

BD +36 3317: LA PRIMERA BINARIA ECLIPSANTE DEL CÚMULO ABIERTO δ 2 LYRAE

**Francisco A. Violat Bordonau
Teófilo Arranz Heras**

fviolat@yahoo.es

Resumen. Hemos confirmado la variabilidad de la estrella BD +36 3317 (SAO 67556), situada en el joven cúmulo abierto Stephenson 1, cuyas oscilaciones de brillo descubrieron David y Francisco Violat en el año 2006. Según nuestras recientes mediciones se trata de un sistema binario eclipsante de tipo EA (Algólida) *detached*, cuya amplitud en banda *V* es de 0.938 magnitudes, que completa una órbita con un período de 4.30216 días. Las mediciones TYCHO y TASS confirman la curva de luz, el período, la amplitud y el tipo de variable. Hasta la fecha es el único sistema binario eclipsante de este cúmulo.

En el año 2006 uno de nosotros (Violat) comenzó un ambicioso proyecto: medir el brillo de 37 estrellas del joven cúmulo abierto Stephenson 1 (C 1851+368) con la idea de buscar nuevas variables en ese sector; la zona en la cual se efectuaron las observaciones fotométricas está en torno a la variable roja δ 2 Lyrae y se encuentra centrada en la posición α : 18h 54.0m y δ : +36° 49' (2000.0).

Este trabajo contó con dos instrumentos muy distintos: por un lado un refractor acromático de 75 mm de diámetro y 500 mm de focal, el instrumento principal, cuya corta focal permitió cubrir un campo amplio; un telescopio catadióptrico de 203 mm de diámetro y 2000 mm de focal nos serviría para efectuar simultáneamente fotometría de un grupo más reducido de estrellas cuyo centro se situaba próximo a δ 2 Lyr. La fotometría se realizó con una cámara CCD Starlight Xpress MX516 (16 bits) en conjunción con un filtro fotométrico *V* Johnson, al inicio de cada sesión con el refractor y a continuación con el catadióptrico: es por ello que el número de mediciones realizadas con este instrumento fue menor.

A lo largo de la campaña de observación que duró 58 noches, del 14 de octubre al 10 de diciembre de 2006 (Día Juliano Heliocéntrico 2454023 al 2454080), comprobaron que la mayoría de los astros no presentaban oscilaciones de brillo, aparte de las minúsculas debidas a la desigual calidad del cielo de noche en noche; sin embargo hacia la mitad de la campaña, concretamente el 14 de noviembre (DJH 2454060), una de las estrellas (denominada BD +36 3317 o SAO 67556) apareció 0.49 magnitudes más débil que las noches precedentes. Este fenómeno fue notado primero por el refractor y a continuación confirmado con el catadióptrico: con ambos instrumentos pudieron medir una diferencia de 0.49 magnitudes entre su brillo habitual (magnitud 8.77 *V*) y este mínimo (magnitud 9.28 *V*). Pese a que continuaron con las mediciones fotométricas bastantes noches más no volvieron a asistir a un fenómeno similar: supusieron que se trataba de una estrella variable del tipo eclipsante cuyo período, que sólo pudieron estimar de modo aproximado (en torno a 5-6 días), debía ser reducido con un eclipse de duración tan breve –muy pocas horas– que ningún equipo profesional los había

detectado hasta la fecha. De este hecho dieron cuenta en un completo artículo fechado el 23 de febrero de 2007 publicado en Internet en la web Casanchi¹.

Posteriormente hemos vuelto a visitar la zona con la intención de confirmar o desmentir la variabilidad de este astro y, de paso, efectuar nuevas mediciones del sector. Para ello hemos utilizado el catadióptrico Meade de 203 mm de abertura y 2000 mm de focal con reductor de focal f/6.3 instalado en Cáceres: la focal final ha quedado reducida a sólo 1260 mm; al telescopio se le ha acoplado el filtro fotométrico V Johnson con la nueva cámara CCD modelo Starlight SXVF-M7, de 752 x 580 píxeles y electrónica de 16 bits, la cual nos ha proporcionado un campo aparente de algo más de 15' x 11'. Teófilo Arranz, desde Navas de Oro (Segovia), trabajó empleando un catadióptrico de 355 mm de diámetro dotado de CCD modelo Starlight MX916 (752 x 580 píxeles con electrónica de 16 bits) y filtro V Johnson con reductor de focal.

