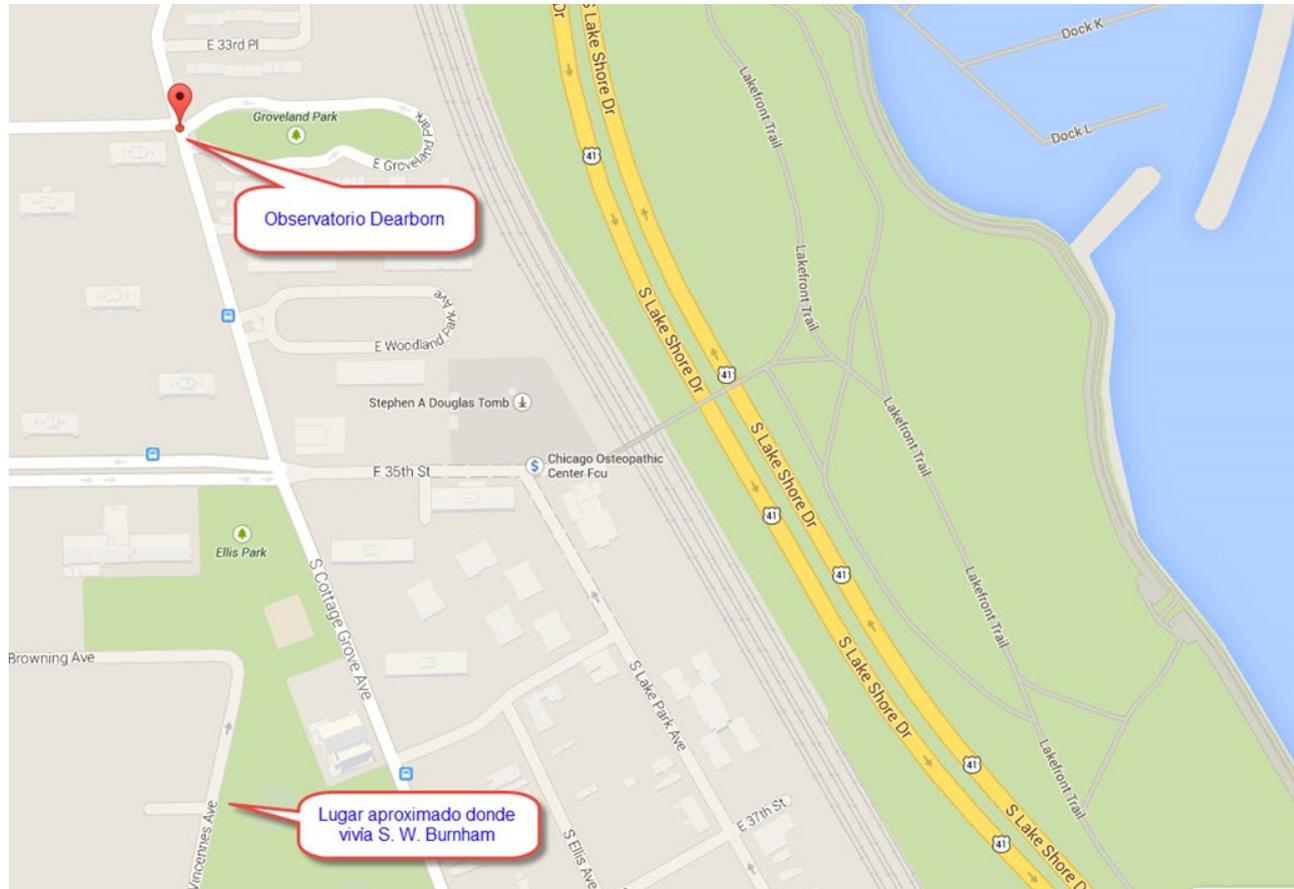


Figura 3. Fragmento del plano de Chicago donde se muestra el lugar donde residió S. W. Burnham tras casarse. El Observatorio Dearborn, situado en la Universidad de Chicago de esa época, estaba a unos 500 metros en línea recta. Al este se observa el impresionante Lago Michigan (¡¡En esta zona poseía unos 73 Km de ancho!!).

El 24 de marzo de 1868 se casó con Miss Mary Cleland⁴ y fue su esposa para toda su vida. Se establecieron en Chicago, en la Avenida Vincennes, 52, cerca de la calle 36 Este⁵. De este matrimonio nacieron nada más y nada menos que ¡6 hijos!

Mary Cleland Burnham debió ser una mujer entrañable. Así la describe el Barón Dembowski:

“Uno solo puede mencionar con el más profundo respeto el nombre de Mrs. Burnham. Ciertamente, en la elección de su pareja, Mr. Burnham fue afortunado. ¡Nunca existió una mujer más devota, amante de su hogar, empática y compasiva! No sólo fue su compasión y amor maternal comprometido con su propia familia, sino que se extendía también a todos los que ella conocía. Una mujer dulce, amable y paciente, cuyo corazón derrochaba simpatía y amabilidad con todos”.

Nuestro astrónomo vivía a unos 500 metros en

⁴Podéis acceder a él desde la web de la Librería del Congreso (a través de Google Books): <https://archive.org/details/celestialobject02webbgoog>.

⁵Nació en Brockville (Canada) en 1843 de padres con origen Irlandés (Belfast). Tras casarse pasó a llamarse Mary Cleland Burnham. Falleció el 14 de Octubre de 1927 en Chicago a la edad de 84 años. El entierro tuvo lugar tres días más tarde. Actualmente la zona aparece bastante libre de edificaciones, hacia un lado el parque Ellis y hacia el otro unos solares sin construir. Por tanto, desgraciadamente, la casa de S. W. Burnham ya no existe.

línea recta del Observatorio Dearborn (ver figura 3), construido un año antes. ¿Fue casualidad? ¿Fue una decisión premeditada?

Dos meses después de casarse, en mayo de 1868, nació su primer hijo Augustus John Burnham. Cómo las cuentas no salen, si las fechas son correctas sólo cabe una explicación, Mary Cleland Burnham se casó embarazada. Hoy en día esto no es ningún drama, pero en esa época supongo que no sentaría bien al entorno familiar. En estos momentos, en casa de los Burnham vivía también una irlandesa llamada Mary O'Connor y probablemente fuera una sirvienta.

3. Su primer telescopio de 6 pulgadas.

La cercanía del Observatorio Dearborn quizá le animó a obtener un telescopio propio que le fuera de gran utilidad en sus observaciones astronómicas. En 1869 el famoso constructor de lentes Alvan Clark llegó desde Massachusetts a Chicago procedente de una expedición para observar el eclipse total de Sol del 7 de agosto de ese año. Nuestro astrónomo solía visitar la biblioteca del observatorio y se las ingenió para organizar un encuentro con Alvan Clark. Después de consultar con Clark finalmente le encargó un telescopio de 6 pulgadas por el que pagó 800 dólares de la época. La única condición impuesta fue que el telescopio debía hacer todo lo que una lente de 6 pulgadas pudiera conseguir. En palabras del propio Burnham: “... le dije lo que yo quería y para qué lo quería. Cada detalle fue dejado a su juicio, teniendo en cuenta que su definición debería ser tan perfecta como pudiera conseguir y que debería hacer ante las estrellas dobles lo máximo que un instrumental de esa abertura pudiera

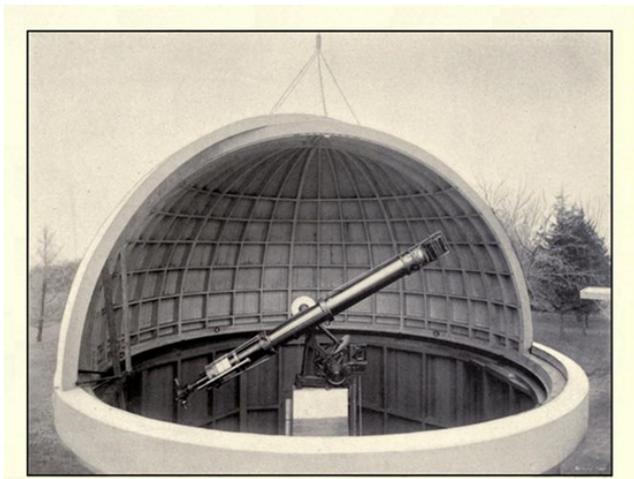


Figura 4. Telescopio de 6 pulgadas de S. W. Burnham en el observatorio de Washburn (Universidad de Wisconsin). Créditos: <http://neilenglish.net/s-w-burnham-a-life-behind-the-eyepiece/>

hacer. [...] Mi atención por alguna razón u otra, la cual soy incapaz de explicar, casi exclusivamente se había dirigido hacia las estrellas dobles que previamente observé con el telescopio más pequeño". Una imagen del telescopio la tenemos en la figura 4.

En 1870, con 32 años, le fue entregado el telescopio y Burnham lo colocó en el jardín trasero de su casa, en el interior de una cúpula, la cual fue apodada por sus vecinos –de forma jocosa– “caja de queso” por su parecido. El astrónomo tenía una pasión desbordada por la astronomía. Después de su jornada laboral, Burnham observaba durante CADA noche despejada en busca de dobles sin descubrir. Su vitalidad debió ser encomiable ya que su trabajo durante el día era arduo y conllevaba una tensión no pequeña en sus ojos. Eso no le impedía observar durante TODA la noche como si no tuviera compromisos profesionales de día. ¿Cuándo dormía este hombre?

Su primera doble fue descubierta el 27 de abril de 1870 y tiempo después fue catalogada como $\beta 40^6$, localizándose a unos 52 minutos de arco de la estrella 12 de Escorpio. Durante los siguientes 7 años, Burnham sólo utilizó su telescopio de 6 pulgadas.

Por esta época había un sentimiento general entre los astrónomos que les hacía pensar que el campo de descubrimiento de estrellas dobles había sido agotado por los astrónomos europeos William y John Herschel, así como por W. y Otto Struve. Pronto un astrónomo amateur usan-

⁶Si fue la primera binaria descubierta por Burnham ¿por qué llevaba el nombre BU 40? Burnham publicó en 1872 una lista de 81 estrellas dobles descubierta entre 1870 y 1872, las cuales ordenó por ascensión recta y numeró del 1 al 81. Esta primera doble se encontraba en las 16 horas de Ascensión Recta y ocupó la entrada número 40 en el catálogo.

⁷Hoy en día el observatorio recibe el nombre de Shattack Observatory.

⁸En esta época solo existían varias revistas astronómicas profesionales donde publicar: *Nature*, la alemana *Astronomische Nachrichten* y las publicaciones de la *Royal Astronomical Society* (MNRAS y otras).

do su pequeño telescopio demostrará que estaban equivocados. Ese astrónomo fue S. W. Burnham.

