

Incorporación de la variable posicional en el modelo de aproximación del Foco

José Cortés M.

2P2 Telescope Instrument Operator

De acuerdo a los resultados preliminares del informe “Análisis Estadístico del Valor de Foco en el Telescopio 2.2 m – La Silla”, era necesario una nueva recopilación de datos, de manera específica y focalizada, para incorporar una variable posicional en el modelo de aproximación de Foco obtenido como resultado de ese estudio. Esto significa analizar una posible dependencia entre el valor de foco de dicho telescopio y su posición respecto de eje zenital.

Para tal efecto se tomaron dos series de valores: Una variando el Angulo Horario (HA) desde 0:00:00 hasta 04:00:00 en intervalos de 30 minutos y con Declinación (Dec) constante, cercana a su valor zenital (-29:13:56.0) y una segunda variando la Declinación desde -30:00:00 hasta -80:00:00, en intervalos de 10°, manteniendo el Angulo Horario constante en su valor zenital (00:00:00); luego, con ambas muestras se construiría una tercera, ahora dependiente del ángulo zenital calculado para cada valor de ambas; esta separación se adoptó ya que el telescopio presenta diferencias importantes de soporte y estructura en ambas variables y, ya que un posible causante de la variación de foco por posición del telescopio es la deformación de su estructura de soporte, era interesante tener una visión de sus dependencias por separado. Además, debido al extenso tiempo que requiere cada secuencia de foco, sólo se recogerán valores para el filtro BB#Rc/162_ESO844, que tiene el modelo con mejor ajuste como resultado del estudio antes mencionado.

El gran problema de este análisis surge de la extremadamente fuerte dependencia del valor de foco respecto de la temperatura de su Serrurier, como se puede observar en el informe preliminar ya mencionado. Por tanto, la estabilidad en las condiciones climáticas de las noches de recopilación de datos resulta un factor fundamental para el éxito de este estudio.

Los resultados

Durante la mitad de la noche del 28 de Octubre del 2001 se tomaron los datos referentes a la segunda serie de valores (Declinación variable y HA constante), sin embargo, la temperatura del Serrurier varió notablemente (bajó desde 9.3 °C hasta 7.6 °C), además de que el seeing de esa noche fue muy variable y alto (1.1 – 1.6), lo que empeoró el ajuste de la curva de determinación de foco que utiliza el instrumento WFI. Por tanto, sus resultados fueron muy poco concluyentes.

Por otro lado, la noche completa del 29 de Octubre del 2001 (al día siguiente) la temperatura se mantuvo extraordinariamente estable en 11.4 C y el seeing osciló entre 0.7 y 1.0. Durante esa noche se tomaron ambas series, aunque la correspondiente a Declinación variable se hizo con un HA constante de -03:00:00, con el objeto de cubrir posiciones alejadas de ambos ejes referenciales en su ángulo zenital.

Todos los resultados se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1.- Resultados de Valor de Foco Según Posición

