
POEVE Mínimos

Estimación de tiempo del mínimo en curvas
de luz de estrellas variables eclipsantes

Objetivo

De POEVE Mínimos

*Proveer una **herramienta** para el cálculo del tiempo del mínimo de una curva de luz de una estrella binaria eclipsante y se comparación con datos de efemérides.*

*Enriquecer la **capacidad** de análisis de datos del GORA.*

*Aprovechar una **oportunidad** de aprendizaje en dos campos de interés para el autor: programación científica y astronomía.*

Objetivo

De la presentación

Describir funcionalmente POEVE Mínimos

Presentar la herramienta y describir su uso.

Introducir al grupo a los conceptos matemáticos y algoritmos básicos aplicados en POEVE Mínimos.

POEVE Mínimos

Agenda

Parte 1

Introducción al
funcionamiento

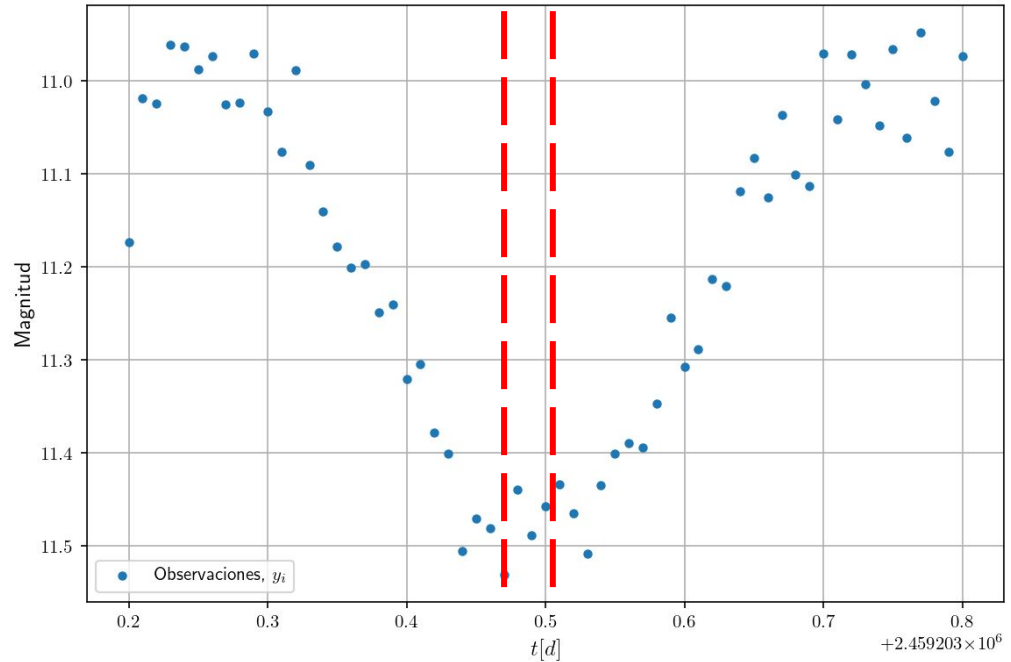
Parte 2

Manual de usuario

El problema

Observaciones \Rightarrow Tiempo del Mínimo (ToM)

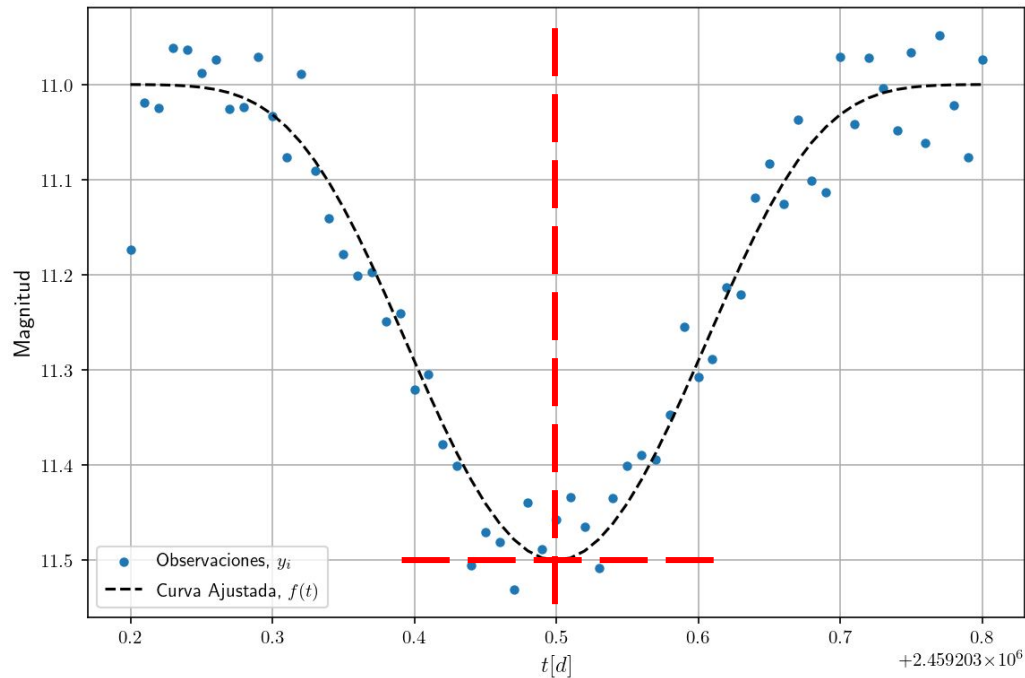
- Las observaciones son:
 - Dispersas
 - De tiempo discreto
 - No equidistantes en tiempo
- \Rightarrow No es posible estimar el mínimo de manera exacta.



