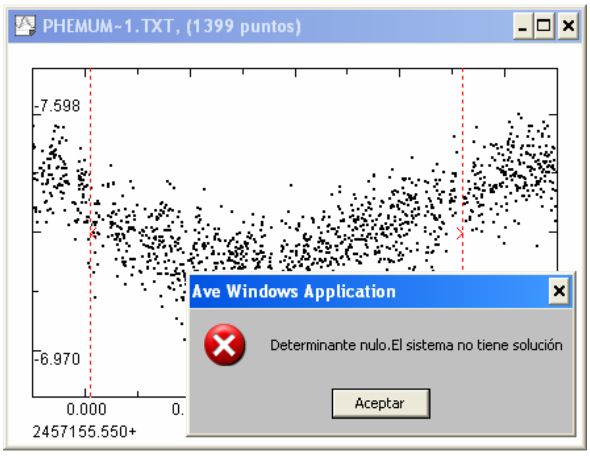
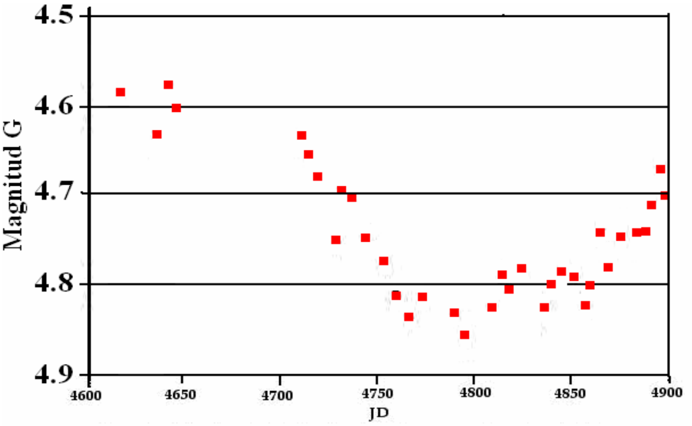
Determinación de Minimos con Diversos Metodos

Solo de la inspeccion visual del minimo podemos decidir que algoritmo matametico usar. No es necesario que en los datos hayan medidas del momento exacto del minimo brillo para determinar el **ToM** (Time of Mínimum), ya que que las ramas ascendentes contribuyen a su determinación. En el analisis no uncluya la región exterior al eclipse donde el brillo en constante, y seleccione el intervalo lo mas simetrico posible en torno al minimo, aunque si las ramas ascendentes no tienen la misma longitud, puede mejorar el ajuste incluyendo la rama más larga pero cambiando el algoritmo. Evite los efectos ocacionados por la forma no esférica de las estrellas, manchas, etc. exluyndo estos puntos antes del cálculo.



El unico algoritmo para calculos de minimos con el que cuenta AVE, es Kwee & Van Woerden, este no es aplicable a algunos tipos de caidas, como las de formas curvas, mostrada a izquierda, del PHEMU mostrado en la pag 25, o en binarias eclipsantes con eclipses totales donde las caidas tienen fondo plano (ver curva de U Cep pag 26), o irregulares como la inferior de Rho Cep obtenida por el aficionado Des Loughney entre 2008-2009 usando una camara DSLR + lente de 200 mm y exp de 3,2 seg.



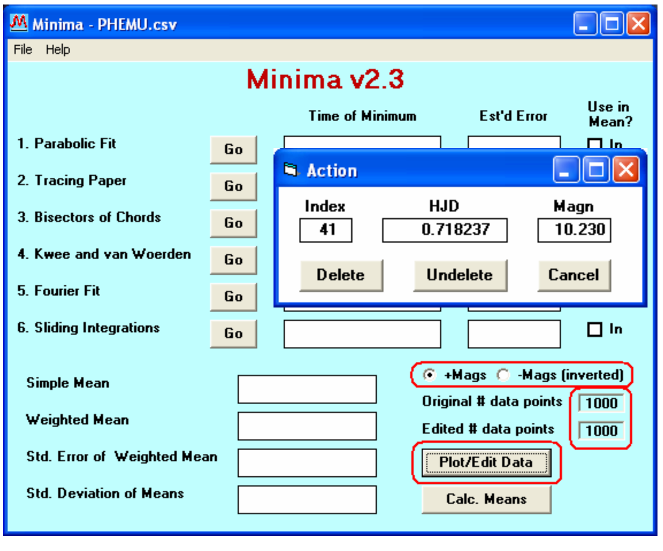
Curva de luz de Rho Cas obtenida por Des Loughney durante 300 dias entre 2008-09 usando una DSLR. Observese su fondo curvo.

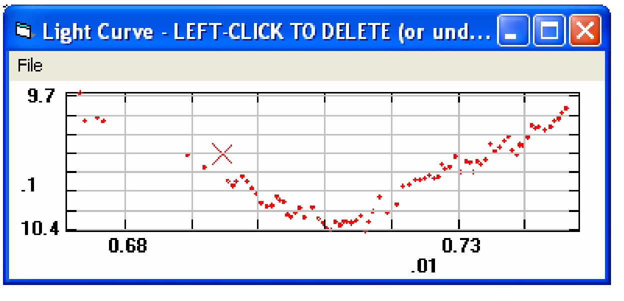
En estos casos hay dos programas gratuitos que permiten estos calculos, el primero es **Minima v2.3** del Dr. Bob Nelson, el cual permite el calculo del minimo en una curva de luz escogiendo seis metodos diferentes, y VStar ya mostrado en algunos ejemplos anteriores.

En Minima v2.3 solo se pueden abrir archivos en formato CSV generados en RGB FotoCalc con dia juliano y mag, o solo con la fraccion decimal del DJ.

Si las medidas son numerosas debemos escoger solo el tramo con el minimo, porque el programa se limita a **1000 medidas**, y deben eliminarse las filas en blanco al final del documento abriendolo con Bloc de Notas, porque el programa las contabiliza asi esten vacias. Asi que si la cantidad de medidas es muy grande, podemos realizar un adicionado de varias imágenes sin entrelazado para reducir la dispersión, al tiempo que reducimos la data para importar desde el programa.