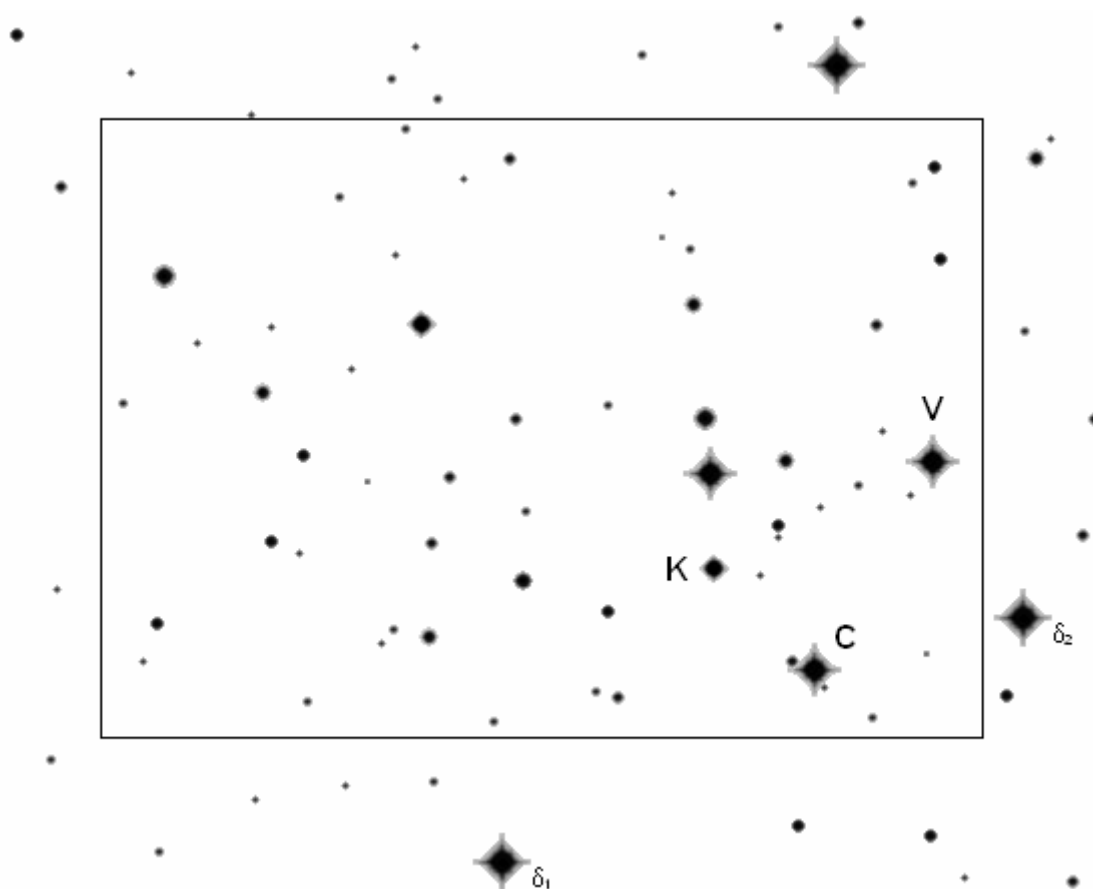


Figura 1. Parte del cúmulo abierto Stephenson 1 que rodea las brillantes estrellas δ_1 y δ_2 Lyrae; la zona recuadrada corresponde al área estudiada en esta campaña. Con las letras V, C y K hemos rotulado la variable, la estrella de comparación y la de chequeo que hemos utilizado en la fotometría. Norte hacia abajo y Este hacia la derecha.

La zona estudiada, que mostramos en la figura 1, se localiza inmediatamente al suroeste de la brillante estrella roja δ_2 (variable de tipo semirregular) y al sur de la azulada δ_1 : el campo cubierto ha sido lo suficientemente amplio como para incluir una docena de estrellas entre las magnitudes 8.7 y 10 aproximadamente. Las letras

¹ Disponible en la dirección electrónica: <http://personales.ya.com/casanchi/ast/delta01.pdf>

corresponden a los astros fotométricos que nos interesan: V para la variable, C para la estrella de comparación y K para la de chequeo. Las estrellas utilizadas para la determinación de magnitudes diferenciales han sido dos astros blancos: el primero de ellos para la comparación fue BD +36 3314 de magnitud 8.66 V y espectro A0, mientras que el de chequeo fue BD +36 3313 de magnitud 9.78 V y espectro A0 (magnitudes y espectros tomados de Anthony-Twarog, 1984). La estabilidad de ambas estrellas se pudo comprobar en la campaña pasada por Violat al no detectar oscilaciones de brillo en ninguna de las estudiadas excepto la variable.

La posición de la estrella es: α : 18h 54m 22.22s y δ : +36° 51' 07.45" (2000.0).

En la campaña actual hemos obtenido dos conjuntos de datos: 1250 mediciones de brillo de Violat en 60 noches entre los días 19 de octubre y 30 de diciembre de 2007 (DJH 2454393 y 2454465), aunque también incluimos tres mediciones aisladas obtenidas la noche del 17 de julio (DJH 2454295) y 402 mediciones de Arranz entre los días 8 de diciembre de 2007 y 1 de enero de 2008 (DJH 544443 al 544467). En total disponemos de 1652 puntos completamente homogéneos entre si.

La figura 2 muestra la curva de luz obtenida por Violat omitiendo las mediciones de julio, que han sido eliminadas para no deformarla incluyendo un período de tiempo sin datos. Tal como podemos ver en la quinta noche de observación se registró parte de un eclipse, concretamente el descenso del mismo; sin embargo durante las doce noches siguientes la estrella se mantuvo completamente *clavada* en torno a la magnitud 8.77-8.80 V faltando (debido a las densas nubes) las mediciones de las noches decimotercera y decimoquinta en las cuales, como comprobamos después con satisfacción, se produjeron sendos eclipses.

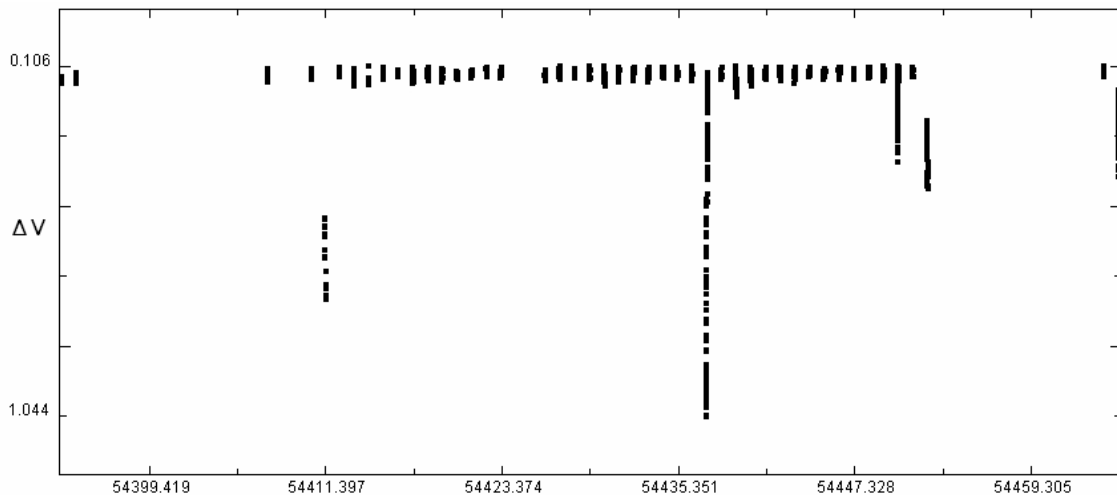


Figura 2. Curva de luz obtenida por Violat, en banda V, que muestra las magnitudes diferenciales V - C de la variable con respecto a la estrella de comparación: se aprecian con claridad cinco caídas de brillo que se corresponden con cinco eclipses distintos.