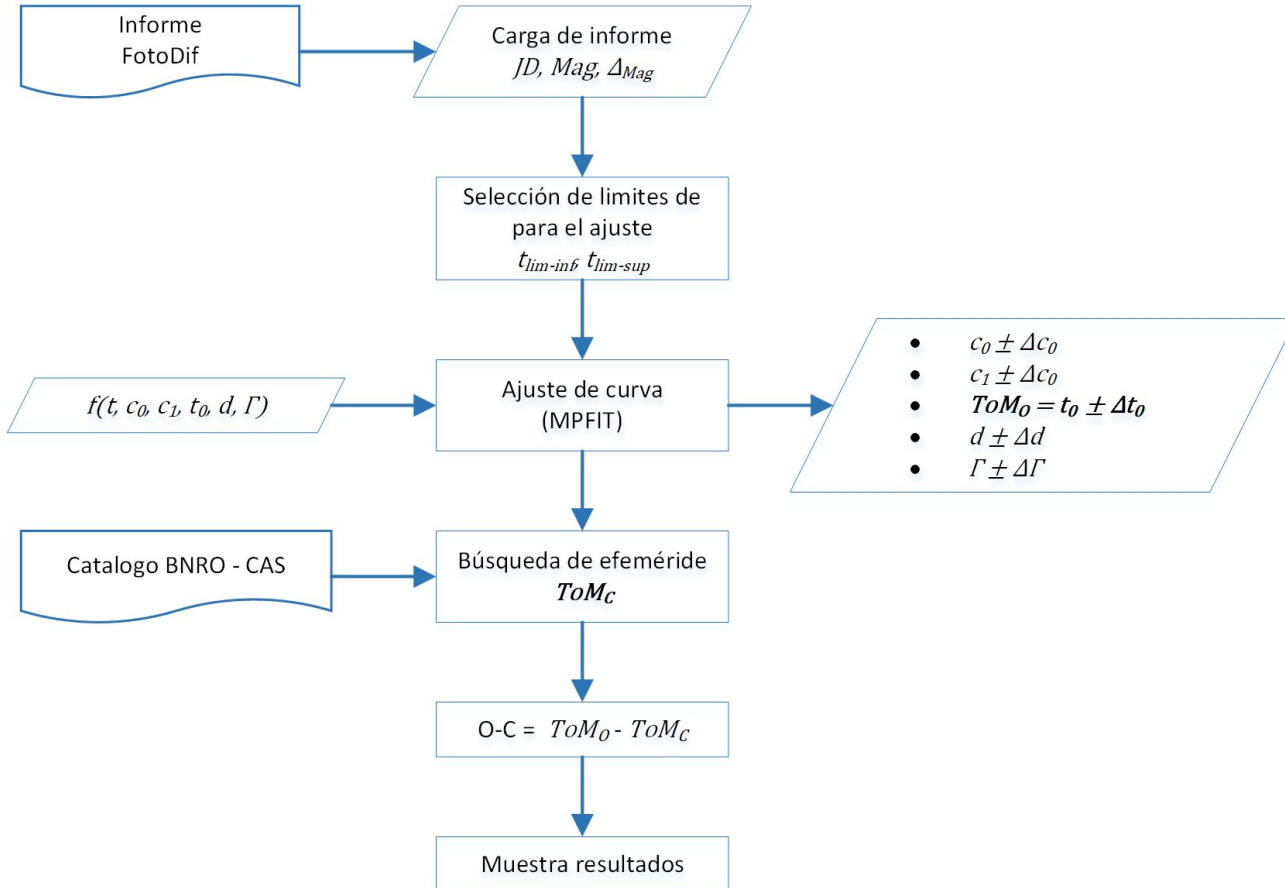
La solución

Observaciones \Rightarrow Curva Ajustada $f(t) \Rightarrow$ ToM

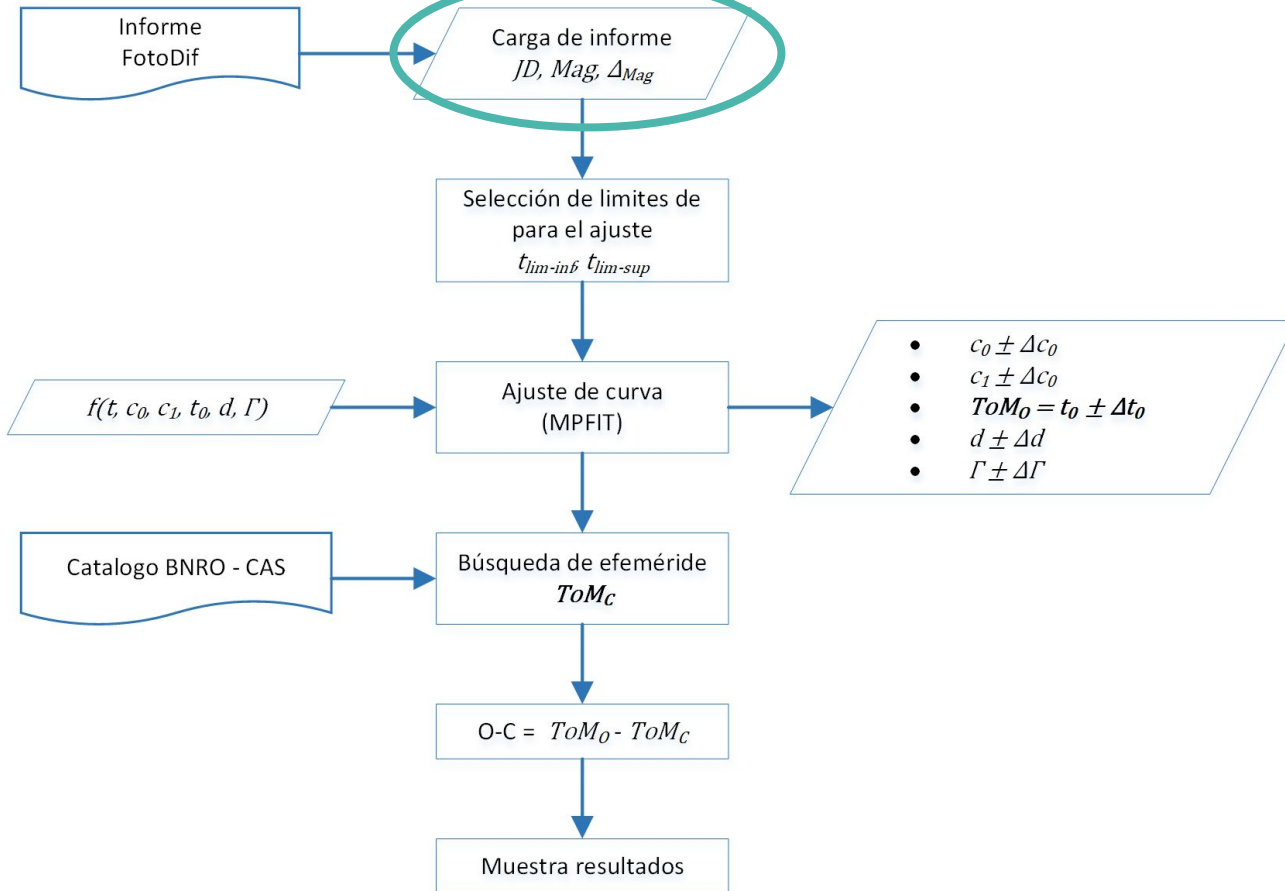
- **Ajustar** una curva suave a la nube de puntos de la observación.
- Obtener el mínimo de la función ajustada, $f(t)$.