File Name	RA	DEC	HA	Filter	Stemp	Z-Dist	AM	M1	Focus	abs(HA)	sec(Z-Dist)	abs(Dec)
28-11-2001												
WFI_FocSeqIma.2.fits	3.5008	-79.9935	-0.0729	R	9.0000	50.7800	1.5800	8.6000	25136	0.0729	1.1487	50.7613
WFI_FocSeqIma.3.fits	3.6678	-59.9932	-0.0467	R	8.7000	30.7800	1.1600	8.6000	25114	0.0467	1.2430	30.7609
WFI_FocSeqIma.4.fits	3.8347	-29.9932	-0.0167	R	8.4000	0.8100	1.0000	8.6000	25134	0.0167	1.4503	0.7609
WFI_FocSeqIma.5.fits	4.0843	-69.9936	-0.0092	R	8.1000	40.7700	1.3200	8.4000	25175	0.0092	-1.0025	40.7614
WFI_FocSeqIma.6.fits	4.3346	-39.9937	-0.0411	R	8.0000	10.8000	1.0200	8.3000	25150	0.0411	-5.1459	10.7615
WFI_FocSeqIma.7.fits	4.5012	-49.9938	-0.0289	R	7.9000	20.7800	1.0700	8.3000	25153	0.0289	-2.8414	20.7616
WFI_FocSeqIma.8.fits	4.6677	-59.9940	-0.0011	R	7.8000	30.7800	1.1600	8.3000	25179	0.0011	1.2430	30.7618
WFI_FocSeqIma.9.fits	4.9166	-79.9944	-0.0622	R	7.8000	50.7700	1.5800	8.3000	25205	0.0622	1.1423	50.7622
WFI_FocSeqIma.10.fits	5.0840	-69.9945	-0.0369	R	7.6000	40.7800	1.3200	8.1000	25212	0.0369	-1.0018	40.7623
29-11-2001												
WFI_FocSeqIma.fits	6.4179	-29.9972	-4.0272	R	11.7000	51.7100	1.6100	10.0000	24938	4.0272	7.9401	0.7650
WFI_FocSeqIma.1.fits	6.1012	-29.9964	-3.4667	R	11.7000	44.7300	1.4100	9.9000	24937	3.4667	1.3638	0.7642
WFI_FocSeqIma.2.fits	5.8346	-29.9959	-3.0278	R	11.5000	39.1500	1.2900	9.9000	24936	3.0278	8.3597	0.7637
WFI_FocSeqIma.3.fits	5.5013	-29.9953	-2.5147	R	11.5000	32.5700	1.1900	10.0000	24922	2.5147	2.4706	0.7631
WFI_FocSeqIma.4.fits	5.1680	-29.9948	-2.0042	R	11.4000	25.9800	1.1100	9.9000	24921	2.0042	1.5105	0.7626
WFI_FocSeqIma.5.fits	4.8351	-29.9943	-1.4886	R	11.3000	19.3000	1.0600	9.9000	24919	1.4886	1.1108	0.7621
WFI_FocSeqIma.6.fits	4.5014	-29.9939	-0.9772	R	11.4000	12.6700	1.0200	9.8000	24918	0.9772	1.0054	0.7617
WFI_FocSeqIma.7.fits	4.2514	-29.9937	-0.5214	R	11.4000	6.7700	1.0100	9.9000	24909	0.5214	1.1314	0.7615
WFI_FocSeqIma.8.fits	3.9514	-29.9934	-0.0106	R	11.4000	0.8000	1.0000	9.9000	24913	0.0106	1.4353	0.7611
WFI_FocSeqIma.9.fits	3.6181	-29.9930	0.5386	R	11.4000	7.1400	1.0100	9.9000	24911	0.5386	1.5271	0.7608
WFI_FocSeqIma.10.fits	3.3348	-29.9929	1.0175	R	11.3000	13.1700	1.0300	10.0000	24918	1.0175	1.2147	0.7606
WFI_FocSeqIma.11.fits	7.5843	-39.9987	-3.0028	R	11.4000	38.1100	1.2700	9.9000	24921	3.0028	1.0908	10.7665
WFI_FocSeqIma.12.fits	7.7508	-49.9986	-2.9747	R	11.3000	39.2900	1.2900	10.0000	24940	2.9747	-49.7748	20.7664
WFI_FocSeqIma.13.fits	7.9506	-59.9986	-2.9889	R	11.4000	42.8800	1.3600	9.9000	24949	2.9889	2.2146	30.7664
WFI_FocSeqIma.14.fits	8.1668	-69.9989	-3.0242	R	11.4000	48.0300	1.4900	10.0000	24951	3.0242	-1.6212	40.7667
WFI_FocSeqIma.15.fits	8.3323	-79.9992	-2.9978	R	11.4000	53.9800	1.7000	9.9000	24948	2.9978	-1.1900	50.7670
WFI_FocSeqIma.16.fits	8.5845	-20.0018	-3.0244	R	11.3000	41.9300	1.3400	10.0000	24942	3.0244	-2.1593	9.2305
WFI_FocSeqIma.17.fits	8.7512	-10.0029	-3.0011	R	11.3000	46.1100	1.4400	10.1000	24932	3.0011	-1.8919	19.2294
WFI_FocSeqIma.18.fits	8.9513	-0.0041	-3.0122	R	11.3000	51.9500	1.6200	10.1000	24931	3.0122	-8.8124	29.2281
WFI_FocSeqIma.19.fits	9.1346	9.9947	-3.0000	R	11.6000	58.3600	1.9000	10.2000	24946	3.0000	-4.1977	39.2269
WFI_FocSeqIma.20.fits	9.3347	19.9934	-3.0267	R	11.7000	65.7700	2.4300	10.1000	24960	3.0267	-1.0211	49.2256

Los gráficos y las curvas de ajuste resultantes se presentan en las Figuras 1 a 2.