Ya que desconocíamos el período de la variable era necesario observar todas las noches que estuviese despejado evitando dejar huecos, si ello estaba en nuestra mano: para obtener una curva de luz lo más completa posible trabajamos cada noche un

mínimo de 90 minutos, ampliando este intervalo de tiempo a 140-160 minutos si la calidad del cielo lo aconsejaba. El examen de la curva de luz pone de manifiesto que la estrella se encuentra la mayor parte del tiempo (algo más del 95 %) en torno a la magnitud 8.77-8.80 *V* sin mostrar más que levísimas oscilaciones de brillo debidas a la desigual calidad del cielo de noche en noche, la turbulencia local y otros errores menores; sin embargo cuando la capturamos en uno de sus eclipses comprobamos que la caída de brillo es, al menos, igual a 0.938 magnitudes: esto la lleva a bajar desde su magnitud habitual, la 8.80 *V*, hasta la 9.74 *V* aproximadamente. En la figura 3 mostramos dos imágenes CCD tomadas la noche del 2 de diciembre de 2007: en la primera de ellas (izquierda) la variable se encuentra en su eclipse principal y brilla casi como la estrella de chequeo; en la segunda (derecha), tomada dos horas más tarde, ha finalizado el eclipse subiendo a su magnitud habitual: la variable brilla ya tanto como la estrella de comparación.



Figura 3. Imágenes CCD de la variable en el mínimo (izquierda) y en su magnitud habitual (derecha) la noche del 2 de diciembre de 2007: en la primera de ellas brilla tanto como la estrella de chequeo, en la segunda ha subido hasta igualar la estrella de comparación. (Fotos: Francisco A. Violat Bordonau)

La desfavorable climatología de los meses otoñales no facilitó la adquisición de imágenes de las cuales obtener mediciones de brillo: trabajando incluso con nubes o cirros fue posible, con bastante trabajo, comprobar que los eclipses ocurrían a intervalos de trece días puesto que sólo podíamos trabajar durante un máximo dos horas cada noche. Esto y la brevedad del eclipse nos llevaron a pensar en un período próximo a los cuatro días, valor que pudimos comprobar cuando volvimos a capturarla en un nuevo eclipse. Quedamos asombrados cuando, dos días más tarde, asistimos al eclipse secundario que alcanzó esta vez una profundidad menor.

El examen de la curva de luz de la figura 2 muestra que cuando trabajamos todas las noches a la misma hora y capturamos un eclipse primario exactamente 13 noches después podremos volver a medirlo; sin embargo dos noches después de capturado el eclipse primario asistimos al eclipse secundario. Este aparente misterio quedó resuelto cuando asistimos al tercer eclipse primario: la búsqueda del período, nada fácil debido a

las nubes, se realizó con el programa *Análisis de Variabilidad Estelar*, del G.E.A., encontrando que el más correcto era igual a 4.30216 días. La explicación a los intervalos de trece y dos días ya mencionados era sencilla: el inverso de la fracción del período multiplicada por la parte entera originaba un valor muy próximo a 13, de este modo: $3.30950 \times 4 \text{ días} = 13.238 \text{ días}$; por otra parte el eclipse secundario ocurre exactamente en la fase 0.5 que es equivalente a la mitad del período: $4.30216 \text{ días} : 2 = 2.15108 \text{ días}$ que es algo más de dos días después del eclipse primario.

Al dibujar la curva de luz con los datos de Violat y el período obtenido (figura 4) comprobamos que, en primer lugar, los eclipses eran muy agudos señal de que éstos eran parciales y no totales. Por otro lado la curva correspondía sin duda alguna a una binaria eclipsante de tipo Algólida (EA), separada (*detached*) y poco evolucionada al tener sus lóbulos de Roche vacíos: esto lo comprobamos con facilidad al ver que entre los eclipses la curva de luz era una recta casi perfecta, lo que indicaba que no existían elementos extraños (chorros de gas, disco de materia circunestelar, manchas brillantes o elipticidad en las componentes debido a fuerzas de marea) que aportasen luz adicional salvo las estrellas primaria y secundaria que, por el aspecto de la curva de luz, eran esféricas y giraban completamente aisladas la una de la otra.

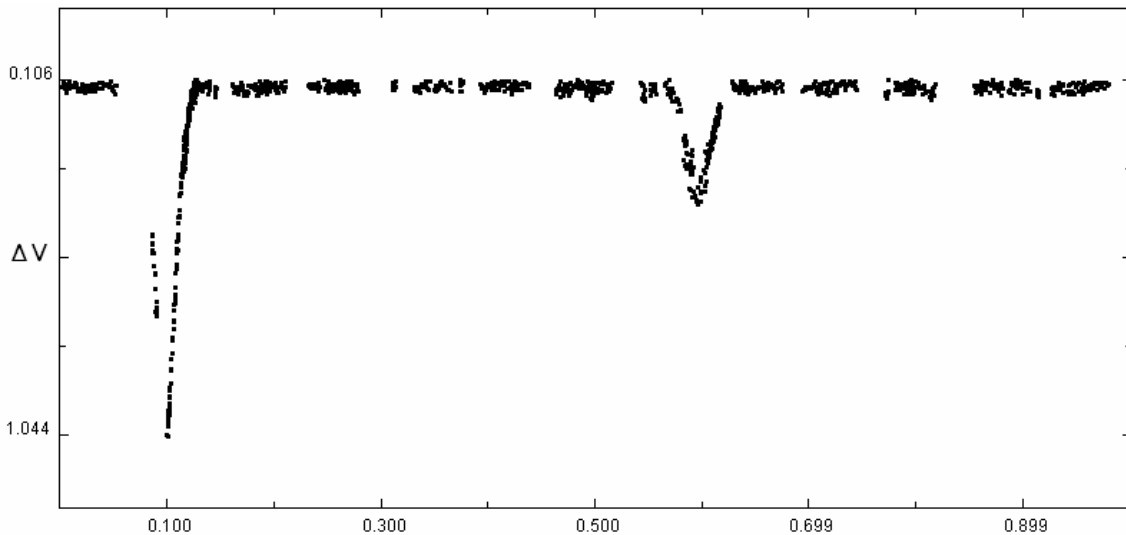


Figura 4. Curva de luz obtenida por Violat al representar las mediciones con $P = 4.30216$ días.