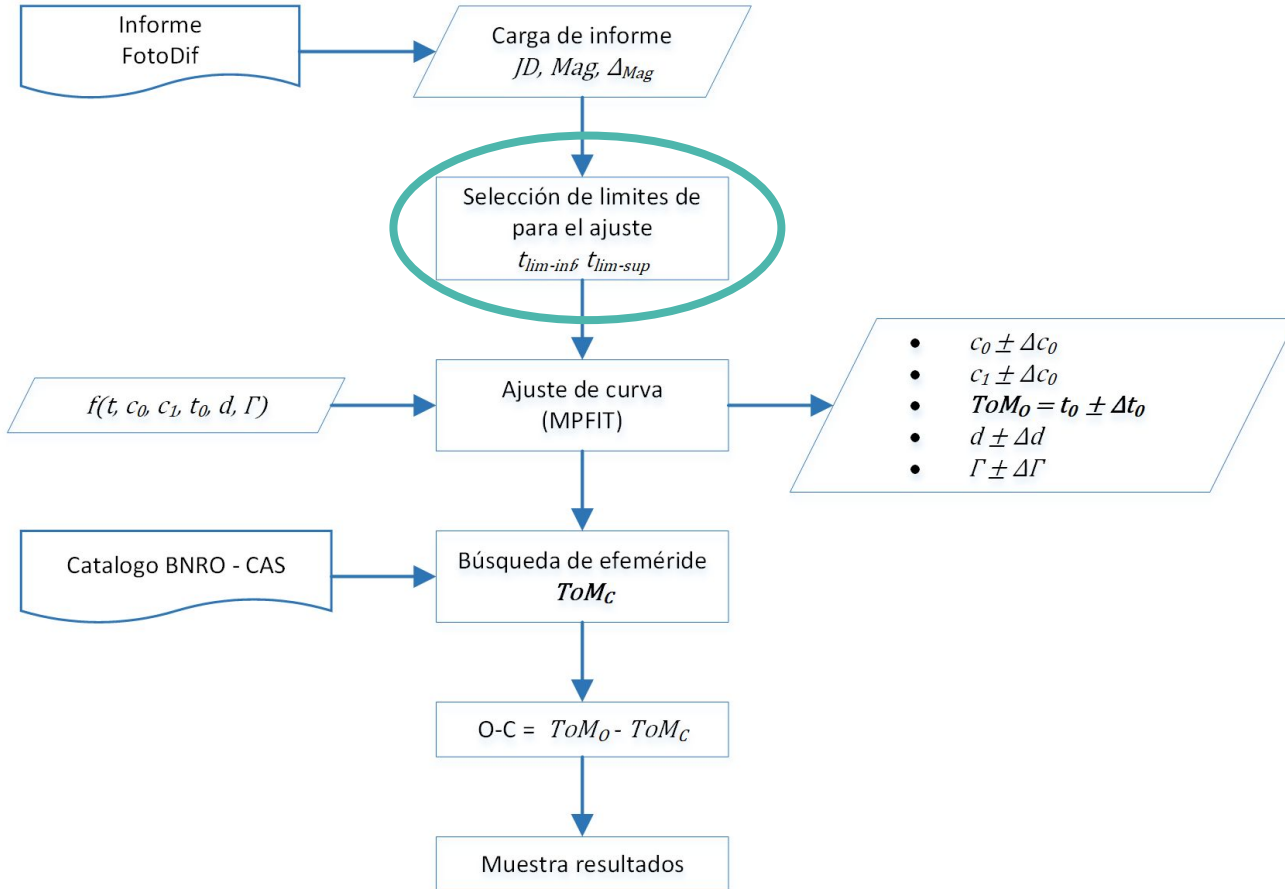
POEVE Mínimos - Descripción funcional



POEVE Mínimos - Descripción funcional

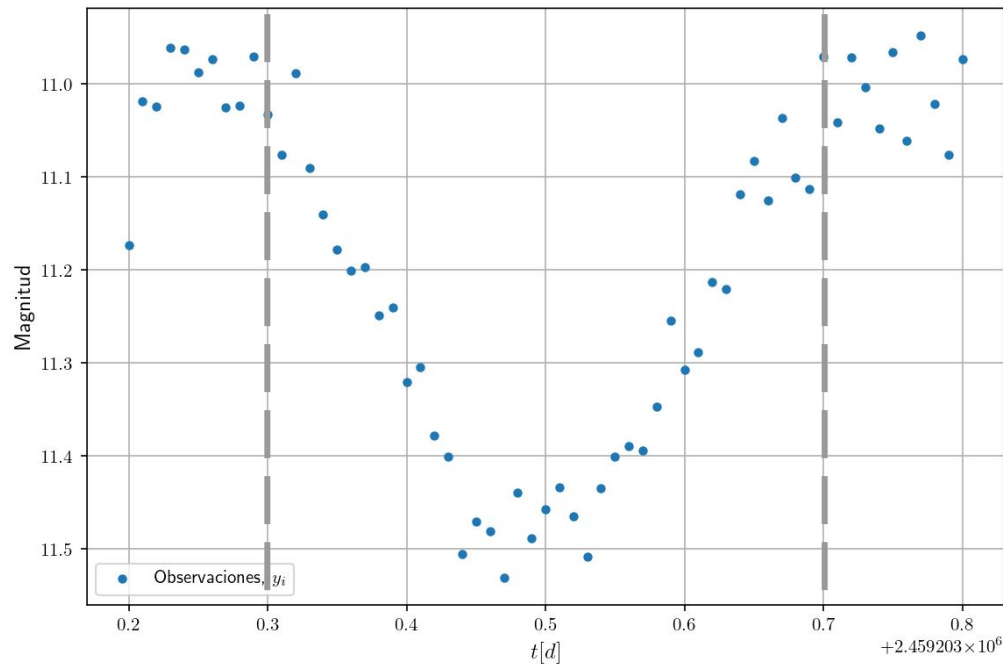


POEVE Mínimos - Descripción funcional

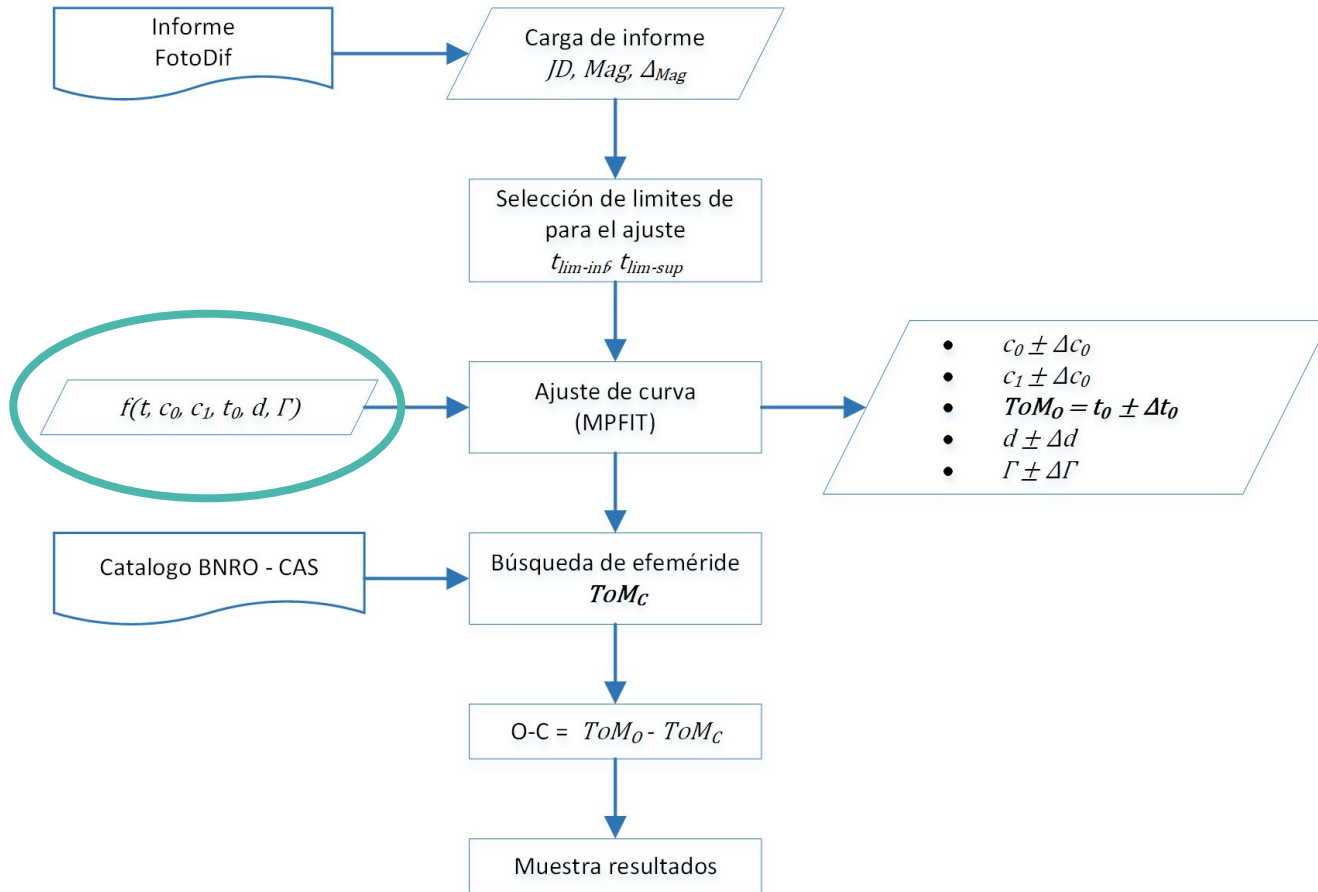


Selección de límites para el ajuste

- Dado que $f(t)$ modela solo el mínimo debemos acotar el intervalo de datos a usar.
- La selección debe ser simétrica
- Si tenemos dos mínimos nos permite elegir cual utilizamos.



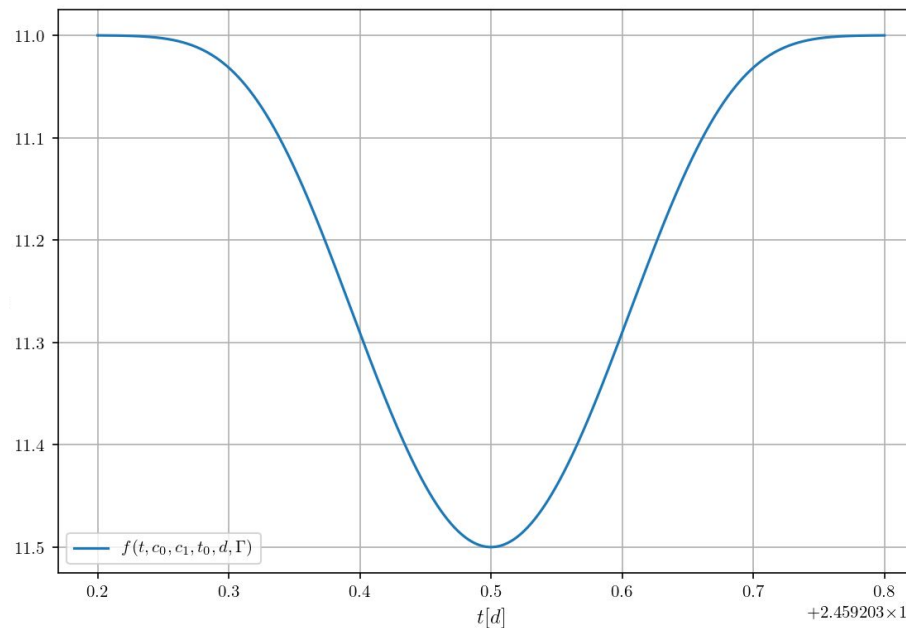
POEVE Mínimos - Descripción funcional



Modelo del mínimo

$$f(t, c_0, c_1, t_0, d, \Gamma) = c_0 + c_1 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \exp \left(1 - \cosh \left(\frac{t-t_0}{d} \right) \right) \right]^\Gamma \right\}$$

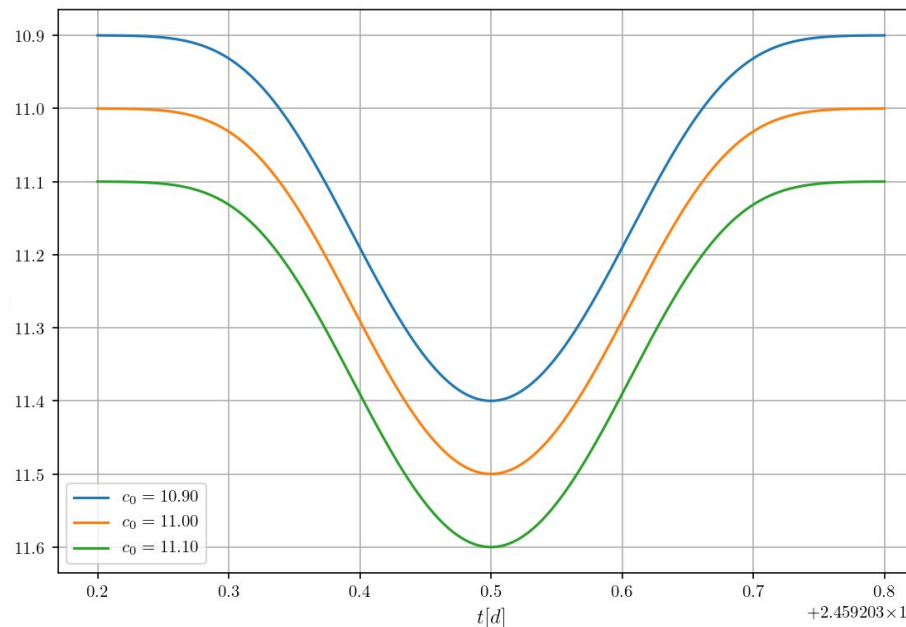
- Modela la curva de luz alrededor del eclipse.
- No modela el fenómeno fuera del eclipse
- La utiliza el proyecto BNRO - CAS



Modelo del mínimo

$$f(t, c_0, c_1, t_0, d, \Gamma) = c_0 + c_1 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \exp \left(1 - \cosh \left(\frac{t-t_0}{d} \right) \right) \right]^\Gamma \right\}$$