Así, casi a la sombra del mayor refractor del mundo, en 1870, comenzó a observar con su modesto equipo con enorme entusiasmo, permaneciendo junto a él “hasta que la luz del día le llevaba a la cama”. Sus observaciones las hacía junto con una copia de la primera edición de libro “*Celestial Objects for Common Telescopes*. A juzgar por el trabajo realizado, pronto fue su pequeño telescopio el que proyectó una sombra sobre el telescopio más grande. Y gracias a su agudeza visual y a la perfección de su telescopio, descubrió alrededor de 451 estrellas dobles, algunas de las cuales eran objetos difíciles para telescopios mayores. No es del todo improbable que la gran fama de los Clark tuviera su origen en el trabajo de S. W. Burnham con el telescopio de 6 pulgadas, aunque parece que Dawes había sido el primero al que le llamó la atención el notable poder de definición de las lentes de los citados fabricantes. En manos de Burnham, el telescopio aumentó su reputación ya que lo sometía a duras pruebas con binarias cerradas.

Aunque con montura ecuatorial, el 6 pulgadas al principio no tenía reloj de seguimiento. El ingenio de Burnham, sin embargo, pronto salvó esta dificultad. Alrededor del eje polar enrolló una cuerda sobre el extremo de la cual había una pesada pesa descansando en un contenedor lleno con arena que se vaciaba a través de una abertura en el fondo. Tras regularlo adecuadamente su telescopio seguiría las estrellas.

En 1872 los Clark estaban construyendo la lente de 26 pulgadas para el refractor del Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO) en Washington. Superaría en abertura al hasta entonces telescopio de 25 pulgadas de Mr. Newhall (Inglaterra) [*The Democratic press.*, May 30, 1872]. Ese mismo año, cuando Augustus tenía casi 4 años, un nuevo hermano llegó al mundo el 9 de enero. Se llamará Raymond Burnham. El día anterior nuestro astrónomo estaba observando con el telescopio y descubrió BU 10 y BU 20. Aunque a su favor hay que decir que estaba observando en el jardín de su casa y que tenía una sirvienta irlandesa llamada Mary O'Connor que podría avisarle si su mujer se ponía de parto.

A finales de agosto estuvo observando con el recién construido telescopio de 9,4 pulgadas del Observatorio Dartmouth⁷ perteneciente a la Universidad y situado en Hannover. Esta población está situada a unos 15 Km al Sur de Thetford. Seguramente nuestro astrónomo estaría de vacaciones, visitando a sus padres en su pueblo natal y presentando a su segundo hijo Raymond con unos ocho meses de vida.

Este mismo año Burnham reportó el descubrimiento de nuevas estrellas dobles en la revista *Astronomy Reports*⁸ (figura 5). Es la revista de astronomía amateur más antigua del Gran Bretaña que publicó artículos entre 1863 y 1886. En total fueron 12 pequeñas contribuciones de como mucho una página. Aunque poco después se comprobó que algunas de estas dobles ya existían. Quizá con esos primeros descubrimientos con su telescopio de 6 pulgadas, empezaron a conocer su agudeza visual y las exce-

NEW DOUBLE STAR, 6 SERPENTIS.

A few evenings since I discovered the existence of a close companion to 6 Serpentis with my 6-inch Alvan Clark refractor. This star is not included in any of the catalogues of double stars I have, and was certainly missed by the Struves. The magnitude of the companion is about the same as the companion to 5 Serpentis (10 of Struve's scale), and the distance I estimate about 3". It is not a difficult object with a six-inch aperture. The place of the star 600,870 is R.A. 15h. 14m. 25s. ; N. 1° 11'. I hope astronomers will observe this fine pair, and report results with measurements or otherwise.

S. W. BURNHAM.

Chicago : June 20th.

Figura 5. Publicación de su primera estrella doble en la revista Astronomy Reports en 1873.

lencias de su instrumento. Así lo comenta en una nota el astrónomo George Hunt.

3.1 Primeros catálogos de Estrellas Dobles.

En 1873 y 1874 la Royal Astronomical Society publicó en su prestigiosa revista británica Monthly Notices (MNRAS), cinco listas de estrellas dobles descubiertas por S. W. Burnham. Fueron sus primeros trabajos publicados en una revista profesional. MNRAS empezó a editarse en 1827 y a día de hoy es una de las revistas profesionales en el campo de la astronomía y la astrofísica más reputadas a nivel mundial.

En marzo de 1873 Burnham envió su primer catálogo importante con 81 nuevas dobles⁹ (figura 6). Al principio nuestro astrónomo no contaba con micrómetro y tuvo que estimar los ángulos y distancias, a excepción de unas pocas dobles que fueron medidas por George Knott. Burnham consultó sus hallazgos en múltiples catálogos de la época (los cuales sumaban unas 8000 diferentes estrellas dobles) para confirmar que eran dobles no descubiertas con anterioridad.

El segundo catálogo de dobles se publicó sólo dos meses después conteniendo 23 nuevos pares. A finales de 1873 publicó su tercer catálogo con 76 nuevas parejas. En esta ocasión Burnham limitaba sus descubrimientos a separaciones de hasta 10 segundos de arco y estrellas hasta la 9 magnitud, si bien en algunos casos hacía excepciones a esta regla (compañeras de estrellas brillantes, nuevas componentes de dobles famosas ya existentes, etc.). Estos descubrimientos provocaron el reconocimiento del mismísimo reverendo T. W. Webb, el famoso astrónomo británico autor de uno de los libros que leía Burnham:

⁹Todos los trabajos de Burnham (y los de cualquier otro autor) pueden consultarse desde la web http://cdsads.u-strasbg.fr/abstract_service.html.

¹⁰Fue el mismo director del observatorio, T. H. Saddorf, quien poco antes le permitió acceder al telescopio para que desarrollara su afición por las estrellas dobles.

“lo que usted ya ha hecho es de largo más de lo que cualquier hombre en vida ha conseguido y su importante posición como astrónomo está totalmente asegurada”.

Aunque antes de este texto el reverendo le comentó que le sería imposible seguir con ese ritmo de descubrimientos porque las estrellas dobles del cielo no son inagotables. Burnham descubrió unas 1000 dobles más. Sin comentarios...

En esta época Burnham aún no accedía al telescopio del Observatorio Dearborn. Éste se encontraba en una penosa situación tras el gran incendio de Chicago del 8 de octubre de 1871 y la mala situación financiera de 1873. Pero Burnham y un aparentemente ingenuo periodista salvaron la situación del observatorio gracias al artículo de prensa del periódico "*Chicago Daily Tribune*" el 4 de mayo de 1873 (figura 7). En este artículo se da cuenta de la lamentable situación del observatorio y lo comparan con los éxitos observacionales de un joven aficionado de 35 años llamado S. W. Burnham usando un pequeño telescopio de 6 pulgadas. El resultado de esta nota de prensa fue la recaudación de fondos económicos que permitieron restaurar el instrumental del observatorio.

En 1874 publicó su cuarto y quinto catálogo de nuevas estrellas dobles. En el cuarto catálogo da a conocer 47 nuevas dobles descubiertas con el telescopio de 6 pulgadas con la única excepción de τ Orionis que se descubrió con el refractor de 18,5 pulgadas del Observatorio de Dearborn el 22 de diciembre de 1873¹⁰. Burnham midió la mayoría de los ángulos de posición y algunos valores fueron estimados. Al no disponer de seguimiento en el telescopio, las distancias tienen menor precisión. La mayoría de las dobles tienen separaciones inferiores a los 2”.

No nos debe extrañar que ya tuviera acceso al gran Observatorio de Dearborn. Sabemos que pocos meses después de su llegada a Chicago visitaba con asiduidad la biblioteca del observatorio. No es raro suponer que lograra contactar con astrónomos que sí tenían acceso habitual al observatorio. Y de ahí a que le dejaran subir de manera esporádica, hay un paso.

Catalogue of 81 Double Stars, discovered with a 6-inch Alvan Clark Refractor. By S. W. Burnham, Chicago, U.S.A.

It is believed that the stars enumerated in the accompanying list have been hitherto unknown as double stars, as they are not found noted in the numerous catalogues and publications relating to this subject. With a single exception they were discovered with a 6-inch Alvan Clark refractor, and but three or four of them have been seen by me with any other instrument. The position angles and distances are estimated, except in the few instances where measures have been made by George Knott, Esq.,

Figura 6. En 1873 Burnham publica su primer trabajo en una revista profesional. Fue su primer catálogo de estrellas dobles, publicado en el *journal* MNRAS.

The March number of the "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" (Great Britain) contains a catalogue of eighty-one double stars, discovered with a 6-inch refracting telescope, by Mr. S. W. Burnham, of this city; the result of several months of labor in scanning the sky.

It is particularly worthy of notice that this important contribution to scientific knowledge has not been made by the aid of the 18½-inch equatorial telescope now rusting in the Dearborn Observatory. That magnificent instrument, the best on this continent, and having only two superiors in the known world, is unused and practically unusable. The dome that protects it from the rain is also an efficient protector from observation, as it cannot be operated so as to allow the telescope to be pointed upon a desired star; and there has not been a dollar in the treasury of the Astronomical Society since the fire. It is simply a disgrace to the city that the Dearborn telescope should remain in its present condition.

Figura 7. Artículo donde un periodista resalta los descubrimientos de Burnham en contraste con el ruinoso estado del telescopio del Observatorio Dearborn (el tercero más grande del mundo en ese momento). Crédito: *Chicago daily tribune*. (Chicago, Ill.), 04 May 1873. *Chronicling America: Historic American Newspapers*. Lib. of Congress. <<http://chroniclingamerica.loc.gov/lccn/sn84031492/1873-05-04/ed-1/seq-8/>>

El trabajo de Burnham era de tal calidad que el reverendo Webb, conocido astrónomo británico propuso a Burnham como miembro de la *Royal Astronomical Society*, nombramiento que se publicó el 13 de noviembre de este año. Fue el primer reconocimiento serio al inmenso trabajo realizado.

3.2. Su quinto catálogo de estrellas dobles.

En octubre de 1874, publicó su quinto catálogo con 71 nuevas estrellas dobles. Al contrario que los anteriores listados, en este, las nuevas dobles publicadas no fueron descubiertas solamente, o casi, con su telescopio de 6". En agosto y septiembre de 1874 fue de vacaciones desde su casa en Chicago a su pueblo natal, Thetford, y se desvió en el camino para ir a Washington (hoy en día unas 18 horas en tren desde Chicago), permaneciendo unos días allí ya que gracias a la cortesía de Almirante Davis, Superintendente del Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO), tuvo el placer de usar el impresionante refractor de 26 pulgadas, colocado por Alvan Clark sólo un año antes. Fue el mayor refractor del mundo durante una década (¡imagínate que un amateur tuviera acceso al mayor telescopio del mundo!). Tuvo solamente una noche de buena calidad, la noche del 10 al 11 de agosto, y las 14 nuevas dobles del catálogo, observadas con el 26", fueron de esa misma noche (las nuevas dobles iban desde la BU 286 hasta la BU 300). Esa noche fue recibido por E. S. Holden (profesor de matemáticas en el USNO). Burnham se ganó su estima, quien en el futuro llegó a ser el primer director del Observatorio de Lick. También encontró varios pares igualmente interesantes, pero no pudo confirmarlos posteriormente con telescopios más pequeños. Burnham encontró este gran telescopio perfecto para el trabajo con las estrellas dobles. Irónicamente, a pesar de su corta estancia, fue el primero en descubrir estrellas dobles desde el USNO, que en esta época se centraba más en volver a medir pares ya existentes (figura 8).