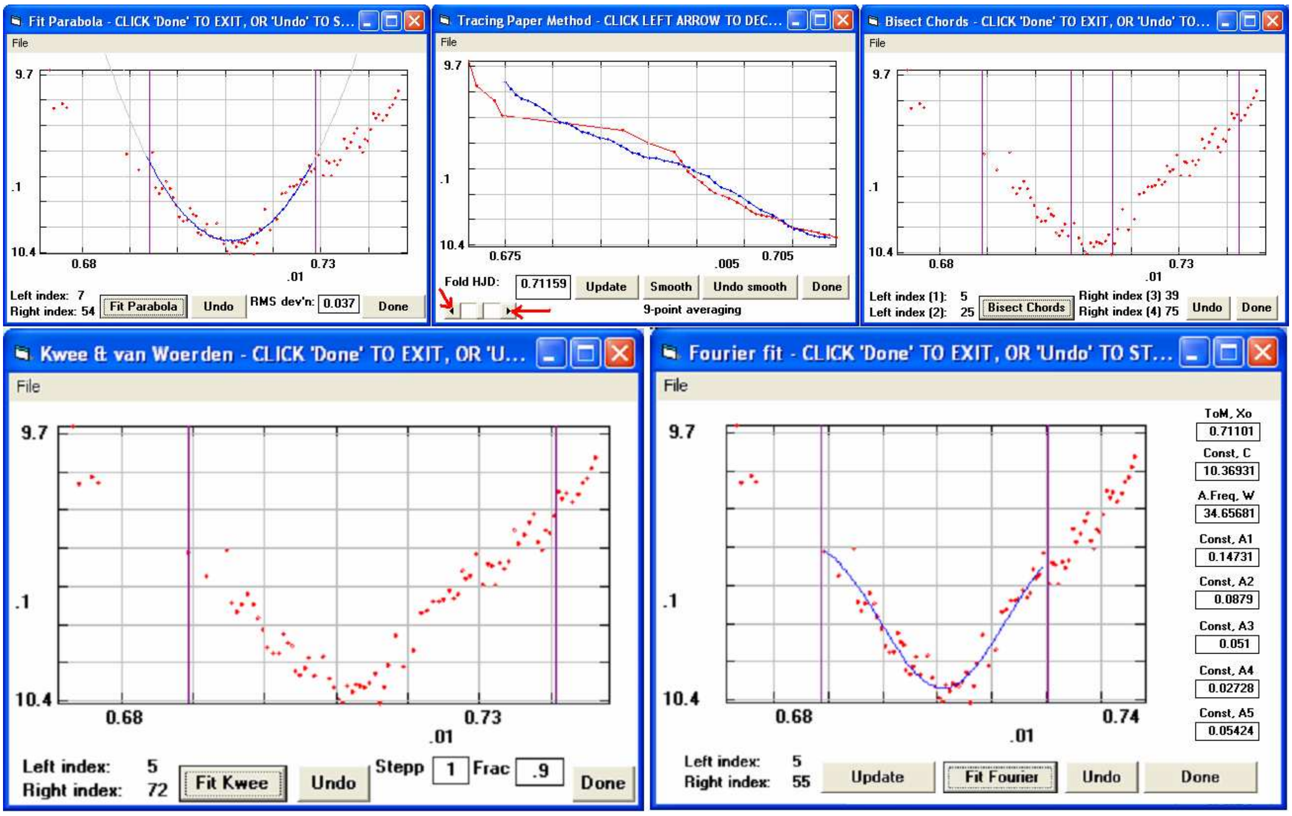
Desde el botón **Plot/Edit Data**, desplegamos la curva con el minimo, podemos verla invertida o al derecho según usamos la opcion **+Mags** o **–Mags (inverted)**, para abtir cada algoritmo, pulso el botón **Go**, que esta despues de cada algoritmo. Podemos ampliar las graficas estirandolas por los bordes del cuadro. El valor **.1** en Y, indica que las divisiones son de 0.1 mag. Si tocamos cualquier punto con el boton izquierdo del raton, se abre la ventanilla **Action**, con la cual podemos borrarlo, apareciendo con una X, y omitiendose en las demas graficas y calculos.





Parabolic Fit: es un algoritmo (o rutina) que ajusta un polinomio de segundo grado (parabola), a la región central de la curva, para esto debe desplegar la grafica correspondiente a este algoritmo desde el botoón **Go**, y seleccionar en esta con el botón derecho del ratón, los puntos de inicio y final del rango de datos tomados en cuenta para el ajuste (tal como se trabajo con AVE (ver pag 148), estos se muestran en la parte inferior izquierda de la venta con **Left index:** y **Right index:** luego pulse el botón **Fit Parabola**. Afine el ajuste ajustando los umbrales, vualva a calcular, se vera como se superponen nuevas parabolas en cada operación, mientras que el minimo y el error en la medida se actualizan en las casillas **Time of Mínimum** y **Est´d Error** correspondientes del algoritmo en la ventana de operaciones del programa. Cuando consiga un buen ajuste que muestre el menor error, pulse **Done**, y al volver a abrir en **Go** solo se mostrara esta curva, de este modo puede seguir refinando. Puede ampliar o disminuir la grafica tirando de ella por los bordes con el ratón.

Tracing Paper: es un algoritmo ideal para curvas muy simetricas, este ajusta la data reflejando sus caidas en base a un eje central (este eje es el tiempo del minimo). Al pulsar el botón **Smooth** desplegamos las caidas promediando la data a 3 medidas por punto, y con cada pulso promediamos a 3, 5, 7, y 9 medidas por punto (maximo 9), de este modo suavizamos el ruido y tenemos una mejor perspectiva del ajuste, para deshacer los promedios pulsamos **Undo Smooth.** Con los botones laterales del deslizador desplazamos el punto de reflejo para un mejor ajuste de las caidas (no use la barra del deslizador porque produce un error que cierra el programa), para un ajuste fino modifique los decimales de la cifra en **Fold HJD** y actualize en **Update,** y constate el error. En el ejemplo inferior se visualiza la data promediando 9 valores por cada punto.

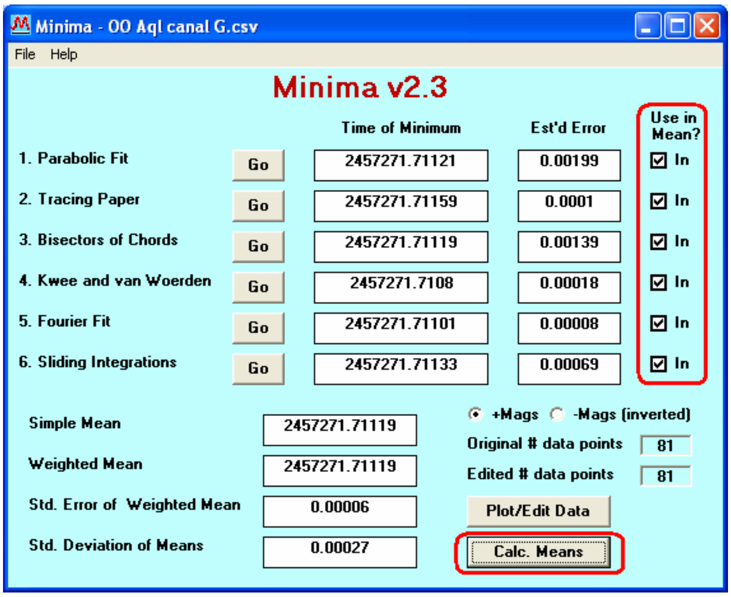


Bisectords of Chords: las cuerdas bisectrizadas es un antiguo algoritmo que establece rectas a traves de los puntos de la caida izquierda y derecha y determina el punto de intercepción entre estas. Para esto se necesita escoger con el botón derecho del ratón dos rangos en la data, el inicio y fin de la caida izquierda mostrados en las casillas **Left index (1): Left index (2):**, y el inicio y fin de la caida derecha **Right index (3): Right index (3):.** Luego pulse el botón **Bisect Chords.** Este algoritmo necesita que la curva tenga poca dispersión para poder establecer las lineas a traves de las caidas, asi que si este ese no es el caso, es recomendable uniformizarlas usando el metodo de adición entrelazada (ver pags 24 y 115).