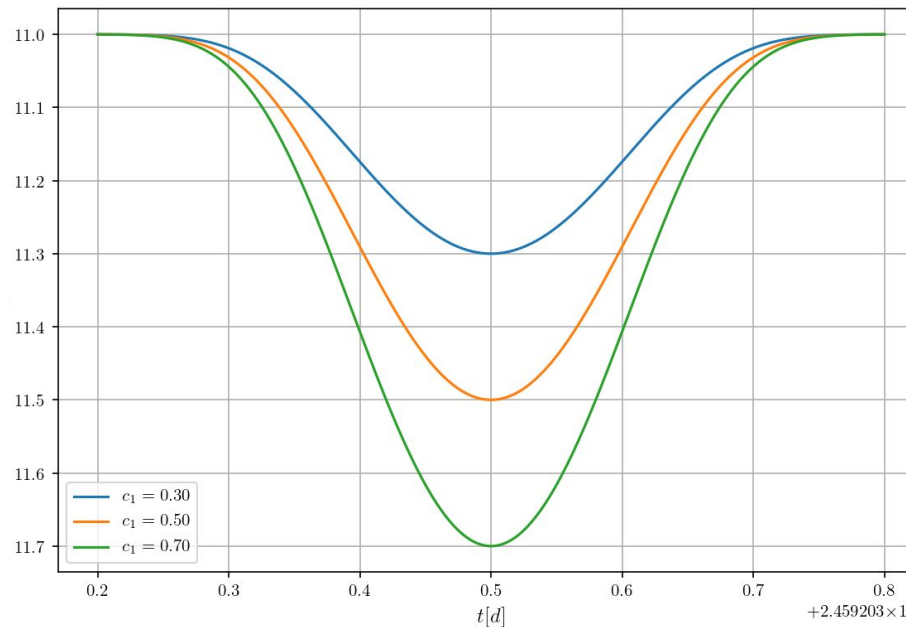
- c_0 parametriza la mínima magnitud (máximo brillo) de la curva de luz.
- $0 \leq c_0 \leq 20$



Modelo del mínimo

$$f(t, c_0, c_1, t_0, d, \Gamma) = c_0 + c_1 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \exp \left(1 - \cosh \left(\frac{t - t_0}{d} \right) \right) \right]^\Gamma \right\}$$

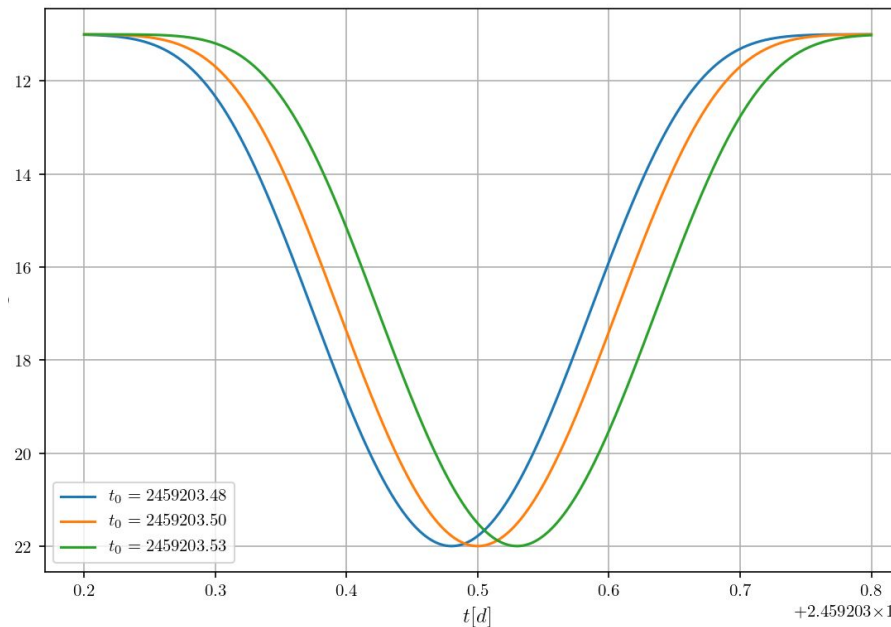
- c_1 parametriza la amplitud de la variación de magnitud.
- $0 \leq c_1 \leq 2$



Modelo del mínimo

$$f(t, c_0, c_1, t_0, d, \Gamma) = c_0 + c_1 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \exp \left(1 - \cosh \left(\frac{t - t_0}{d} \right) \right) \right]^\Gamma \right\}$$

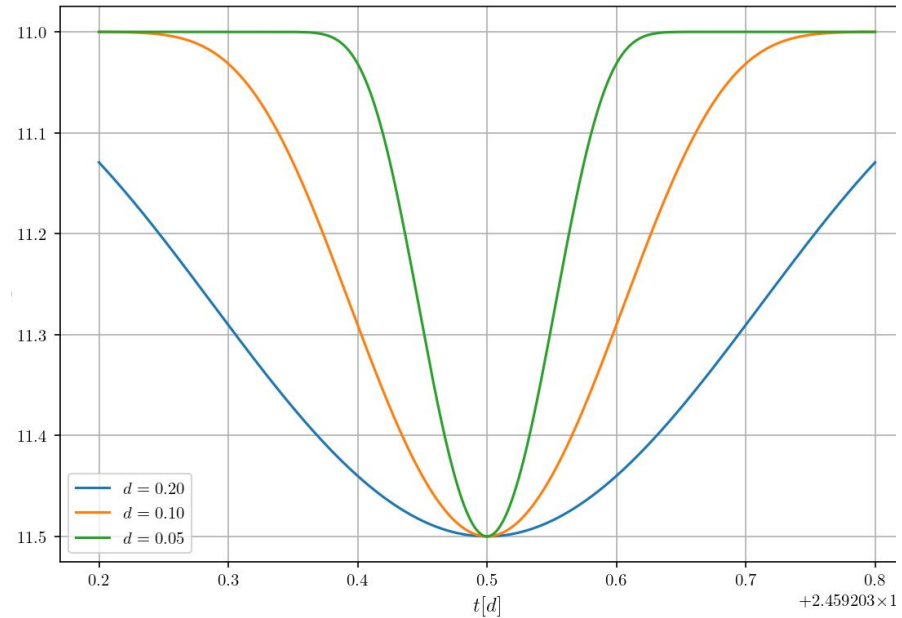
- t_0 parametriza el tiempo del mínimo (ToM) de brillo.
- $t_{lim-inf} \leq t_0 \leq t_{lim-sup}$



Modelo del mínimo

$$f(t, c_0, c_1, t_0, d, \Gamma) = c_0 + c_1 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \exp \left(1 - \cosh \left(\frac{t - t_0}{d} \right) \right) \right]^\Gamma \right\}$$

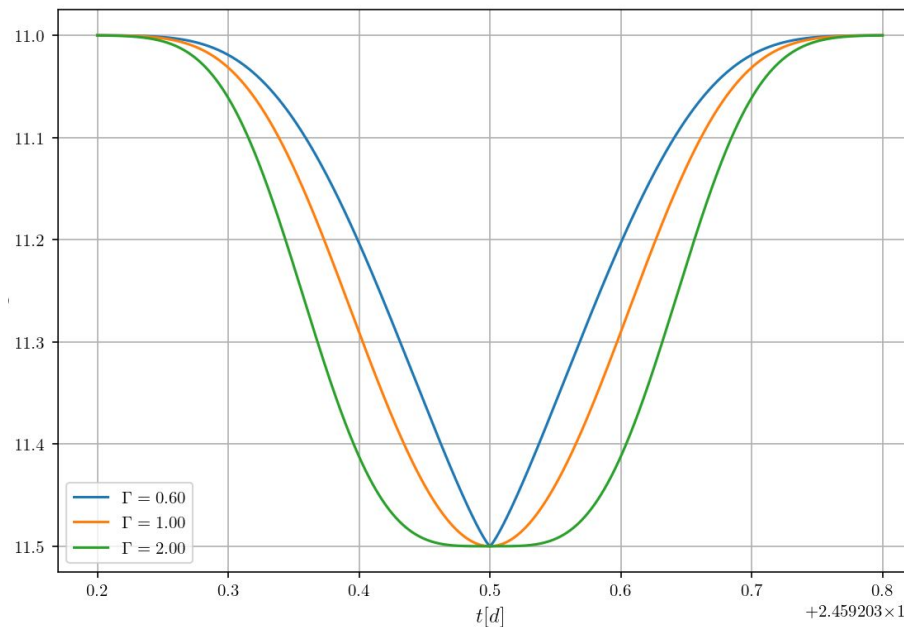
- d parametriza la duración del eclipse.
- $d > 0$