Burnham, tras su estancia en Washington, continuó su viaje de vacaciones a Thetford donde le esperaban sus padres (de 61 y 63 años de edad) y posiblemente su hermana Lucy¹¹, de ocupación profesora y que vivía con su esposo. Desde el pueblo, cuando el viento soplaba adecuadamente, podía escuchar débilmente las campanas de la

¹¹No está claro si su hermana Lucy vivía en Thetford por esas fechas, pero es probable ya que en el Censo USA de 1880, seis años después, sí que vivía en Thetford con su esposo y sus padres.

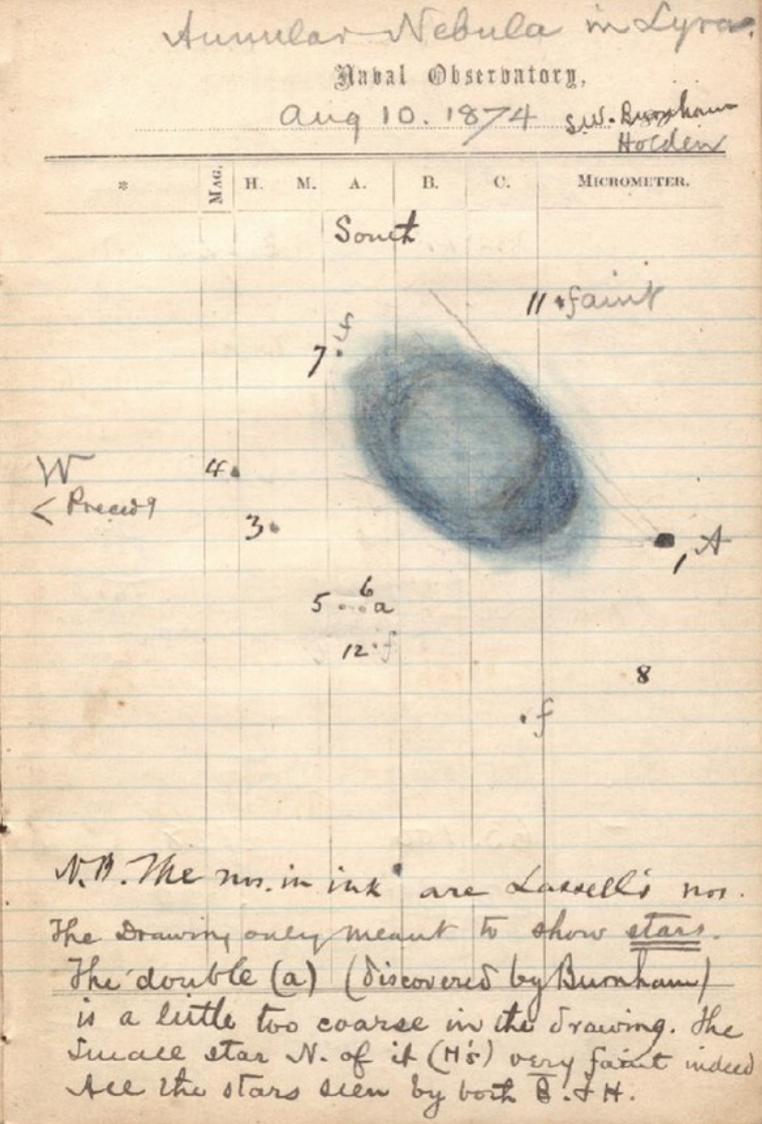


Figura 8. Descubrimiento del sistema BU 293 en el registro de observaciones del telescopio de 26" en Washington. El par está cerca de la nebulosa de la Lira. Crédito: http://ad.usno.navy.mil/wds/ds_history_text.html

capilla de la Universidad de Dartmouth (situada en la población de Hanover, unos 15 Km al sur de Thetford). Allí se encontraba el Observatorio de la Universidad y Charles Augustus Young (profesor de astronomía) antes de su viaje a China para ver el tránsito de Venus, "puso el refractor de 9,4 pulgadas (24 cm) del Observatorio de la Universidad de Dartmouth, a su disposición". Entre el 27 de agosto y 27 de septiembre, Burnham estuvo 10 noches observando con el telescopio de 9,4 pulgadas fabricado por Alvan Clark dos años antes. Estas observaciones se incluyeron en su quinto catálogo de estrellas dobles. Es en su publicación donde hace público muy orgulloso la colaboración del excelente y famoso doblista Barón Dembowsky que mediría las dobles descubiertas por Burnham desde Gallarate (Italia) usando un telescopio de 16 cm. Recordemos que Burnham, aunque usaba su micrómetro en el instrumento de 6 pulgadas, no tenía seguimiento del cielo por lo que no podía medir las distancias angulares con precisión. Él era consciente de esta limitación y reconocía con humildad que sus mediciones eran de poco valor hasta que fueran medidas por un observador experto.

Al lado de su casa de Chicago, en junio y julio estuvo ocasionalmente observando varias noches con el refractor de 18,5 pulgadas del Observatorio Dearborn donde descubrió varias estrellas dobles (de BU282 a BU285). Este instrumento estuvo prácticamente sin utilizar durante

algunos años por problemas con la cúpula y su compuerta.

Mientras tanto, el 21 de junio de 1874 el periódico *The New York Times* comenta que S. W. Burnham fue el primer estadounidense en observar con su telescopio de 6 pulgadas (la cúpula del Observatorio Dearborn estaba en reparación) el Nuevo Cometa. Mientras tanto, en esa época, el señor Lick, de San Francisco, donaba un millón de dólares para una institución astronómica superior incluso al USNO, a construir en el sitio más adecuado del oeste de los Estados Unidos.

Como ya comentamos, el Barón Dembowsky medía sus descubrimientos con el 6 pulgadas. Una estrecha amistad surgió y Burnham comenta que su crítica generosa y su genial entusiasmo, fue siempre una inspiración para él. Por tanto Burnham resultó también una inspiración para los jóvenes estudiantes a las estrellas dobles a los que él asistía.

3.3. El sexto y séptimo catálogo de estrellas dobles.

En 1875 y 1876 publicó, esta vez en la revista alemana *Astronomische Nachrichten (AN)*, 136 nuevas estrellas dobles en su sexto y séptimo catálogo.

A finales de 1874, Mary Cleland Burnham, la santa señora de nuestro astrónomo, se quedó embarazada (la tercera vez) de su tercer retoño, dando a luz el 28 de agosto de 1875. La casualidad de la vida quiso que la mujer de uno de los más grandes observadores de estrellas dobles tuviera un parto ... ¡doble! Sí señores, ¡Mr. y Mrs Burnham tuvieron mellizas! Se llamarían Lida y Marion y serán las compañeras de juego de sus hermanos Augustus (de 7 años) y Raymond (de 3 años)¹².

Durante la primera mitad de 1875, Burnham publicó en la revista AN, pequeñas notas sobre ciertas estrellas dobles y el descubrimiento de una compañera de la estrella β Leporis. Finalmente, en noviembre, publica su sexto catálogo que contenía 90 nuevas estrellas dobles descubiertas con el telescopio de 6 pulgadas. Como en otras listas, Burnham adoptaba 10 segundos de arco de separación como límite estándar, aunque en ocasiones, por diversos motivos, registraba pares más separados.

En mayo de 1876, entre otras cosas, publicó en la revista *MNRAS* un catálogo de estrellas dobles rojas. En agosto de 1876 la revista alemana *AN* publica el séptimo catálogo conteniendo 44 nuevas estrellas dobles. En esta ocasión, para muchas de ellas, las medidas del Barón Dembowski figuran en este catálogo.

Otto Struve, en una carta dirigida a Mr. Burnham, dijo que él había dedicado 40 años de su vida a la observación y estudio entusiasta de estrellas dobles y cito textualmente un comentario de Otto a Burnham: "Yo pien-

¹¹Una de las cosas que tengo en común con S. W. Burnham es precisamente esta, ya que también yo soy padre de mellizos. Por tanto el mundo "doble" nos rodea.



Observatorio Shattuck de la Universidad de Dartmouth

En 1854 gracias a la donación de 7000 dólares del Dr. George C. Shattuck, se construyó este observatorio, que llevó su nombre, en la ciudad de Hanover. El edificio del observatorio es el más antiguo del campus de la Universidad de Dartmouth. Hoy en día tiene acceso público a los estudiantes de su universidad y realizan observaciones públicas. S. W. Burnham aprovechaba las visitas que realizaba a sus padres, para observar en este observatorio.

Figura 9. Shattuck observatory. Credito: http://collegeapps.about.com/od/phototours/ss/dartmouth-college-photo-tour_8.htm

so en lo que tú has hecho en tan poco tiempo, y estoy casi avergonzado de mi propia labor”.

M. Angot, uno de los astrónomos franceses que fueron enviados a las islas del Océano Pacífico para observar el tránsito de Venus, regresó por los Estados Unidos, bajo instrucciones de su Gobernante, para visitar, e informar de los instrumentos y trabajos de los observatorios americanos, informe que Angot publicó nada más llegar a París. M. Angot estuvo muy interesado en el pequeño observatorio de Burnham y dijo que nunca había visto uno donde tan importantes resultados se habían llevado a cabo con tan pequeño y económico instrumental. Angot no encontró reloj sidéreo, ni instrumentos de tránsito; nada, sólo un telescopio de 6 pulgadas montado ecuatorialmente sobre un robusto pilar de madera. El telescopio no tenía reloj de seguimiento para seguir la rotación de la Tierra y describe el ingenio de Burnham para sustituir este reloj de seguimiento.

A finales de 1876 fue nombrado director (sin cobrar salario) del Observatorio de Dearborn (cargo que mantuvo hasta el 6 de mayo de 1879. Así lo comenta el periódico de Pennsylvania “*Juniata sentinel and Republican*” editado el 1 de noviembre de 1876 (figura 10):

—Mr. M. S. W. Burnham, one of our few astronomers who have a European reputation, has been appointed director of the Dearborn University at Chicago.

Figura 10. “El señor S. W. Burnham, uno de nuestros pocos astrónomos que tienen reputación europea, ha sido nombrado director de la Universidad de Dearborn en Chicago.”

3.4. El noveno catálogo de estrellas dobles.

El mismo astrónomo Flammarion, el verano de 1877, antes de publicar una importante obra, le envió unas prue-

bas para que Burnham las corrigiera diciéndole:

“antes de publicarlo, yo envió las pruebas para su corrección y revisión a quien el mundo científico ahora coloca como líder de este departamento de astronomía sideral”.

Las pruebas fueron corregidas y un gran número de nuevas medidas y nuevos sistemas en movimiento fueron añadidos. Hecho que el astrónomo francés le agradeció efusivamente.

El 16 de octubre de 1877, su hija (cuarto descendiente) Grace Dorothy Burnham vino al mundo (figura 11). Semanas después nuestro astrónomo firma el noveno catálogo de estrellas dobles y en diciembre la revista



Figura 11. Fotografía tomada por nuestro astrónomo, posiblemente de su hija Grace ya que la fotografía se incluyó en un álbum personal de Burnham de 1881. Crédito: Lick Observatory Records. University of California, Santa Cruz. McHenry Library, Special Collections.