Kwee and van Woerden (KWM) 1956: este algoritmo requiere establecer con el botón derecho del ratón, el umbral izquierdo y derecho en la data, preferiblemente debe incluirse el intervalo total del eclipse, o en todo caso tomar las partes superiores de las caidas a las mismas alturas. El metodo se basa en una interpolacion lineal aplicada a las caidas como en el metodo anterior de las cuerdas bisectrizadas, este minimo preliminar se tomara como punto de reflexion para reflejar las magnitudes interpolados de cada una de las ramas hacia la otra, luego se toman las diferencias entre las magnitudes reales de cada rama y las magnitudes interpoladas por los reflejos, se elevan al cuadrado y se suman. Entonces se realiza la misma prueba con el eje de reflexion cada vez mas desplazado hacia la izquierda y luego hacia la derecha. La prueba con menor error, indicara el punto de reflexion correspondiente al minimo. Para evitar un desigual peso en las medidas si estas estan desigualmnte espaciadas, se recomienda al escoger en tramo, que en cada rama haya una cantidad similar de puntos. Este algoritmo es mas bien adecuado en curvas de luz escasamente poblada y con una dispersión relativamente pequeña o moderada, de lo contrario aunque produce resultados similares a otros metodos, tendra una incertidumbre en los tiempos determinados 1,4 mayores, por subestimar esta en el calculo. Si este es el caso, debe usarse luego de un procesamiento previo a los datos originales con algun tipo de ajuste. Puede usarse el metodo entrelazado pag 24.

Fourier Fit: este algoritmo se ajusta a una serie de Fourier 5 plazo (términos de coseno) a los datos; el tiempo del mínimo es de uno de los parámetros. Para esto es necesario seleccionar el rango de datos marcando un punto a la izquierda y otro a la derecha con el botón derecho del ratón, como en los casos anteriores. Tenga en cuenta que el algoritmo **Levengberg-Marquart** ajusta los valores iniciales alos valores de la data, pero al pulsar el botón **Fourier Fit,** puede producir ocasionalmente un tiempo de minimo sin sentido, para encontrar el mínimo correcto, introduzca en las casillas (procure que en cada prueba los valores mostrados en las casillas descritas a continuación, saen los siguientes) **Tom, Xo:** un valor aproximado al momento del minimo**,** en **Const,C:** la magnitud aproximada del minimo de la curva, en **A, Frec W:** 25-30, en las casillas **Cont, A1:, Cont, A2: , Cont, A3:…** valores positivos a partir de 0,1 disminuyendo a la mitad del valor en cada una. Entonces seleccione el rango y haga pulse el botón **Update** para Actualizar. Una vez que termine de refinar los resultados pulse el botón **Fourier Fit**.

Sliding Integración: es un algoritmo desarrollado por Silvano Ghedini en 1981, y se basa en en la integración de la curva de luz, cuyo intervalo de integración es movido repetidamente en una cantidad constante en el tiempo, siendo la operación de integración un filtrado a todas estas frecuencias multiplos del inverso del intervalo de integración, lo cual permite un filtrado parcial del ruido (dispersión). Este es un metodo muy superior a Parabolic Fit, Tracing Paper, Bisectords of Chord y Kwee and van Woerden al presentar muy poco error cuando la curva posee marcadas asimetrías entre las caidas, una desuniforme distribución en los datos y lagunas en los mismos, es perfecto para curvas con fondo plano, parabolico o trapezoidal. Cuando usamos este metodo, se calcula el resultado sin mostrarse ninguna grafica.



Luego de realizar los calculos con los metodos que mas nos convengan, podemos escoger en las casillas de la columna **Use on Mean?** Cuales vamos a usar para el calculo final promedio, y pulsamos el botón Calc. Means, y obtendremos el promedio simple y promedio ponderado, en las casillas **Simple Mean** y **Weighred Mean** respectivamente con sus respectivas desviaciones estándar.

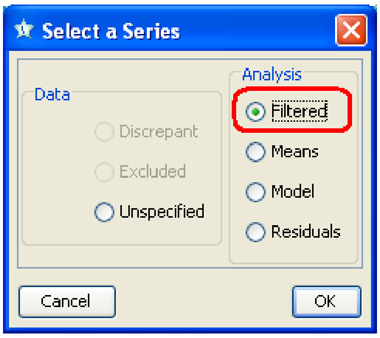
El la media ponderada se asigna un mayor peso a los minimos que poseen mayor grado de presición para el cálculo final.

La utilización de un polinomio para calcular un minimo, es tambien util para binarias con eclipses totales, donde la caida de brillo muestra un fondo plano y donde en algunos casos, sera necesario eliminar los valores de la región plana para aplicarse. Vea la curva de Des Loughney pag 146.

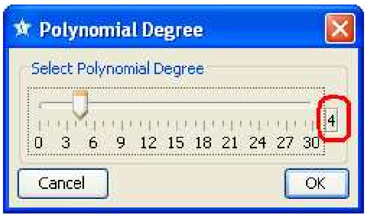
En este ejemplo determinaremos el minimo de un polinomio que ajusta los valores de la curva ruidosa correspondiente al PHEMU de la pag 25. Asi como los ajustes de media movil generan un modelo suavizado de una curva con ruido, un efecto analogo se consigue tambien usando un ajuste polinomico.

El grado del polinomio tendrá mucha influencia en el momento de los mínimos o máximos calculados, y aunque (en términos generales) cuanto mayor sea el grado, mejor se aproximara el polinomio a las características de los datos, si se nos pasa la mano se generan curvas residuales que distorsionan el modelo y produciran valores erroneos del minimo.

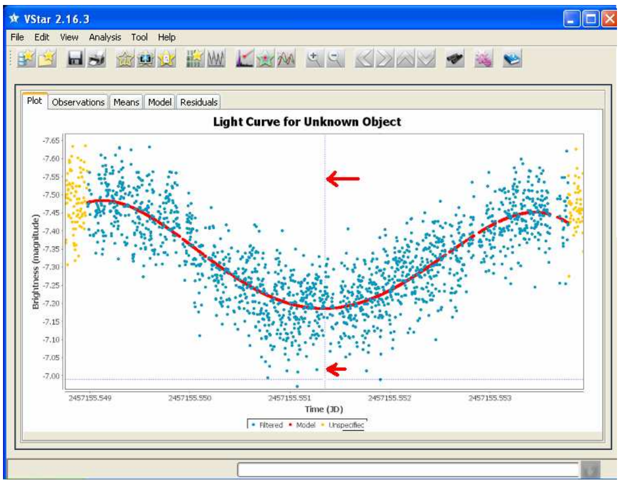
Debemos abrir primero el archivo en **File/New Star from file**, y desde le icono , o del menu **Analisis / Polinomial**

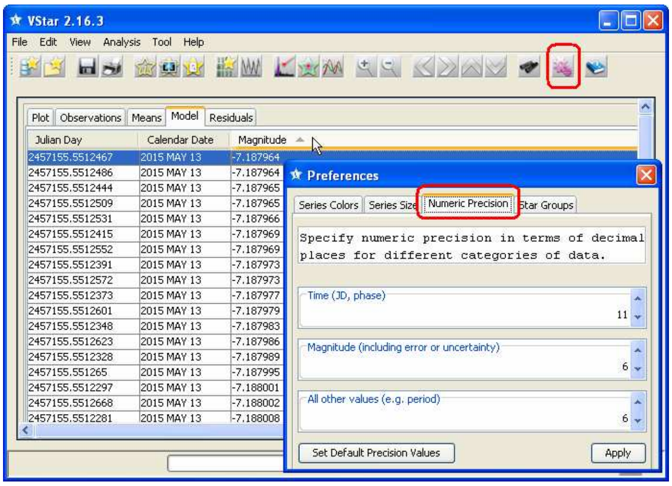


Fits… acceder a la ventana izquierda, aqui se ha escogido **Filtered** por haberse filtrado un rango de la curva (ver pag 132). Como en los ejemplos anteriores, al pulsar **OK** se abrira la ventanilla para escoger el grado del polinomio, esta permite hasta 30 grados de libertad. En este caso se escogio 4, que se muestra a la derecha del cuadro **Polinomial Degree**. Al pulsar **OK** veremos la linea de ajuste en rojo superpuesta a nuestros datos.