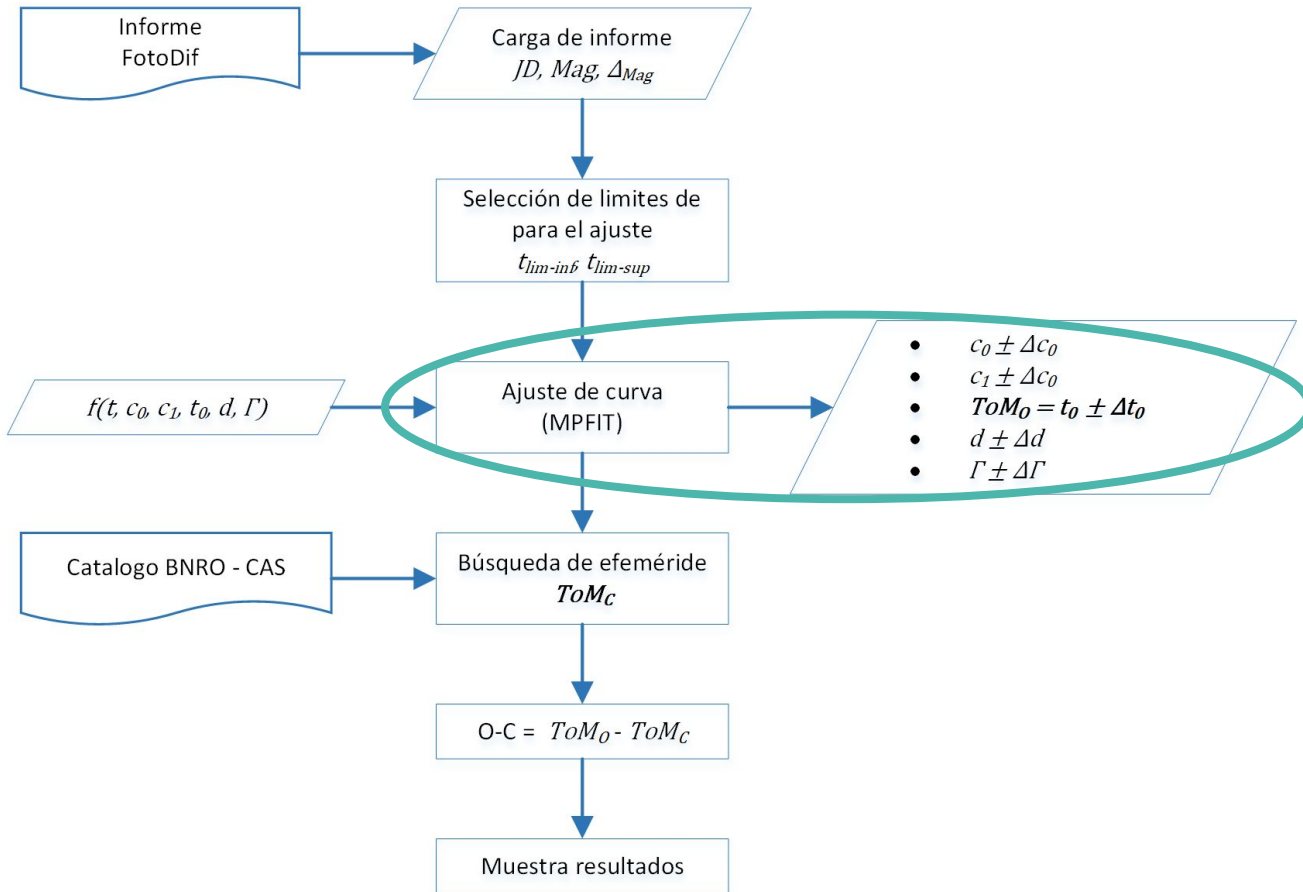
Modelo del mínimo

$$f(t, c_0, c_1, t_0, d, \Gamma) = c_0 + c_1 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \exp \left(1 - \cosh \left(\frac{t-t_0}{d} \right) \right) \right]^\Gamma \right\}$$

- Γ parametriza la pendiente de la curva.
- $\Gamma > 0$

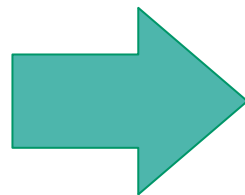
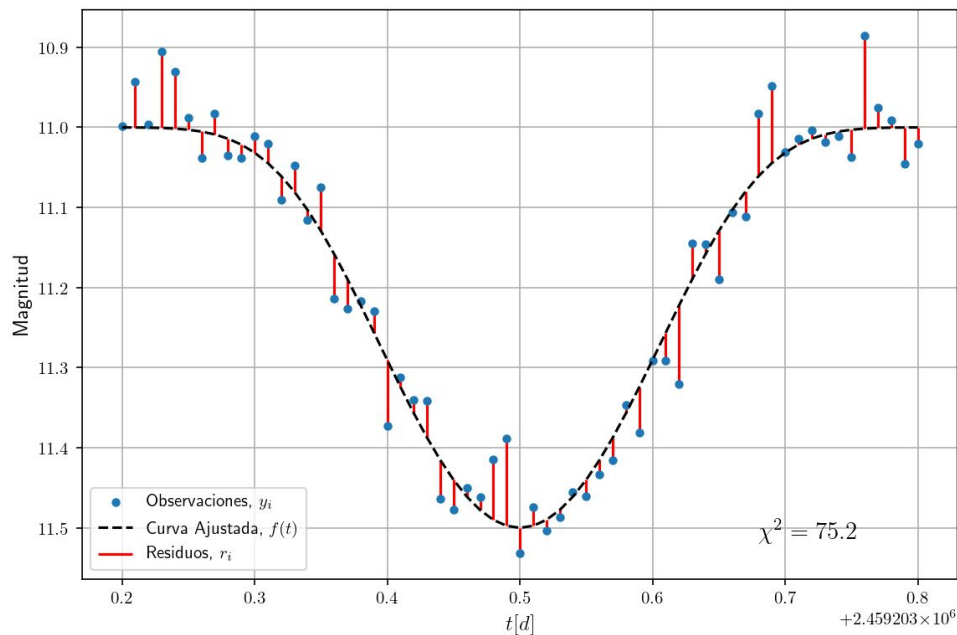


POEVE Mínimos - Descripción funcional



Ajuste de curva

- Se varían **iterativamente** los parámetros $(c_0, c_1, t_0, \Gamma, d)$ hasta que la suma de los residuos, χ^2 , es mínima.



$$c_0 \pm \sigma_{c0}$$

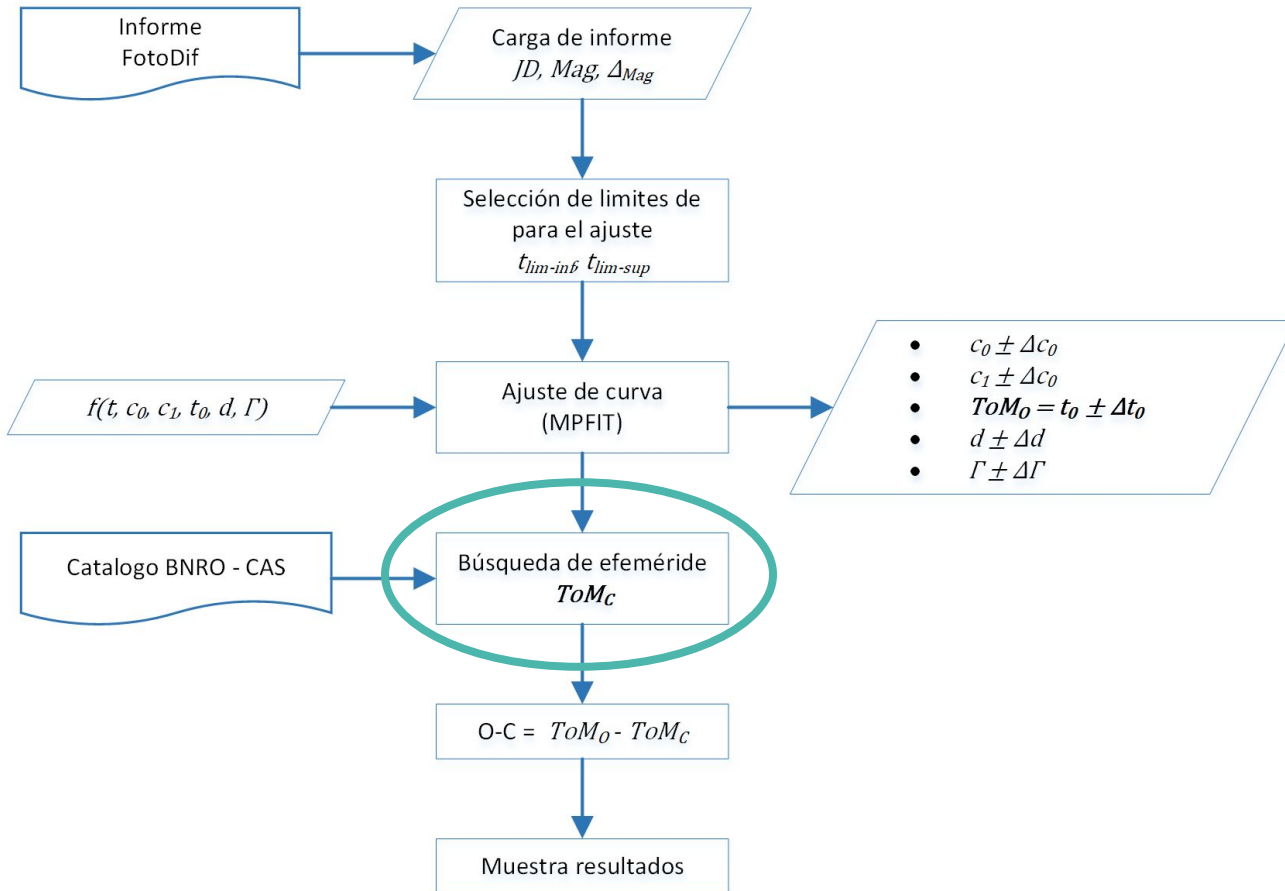
$$c_1 \pm \sigma_{c1}$$

$$t_0 \pm \sigma_{t0} \Rightarrow \mathbf{ToM_c}$$

$$\Gamma \pm \sigma_{\Gamma}$$

$$d \pm \sigma_d$$

POEVE Mínimos - Descripción funcional



Búsqueda de Efeméride del mínimo - ToM_C

- Se utiliza como catálogo el archivo `BRNO.dat` que utiliza **Ephemerides** para la predicción de mínimos. (actualizado hasta julio de 2018).