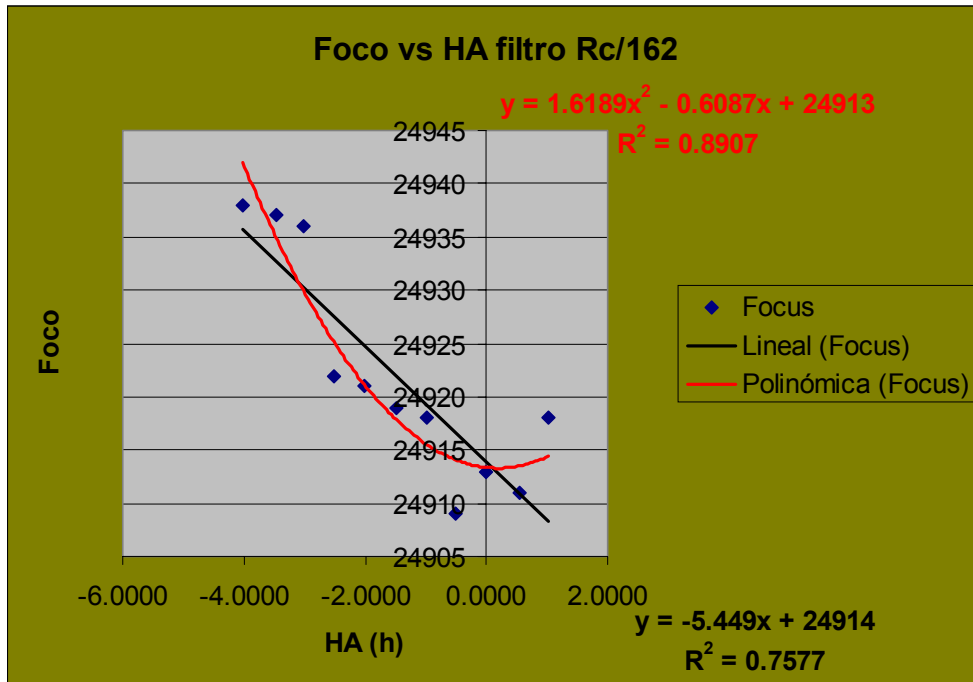


Figura 1.- Valor de Foco Según Angulo Horario Filtro 844

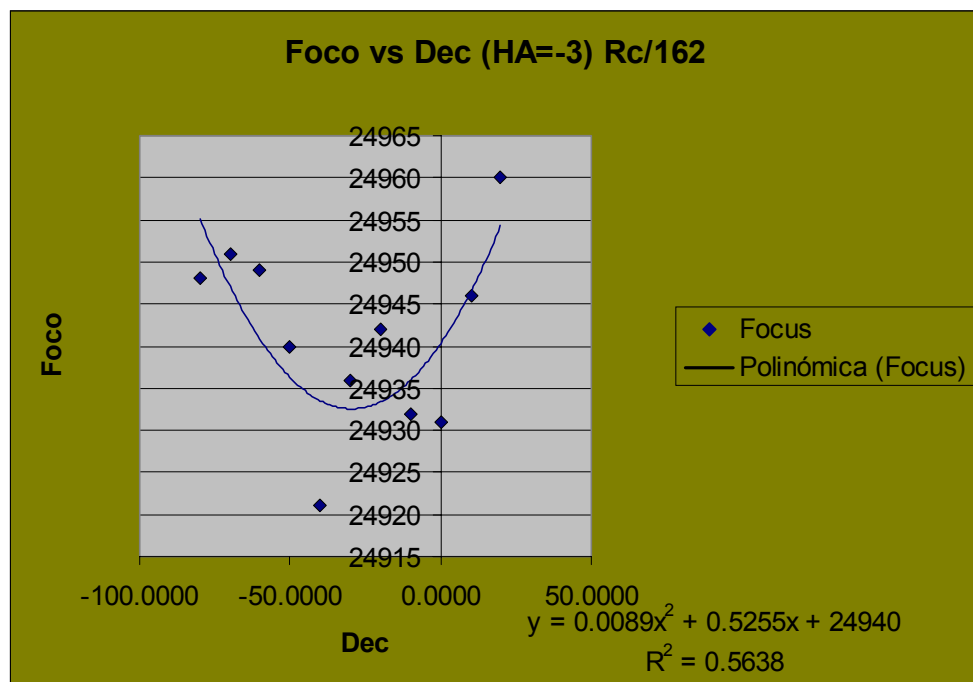


Figura 2.- Valor de Foco Según Declinación Filtro 844

En orden de obtener más claridad respecto de una curva de ajuste, se procedió a graficar el valor de foco respecto del valor absoluto del Angulo Horario y el valor absoluto del ángulo real de Declinación (Dec + 29:13:56.0). Los resultados se presentan en las **Figuras 3 y 4**.