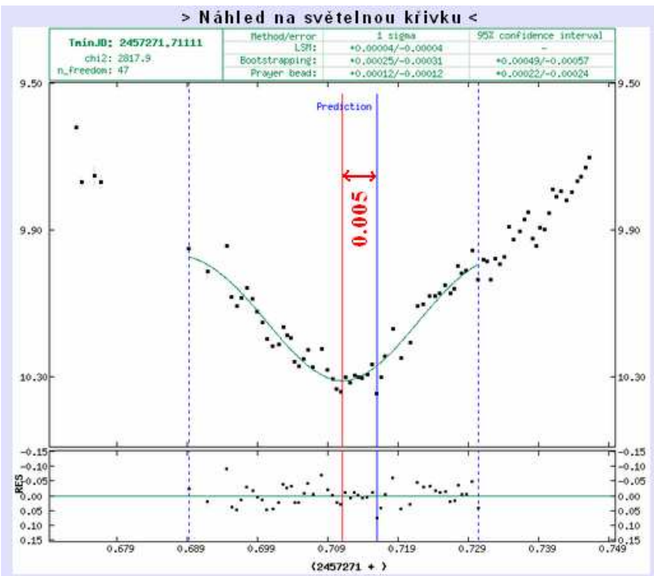


Para encontrar el valor del maximo o minimo vamos a la pestaña **Model** y veremos los valores calculados en **Julian Day** y **Magnitude** para la curva generada, si pulsamos con el cursor en la pestaña superior Magnitude, los valores se ordenaran de mayor a menor, y al contrario si volvemos a pulsar. Tocamos el valor en Fecha Juliana correspondiente al minimio en mag y tendremos el momento del minimo. Para corroborar volvemos a la pestaña Plot y vemos su posición en la curva modelo (en rojo). Si quememos ver todos los decimales de la fecha, vamos al icono , o al menu **File / Preferences**… y alli modificamos la cantidad de decimales de cada una de las columna de la pestaña Model, y al pulsar **Apply** tocamos cada celda para mostrarla con dicha cantidad de decimales.





En la pestaña **Residuals**, veremos los residuos de la curva modelo con respecto a los valores en magnitudes. El mimimo calculado usando el polinomio de grado 4 fue de DJ = 2457155.5512467 (2015:05:13:01:13:47.715), y con el de quinto grado de 2457155.5512297 (2015:05:13:01:13:46.246). Para OO Aql un polinomio 4° determino 2015:09:06:05:03:38.131.



A la hora de reportar nuestro minimo, las diferents organizaciones exigen el uso de metodos concretos, la Sociedad Astronomica Checa por ejemplo, aplica su propio metodo para el cálculo, reporte y almacenamiento del minimo. Desde esta dirección podemos realizar el mismo www.var2.astro.cz/index.php siguiendo los pasos de este video a partir del minuto 27 seg 38. Luego de escoger online el rango de datos con dos lineas como lo hemos hecho para **Fourier Fit** y **Kwee and van Woerden,** dicho segmento es modelado por tres funciónes, la primera busca el ancho mínimo de la caida (correspondiente al eclipse total). El error se estima asumiendo que la distribución de las medidas es gaussiana y caracterizada por el ancho, a partir de mínimos cuadrados estándar LMS (ver pag 11). La segunda función **Bootstrapping,** muestrea los datos originales, extrayendo medidas al azar, de las cuales calcula el mejor modelo de ajuste, los parámetros de mejor ajuste son guardados y se repite el proceso muchas veces siendo los resultados finales producto de la distribución acumulativa de los parámetros individuales. Este algoritmo no establece las incertidumbres basado en mínimos cuadrados, sólo utiliza las incertidumbres -si están disponibles- de las propias medidas generadas por el software de medición (en este caso RGB FotoCalc). Por lo general las incertidumbres fotométricas se subestiman, asi que se muestran más grandes que las calculadas con mínimos cuadrados.

La tercera función es utilizada comunmente en la investigación de tránsitos de exoplanetas: **Pont et al 2006, Gillon et al 2007, Southworth 2008, D'esert et al 2011**. Esta se denomina **Prayer Bead,** y se basa en el hecho de que teniendo la curva de luz la misma dispersión, la fase fuera del transito presenta una desviación en los residuos mas o menos equivalente a la dispersión media de las medidas, es decir 0 ó muy cercana a 0, esta propiedad se denomina "ruido blanco", pero en la fase de transito al estar la caida de brillo envuelta en el ruido, se presentan varias mediciones consecutivas con residuos mayores al valor de la desviación media de la curva, a este efecto se le denomina "ruido rojo". Este se puede detectar aplicando una transformada de Fourier a los residuos, y su comprobación se establece al presentar los residuos mayor potencia en las frecuencias más largas. El ruido rojo puede afectar la determinación del tiempo de mínimo y otros parámetros, asi que en este algoritmo la comprobación de la presencia de ruido rojo significativo, se utiliza para subestimar los errores fotométricos, o por el contrario para sobreestimarlos si la presencia de este no es significativa.

B.R.N.O ha encontrado que para intervalos asimétricos, el uso de su algoritmo puede producir desplazamientos artificiales de más de 0.001 días (1 min 26.4 seg), incluso cuando la incertidumbre en las medidas son más pequeñas que ese valor. En la casilla de error por minimos cuadrados Method/error LMS: se muestra 0.00004 dias, esto es 3.456 segundos. En la grafica mostrada por la herramienta de B.R.N.O los valores de incertidumbre mostrada para los dos ultimos algoritmos, solo tendran sentido si las incertidumbres fotométricas fueron cargadas con la data, estos equivalen a 21.600 segundos para Bootstrapping y 10.368 segundos para Prayer Bead. Ahora comparemos los resultados con los algoritmos anteriores.

Algoritmo	Fecha – Hora T.U	Error
Parabolic Fit:	2015:09:06:05:04:08.544	+/- 2 min 51.936 seg
Tracing Paper:	2015:09:06:05:04:41.376	+/- 8.640 seg *
Bisectords of Chords	2015:09:06:05:04:06.816	+/- 2 min
Kwee & van Woerden	2015:09:06:05:03:33.120	+/- 15.55 seg *
Fourier Fit	2015:09:06:05:03:51.264	+/- 6.91 seg
Sliding Integración	2015:09:06:05:04:18.912	+/- 1 min
Prom Fourier/Sliding	2015:09:06:05:04:05.088	+/- (+ 13 seg - 14 seg)
Polinomio 4 grado	2015:09:06:05:03:38.131	
Polinomio 5 grado	2015:09:06:05:04:35.674	+/- 1 min 59.039 seg
Promedio Polinomios	2015:09:06:05:04:07.152	+/- (+ 28 seg - 29 seg)
Pro Fou/Slid/Polino	2015:09:06:05:04:06.120	+/- (+ 27 seg - 28 seg)
B.R.N.O	2015:09:06:05:03:59.904	+/- 34.560 seg
Promedio Total	2015:09:06:05:04:05.971	+/- (+ 35 seg - 33 seg)

De lo expuesto anteriormente sabemos que de los algoritmos Tracing Paper, Kwee and van Woerden, debemos esperar una incertidumbre mayor en el calculo, por esto se realizo un promedio usando Fourier Fit y Sliding Integración, que suponen la mejor presición. En el caso de los resultados producidos por el ajuste polinomico, para un mismo rango de datos (cambiar de un polinmio de 4to a 5to grado) no produjo diferencia en el valor obtenido, hubo que escoger rangos ligeramente diferentes en la data, para que se produjesen diferencias en el modelado de la curva. Entonces en estos casos, es recomendable calcular el minimo con el mejor modelo de ajuste, y variar ligeramente el rango de datos para promediar los resultados obtenidos con cada rango. Esto busca un ajute iterativo en la misma filosofia de Bootstrapping.