- Contiene parámetros orbitales.

M0: Mínimo de referencia [HJD]

PER: Período [d]

Name	P/S	M0	PER	...
ET Vel	P	29778.2220	3.080877	...
ET Vel	S	53693.5950	3.080877	...
AY Pup	P	40650.3450	0.468959	...
AY Pup	S	52684.0775	0.468959	...
...

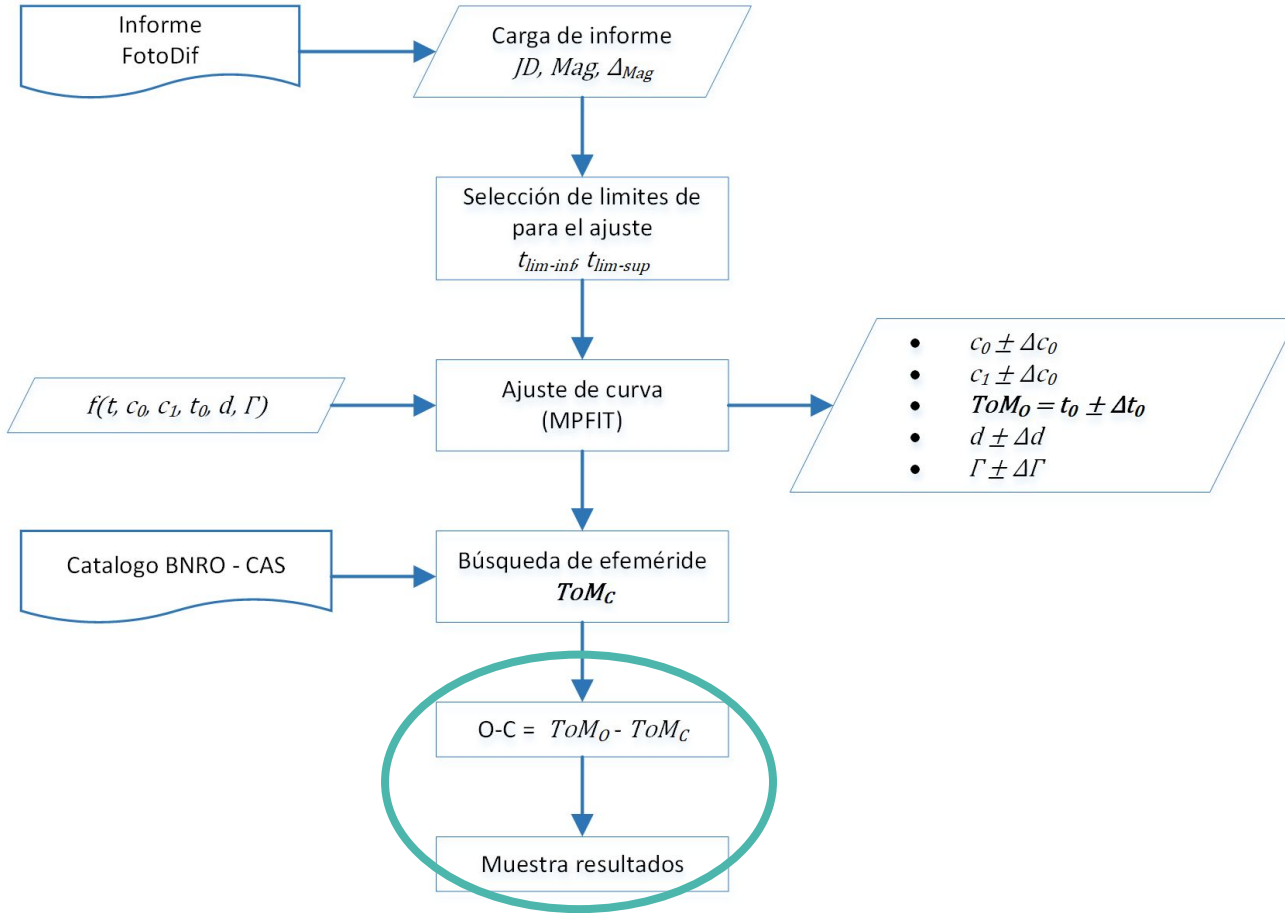
$$M0' = 2.400.000 + M0$$

$$ToM_C = M0' + N \times PER$$

- N: cantidad de mínimos desde $M0'$, se puede calcular usando ToM_o

$$N = round \left(\frac{ToM_o - M0'}{PER} \right)$$

POEVE Mínimos - Descripción funcional



POEVE Mínimos

Agenda

Parte 1

Introducción al
funcionamiento

Parte 2

Manual de usuario

Generalidades - POEVE Mínimos



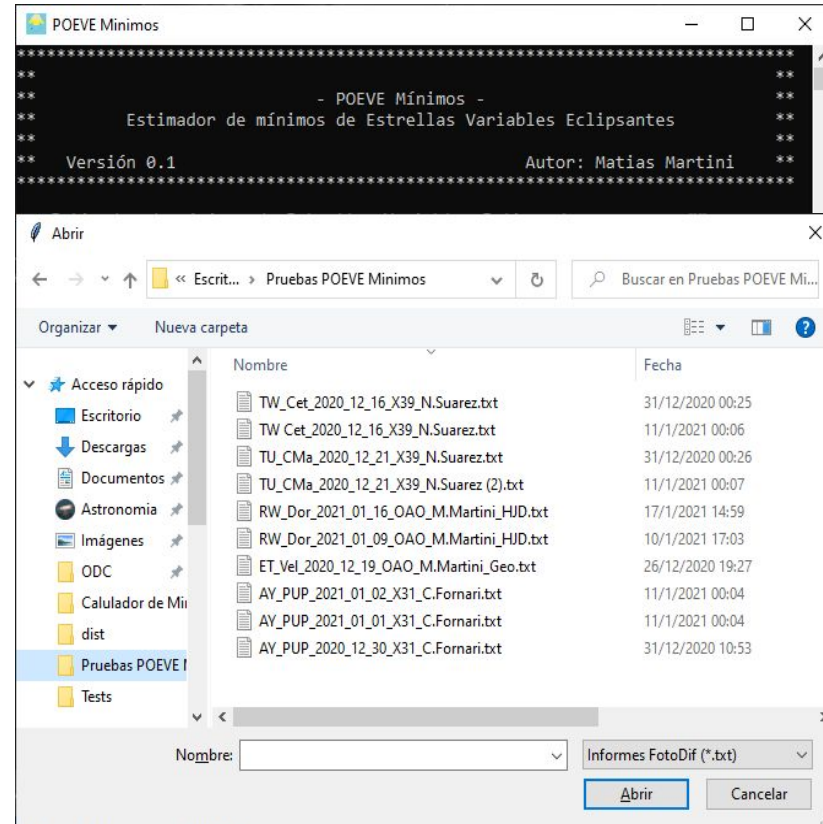
- Versión actual = 0.1
- **POEVE Mínimos** se entrega un RAR que se debe descomprimir donde el usuario desea.
- El RAR contiene:
 - **POEVE Minimos v0.1.exe** (Ejecutable)
 - **BRNO.dat** (Catálogo)
- Crear acceso directo de **POEVE Minimos v0.1.exe** (opcional)
- Al ejecutarlo se abre una terminal y ~15s después se inicia el programa.
- Si el antivirus lo analiza debemos permitir su ejecución.
- Desarrollado en Python 3.5

Carga del informe

- Cuando inicia se abre ventana para cargar informe
- Compatible con informes **FotoDif**
- Fecha HJD
- Si el nombre del archivo está en formato GORA reconoce:

RW_Dor_2021_01_09_OAO_M.Martini.txt

- Objeto: RW Dor → **Formato GCVS**
 - Respetar mayúsculas/minúsculas
- Etiqueta de obs: 2021-01-09 OAO