THE REPORTED THIRD MOON.
 It will be remembered that Dr. Henry Draper, who has a private observatory at Dobbs' Ferry, on the Hudson river, claims to have discovered, in connection with Professor Holden, a third satellite; the other two discovered by Prof. Hall being distinctly visible at the same time. Prof. Hall, however, searching several nights at the same time with Dr. Draper, has failed to confirm the discovery claimed by the latter. He does not say the third is not there, but simply that he is unable to find it. Mr. S. W. Burnham, a prominent amateur astronomer at Chicago, who has a very superior refractor, reports that he has been unable to find it. Hundreds

Figura 12. El 11 de septiembre de 1877 el periódico "Evening Star" de Washington D. C. se hace eco del posible descubrimiento de un tercer satélite en Marte por el Dr. Henry Draper. Otros astrónomos, incluidos el descubridor de Fobos y Deimos, no pudieron detectarlo. Entre los astrónomos que lo intentaron estaba S. W. Burnham. El periódico presenta así a nuestro astrónomo: "El señor S. W. Burnham, un importante astrónomo amateur en Chicago, que tiene un refractor muy superior, ...".

MNRAS lo publicó. Las nuevas dobles fueron descubiertas con su pequeño telescopio de 6 pulgadas a finales de 1876 y principios de 1877. Durante este periodo la mayor parte del tiempo lo dedicó a la observación de estrellas dobles conocidas y muy poco al descubrimiento de nuevas parejas. En total 29 nuevas parejas (de BU453 a BU482) se listan en este catálogo. Muchas de estas han sido ya observadas desde entonces por el Barón Dembowski y el profesor A. Hall (Observatorio Naval de Washington).

Mientras tanto, ese mismo año nuestro astrónomo publica el descubrimiento de varias estrellas dobles con el refractor de 18,5 pulgadas del Observatorio de Dearborn. Por otro lado la carretera hacia el emplazamiento del futuro Observatorio Lick, en Mt. Hamilton, ha sido terminada¹³. También merece mencionarse un episodio relacionado con un tercer satélite de Marte (figura 12).

4. Los orígenes del Catálogo General de Estrellas Dobles.

Para Burnham, una de las tareas astronómicas más duras de estos años, fue el determinar si cada una de las dobles que él encontraba estaba previamente catalogada o no. Él tenía una gran cantidad de catálogos de diferentes observadores que consultaba para cada doble que observaba. Este arduo trabajo le convenció de la enorme necesidad de disponer de un catálogo único que compilara todas las estrellas dobles visibles desde su hemisferio. La construcción de tal catálogo sería una tarea enorme y formidable para un astrónomo con una gran biblioteca a su disposición. Pero para un amateur que se ganaba la vida en algo ajeno a la astronomía, unas ocho horas al día, durante al menos cinco días a la semana, era una tarea imposible. Burnham posiblemente no se dio cuenta de la magnitud de la tarea cuando la llevó a cabo, pero él era una de esas personas que cuando empieza un trabajo, lo termina. Co-

¹³Periódico *The Emporia News*, del 2 de febrero de 1877.

Precisión de las medidas realizadas con el telescopio de 6 pulgadas

S. W. Burnham a finales de 1875 publicó un trabajo en *Astronomical Register* donde determinó la precisión de sus medidas estimadas (casi no disponía de micrómetro) de distancia y ángulo de posición para sus catálogos de dobles anteriormente publicados. Para ello comparó sus medidas estimadas con las cuidadosas medidas del Barón Dembowski. Dividió las estrellas dobles en dos grupos: con distancias menores de 1" y con distancias entre 1" y 5". El resultado es:

- ☞ Para dobles con distancias menores a 1": errores de 0,11" y 10,2° (binarias usadas: 37 y 38 dobles respectivamente)
- ☞ Para dobles con distancias entre 1" y 5": errores de 0,45" y 8,3° (usadas 84 y 74 dobles respectivamente)

Esta información puede ser útil a la hora de pesar sus medidas realizadas con el telescopio de 6 pulgadas.

menzando con el libro *Celestial Objects* de Webb, lentamente compiló un catálogo manuscrito de todas las dobles conocidas hasta los 121 grados del Polo Norte, con detalles de todas las medidas, magnitudes y referencias a catálogos para cada estrella. Cerrar los ojos y pensar por un momento lo que suponía tal inmenso trabajo. ¡No tengo palabras! Burnham completó estos datos a partir de correspondencias con astrónomos y visitas personales al Observatorio Naval, al Observatorio de la Universidad de Dartmouth (a 15 Km de su pueblo natal) así como al cercano Observatorio Washburn en Madison (al que asistía los fines de semanas) y por supuesto al Observatorio Dearborn (en Chicago).

Este catálogo de estrellas dobles fue un trabajo monumental, pero los esfuerzos de Burnham por publicarlos fueron realmente frustrantes y minaron seriamente su ilusión por la astronomía. Por sugerencias del profesor E. S. Holden, del Observatorio Naval, primero envió el catálogo manuscrito al Smithsonian Institution donde no aceptaron su publicación. Tanto Holden como Simon Newcomb (matemático del Observatorio Naval) quedaron impresionados por el proyecto de Burnham y en 1874 (el mismo año en el que estuvo allí observando) convencieron al Superintendente del Observatorio Naval para imprimirlo en uno de los apéndices de las publicaciones de ese observatorio. Cuando el departamento de impresión tenía ya terminada la plantilla de metal para las primeras 7 horas de ascensión recta, algunos miembros del Observatorio Naval persuadieron al Superintendente de que la impresión debía ser cancelada y la plancha destruida. Burnham fue capaz de salvar sólo unas pocas hojas de la impresión de prueba.



Figura 13. (Arriba) Telescopio refractor de 18,5" del Observatorio Dearborn cuando estaba expuesto en el planetario Alder de Chicago en 1933. Fotografía obtenida de la publicación "The Conservation of the Historic Dearborn Telescope" (Craig Deller, The Deller Conservation Group, Ltd., Geneva, Illinois).

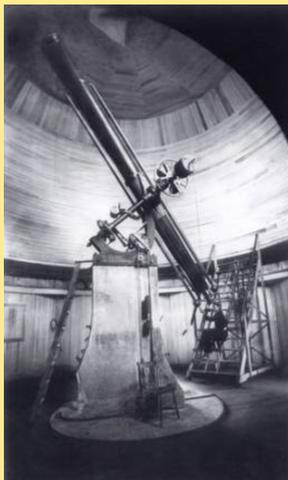


Figura 14. (Izquierda) Telescopio de 18,5" del Observatorio Dearborn. S. W. Burnham está a sus pies observando estrellas dobles. Crédito: Digital Collections (Santa Cruz University of California) of Lick Observatory Records II.

5. Observaciones desde el Observatorio Dearborn.

En 1877 algunos miembros de la Sociedad Astronómica de Chicago oyeron que a dos manzanas del Observatorio Dearborn residía una persona que sabía algo sobre astronomía. Así que le ofrecieron las llaves del observatorio y el uso de su instrumento. A partir del mes de julio, Burnham abandonó su "caja de queso" y realizó trabajos constantes con el gran refractor ecuatorial de 18,5 pulgadas de diámetro, el cual era uno de los más grandes del mundo en esa época. A pesar de que el clima fue muy desfavorable, Mr. Burnham descubrió otros 160 pares e hizo más de 500 medidas de estrellas dobles y triples difi-

ciles.

Entre los años 1877-1881 y 1882-1884 S. W. Burnham tuvo acceso de forma oficial al gran telescopio refractor de 18,5 pulgadas del Observatorio Dearborn. En esa época estaba situado en una torre anexa a la antigua Universidad de Chicago (ver figura 3).

El 22 de marzo de 1878 en el periódico de la población de Burlington, en el estado de Vermont (*Burlington Weekly Free Press*) se publica un artículo dedicado a S. W. Burnham¹⁴. El artículo es titulado "*A Native Vermonter Among the Stars*". Al parecer difícilmente ningún ciudadano de Chicago le conocía excepto como un reportero de ley; y cuando le asignaron el uso del gran telescopio de Dearborn, el Presidente de la Sociedad Astronómica de Chicago preguntó, "¿Quién es Mr. Burnham?" Parece ser que le conocía desde hacía diez años como un reportero en el Congreso, pero nunca había sos-

¹⁴Web del artículo dentro de la librería del Congreso de los Estados Unidos, <https://chroniclingamerica.loc.gov/lccn/sn86072143/1878-03-22/ed-1/seq-2/>

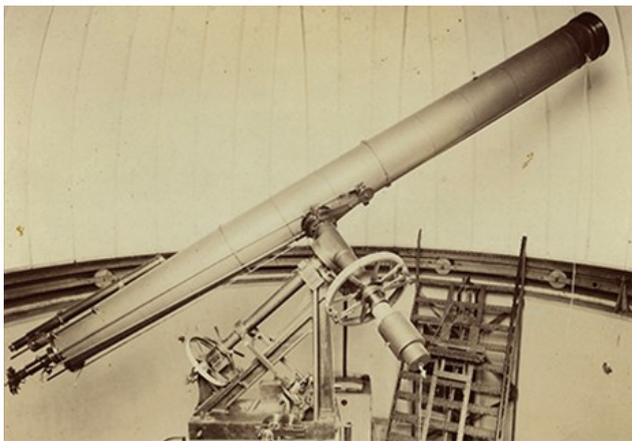


Figura 15. Telescopio refractor de 15,5 pulgadas del Observatorio Washburn. Crédito: <http://www.astro.wisc.edu/about-us/departament-history/>

pechado que él supiera algo sobre astronomía. En esa nota de prensa admiraban su trabajo destacando los importantes y numerosos contactos que Burnham tenía en Europa y ensalzando sus relevantes trabajos en estrellas dobles. Terminaba el escrito remarcando que con 40 años Burnham acumulaba más descubrimientos que cualquier persona viva y se lamentaban de lo poco reconocida que era su labor en Estados Unidos, al contrario que en Europa.

Este mismo año, la Universidad de Yale reconoció su trabajo dándole el grado honorario de A. M. (del latín “artium magister”; Maestro de Artes). El 22 de julio, fue el jefe de una expedición para ver el eclipse en el estado de Colorado.

Mientras observaba la estrella 53 Virginis, descubrió la galaxia NGC 4997 a dos minutos al este de una estrella de magnitud $V = 6,8$ (HD 114268). En junio, publica en MNRAS una breve lista de 9 nuevos pares descubiertos con el telescopio de 18,5” del Observatorio Dearborn.

En noviembre publicó en la misma revista el primer trabajo realizado íntegramente en el Observatorio de Dearborn, entre el 22 de julio de 1877 y el 15 de octubre de 1878. Este fue su décimo catálogo y se reportaban sus dobles desde la BU483 a la BU733.

En 1879 fue requerido para estudiar las condiciones atmosféricas de Monte Hamilton, lugar de emplazamiento del futuro Observatorio Lick. En diciembre, la *Royal Astronomical Society* le publicó en el Volumen 44 de la revista MNRAS, en Londres, una lista de 251 nuevas estrellas dobles descubiertas desde el Observatorio Dear-

¹⁵*The Observatory* es uno de los *journals* astronómicos de nivel mixto profesional-amateur activos actualmente. Nació en 1877 desde el Real Observatorio de Greenwich (Reino Unido). Publicar en sus páginas no tiene coste ninguno. No tiene un índice de impacto tan alto como otras (AJ, ApJ, A&A, MNRAS) pero es una digna publicación a tener en cuenta.