El promedio total de los 9 algoritmos usados muestran un minimo para las 05 horas 04 minutos 05.971 segundos, el valor de insertidumbre se tomo de la diferencia entre el mayor y menor valor con respecto a este promedio, correspondientes a Tracing Paper y Kwee & van Woerden, en ambos casos no supera los 36 segundos. Este es un valor para el minimo muy similar al calculado con el algoritmo de B.R.N.O, el cual difiere por solo 6 segundos.

El promedio en Fourier Fit y Sliding Integración produjo DJ 2457271.71117000 que en fecha de calendario corresponde a 2015:09:06:05:04:05.088, y el promedio usando los dos polinomios produjo DJ 2457271.71119389 que es 2015:09:06:05:04:07.152, el promedio con estos cuatro metodos es de 2457271.711181945 que es 2015:09:06:05:04:06.120, con esta fecha del minimo en DJ podemos verificar su posición en un diagrama O-C antes del reporte en una base de datos como la de B.R.N.O, esto se explica en la pag 177.

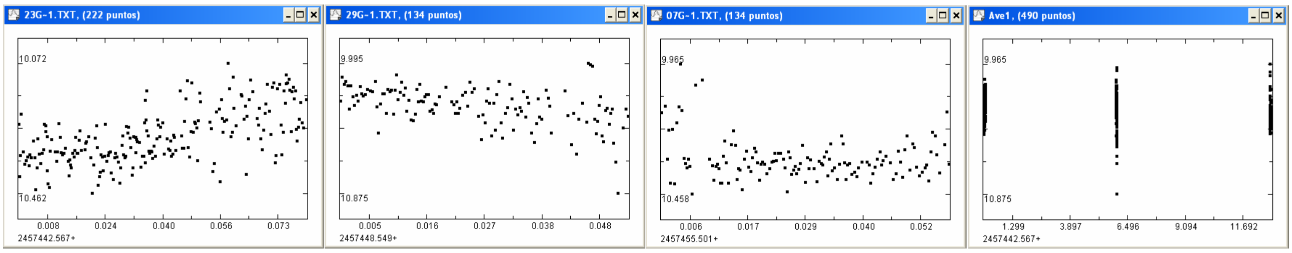
La incrtidumbre en la medida es un valor crucial para tener una referencia de la desviación del punto en el diagrama O-C.

Determinación del Minimo con un Diagrama de Fase

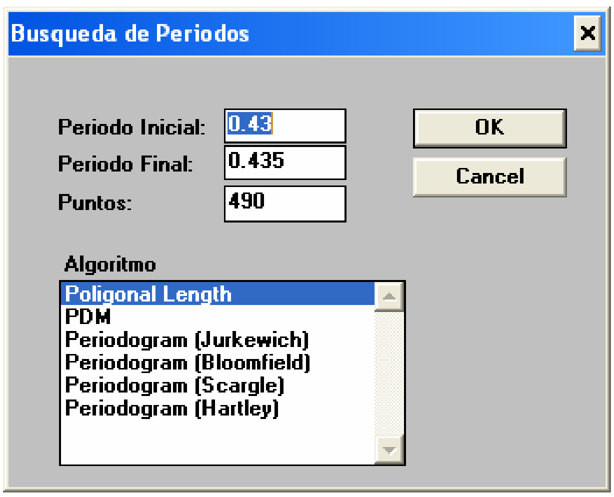
Hay ocaciones donde nos es imposible cubrir una caida de brillo de un objeto periodico en una sola sesion de observación, las razones pueden ser ser diversas, una caida y ascenso muy lenta, nubes que arruinan las sesiones de observación o el conjunto de todas estas. Por la razon que sea, hay la posibilidad de reconstruir la caida de brillo usando las medidas de varias sesiones de observación. Si el objetivo es determinar el momento del minimo, debemos tener en cuenta que mientras mas sesiones de observacion combinemos, la presición del minimo se hace cada vez menos útil para ubicar el punto en un diagrama O-C. Asi que el intervalo de tiempo entre las sesiones de observación usadas, debe ser mucho más pequeño que la escala de tiempo más corta visibles en el diagrama O-C. Por tal motivo, este metodo es adecuado solo para objetos de corto periodo, donde el intervalo entre las sesiones es de algunos pocos dias como maximo, y donde entra un factor adicional. Para lograr la mayor presición la fase se generaria usando **DJH**, pero a la hora de cargarlos en bases de datos como la de BRNO debemos hacerlo en dia juliano geocentrico **DJG** (sin corrección heliocentrica). Asi que solo sesiones espaciadas por pocos dias garantizan un grado de error despreciable entre algunas fracciones de segundo y unos pocos segundos.

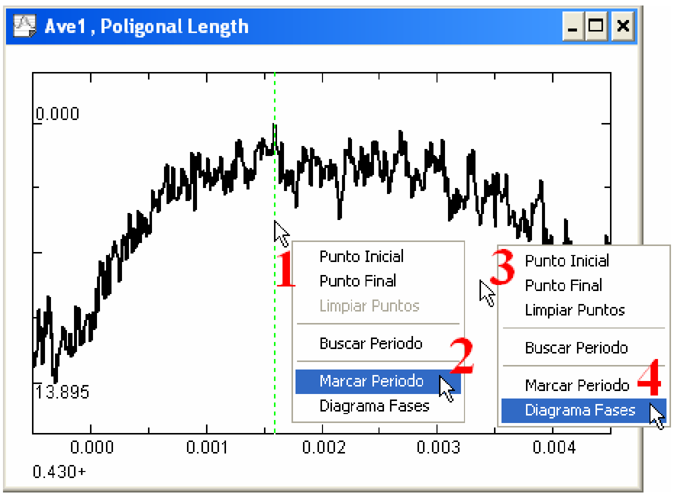
En el ejemplo siguiente se utilizan observaciones de los minimos primarios de la binaria eclipsante tipo W Uma **v1363 Ori** de las noches del 23 y 29 de febrero, y 7 de marzo de 2016, las observaciones más extremas estan espaciadas por 13 dias.

Lo primero fue guardar las observaciones en el canal G de las tres noches con sus errores como archivos de texto separados por espacion en RGB FotoCalc, pueden ser en tres archivos diferentes, o en un solo archivo. Luego abrimos AVE, el cual solo leera las dos primeras columnas omitiendo la columna de error. Si guardamos tres archivos separados tenemos que compilarlos en el menu **Tratar / Acumular Series**, imágenes inferiores.