Configuración

```
POEVE Minimos
*****
**                               **
**      - POEVE Mínimos -      **
**      Estimador de mínimos de Estrellas Variables Eclipsantes      **
**                               **
**      Versión 0.1              Autor: Matias Martini              **
**                               **
*****

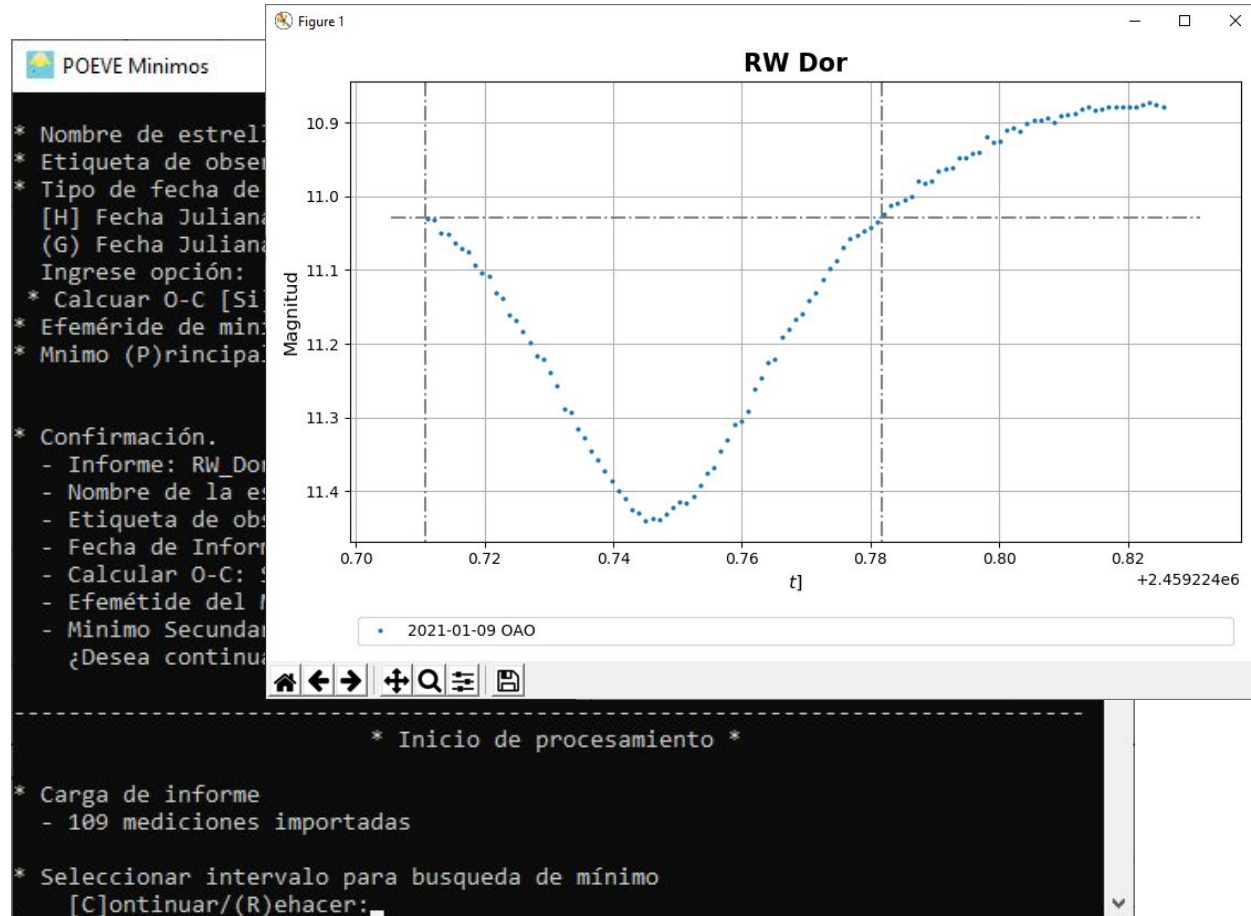
* Nombre de estrella (dejar en blanco para reconocer desde el archivo):
* Etiqueta de observación (dejar en blanco para reconocer desde el archivo):
* Tipo de fecha de informe:
  [H] Fecha Juliana Heliocentrica.
  (G) Fecha Juliana Geocentrica.
  Ingrese opción:
* Calcular O-C [Si]/(No):
* Efeméride de mínimo [HJD] (dejar en blanco para usar catalogo BNRO):
* Mnimo (P)rincipal o (S)ecundario: s

* Confirmación.
  - Informe: RW_Dor_2021_01_09_OAO_M.Martini_HJD.txt
  - Nombre de la estrella: RW Dor
  - Etiqueta de observación: 2021-01-09 OAO
  - Fecha de Informe: Fecha Juliana Heliocéntrica, HJD
  - Calcular O-C: Si
  - Efemétide del Mínimo: Calcular
  - Mínimo Secundario
  ¿Desea continuar? [Si]/(No):_
```

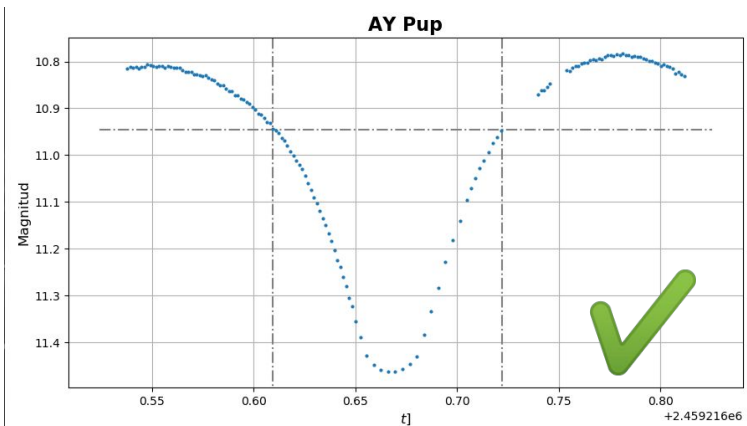
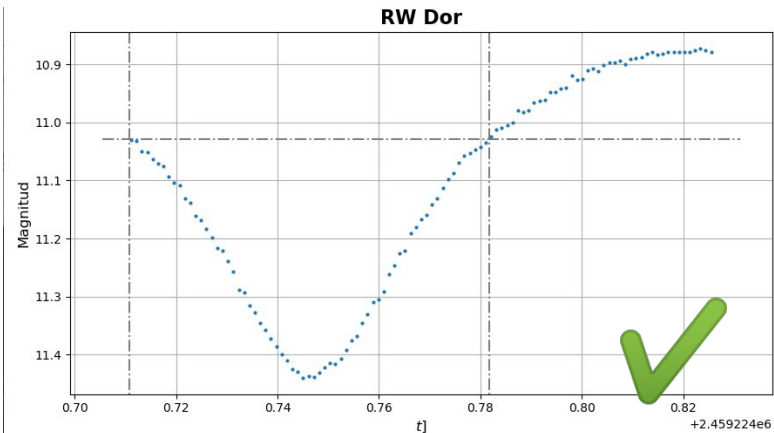
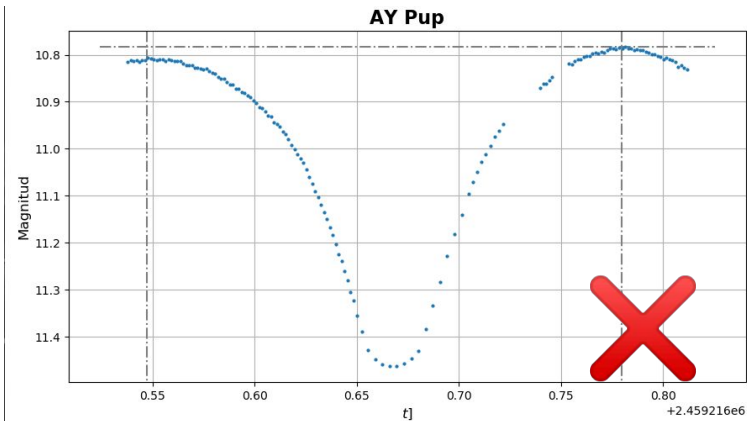
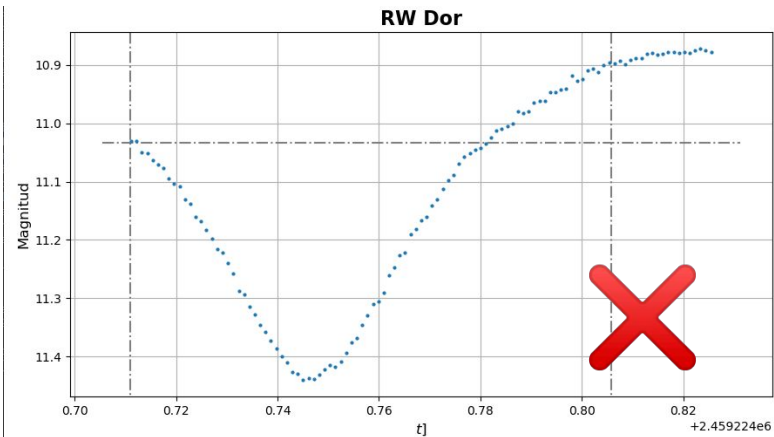
- Nombre de la estrella
- Etiqueta de observación (gráficos)
- Tipo de fecha de informe
 - HJD: Preferido
 - GJD: En desarrollo
- Cálculo de O-C.
 - Si: Requiere/Calcula ToMC
 - No: Solo calcula ToMC y gráfica
- Efeméride del mínimo
- Mínimo P/S
- Confirmación