¹⁶Actualmente en coche se necesitan cerca de tres horas para llegar desde Chicago a Madison. En 1882 Burnham viajaría en tren (¡había cantidad de líneas férreas en esa época!), seguramente en la línea ferroviaria Chicago and North Western, por lo que imagino le suponía un viaje de bastantes horas.

born, más mediciones de otras 250 dobles. Eran objetos visibles a simple vista y la mayoría de ellos objetos importantes. En el catálogo da los resultados medios de sus medidas, que eran de unas tres noches de observación.

En 1880 tenía 52 años y vivía con su esposa y sus cuatro hijos. También está en la casa Catharine Mc Auliffe de Irlanda. Este año publicó numerosas notas y algún artículo, estrenándose en el *journal The Observatory*¹⁵ nacido tres años antes. En junio de este año publicó un extenso trabajo donde analizaba las mediciones de estrellas dobles del Catálogo de Bedford, realizadas por el Almirante Smyth. A finales de 1880 publicó por primera vez en la prestigiosa revista *Science* y también por primera vez el artículo no lo escribió en solitario. No tenemos acceso a este artículo, sólo sabemos que se titula *Astronomy*.

El año 1881 fue el del Gran Cometa (el primero en ser fotografiado y estudiado). Apareció de repente el 6 de julio de 1881 y por supuesto el Observatorio de Dearborn se vio implicado en su estudio. El Gran Cometa parece que anunciara una gran noticia en casa de los Burnham y unas semanas después, el 24 de julio, nacería en Chicago su sexto y último hijo. Se llamaría Harold Cleland Burnham. Por cierto, el nombre como es habitual en Estados Unidos, está formado por el nombre compuesto (nombre propio más el apellido de la madre) y el apellido es el del padre.

El astrónomo E. S. Holden, meses antes había tomado posesión de la dirección del Observatorio Washburn, situado en la Universidad del Estado de Wisconsin, concretamente en el campus de la ciudad de Madison¹⁶.

Una de las primeras cosas que hizo Holden fue invitar a su amigo Burnham en Madison. Lo cual dice mucho de la amistad y reconocimiento que sentía por Burnham y su trabajo. Nuestro astrónomo sirvió durante 5 meses (entre el 23 de abril y 30 de septiembre) como astrónomo de plantilla en este observatorio utilizando el telescopio de 15,5 pulgadas, construido por Alvan Clark, y que se terminó de montar en la primavera de 1881. Este telescopio era el tercero más grande de los Estados Unidos (después del telescopio de 26 pulgadas del USNO y del de 18 pulgadas del Observatorio Dearborn). En ese tiempo Burnham descubrió y midió 88 estrellas dobles y también midió un buen número de estrellas dobles ya existentes y que necesitaban de más mediciones. El famoso telescopio de 6 pulgadas, propiedad de Burnham, formó parte del instrumental del Observatorio. Holden no había olvidado el intento fallido de publicación del catálogo de dobles de Burnham en el Observatorio Naval y una de sus intenciones al contratarle, era pedirle que completara el catálogo y lo publicara. Las condiciones para su impresión fueron bastante pobres en Madison, sin embargo tanto Holden como Burnham estuvieron de acuerdo en abandonar el plan de publicarlo allí y el puesto de astrónomo de Burnham finalizó.

Durante su estancia en el Observatorio de Washburn, Burnham realizó varios trabajos donde detallaba observaciones de nebulosas y estrellas dobles. También aparecían las 88 nuevas estrellas dobles que descubriera desde el observatorio entre el 23 de abril y el 30 de sep-

El Observatorio de Washburn de la Universidad de Wisconsin

El Observatorio Washburn está situado en el campus de la Universidad de Wisconsin, Madison. Fue construido en 1881 (comenzando su obra en 1878) y fue un importante centro de investigación durante 50 años. Hoy en día el edificio del observatorio tiene otro uso si bien el telescopio refractor de 15,6" sigue utilizándose por los estudiantes de astronomía. Éste telescopio fue el tercero más grande de los Estados Unidos y fue el principal telescopio del observatorio durante 80 años.

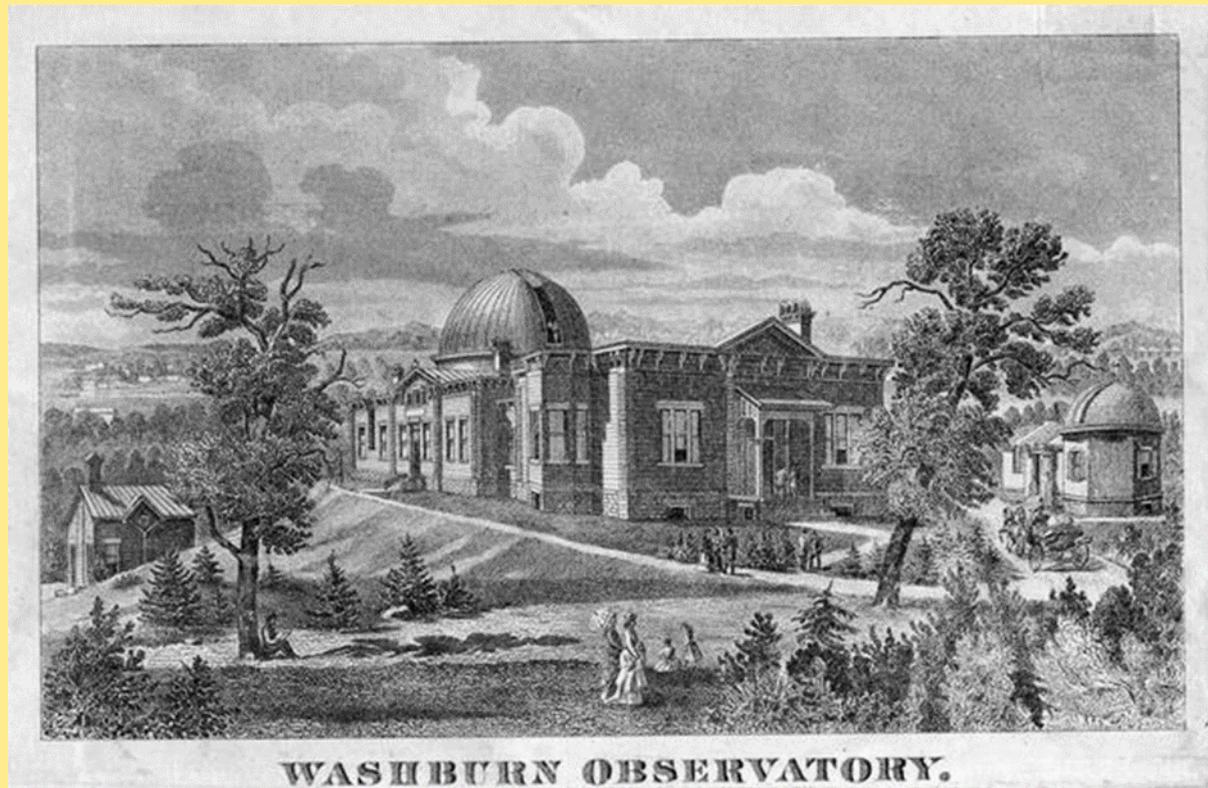


Figura 16. Dibujo del Observatorio de Washburn en 1880, supuestamente antes de la instalación del telescopio de 15,5". Crédito: Wisconsin Blue Book (escrito por James E. Heg en 1885).



Figura 17 (izquierda). Elizabeth Schofield, ayudante y calculadora. Una de las muchas mujeres que trabajaron en el observatorio (1882-1883).

Figura 18 (derecha). Alice Lamb, astrónoma del observatorio (1885). Se han obtenido de la colección de imágenes históricas del Departamento de Astronomía de la Universidad de Wisconsin (<http://www.astro.wisc.edu/about-us/department-history/>).

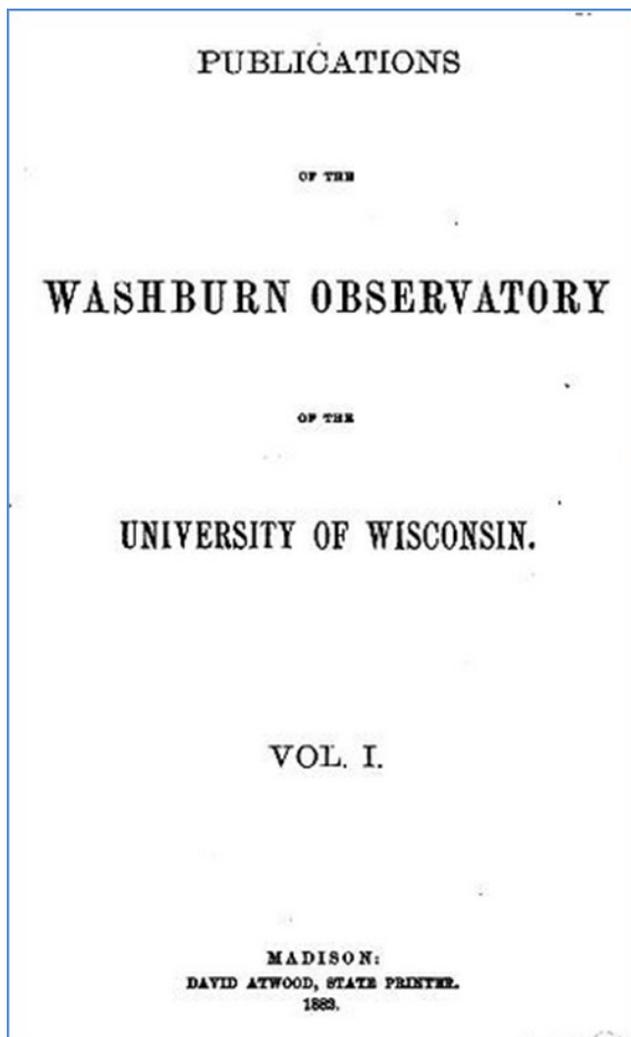


Figura 19. S. W. Burnham publicó sus trabajos de estrellas dobles en el Volumen 1 de las Publicaciones del Observatorio Washburn.

tiembre (Contributions from the Washburn Observatory of the University of Wisconsin ; no. 1¹⁷). Estos trabajos fueron publicados en el Volumen I del Observatorio (en 1883; ver figura 19) y puede ser consultado online desde la web: <https://archive.org/stream/publicationswas09comsgoog#page/n12/mode/2up>.

Con la única intención de conocer sus hábitos y no de juzgar moralmente, se me vienen a la cabeza varias preguntas: mientras trabajó en este observatorio ¿dejó su trabajo como reportero de las cortes?, ¿vivió en Madison solo o con su familia? Si vivía solo, ¿estaba en Madison cuando nació su hijo Harold el 24 de julio? En los meses en los que Burnham estuvo en Madison su mujer estaba embarazada. Su hijo Harold nació en la época observacional 1881,561 ($\pm 0,001$). Mi consulta de sus trabajos realizados desde Madison muestra que realizó mediciones de estrellas dobles en 1881,556 y 1881,559, o sea uno o dos días antes del nacimiento de su hijo. También vemos mediciones en 1881,562¹⁸, pocas horas tras el parto de su mujer. Este hecho nos inclina a pensar que estaba en Ma-

¹⁸Esta noche fue especialmente fructífera ya que descubrió varias estrellas dobles.