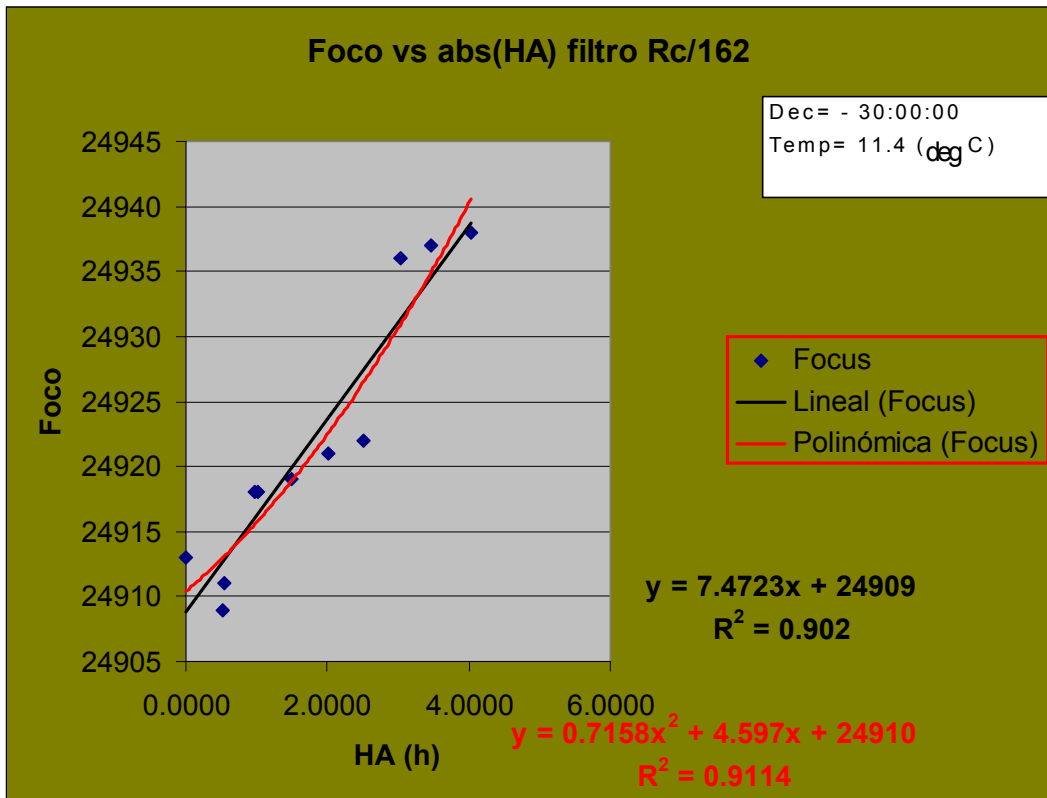


Figura 3.- Valor de Foco Según Valor Absoluto de HA Filtro 844

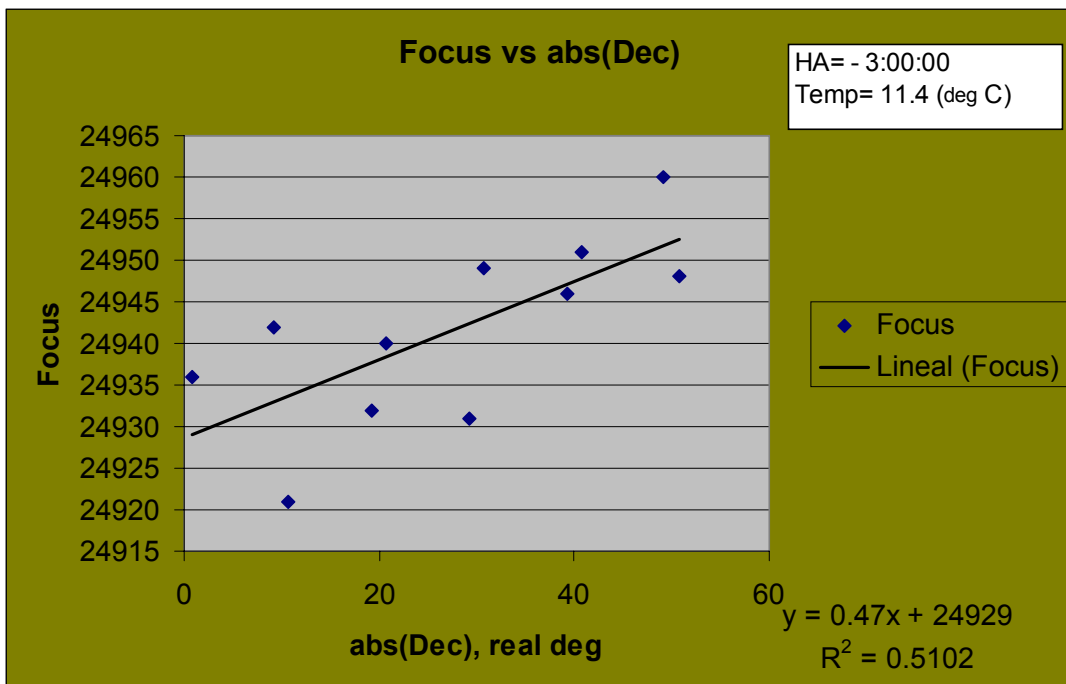


Figura 4.- Valor de Foco Según Valor Absoluto de Dec real Filtro 844

Como se puede observar, el ajuste según HA es muy bueno, en cambio según declinación no lo es tanto (quizás debido a la posición en HA de -3 horas). El resultado para la variable Angulo Zenital (o Distancia Zenital) se presenta en la **Figura 5**.