Selección de límites para el ajuste

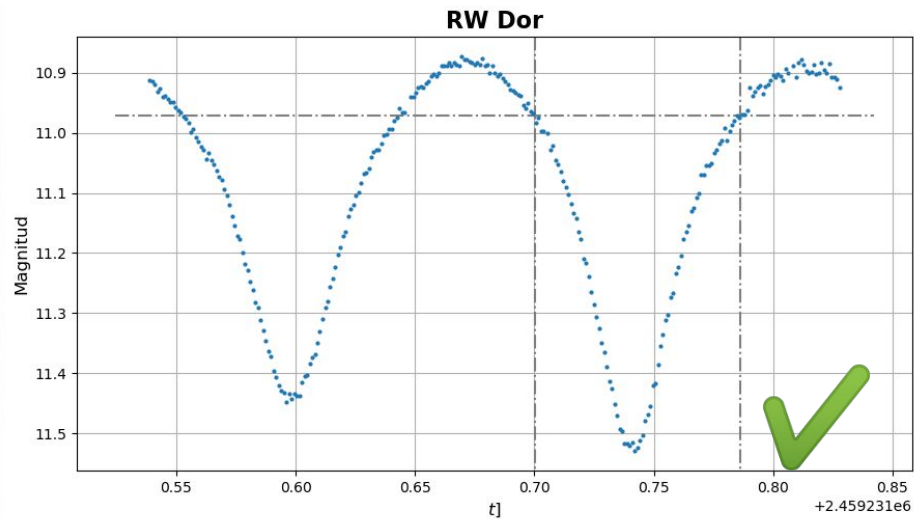
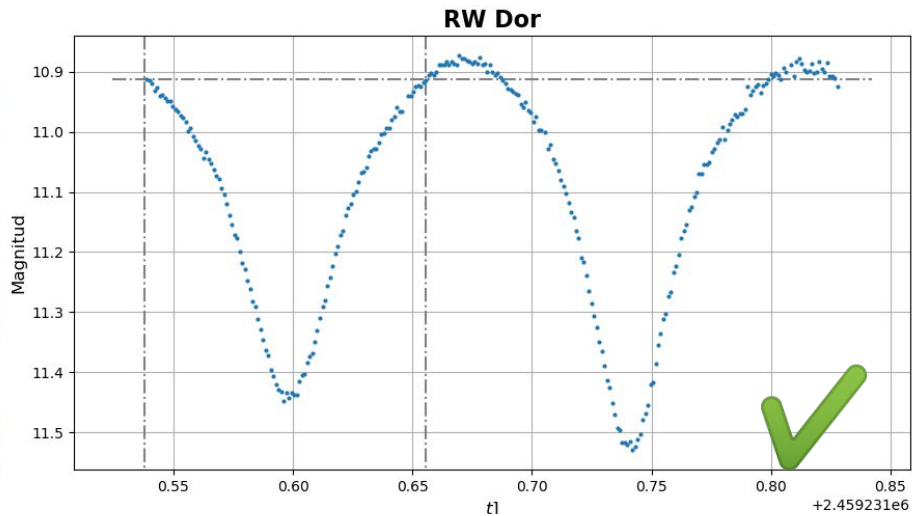
- Hacer el **primer click** a la izquierda o derecha del mínimo.
- Hacer el **segundo click** al otro lado del mínimo.
- El intervalo debe ser **simétrico** respecto al mínimo.
- Solo debe incluir al eclipse
- Guiarse de línea horizontal.
- Ingresar **R** para repetir y **C** para continuar



Selección de límites para el ajuste - Ejemplos



Selección de límites para el ajuste - Ejemplos

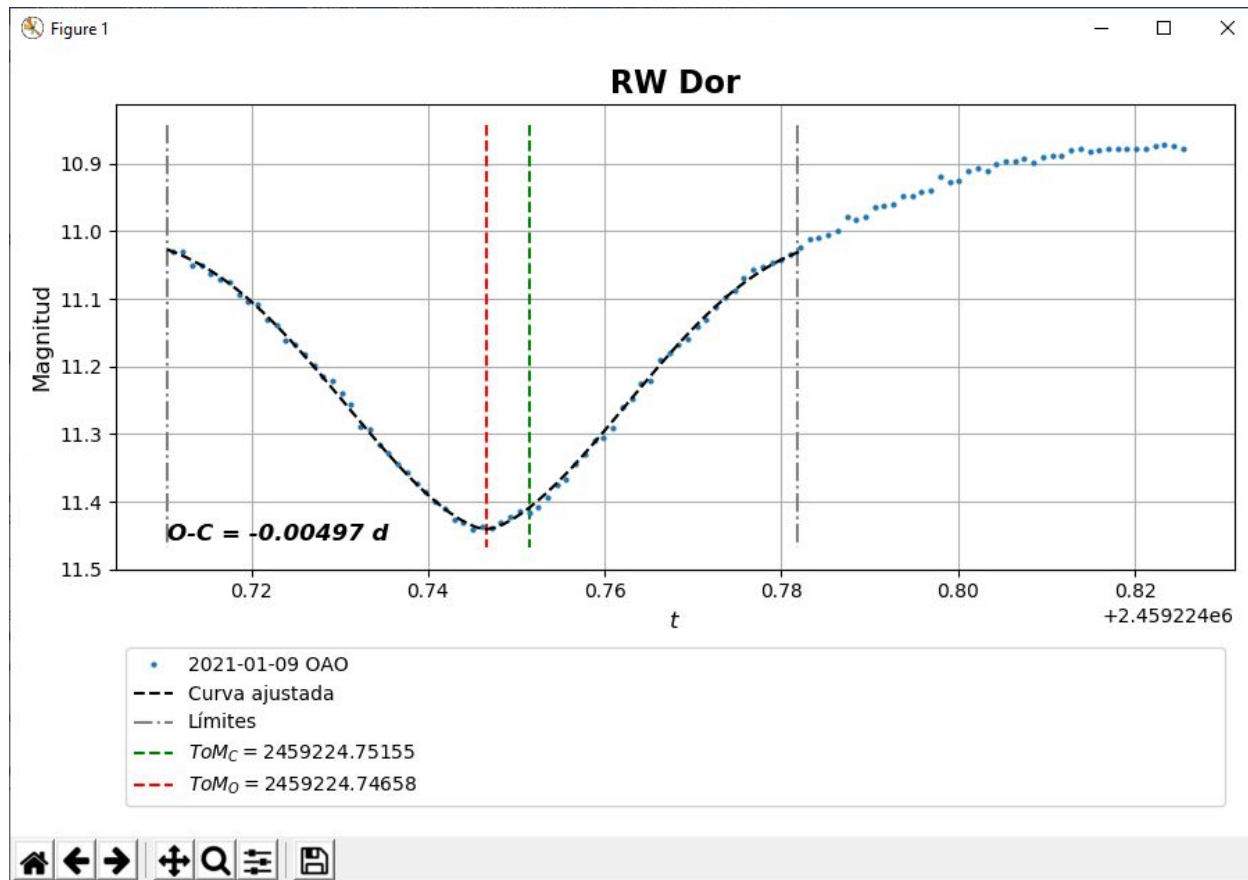


Procesamiento y resultados

```
POEVE Minimos
- Límite Inferior = 2459224.71046
- Límite Superior = 2459224.78174
* Ajuste de curva
  - Metodo: BMO
Iter   1   CHI-SQUARE = 413195.5652 DOF = 62
Iter   2   CHI-SQUARE = 175795.862 DOF = 62
Iter   3   CHI-SQUARE = 904.0625875 DOF = 62
Iter   4   CHI-SQUARE = 848.231743 DOF = 62
Iter   5   CHI-SQUARE = 709.4290653 DOF = 62
Iter   6   CHI-SQUARE = 276.0958557 DOF = 62
Iter   7   CHI-SQUARE = 219.2561577 DOF = 62
Iter   8   CHI-SQUARE = 205.7534914 DOF = 62
  - Parametros:
    c0 = 11.003 +/- 0.006
    c1 = 0.438 +/- 0.008
    t0 = 2459224.74658 +/- 0.00019
    d = 0.018 +/- 0.000
    r = 0.779 +/- 0.023
  - Chi^2 = 225.4
  - Grados de libertad (DOF) = 62
* RESULTADOS
* ToM C = 2459224.75155 [HJD]
* ToM O = 2459224.74658 [HJD]
* O-C = -0.00497 d = -0.12 Hs = -7.16'
* Generando figuras
-----
* Se proceso correctamente el informe RW_Dor_2021_01_09_OAO_M.Martini_HJD.txt.
* Presione Enter para salir.
```

- Se ajusta la función
- Se muestran los resultado del ajuste
- Se calcula la efeméride
- Se muestran los resultados
- Se guarda la imagen
- Se muestra la imagen

Procesamiento y resultados



Puntos abiertos

- Guardado de .txt con resultados
- Pruebas y corrección de errores.
- Corrección Heliocéntrica.
- Cálculo de errores con método aplicado por BNRO - CAS
- Utilizar otros catálogos para cálculo de efemérides.

¡Gracias por su atención!