¹⁹En 1952 estaba aún en uso para los estudiantes de dicha universidad

dison sin su familia y que en esas fechas quizá desconocía el desenlace del nacimiento de su último hijo.

En octubre de 1881 Burnham fue requerido por el Consejo formado por James Lick, para observar el tránsito de Mercurio del 7 noviembre de ese año desde el Monte Hamilton, junto con el Capitán Floyd y el profesor Holden (más tarde director del Observatorio de Lick). Para ello usó el telescopio ecuatorial Clark de 12 pulgadas (figura 20) montado allí desde la anterior visita de Burnham, dentro de la cúpula temporal fabricada con lona. Durante los ocho días que estuvo observando, descubrió y midió 12 nuevas estrellas dobles con este telescopio, así como dobles ya conocidas. El telescopio de 12" estaba provisto de un micrómetro iluminado construido basándose en el usado en el Observatorio Naval en Washington cuyo novedoso sistema de iluminación había sido tan exitoso (ver el trabajo [1882MNRAS..42..249B](#)). La lámpara aparece marcada con la letra L en la figura 21.

Cuando dejó Monte Hamilton el 16 de noviembre, Burnham pensó que su trabajo en astronomía había terminado también (pronto veremos que no estaba muy equivocado).

Burnham perteneció al Comité para estandarizar el sistema de magnitudes estelares. En esta época existían diversas escalas de magnitudes impuestas por diversos astrónomos reputados. Algunas de estas escalas diferían en varias magnitudes. Ese es uno de los motivos por el cual muchas componentes de estrellas dobles muy abandonadas poseían magnitudes tan dispares a los valores actuales. El último trabajo publicado este año, en noviembre, pretendía sentar las bases para unificar el sistema de magnitudes. Por tal razón querían definir una serie de estrellas estándar para que cada astrónomo las usara como referencia a la hora determinar la magnitud de las estrellas que estaban estudiando.

Este año publicó numerosos artículos (más bien notas sobre objetos) en diversas publicaciones (*Astronomical Register*, *MNRAS*, *The Observatory*, *AN*, etc.). Prestó atención a la compañera de Sirio, a una nebulosa planetaria, a la nebulosa de la estrella Merope... También describe una lista de sistemas cuádruples.

En enero de 1882 Burnham vendió por 1200 dólares su telescopio de 6 pulgadas a la Universidad de Wisconsin, para que fuera colocado en el Observatorio Washburn (en Madison)¹⁹. Ver figura que adorna la portada de este artículo. Quizá el motivo de esta decisión pudo ser el incipiente desánimo que comenzó en breve.

En un artículo publicado en *MNRAS* describe el micrómetro iluminado construido para el telescopio de 12" del Observatorio Lick. Publica también numerosas mediciones de la compañera de Sirio, realizadas desde Monte Hamilton (California) a finales de 1881 y desde el Observatorio Dearborn, en Chicago.

Asimismo, estrena publicación en una nueva revista, *Sidereal Messengers*, presentando un extenso trabajo

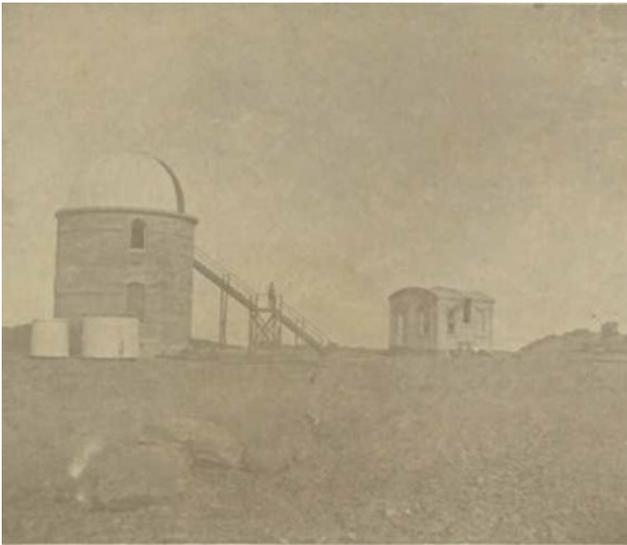


Figura 20. Fotografía realizada por el mismo Burnham en 1881 de la cúpula del refractor de 12" sobre Monte Hamilton. Crédito: Digital Collections (Santa Cruz University of California) of Lick Observatory Records II.

dividido en varias secciones, titulado “Hints on Double-Star Observing”.

Destacamos lo más interesante. Burnham aconseja usar la escala de magnitudes de Struve ya que es la más usada por los grandes observadores de la época. Esta escala asume que una estrella una magnitud más brillante que otra, tiene cuatro veces más luz. En esa época el Observatorio de la Universidad de Harvard ya apuntaba a una relación de 2,5 en lugar de 4, tal como Burnham comenta en este artículo.

Otras secciones de este estupendo artículo son: variabilidad, oculares, listas observacionales, registros de las observaciones... Aconsejamos su lectura a los doblistas más expertos.

Después de estos trabajos, Burnham inicia un periodo de unos cinco años donde apenas se supo de él astronómicamente hablando. Parece que perdió mucho el interés, incluso por la publicación de su catálogo de estrellas dobles.

El 10 de marzo de 1883 el periódico *Southern Standard*, editado en McMinnville (estado de Tennessee), destaca el enorme incremento por el interés de la astronomía. Comenta que antes era cosa de los astrónomos profesionales y por esa época existía todo tipo de instrumentos que se asoman por los tejados de las casas o desde observatorios privados. Como ejemplo más importante destacan a S. W. Burnham.

En 1883 se publicó el primer volumen de las Publicaciones del Observatorio de Washburn (ver figura 19) donde se dieron a conocer, entre otras cosas, las binarias descubiertas por Burnham en este observatorio.

Además, ese mismo año nuestro astrónomo publicó en MNRAS más mediciones de la compañera de Sirio realizadas durante diez noches desde el Observatorio de

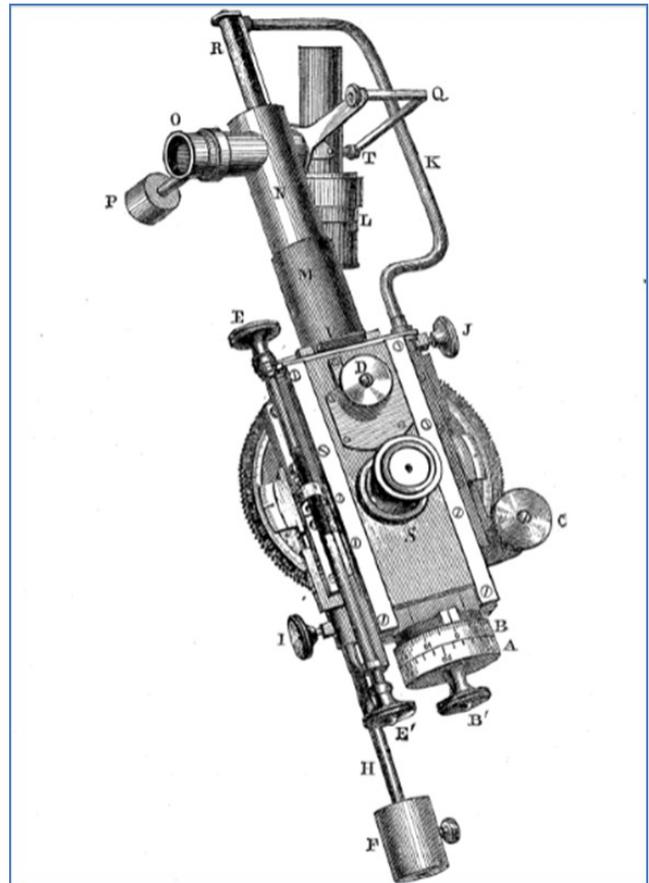


Figura 21. Micrómetro construido para el telescopio de 12" del Observatorio Lick.

Dearborn.

En 1884 publicó varios trabajos en *The Observatory*, *Sidereal Messengers*, y *MNRAS*. Entre ellos el descubrimiento de una compañera estelar de 85 Pegasi.

El 23 de abril de 1885, el periódico *The Dallas Weekly Herald* (publicado en Texas, Dallas) se hace eco de un suceso en el Observatorio de Dearborn (dentro del campus de la Universidad de Chicago). El conserje de esta Universidad había sorprendido a dos hombres excavando en la base del telescopio del Observatorio Dearborn. Uno de ellos huyó corriendo, y el otro, de origen alemán, permaneció allí. Comentó que había sido contratado por un tal Otto Funk, quien ya había sido arrestado anteriormente por robar libros de bibliotecas públicas. En el lugar de excavación se encontraron cables y un barril donde sospecharon que querían colocar explosivos.

Este año Burnham publicó en la revista *Sidereal Messengers* un extenso e interesante artículo titulado “Telescopios grandes contra pequeños” donde se habla de una comparativa en la observación de detalles observados en planetas.

En 1886 Burnham estaba sumido en una época de desgana y desilusión por la astronomía. Cuando el astrónomo Newcomb le escribió en 1886 diciéndole que el *Smithsonian Institution* publicaría su catálogo de estrellas dobles, dijo: “Después de todos los retrasos y decepciones,

me queda poca fe y entusiasmo para llevar a cabo de nuevo dicho trabajo”.

¡Durante este año no hay ninguna reseña periodística ni ningún *paper* publicado!

El 30 de septiembre de 1887, el periódico *The United Opinion*, publicado en Bradford (unos 20 Km al norte de Thetford) se hace eco de la visita de S. W. Burnham a sus padres (de 76 y 74 años) en Union Village, justo a 200 metros de la casa de sus padres (figura 22). Este mismo año Burnham fue nombrado superintendente del Observatorio Lick. El gran telescopio, que estaba siendo construido en Cleveland, finalizó su construcción a mediados de octubre, el cual estaba siendo examinado por varias personalidades, entre ellas nuestro amigo Burnham.

Este mismo año la Asociación de Fotógrafos Americanos le concedió, en su convención anual celebrada en Chicago, una medalla de oro. En su inscripción dice “Award to S. W. Burnham for the best exhibit landscape photography” (“Premio para S. W. Burnham por la mejor exposición de fotografía de paisaje”). Fue elaborada en

Indianápolis por los fabricantes Bingham & Walk (figuras 23 y 24).

6. Burnham en su faceta de fotógrafo.

Una faceta poco conocida de nuestro astrónomo es que fue un experimentado fotógrafo. Ya sabemos que tenía una agudeza visual poco común, pero también era capaz de capturar en sus fotografías una expresión especial. Su experiencia fotográfica empezó con anterioridad a 1887, año en el que compiló un álbum fotográfico de lo más interesante²⁰. En este álbum abundan las fotografías de paisajes en Monte Hamilton, donde se construiría el Observatorio Lick. También aparecen varias fotografías del Observatorio Dearborn en la Universidad de Chicago. A destacar una fotografía de una de sus hijas (seguramente Grace) y de una goleta de Chicago.