Una vez que supimos cuál era el período aproximado pudimos elaborar unas sencillas efemérides con las cuales determinar en qué fechas y a qué horas podríamos asistir a nuevos eclipses primarios y secundarios. Realizado el sencillo cálculo predijimos el siguiente eclipse primario (que podríamos estudiar desde el mínimo al final) para la noche del 15 de diciembre. Mientras esperábamos la llegada de esta fecha Arranz se unió a la campaña comenzando la captura de imágenes y la obtención de mediciones: dado que la zona de Lyra se aproximaba al ocaso sólo podíamos trabajar a primeras horas de la noche pero no a horas más tempranas o tardías, lo que impedía capturar todos los eclipses que ocurrieron en ese período.

La noche del 15 de diciembre estuvo bastante despejada de manera que desde ambos observatorios fue posible capturar imágenes: 130 desde Cáceres y 77 desde Segovia; con este amplio conjunto de datos pudimos comprobar que el período era

correcto y la caída de brillo muy aguda, lo que indicaba que los eclipses eran parciales tal y como supusimos tras asistir al primero de ellos. Dos días más tarde ambos observatorios capturaron el eclipse secundario, desde el inicio hasta algo más de la mitad, con lo que estimamos la profundidad del mismo: sólo 0.335 magnitudes. La figura 5 muestra las mediciones tomadas por Arranz a lo largo de la campaña: en la misma podemos ver cuatro eclipses distintos de los cuales dos corresponden al primario y dos al secundario; al igual que en el caso de Violat sólo pudo registrar parte de los mismos bien desde el comienzo a la mitad o de ésta al final.

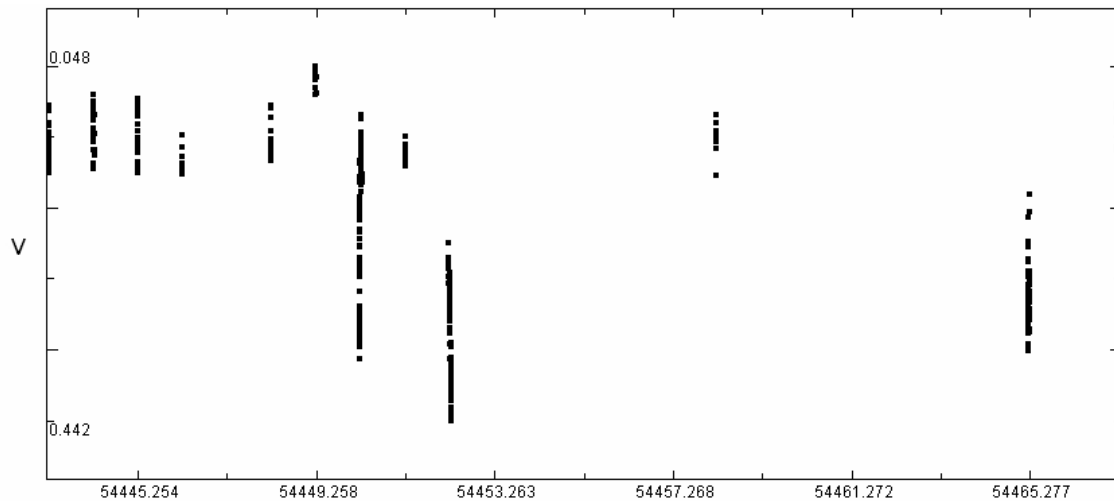


Figura 5. Curva de luz obtenida por Arranz entre los DJH 54443 y 54467: se pueden apreciar claramente cuatro eclipses, dos de ellos primarios y dos secundarios. La profundidad máxima medida (magnitud diferencial 0.442) corresponde al máximo del eclipse secundario.

Debido a la posición de la estrella durante esos meses, próxima al resplandor solar, nos era completamente imposible comenzar a trabajar antes de lo que lo hacíamos para evitar el brillo del cielo tras el ocaso: tampoco nos era posible continuar haciéndolo durante varias horas debido a que la estrella perdía altura rápidamente con lo cual las mediciones se volvían más y más imprecisas al final de cada sesión de trabajo. Por esto la máxima profundidad medida por Arranz, la magnitud diferencial 0.442, corresponde al máximo del eclipse secundario pero no es mayor (igualando las 1.038 magnitudes de Violat) debido a que la falta de tiempo le impidió capturar –completo o parcial- un eclipse primario.

Estudiando los comienzos y finales de los eclipses pensamos que podríamos deducir si existía un *efecto de reflexión*: es decir, si la estrella primaria originaba un ligero abrillantamiento sobre el limbo de la secundaria (por reflexión de su luz o por sobrecalentamiento) y si ésta, a su vez, lo producía en la primaria. Al representar en la figura 6 el final del eclipse primario (arriba) y el del secundario (abajo) según las mediciones de Violat comprobamos que éstos eran suaves y no mostraban abrillantamientos de ningún tipo. Indirectamente se comprueba que la calidad de las mediciones, debido a la desigual altura de la estrella, decreció a medida que la estrella se mostró (al final de la campaña) muy próxima al horizonte local: en el segundo caso la dispersión de los puntos es mayor que en el primero.