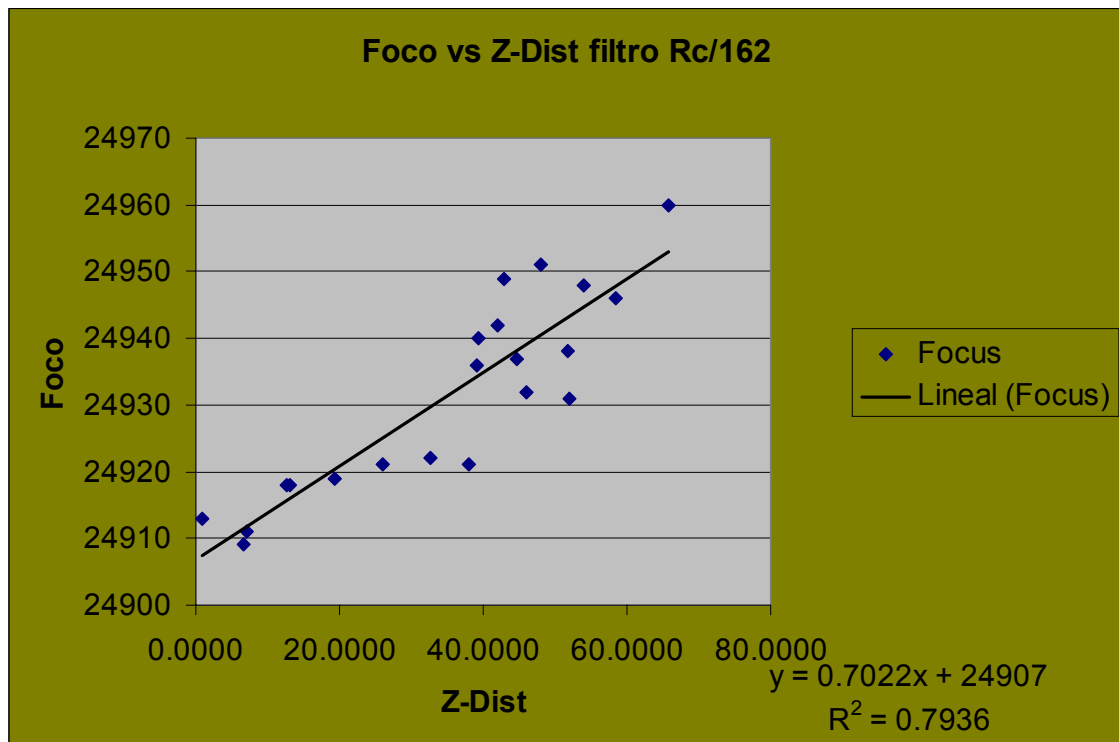


Figura 5.- Valor de Foco Según Angulo Zenital Filtro 844

Conclusiones

Esta curva de ajuste es suficientemente buena si se considera que la variable en cuestión es una variable secundaria en la estimación final del valor de Foco.

Por otro lado, se considerará que la variable Angulo Zenital es independiente de las otras variables del modelo (Temperatura Serrurier y Temperatura de Espejo), por lo que la dependencia del valor de foco respecto de Z-Dist (Distancia o Angulo Zenital) es lineal e igual 0.7 en su tendencia.

Para determinar el modelo final no se puede utilizar el método numérico estadístico que se usó en el estudio anterior, por cuanto existe una muy mala dispersión de valores en el rango posible de variación del Angulo Zenital, lo que produce un ajuste muy malo en su curva de estimación (no siempre tener muchos valores mejora el ajuste). En cambio, se consideraron dos métodos alternativos, ambos basados en el supuesto que el modelo final es de la forma:

$$F_x = Cte1 - 77 \times LS + 8 \times M1 + 0.7 \times AZ$$

$$F_y = Cte2 - 78 \times LS - LS \times M1 + 23 \times M1 + 0.7 \times AZ$$

donde

F_x = Foco en X

F_y = Foco en Y

LS = Temperatura de Serrurier

M1 = Temperatura de Espejo

AZ = Angulo Zenital

Esto de acuerdo al modelo obtenido en el estudio previo y a la dependencia respecto de AZ encontrada en el presente análisis. Así, sólo basta deducir el valor de las constantes Cte1 y Cte2.

El primer método consistió en igualar este modelo, evaluado en las condiciones de observación (LS=11.4 y M1=10) al modelo sólo dependiente de AZ (con lo que ese valor se anula en ambos lados de la igualdad).

$$\begin{aligned} F_x &= \text{Cte1} - 77 \times \text{LS} + 8 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} && = 24907 + 0.7 \times \text{AZ} \\ F_y &= \text{Cte2} - 78 \times \text{LS} - \text{LS} \times \text{M1} + 23 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} && = 24907 + 0.7 \times \text{AZ} \end{aligned}$$

El resultado fue el que llamaremos Modelo 1:

$$\begin{aligned} F_x &= 25704 - 77 \times \text{LS} + 8 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} \\ F_y &= 25680.2 - 78 \times \text{LS} - \text{LS} \times \text{M1} + 23 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} \end{aligned}$$

Sin embargo, sus resultados fueron desastrosos, como se presentará más adelante.