Todas las fotografías publicadas en esta sección tienen el mismo crédito: Lick Observatory Records. University of California, Santa Cruz. McHenry Library, Special Collections. ©



Figura 23 (anverso) y **24** (reverso). Medalla (anverso) concedida por la Asociación de Fotógrafos Americanos a S. W. Burnham en 1887. Courtesy of Adler Planetarium, Chicago, Illinois (identificación L-6a).



Figura 25 Portada del álbum que S. W. Burnham completó en 1881.

²⁰El álbum es accesible públicamente en <http://digitalcollections.ucsc.edu/cdm/compoundobject/collection/p16019coll10/id/1845/rec/27>.



Figura 26. Fotografía tomada por Burnham cerca de la cima de Monte Hamilton.



Figura 27. Nuestro astrónomo S. W. Burnham.



Figura 28. "Tiendas de barrio" observadas desde el pico del observatorio en Monte Hamilton.



Figura 29. Fotografía realizada por Burnham de Barty Shorb y el Capitán Floyd, quien fue miembro de la segunda junta de hombres de confianza para la construcción del Observatorio Lick. Fue llamado capitán porque en sus inicios fue bombero en un barco. Él, más que nadie, ayudó en la construcción del Observatorio Lick.

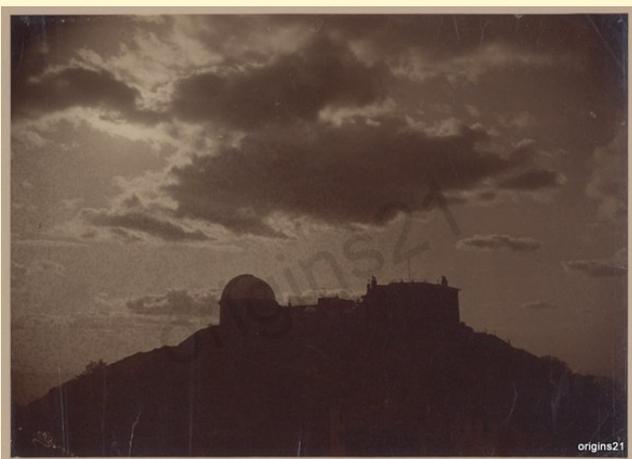


Figura 30. Fotografía del Observatorio Lick tomada por S. W. Burnham (su firma aparece en la parte inferior izquierda). Como curiosidad diremos que esta fotografía se vendía en ebay del Reino Unido por 90 dólares americanos. Crédito: <http://www.ebay.co.uk/itm/early-photo-LICK-Observatory-NIGHT-Mt-Hamilton-SIGNED-S-W-Burnham-Astronomer-/150952394615>.



Figura 31. Fotografía de una goleta en Chicago (imagino que en el Lago Michigan) tomada por S. W. Burnham. Lo sorprendente de esta fotografía es que fue tomada durante la noche.

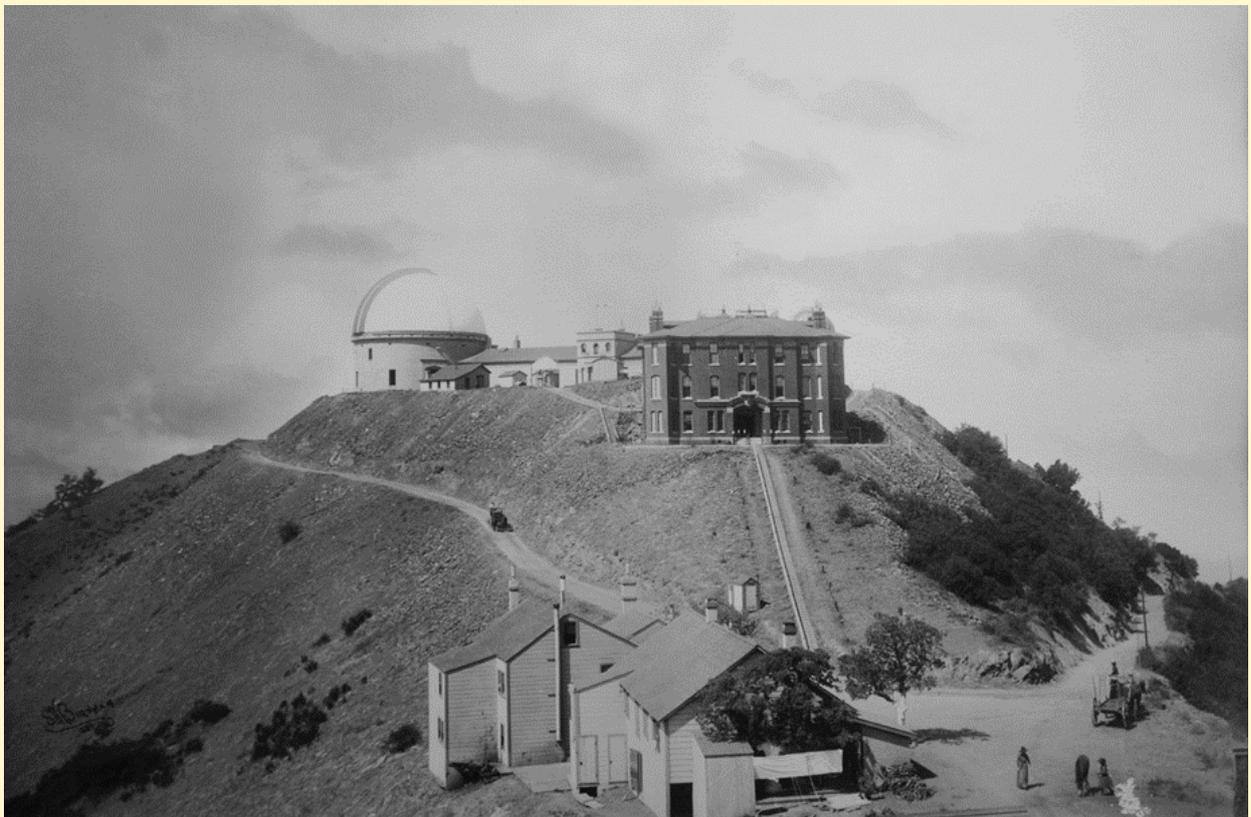


Figura 32. Fotografía del Observatorio Lick tomada por S. W. Burnham en 1889. Crédito: http://miltpeddy.com/Lick_Obser/Lick_Obser.html



“ *La realidad es que no busqué a las estrellas dobles premeditadamente, fue más bien un encuentro casual. Se trató de algo progresivo y, con el tiempo, se convirtió en pasión.* ”

por

Joerg Schlimmer

LA RESPUESTA A ESTA PREGUNTA es, básicamente, muy sencilla y solo serían necesarias un par de palabras para responderla. Pero esa respuesta sería demasiado simple y no revelaría las verdaderas razones. La realidad es que no busqué a las estrellas dobles premeditadamente, fue más bien un encuentro casual. Se trató de algo progresivo y, con el tiempo, se convirtió en pasión.

Siempre me ha interesado el espacio exterior y me fascinaba ver el cielo estrellado cuando era niño. Sin embargo no entré de lleno en el mundo de la astronomía ya que no disponía ni de binoculares ni de telescopio. A finales de la década los ochenta pude observar un eclipse lunar a simple vista y en 1994 me fascinó el seguimiento televisivo del impacto del cometa Shoemaker-Levi en Júpiter. Mientras tanto, seguía contemplando el firmamento cada vez que se presentaba una oportunidad: el cielo estrellado en sí mismo es uno de mis grandes placeres.

No adquirí mi primer telescopio hasta 1996. Al igual que muchos otros astrónomos aficionados, me interesó la lista Messier y, en particular, la astrofotografía. Los primeros intentos resultaron infructuosos, pero incluso estos fracasos no pudieron frustrarme. Visualmente no había mucho que ver, pero se podía adivinar. La sola idea de que esta o aquella nebulosa era una galaxia que estaba a millones de años luz de distancia me resultó increíble. La astronomía era demasiado emocionante con todos sus

diferentes objetos y posibilidades para hacerme dudar de esta afición. Algún tiempo después llegaron los primeros éxitos con una montura mejor. Pero no todas las noches son adecuadas para la fotografía o la observación del cielo profundo. Durante esas noches, comencé a apuntar mi telescopio hacia las estrellas dobles.

Debió ser en 2001 cuando leí por primera vez en una revista sobre γ Vir y su próximo paso por el periastró, previsto para el 2005. La sola idea de cuán rápido se acercaban ambas estrellas, unido al hecho de que ya no serían visibles individualmente, me cautivó. Por aquellas fechas (2004) ocurrió otro acontecimiento relacionado con las estrellas dobles cuando visité el Museo de la Tecnología y el Trabajo (hoy Technoseum) en Mannheim, no muy lejos de donde vivo. Además de varios instrumentos astronómicos, pude observar en una vitrina el cuaderno de observación de Christian Mayer con una entrada de sobre Epsilon Lyrae de 1778. En ese momento recordé que las estrellas dobles habían sido “descubiertas” por Herschel en 1779. ¿Cómo podría ser y, además, quién era este astrónomo que tenía estos instrumentos y observaciones? En mis libros no pude encontrar nada sobre él y en Internet, que en ese momento todavía ofrecía poca información, poco pude localizar. Había un catálogo incompleto de sus estrellas dobles, pero identificarlas correctamente era muy complicado.



Vuelvo a γ Virginis. En ese lapso de tiempo ambas estrellas se habían acercado tanto que ya no podían separarse con mi telescopio; estaba claro que solo podría desdoblarlas con un interferómetro. Así que construí uno para mi telescopio Newton de 8 pulgadas, con el cual pude observarla durante varios meses, determinando distancias muy por debajo de la resolución teórica de mi equipo, así como determinar el ángulo de posición. En aquella época γ Virginis era el único objeto astronómico que observaba. Fue fascinante ver cómo el ángulo se adelantó a las efemérides de entonces; en cada observación, γ Virginis estaba un poco más adelantada.

Después de esta experiencia seguí observando estrellas dobles, pero aún carecía de la capacidad de medir las imágenes que tomaba con una cámara web. En algún momento me encontré con el programa REDUC de Florent Losse, con el que finalmente pude medir de forma precisa mis tomas. Sin embargo, en aquellos años REDUC no permitía todavía medir imágenes independientes a partir de los archivos de vídeo, por lo que necesitaba otro programa complementario para ello. Entonces le pregunté a Florent si podía instalar un módulo en REDUC que permitiera realizar todo el proceso con su programa; en poco tiempo me envió una versión beta de REDUC que también permitía trabajar con secuencias de vídeo. ¡Simplemente fantástico! Sin el programa de Losse no me hubiera convertido en un verdadero observador de estrellas dobles. Ahora podía medir mis vídeos y publicar los resultados en revistas especializadas. Por lo tanto, desarrollé una rutina de trabajo: observación, análisis y publicación. Nada ha cambiado hasta el día de hoy. Todavía, más de una década después, sigo utilizando REDUC para mis trabajos de astrometría de estrellas dobles.