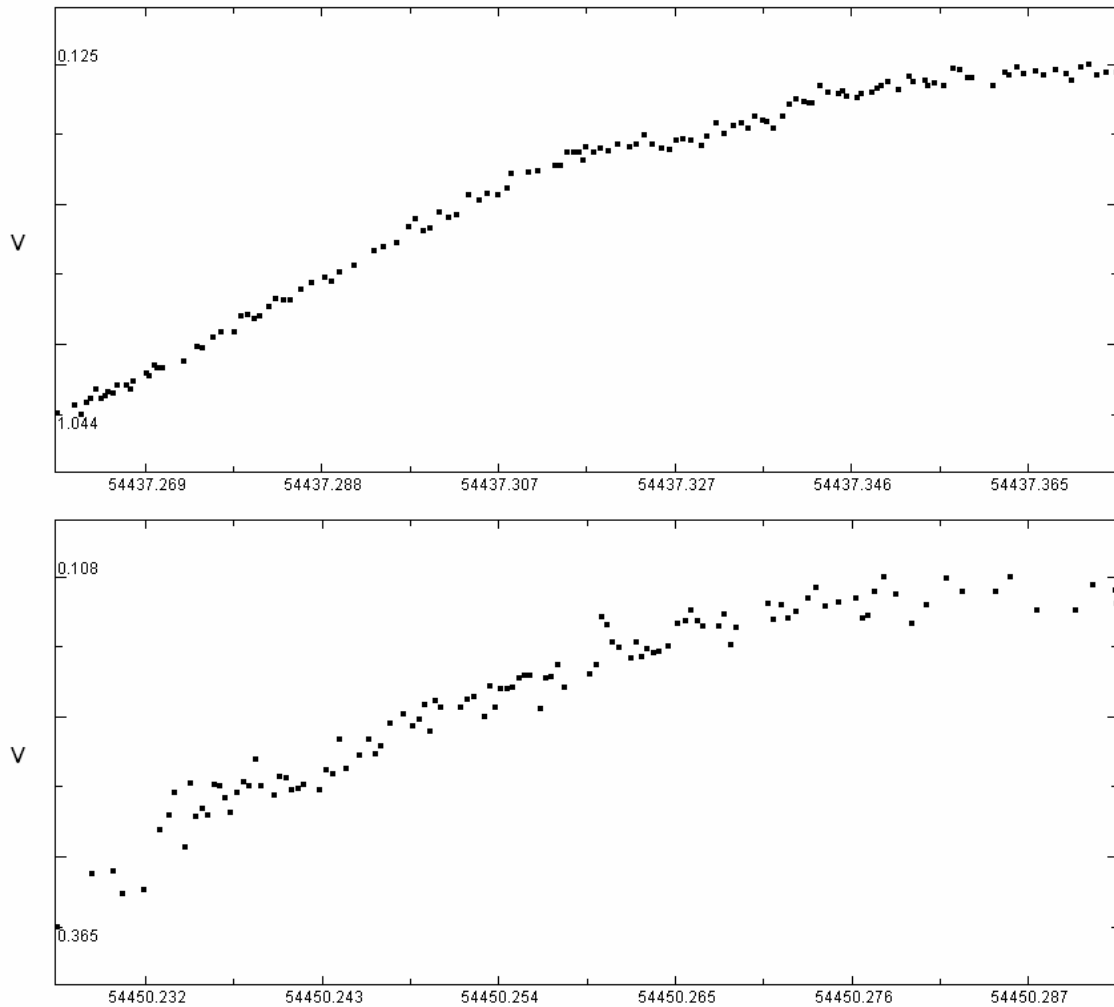


Figura 6. Finales de dos eclipses: primario (arriba) y secundario (abajo) según mediciones de Violat; en ambos casos comprobamos la suavidad de las subidas y la estabilización posterior.

Pese a haber empleado varios programas especiales (p. ej. *Starlight Project*) no nos ha sido posible determinar la inclinación orbital del sistema con exactitud, aunque suponemos que es alta en vista de la poca profundidad del eclipse secundario y de la forma *aguda* (no redondeada) de ambos eclipses. Por otro lado como el eclipse secundario ocurre exactamente en la fase 0.50 (o muy próximo) podemos suponer que la excentricidad orbital es muy reducida o casi inexistente ($e < 0.02$).

Al no disponer de mediciones en una banda distinta (*B* o *R*, por ejemplo) no hay manera de saber si la estrella eclipsante tiene un color distinto a la eclipsada: podemos suponer que es de menor brillo y tamaño, probablemente amarillenta o incluso anaranjada, pero no estamos seguros de ello ni podemos deducirlo de las curvas de luz. Tampoco nos atrevemos a intentar determinar los parámetros físicos del sistema: masas, radios, luminosidades, distancias entre ellas, distancia a la Tierra, etc.

Al reunir todas las mediciones de ambos observadores obtenemos un conjunto homogéneo de datos que totalizan 1652 puntos: con ellos hemos dibujado la curva de luz con un período $P = 4.30216$ días que mostramos en la figura 7. En ella se aprecia con toda claridad la diferente profundidad de los eclipses primario y secundario, la

agudeza de los mismos, la estabilidad del brillo del sistema entre eclipses y que éstos se encuentran separados y opuestos: uno de ellos en la fase 0.0 y otro en la fase 0.5 (representados en la curva de luz, para mayor claridad, como 0.1 y 0.6 respectivamente).