El segundo método consistió en suponer que el modelo de aproximación es de la forma:

$$\begin{aligned} F_x &= \text{Cte1}' + 25704 - 77 \times \text{LS} + 8 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} \\ F_y &= \text{Cte2}' + 25680.2 - 78 \times \text{LS} - \text{LS} \times \text{M1} + 23 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} \end{aligned}$$

Así,

$$\begin{aligned} \text{Cte1}' &= F_x - (25704 - 77 \times \text{LS} + 8 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ}) \\ \text{Cte2}' &= F_y - (25680.2 - 78 \times \text{LS} - \text{LS} \times \text{M1} + 23 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ}) \end{aligned}$$

Por lo tanto, el valor de las constantes del modelo serán

$$\begin{aligned} \text{Cte1} &= 25704 + \text{Cte1}' \\ \text{Cte2} &= 25680.2 + \text{Cte2}' \end{aligned}$$

Se calcularon estos valores para el primer valor de foco disponible en la base de datos original, a modo de prueba, con el fin de visualizar si se producía alguna mejora importante en el modelo, El resultado fue el que llamaremos “Modelo Nuevo”:

$$\begin{aligned} F_x &= 25830 - 77 \times \text{LS} + 8 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} \\ F_y &= 25796.7 - 78 \times \text{LS} - \text{LS} \times \text{M1} + 23 \times \text{M1} + 0.7 \times \text{AZ} \end{aligned}$$

Los Resultados de este modelo fueron, en efecto, bastante buenos; incluso cuando se aplicó sobre los otros filtros presentes en la base de datos, utilizando los offsets asociados a cada filtro. Estos resultados se pueden apreciar en la distribución del valor absoluto del error del modelo con respecto a los valores reales de la base de datos, presentadas en las **Figuras 6 y 7**, donde se comparan el ajuste del “Modelo Original”, es decir, el modelo con la ecuación que se utilizaba antes del estudio de foco ($F = 25740 - 66 \times \text{LS}$), el Modelo Antiguo y el Modelo Nuevo, el valor después de 159 (ue) representa a todos los valores que están sobre ese valor.