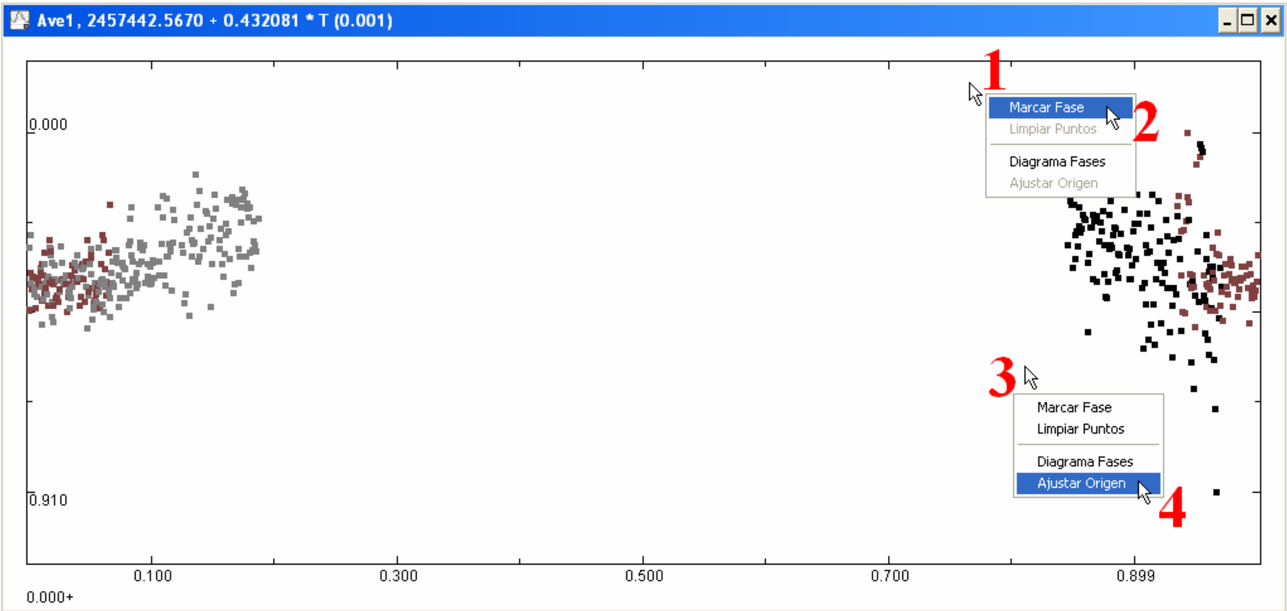


Como conocemos el periodo de la estrella, solo vamos a ajustar la data para la reconstruccion del minimo, para esto en el menu **Herramientas** activamos **Analisis Periodo**, y escojemos el algoritmo **Poligonal Length**, el periodo de la estrella según BRNO es **0.431923 dias** (10 horas 21 minutos 58.147 segundos), asi que escojeremos valores ligeramente por encima y por debajo, en este caso **0.43** y **0.435**, la cantidad de medidas acumuladas fue de **490 Puntos**. Luego como hemos visto en apartados anteriores, escojemos con el botón derecho sobre el periodograma **Marcar Periodo**, y luego sobre la grafica con el botón derecho del ratón **Diagrama Fases**, y veremos el diagrama de la pagina siguiente. El periodo en este periodograma no es relevante porque lo vamos a ajustar usando el diagrama de fase.

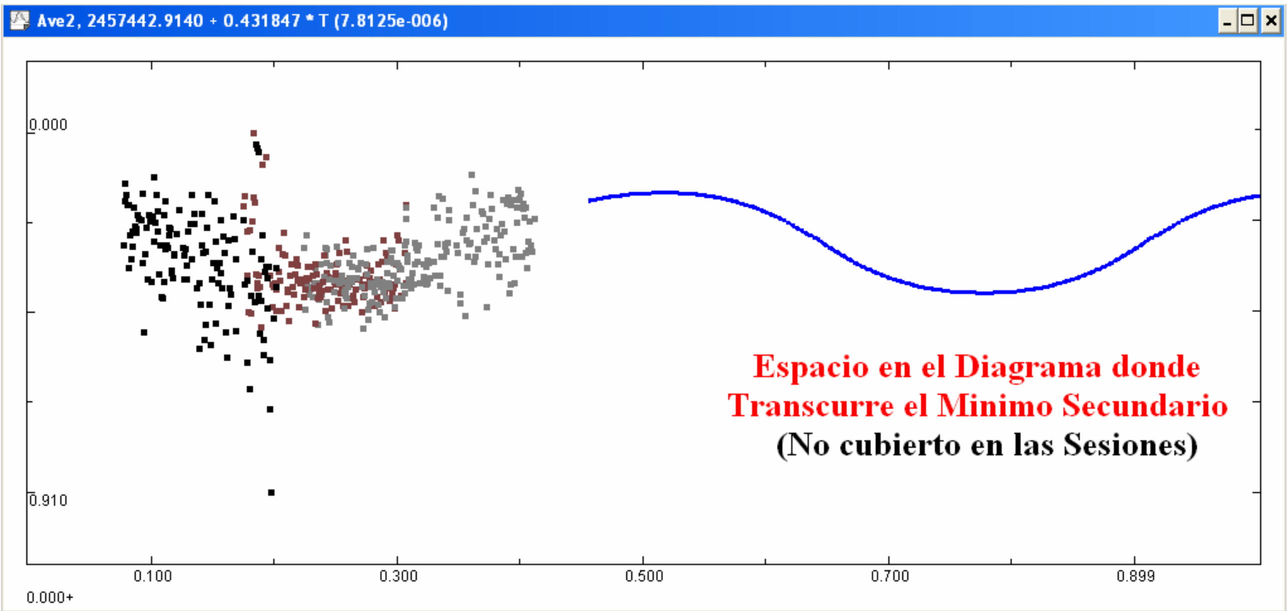


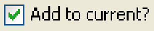


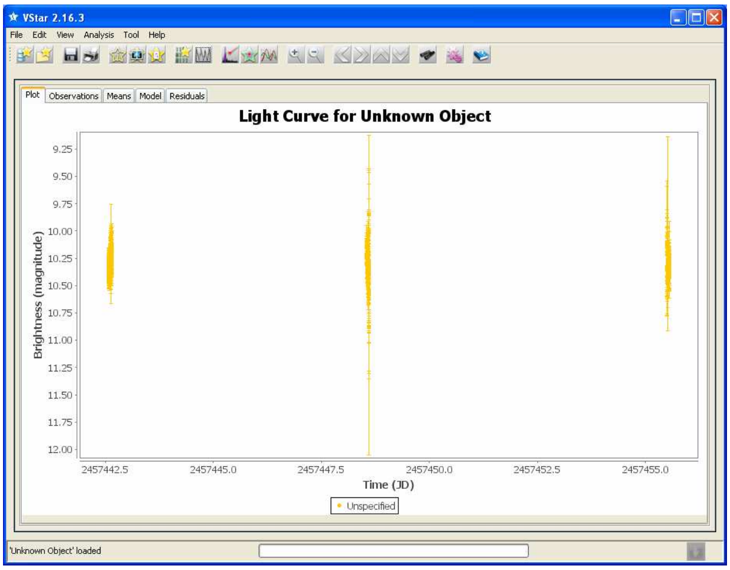
Al aparecer el diagrama de Fase, vamos al menu **Visualizar / Estilo Grafica,** y escojemos para no confundir los puntos corresponientes a las diferentes noches, **Colores por noche** y **Punto 5** para una mejor visualización. Con el botón derecho sobre la grafica nos posicionamos en la region antes de la curva y escojemos **Marcar Fase** (1 y 2), y de nuevo con el botón derecho sobre la grafica **Ajustar Origen** (3 y 4).