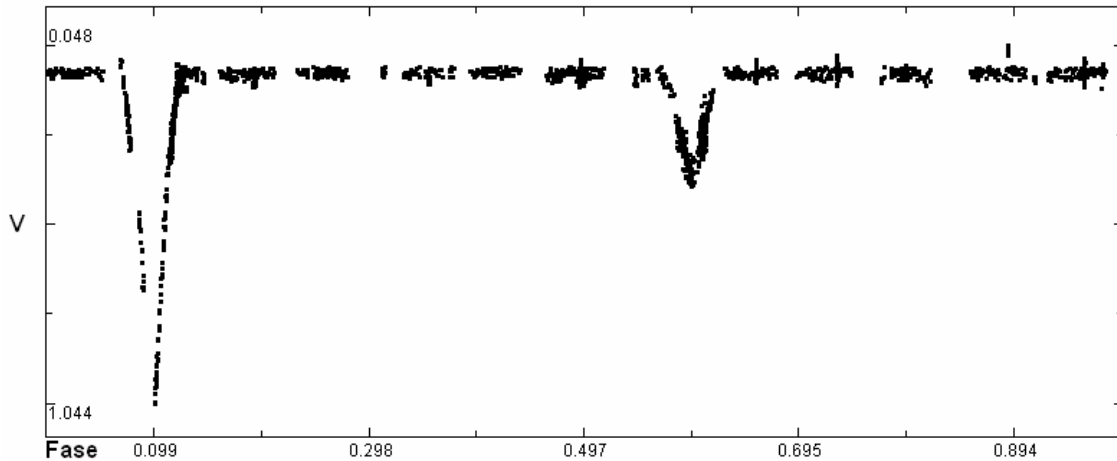


Figura 7. Curva de luz obtenida con todas las mediciones empleando el período $P = 4.30216$ días.

Para confirmar nuestros resultados y refinarlos podemos acudir a tres conjuntos de mediciones fotométricas independientes: las que encontramos dispersas en la bibliografía profesional en el período 1959-1984 además de las automáticas como son TYCHO² por un lado y TASS³ por otro, las cuales corroboran nuestras suposiciones.

Las mediciones profesionales (Stephenson, 1959; Bronkalla, 1963; Eggen, 1968 y 1983; Anthony-Twarog, 1984) han encontrado la estrella con brillos muy diferentes: entre las magnitudes 8.79 y 8.80 (en tres estudios distintos) y en la magnitud 8.90 (un único estudio); este último caso es el de Anthony-Twarog cuya medición, la más reciente de todas, seguramente muestra la estrella en uno de los eclipses. La magnitud encontrada por Stephenson (8.4) es errónea debido a que la escala para la banda V no estaba bien establecida en esa época. El primer valor (8.79-8.80) es el que nosotros registramos para el sistema fuera de los eclipses: es el más abundante (3 casos) dado que prácticamente el 95% del tiempo se mantiene en él; el segundo (8.90) es el menos abundante, el más difícil de capturar debido a la corta duración de los eclipses y corresponde a la estrella entrando o saliendo de uno de ellos. Con estos datos fotométricos cualquier observador atento habría reparado en la variabilidad real de la estrella. Por otro lado existen dos mediciones de magnitud en las bandas b e y , de los años 1983 (Eggen) y 1984 (Anthony-Twarog), que pueden dar indicios sobre el color de la estrella secundaria: la primera de ellas ofrece para el sistema el valor 8.79 V con un índice de color $b - y = 0.031$, la segunda registra la magnitud 8.90 V con un índice $b - y = 0.011$. Creemos que en el primer caso el índice de color se debe a la presencia de ambas componentes (la principal blanca y la secundaria amarilla o anaranjada) mientras que en el segundo caso sólo se aprecia el color intrínseco de la estrella principal, blanca, por encontrarse la secundaria casi eclipsada.

² Pueden descargarse del enlace:

<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/vizExec/Vgraph?I/239/&2651%20%20%20802%201>

³ Pueden encontrarse en: <http://www.tass-survey.org/>

Las mediciones TYCHO (B_T y V_T) descargadas de SIMBAD, representadas en la figura 8, muestran el sistema estable en la magnitud 8.75-8.80 la mayor parte del tiempo así como, bastante nítidamente, el eclipse primario en torno a la fase 0.82 con el mínimo así como, bastante nítidamente, el eclipse primario en torno a la fase 0.82 con el mínimo así como, bastante nítidamente, el eclipse primario en torno a la fase 0.82 con el mínimo en torno a la magnitud 9.5-9.7; el eclipse secundario, de menor profundidad según nuestros datos, es completamente invisible debido a la ausencia de datos.

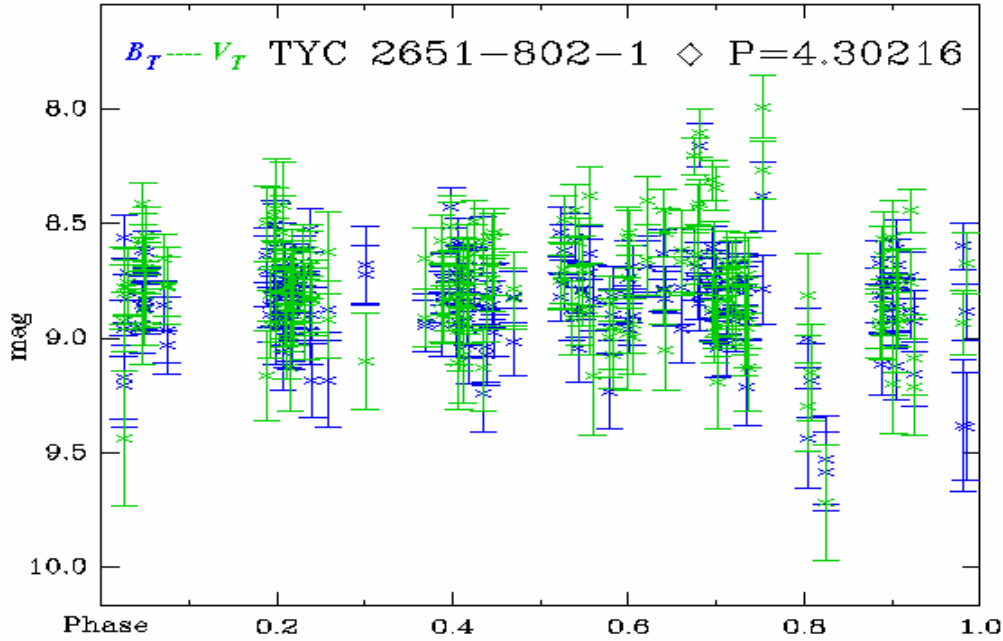


Figura 8. Mediciones Tycho B_T (azules) y V_T (verdes) dibujadas con un período igual a 4.30216 días: se puede apreciar el eclipse primario en torno a la fase 0.82 mientras que el secundario, de menor profundidad, es invisible debido a la inexistencia de medidas.