Por aquellos años también investigué a aquel astrónomo de Manheim desconocido para mí: Christian Mayer, que había observado sistemáticamente estrellas binarias antes que Herschel y cuyo anuncio de este descubrimiento le generó una agria polémica con otro astrónomo de la época. Como resultado de esta disputa, comenzó a anotar sus observaciones en un cuaderno que también pude ver en la colección de la biblioteca del museo. Tras concertar una cita pude estudiar directamente el cuaderno de observación; se me permitió, incluso, hacer copias de él. Sin embargo, no contenía el catálogo de estrellas dobles que yo necesitaba. Mayer había publicado anteriormente esto en otro libro, que ahora se guardaba en las bibliotecas universitarias de Göttingen y Munich. La biblioteca en Göttingen ofrecía en ese momento los denominados “mecenazgos de libros”, en los que se asumía el costo de la digitalización de un libro y ello te daba la oportunidad de disponer del libro deseado en formato digital, que luego también pasaría a estar disponible para todos a través de Internet. Así que me convertí en mecenas de este libro y pude disponer del catálogo original de estrellas dobles de Christian Mayer de 1777. Tam-



“En esta vieja fotografía puede observarse el interferómetro que construí para mi Newton de 203 mm.” Todas las imágenes son cortesía del autor.

bién el astrónomo berlinés Johann Elert Bode había publicado en su Anuario Astronómico de 1778 el catálogo de estrellas dobles de Mayer. El Instituto de Informática Astronómica en Heidelberg me envió las copias solicitadas de estas páginas tras solicitarlo. El rompecabezas creció lentamente, pero aún no estaba claro qué estrellas dobles se escondían detrás de las descripciones de Mayer. Para todas ellas la ascensión recta estaba anotada en grados. Lo primero que tuve que hacer fue convertirlas al sistema habitual de hoy día. Además, también tuve que tener en cuenta el cambio de posición motivado por la precesión. Para la identificación usé un programa de planetario, que remonté al tiempo de 1778. El segundo problema fue que Mayer anotó sus resultados en coordenadas cartesianas y empleó el habitual método cronométrico de aquellos años en lugar de segundos de arco para medir la separación. Teniendo en cuenta la declinación res-



pectiva, los resultados deben convertirse en coordenadas polares para que sea posible una comparación directa con nuestras propias observaciones. Publiqué mi investigación en varias revistas, también en El Observador de Estrellas Dobles n.º 12 de 2014.

Hasta finales de 2011 observé con un telescopio Newton de 8 pulgadas. Experimenté muchos momentos increíbles con este equipo, pero nunca estuve realmente satisfecho con este telescopio ya que su óptica dejaba bastante que desear. A principios de 2012, lo reemplacé con un telescopio Newton de 12 pulgadas que sigue siendo mi equipo principal en la actualidad. Además de la abertura más grande, también tiene la ventaja de que puedo controlar la montura directamente a través de mi programa planetario. De esta manera puedo planificar mis sesiones de observación y ahorrarme la tediosa búsqueda de las mismas durante la noche. Gracias a su mayor abertura también alcanzo componentes significativamente más débiles, pero rara vez utilizo la resolución máxima del telescopio, por el hecho de que mi lugar de observación es muy malo. Todavía es una gran sensación cuando, incluso después de 6 años, el telescopio se pone en movimiento al comienzo de una noche de observación y se mueve

exactamente a la posición deseada.

Actualmente prefiero las estrellas dobles que se caracterizan por tener una alta diferencia de brillo, pero con solo 3-10 segundos de arco de separación. A menudo son las estrellas binarias que Espin descubrió hace más de 100 años. También me fascinan las estrellas con movimiento propio común que fueron observadas por Burnham o Wolf. Siempre me emociona cuando encuentro binarias que solo han sido observadas dos o tres veces a lo largo de la historia, si bien no me dedico específicamente a su observación. Por supuesto, también hay algunas estrellas binarias que forman parte de mi rutina observacional desde hace años: durante mucho tiempo, por ejemplo, observé cómo 61 Cygni pasó por delante de una estrella de fondo, o cómo la distancia de 44 Bootes disminuye cada vez más. Lo mejor de la observación de estrellas dobles es también la capacidad de hacer una pequeña contribución a la investigación como aficionado, incluso cuando esa contribución pueda ser insignificante.

Dicho todo esto, ahora puedo responder la pregunta inicial. ¿Por qué observo estrellas dobles?: porque disfruto. 



Investigación Pro-Am de fotometría estelar desde los cielos españoles

por

TONNY VANMUNSTER

MI INTERÉS POR LA ASTRONOMÍA comenzó en el momento en que el cometa C/1973 El Kohoutek fue anunciado para convertirse en el "cometa del siglo". Aunque fue una completa decepción, despertó mi fascinación por el cielo nocturno y ya nunca desapareció. En aquellos primeros días exploré todos los dominios posibles de la astronomía amateur, pero gradualmente desarrollé un gran interés en las estrellas variables. Presenté mi primera estimación de magnitud en 1975, con 14 años, y quedé impresionado por la aparición de Nova Cygni 1975, que alcanzó su mayor brillo con una magnitud de 2,0.

A pesar de la enorme contaminación lumínica en Bélgica, logré hacer varios miles de estimaciones visuales de estrellas variables cada año, casi todas ellas cataclísmicas. Estos astros muestran aumentos irregulares de su brillo, a menudo de varias magnitudes en unas pocas horas para luego, después de unos días o semanas, volver a bajar a un estado inactivo, antes de que se vuelvan a encender, algo que a veces solo ocurre después de varios años.

A principios de los 90 las poderosas cámaras CCD comenzaron a ganar protagonismo en el campo de la astronomía amateur de estrellas variables, abriendo un mundo completamente nuevo de fotometría estelar. Objetos de hasta la magnitud 17 o más se pusieron al alcance de los astrónomos amateur, y los aficionados con experiencia pudieron rastrear objetivos que mostraban variaciones del rango de milimagnitudes. Esto, evidentemente, atrajo la atención de algunos astrónomos profesionales, que comenzaron a organizar astrónomos aficionados en todo el mundo en redes de investigación profesional-amateur (Pro-Am). Uno de los ejemplos más conocidos y exitosos de una red de investigación de fotometría pro-am para variables cataclísmicas es el Center of Backyard Astrophysics (CBA), dirigido por el Prof. Dr. Joe Patterson (Universidad de Columbia, NY), quien comenzó la iniciativa hace más de 20 años. La amplia distribución geográfica de sus miembros otorga al CBA una capacidad inigualable para estudiar fenómenos transitorios, sorteando de esa forma los problemas de las condiciones atmosféricas de un lugar determinado, casi las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

En 1996 establecí el nodo belga del CBA, llamado CBA Belgium Observatory, con un observatorio de techo corredizo operado semiautomáticamente con un

telescopio de 0,25 m y una cámara CCD de la casa SBIG. En 2004 el observatorio se actualizó, alojando dos telescopios de 0,35 m f/6,3 con cámaras ST7-XME que funcionan simultáneamente. El 1 de septiembre de 2004, fui el primer aficionado en detectar un tránsito del exoplaneta TrES-1, detección que fue ampliamente documentada en la edición de enero de 2005 de

Sky&Telescope. Esto nuevamente llamó la atención de los astrónomos profesionales y pronto me uní a la red de investigación Pro-Am de fotometría de exoplanetas XO, dirigida por el Dr. Peter McCullough, del Instituto de Ciencia Espacial. Un punto a destacar en mis observaciones de exoplanetas fue el co-descubrimiento del exoplaneta XO-1b en junio de 2005 (anunciado en mayo de 2006). Le siguieron los descubrimientos conjuntos de otros 4 exoplanetas XO entre 2007 y 2008.

En 2014 el observatorio fue completamente reconstruido. El CBA Belgium Observatory ahora dispone de una cúpula Scopedomes de 3 m con un telescopio de

Las variables cataclísmicas son estrellas binarias que consisten en una primaria enana blanca y una secundaria de transferencia de masa. Las estrellas están tan cerca una de otra que la gravedad de la enana blanca distorsiona la secundaria y roba materia de su compañera, formando en la mayoría de los casos un disco de acreción alrededor de la enana blanca. Este disco finalmente se vuelve inestable, dando lugar a una explosión conocida como "nova enana", que ocurre cuando la parte externa del disco cambia de un modo frío a uno más caliente y brillante por un tiempo, antes de volver al modo frío.





Observatorio CBA Bélgica. (Todas las imágenes son cortesía del autor).

0,40 m f/10 en una montura Paramount ME II. La cámara CCD es una SBIG STT-3200ME. La instalación funciona totalmente automatizada cada noche, independientemente de si estoy en casa o trabajando en el extranjero. Todos los equipos están controlados a través de un programa de software que yo mismo escribí. ¡Despertar por la mañana con una nueva serie de imágenes CCD obtenidas de forma autónoma en el transcurso de la noche pasada sigue siendo una experiencia increíble!

Desafortunadamente, los cielos belgas pueden estar nublados durante largos periodos de tiempo, especialmente durante el invierno. Pondré como ejemplo diciembre de 2017, cuando tuve 10,5 horas de cielos despejados durante todo el mes. Decidí que era hora de buscar una solución y comencé a explorar opciones para

configurar un observatorio robótico remoto. Busqué una ubicación dentro del rango de "recorrido fácil" (máximo unas pocas horas de distancia de vuelo), ofreciendo una buena cantidad de noches despejadas al año. Finalmente opté por el complejo astronómico e-EyE "Entre Encinas y Estrellas" en Fregenal de la Sierra (provincia de Badajoz, Extremadura), dirigido por mi amigo José Luis Quiñones. E-EyE es el complejo astronómico más grande para alojamiento remoto de equipos de observación astronómica en Europa y consta de cinco grupos de observatorios con techos individuales.

El CBA Extremadura Observatory vio la luz en mayo de 2018 y se beneficia de una excepcional oscuridad del cielo con un SQM promedio de 21,7. Mi observatorio alberga un telescopio de 0,40 m f/5,1 con una montura ASA DDM-85 y cuenta con una cámara Starlight Xpress Trius SX-46 CCD, equipada con filtros Johnson-Cousins.

El objetivo principal de mis observatorios en Bélgica y España es el estudio de eventos transitorios, principalmente estrellas variables cataclísmicas. Participo en las campañas de observación de la CBA, la Variable Star Network japonesa (VSNET), la Asociación Estadounidense de Observadores de Estrellas Variables (AAVSO) y el Grupo de Trabajo Belga de Estrellas Variables (VVS). Soy coautor de más de 100 artículos científicos y, a la vez, colaboro con varios astrónomos profesionales. En los próximos meses espero alcanzar el hito de 500.000 observaciones fotométricas, ¡gracias a los despejados cielos españoles! ©

Tonny Vanmunster es un conocido astrónomo amateur belga, activamente involucrado desde hace más de dos décadas en proyectos colaborativos de investigación Pro-Am relacionados con los estudios de estrellas variables cataclísmicas y exoplanetas. Es co-autor de numerosos artículos científicos y es el creador del conocido software de análisis de periodos Peranso. El planeta menor (340071) fue designado Tonnyvanmunster en su honor. Durante el día Tonny es Vicepresidente I+D en Bélgica de Siemens Industry Software.



Visión parcial del complejo astronómico e-EyE. El Observatorio CBA Extremadura está alojado en el edificio de la izquierda.