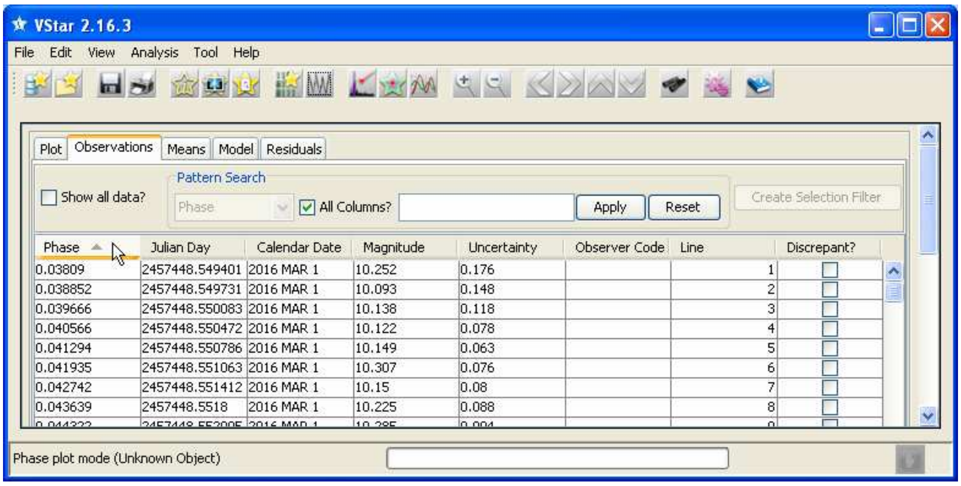


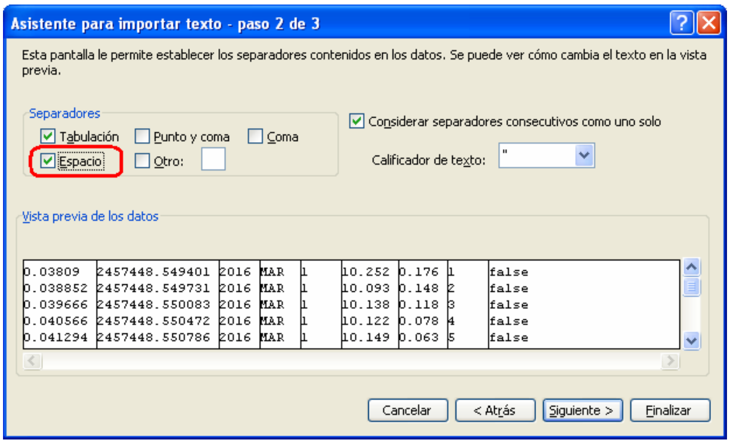
Luego con el botón abajo del teclado disminuimos el rango, y con los botones laterales ajustamos buscando la mejor superposición de los puntos, entonces anotamos los dos primeros valores, que son el origen y el periodo calculado, en este caso fue **2457442.9140** y **0.431847,** esto es (10 horas 21 minutos 51.581 segundos), **6.566 segundos** mas corto que el periodo oficial. Como las seciones cubrieron solo los minimos primarios, vemos en el diagrama de fase un espacio vacio donde tiene lugar el minimo secundario. Aun mejor es refinar la superposicion varias veces buscando los límites a cada lado (derecho e izquierdo) y tomamos el promedio. En este caso el promedio de los mejores ajustes fue de **0.432226** (10 horas 22 minutos 12.058 segundos), esto es **13.911 segundos** más largo que el periodo oficial.

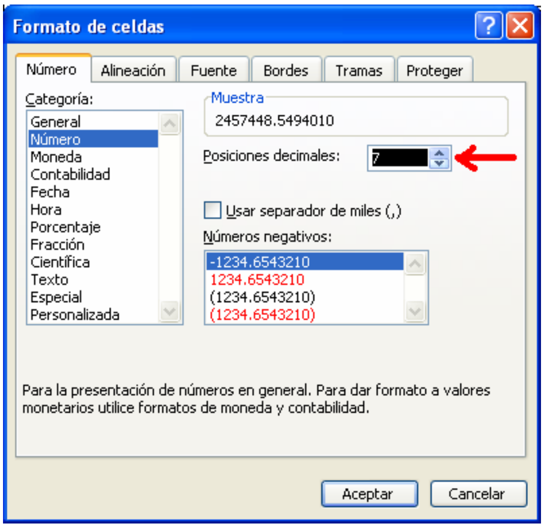


Con estos valores nos vamos a VStar 2.163 y abrimos el primer archivo desde **File / New Star from File…** y activamos la opción  , para añadir a la data los otros dos archivos en el caso de estar separados. En este momento veremos las medidas con la barra de error, y desde el icono  , abriremos la ventanilla para ajustar el diagrama de fase. En ella escribimosa los valores determinados en AVE, y al pulsar **OK** veremos el diagrama de fase mostrando dos fases. Entonces nos iremos a la pestaña **Observations**, donde veremos las columnas comenzando por la fase del periodo calculado con el conjunto, y seguidamente veremos sus respectivos DJ reales, luego de la columna con la fecha de calendario, veremos las magnitudes y errores correpondientes a cada valor de fase. Al pulsar la pestaña **Phase** con el cursor ordenaremos de mayor a menor los valores y viceversa al volver a tocar, aunque esto lo podemos hacer luego desde Excel. Entonces seleccionamos todas las filas con el ratón, y con las teclas **Ctrl + C** copiamos los datos y los pegamos en un documento de texto, el cual abriremos desde Excel. Para esto, debemos escoger en la opción Tipo de archivo: del menu **Archivo / Abrir / Todos los archivos**, y escojemos en Separadores **Espacio**.