Las mediciones TASS las representamos en la figura 9: en ella apreciamos con toda claridad el comportamiento fotométrico de la estrella en bandas I y V así como los

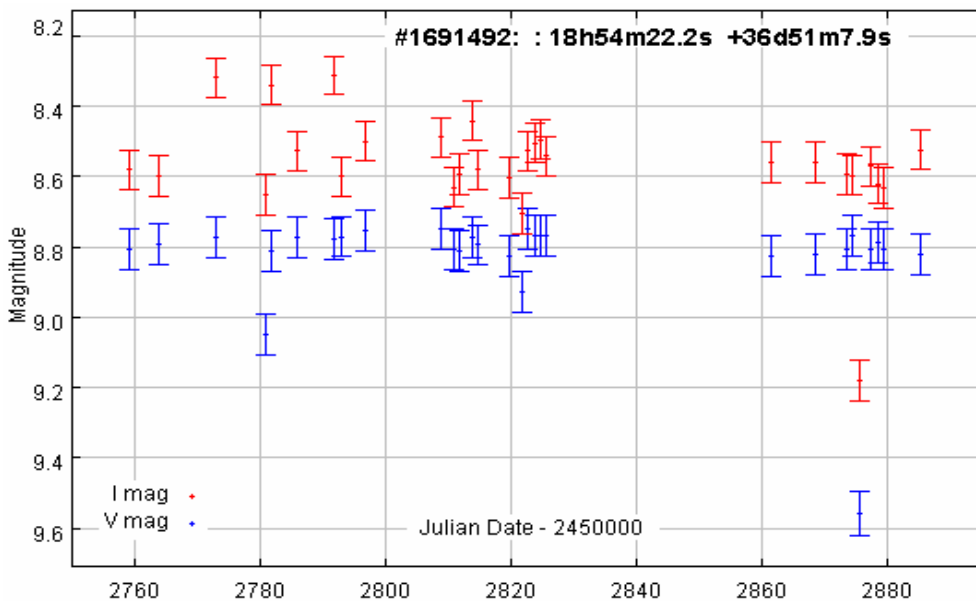


Figura 9. Mediciones TASS en banda I (parte superior) y V (inferior) que muestran el eclipse secundario, el primario y la estabilidad de la estrella entre ellos en torno a la magnitud 8.8 V .

eclipses primario y secundario y la estabilidad de la estrella entre eclipses, manteniéndose su magnitud en torno al valor 8.8 V. Cuando representamos estas mismas mediciones con el período determinado por nosotros (figura 10) podemos ver el inicio del eclipse primario (fase 0.098), en el cual el brillo del sistema cae a la magnitud 9.56 y muy pobremente –con sólo dos puntos– el secundario (fase 0.598); se confirma, de esta manera, la gran pérdida de brillo durante el eclipse primario así como la estabilidad de la estrella en el período de tiempo que queda entre ellos.

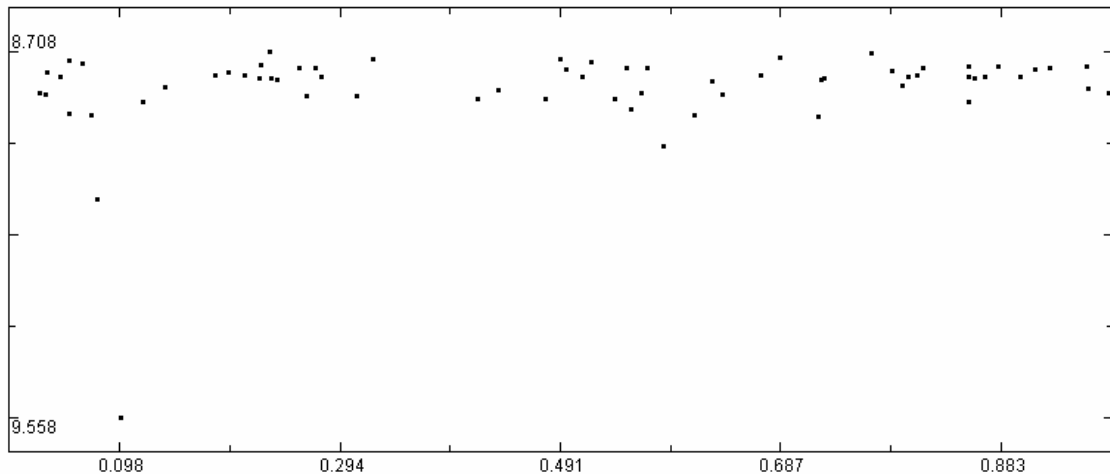


Figura 10. Mediciones TASS representadas con un período igual a 4.30216 días: se aprecia con claridad el eclipse primario, en la fase 0.098, así como un esbozo del secundario en la fase 0.598.

De la curva de luz podemos deducir que el sistema consta de dos astros poco evolucionados, muy jóvenes, que no han llenado todavía sus lóbulos de Roche: dado que la edad del cúmulo Stephenson 1 se cifra en 53.8 millones de años⁴ es muy probable que pertenezca al mismo (su distancia se estima en unos 390 parsecs⁵).

Por otro lado no sin dificultad, debido a que no están disponibles en SIMBAD, localizamos cinco velocidades radiales publicadas en 1970 por Harding y Candy obtenidas desde Kottamia (Egipto) con el espectrógrafo de los telescopios *Isaac Newton* entre los DJH 2438847 y 2440092: dichos datos, que ya incluimos en un trabajo anterior (Violat y Violat, 2006), muestran una amplitud de 108 km s^{-1} al encontrarse en el rango -91 a $+17 \text{ km s}^{-1}$. Aunque sólo una de ellas, la obtenida desde Herstmonceux (Inglaterra), muestra el error estándar (4.5 km s^{-1}) hemos podido obtener una curva de velocidades radiales que mostramos en la figura 11.

⁴ El logaritmo de la edad es igual a 7.731 según WEBDA pero 7.69 según Piskunov et al., 2006.

⁵ Datos disponibles en WEBDA: http://www.univie.ac.at/webda/cgi-bin/oc1_page.cgi?dirname=ste01

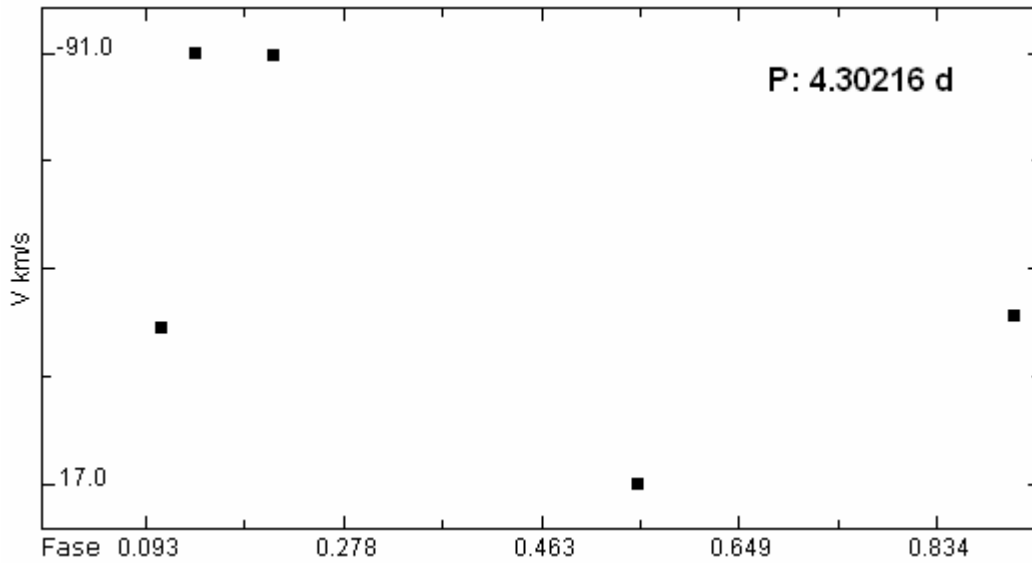


Figura 11. Curva de velocidades radiales dibujada con el período obtenido por nosotros: aunque sólo contiene cinco puntos es bastante consistente con nuestros resultados.

Una vez calculado el período y determinado el instante del eclipse primario (DJH 2454437.25921) y secundario (DJH 2454452.31681) podemos determinar fácilmente cualquier eclipse futuro: esto nos permitirá, durante la campaña del año 2008, realizar observaciones fotométricas más completas y exhaustivas con las cuales confirmar, ampliar y refinar todos los datos aquí expuestos. Finalmente gracias a la reciente adquisición de una rueda de filtros esperamos poder obtener curvas de luz en varias bandas (*B*, *V* y *R*) que nos permitirán modelizar el sistema y calcular parámetros tales como radios, masas, distancias entre las componentes, luminosidades, excentricidad, inclinación y otros con los cuales podamos conocer la distancia de la estrella al Sol y comprobar si, como suponemos, pertenece realmente al cúmulo.

CONCLUSIONES

Hemos comprobado que la estrella blanca BD +36 3317 perteneciente al joven cúmulo abierto Stephenson 1 (cúmulo $\delta 2$ Lyrae), cuya variabilidad descubrimos en 2006, es un sistema binario eclipsante de tipo EA con las componentes completamente separadas (sistema *detached*), probablemente poco evolucionadas y esféricas, cuyo período es $P = 4.30216$ días. Creemos que el sistema pertenece realmente al cúmulo ya que sus componentes no han evolucionado todavía. La profundidad del eclipse primario es igual a 0.938 magnitudes en banda *V*, la del secundario igual a 0.335 magnitudes y ambos tienen una forma muy aguda lo que indica claramente que son parciales. La excentricidad es muy reducida o nula, con lo cual la órbita es prácticamente circular, mientras que la inclinación del sistema es grande. Las mediciones fotométricas TYCHO y las de TASS, una vez representadas con el período que hemos determinado, muestran con mayor o menor claridad el eclipse primario pero no así el secundario; las mediciones de velocidad radial disponibles son también consistentes con el período encontrado.

Agradecimientos. En la elaboración de este trabajo hemos empleando datos, mediciones, referencias, imágenes y artículos contenidos en SIMBAD, VizieR, WEBDA, TASS y el Centro de Datos Estelares de Estrasburgo (CDS).

REFERENCIAS

- Anthony-Twarog, B. J., 1984, AJ 89, 655.
Bronkalla, W., 1963, AN, 287, 249.
Eggen, O. J., 1968, ApJ, 152, 77.
Eggen, O. J., 1983, MNRAS, 204, 391.
Harding, G. A., Candy, P., 1969.
Piskunov, A. E. et al., 2006, A&A., 445, 545.
Stephenson, C. B., 1959, PASP, 71, 145.
TASS, mediciones fotométricas del sistema (ID#1691492):
<http://sallman.tass-survey.org/servlet/markiv/template/TassPlot.vm;jsessionid=02B60B6BA05B0DDB29A77146976E872A>
Violat Bordonau, F., Violat Martín, D., web Casanchi (diciembre de 2007), disponible en la dirección electrónica: <http://personales.ya.com/casanchi/ast/delta01.htm>