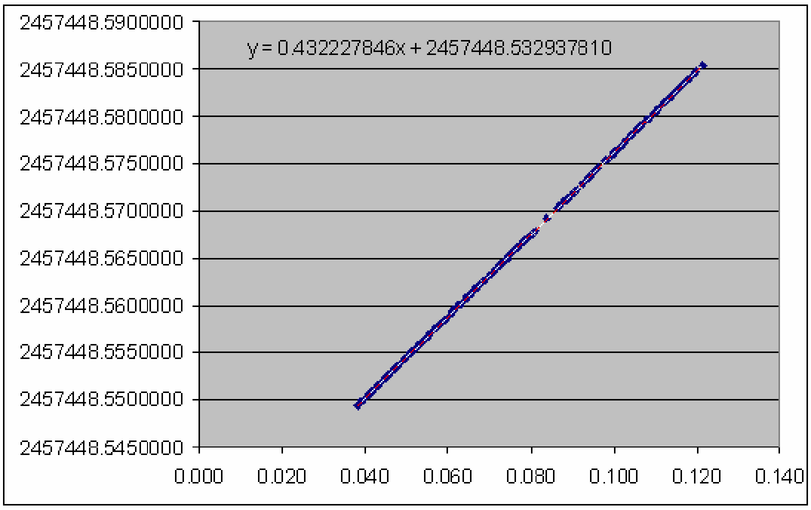


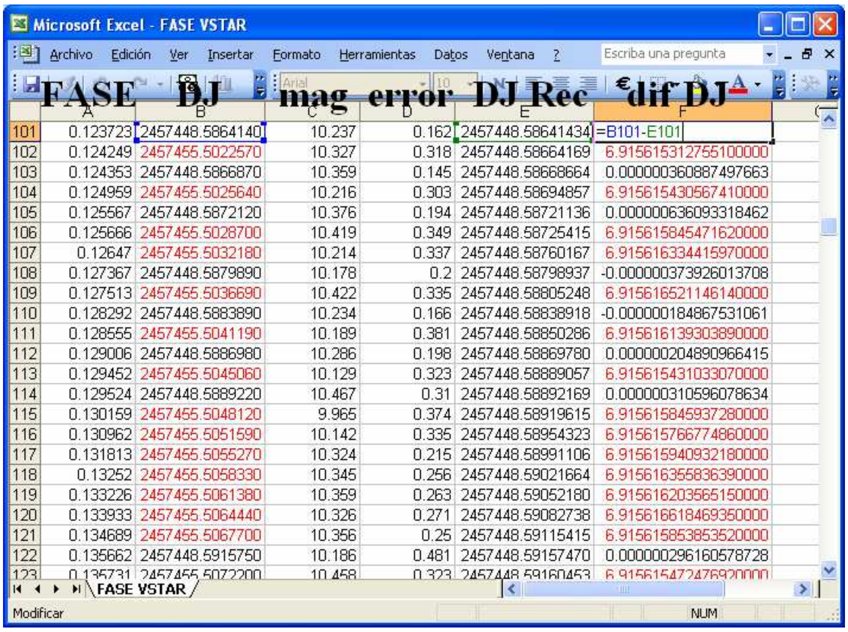






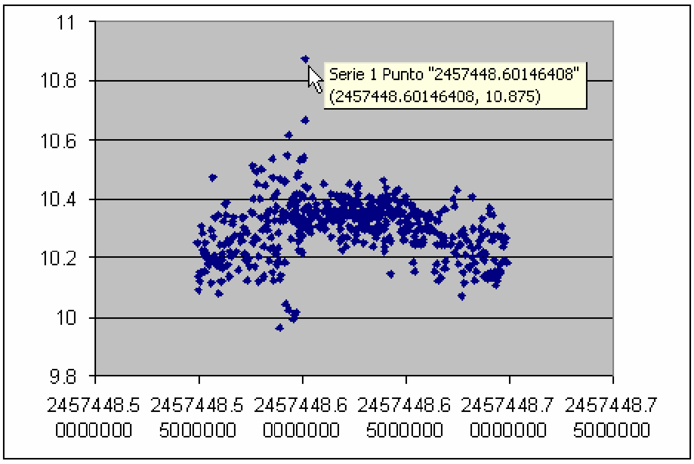
Luego escojemos toda la columna de DJ y en el menú **Formato / Celdas / Número / Número Posiciones decimales:** para visualizar la cifra completa, lo mismo hacemos con el valor de fase, y eliminamos las columnas de fecha o tras dejando solo fase, dj, mag, y error. Entonces escojemos un tramo del valor de fase y dj correspondiente a la observación posicionada en el centro de la data, en este caso hay tres, una en DJ **2457448**, otra en **2457455**, y otra en **2457442**, asi que la adecuada era 2457448, entonces se escoje las columnas valor de fase y DJ y se establece en el **Asistente para graficos** , XY dispersión, y se determina la ecuación que relaciona X con Y como se mostro en la pag 14, debemos pararnos sobre la ecuación y con el botón derecho del mismo modo, ahora en en **Formato de rotulos de datos / Número / Número** escojemos **Posiciones decimales:** una cifra que nos permita visualizar los valores de la ecuación completa, con la cual podemos generar los valores Y (dia juliano) a partir de los valores de fase, pero como la fase se corresponde con datas de varias sesiones (mostrados en rojo en la imagen inferior), al reconstruir los datos con la ecuación de DJ **2457448,** restablecera valores equivalentes a como si todas las medidas fuesen de esa fecha **(DJ Rec)**. Con estos nuevos valores podemos restarlos de los valores reales de dia juliano (DJ) y veremos que los errores se limitan al 7mo decimal, asi que sus desviacion estandart en este ejemplo fue de DJ 0.000000318010732837, esto es 0.027 segundos, un valor que no compromete nuestros analisis.





	A	B	C	D	E	F
101	0.123723	2457448.5864140	10.237	0.162	2457448.58641434	=B101-E101
102	0.124249	2457455.5022570	10.327	0.318	2457448.58664169	6.91561531275510000
103	0.124353	2457448.5866870	10.359	0.145	2457448.58668664	0.000000360887497663
104	0.124959	2457455.5025640	10.216	0.303	2457448.58694857	6.91561543056741000
105	0.125567	2457448.5872120	10.376	0.194	2457448.58721136	0.000000636093318462
106	0.125666	2457455.5028700	10.419	0.349	2457448.58725415	6.91561584547162000
107	0.12647	2457455.5032180	10.214	0.337	2457448.58760167	6.91561633441597000
108	0.127367	2457448.5879890	10.178	0.2	2457448.58798937	-0.000000373926013708
109	0.127513	2457455.5036690	10.422	0.335	2457448.58805248	6.91561652114614000
110	0.128292	2457448.5883890	10.234	0.166	2457448.58838918	-0.000000184867531061
111	0.128555	2457455.5041190	10.189	0.381	2457448.58850286	6.91561613930389000
112	0.129006	2457448.5886980	10.286	0.198	2457448.58869780	0.000000204890966415
113	0.129452	2457455.5045060	10.129	0.323	2457448.58889057	6.91561543103307000
114	0.129524	2457448.5889220	10.467	0.31	2457448.58892169	0.000000310596078634
115	0.130159	2457455.5048120	9.965	0.374	2457448.58919615	6.91561584593728000
116	0.130962	2457455.5051590	10.142	0.335	2457448.58954323	6.91561576677486000
117	0.131813	2457455.5055270	10.324	0.215	2457448.58991106	6.91561594093218000
118	0.13252	2457455.5058330	10.345	0.256	2457448.59021664	6.91561635583639000
119	0.133226	2457455.5061380	10.359	0.263	2457448.59052180	6.91561620356515000
120	0.133933	2457455.5064440	10.326	0.271	2457448.59082738	6.91561661846935000
121	0.134689	2457455.5067700	10.356	0.25	2457448.59115415	6.91561585385352000
122	0.135662	2457448.5915750	10.186	0.481	2457448.59157470	0.000000296160578728
123	0.135731	2457455.5072200	10.458	0.323	2457448.59160453	6.91561547247692000

Ahora copiamos las magnitudes y errores del lado derecho de los valores de DJ reconstruidos con la ecuación **(DJ Rec)**, y graficamos con XY dispersión como se muestra abajo, con la fase en valores de DJ en eje X. Si nos posicionamos en la grafica sobre los puntos dispersos podemos ver sus valores DJ y con estos buscar la fila y eliminarla y asi depurar la data. Ahora copiamos las 3 columnas de interes en un documento de texto y lo guardamos para el reporte en BRNO, pero tambien la volvemos a pegar en el documento Excel, para sustituir la ecuacion en las celdas por los valores reales, y asi poder eliminar la columna de la fase y guardar las tres columnas DJ, mag y error para guardarlas como archivo CSV separado por comas para el calculo en el programa **minima25** (ver pag 143).



El documento de texto lo podemos usar para calcular el minimo con un polinomio usando un filtro en VStar como se vio tambien en la (pag 143).