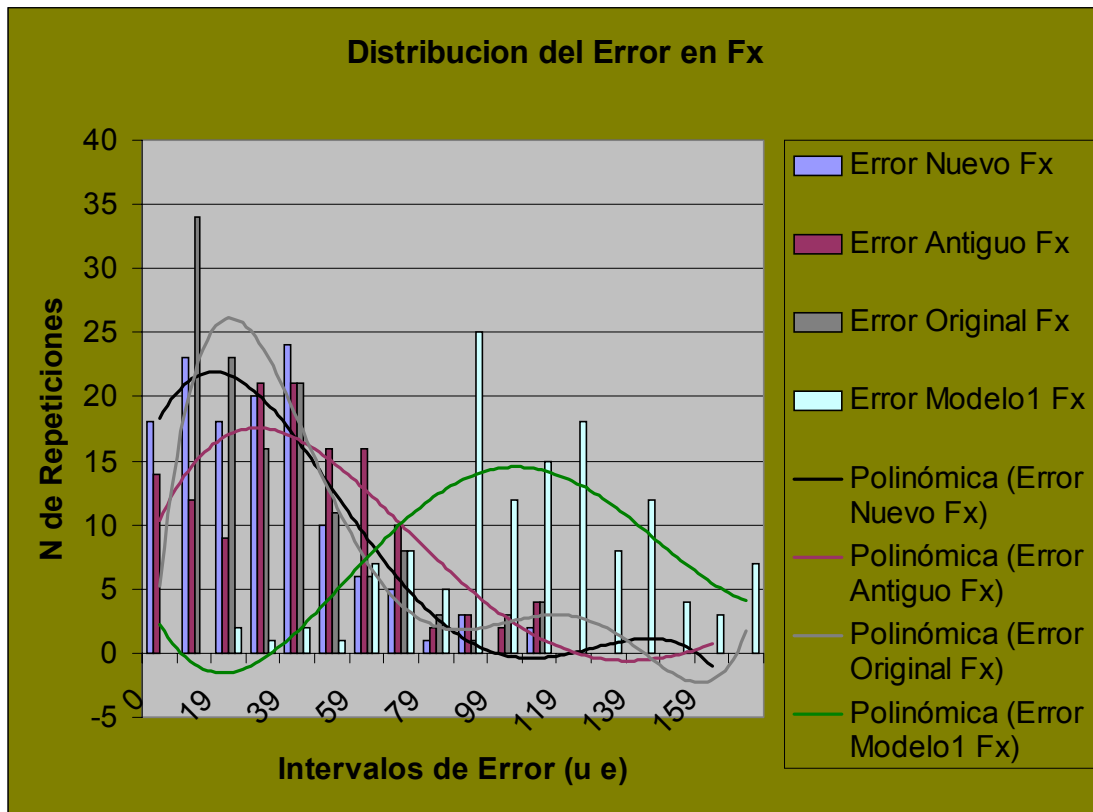


Figura 6.- Distribución del Error de Modelos Fx Filtro 844

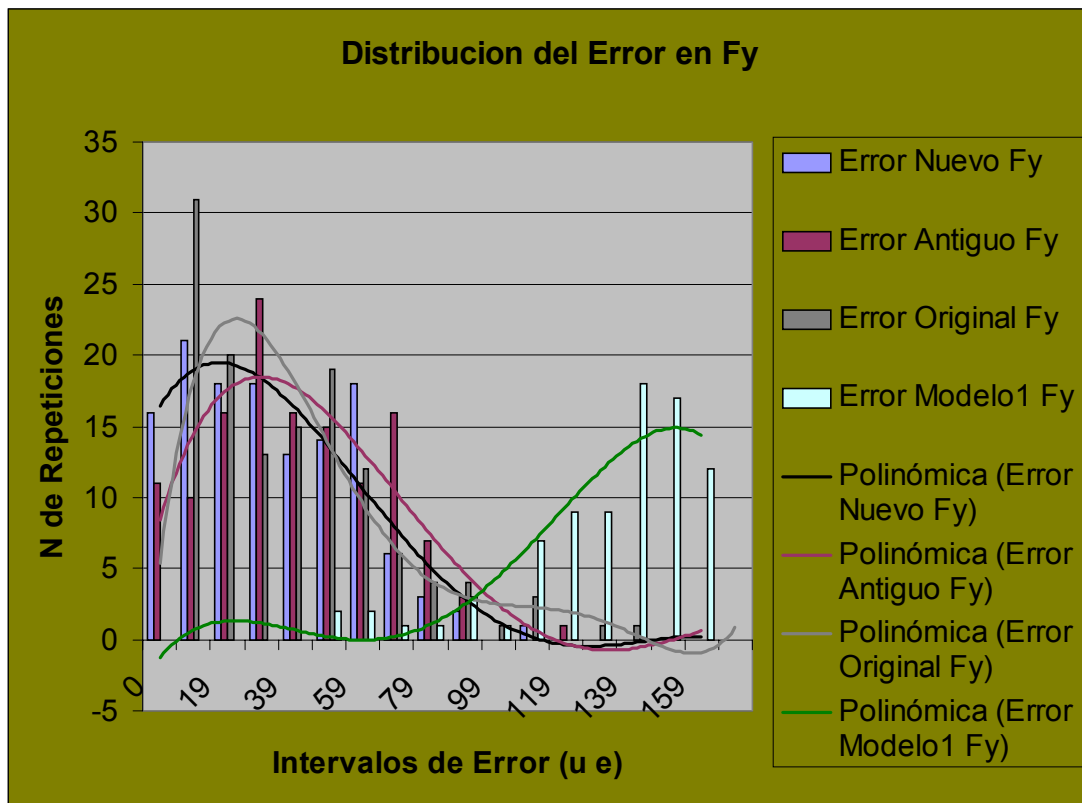


Figura 7.- Distribución del Error de Modelos Fy Filtro 844

Como puede observarse, en el caso del Filtro BB#Rc/162_ESO844, el modelo original es el que da un mejor ajuste, aunque el modelo nuevo también es bastante bueno y más estable (tiende antes a cero), el modelo 1 es muy malo y el modelo antiguo es estable pero muy disperso.

Sin embargo, existe la posibilidad de encontrar una constante mejor para el modelo nuevo, ya que esta se obtuvo sólo con el primer valor de la base de datos. Se calcularon las constantes Cte1' y Cte2' para todos los valores de la base de datos del filtro BB#Rc/162_ESO844 y se utilizó el promedio para construir un nuevo modelo, llamado "Modelo Ultra Nuevo". Los resultados se muestran a continuación, en las **Figuras 8 a** , donde además se presenta la situación del resto de los filtros.

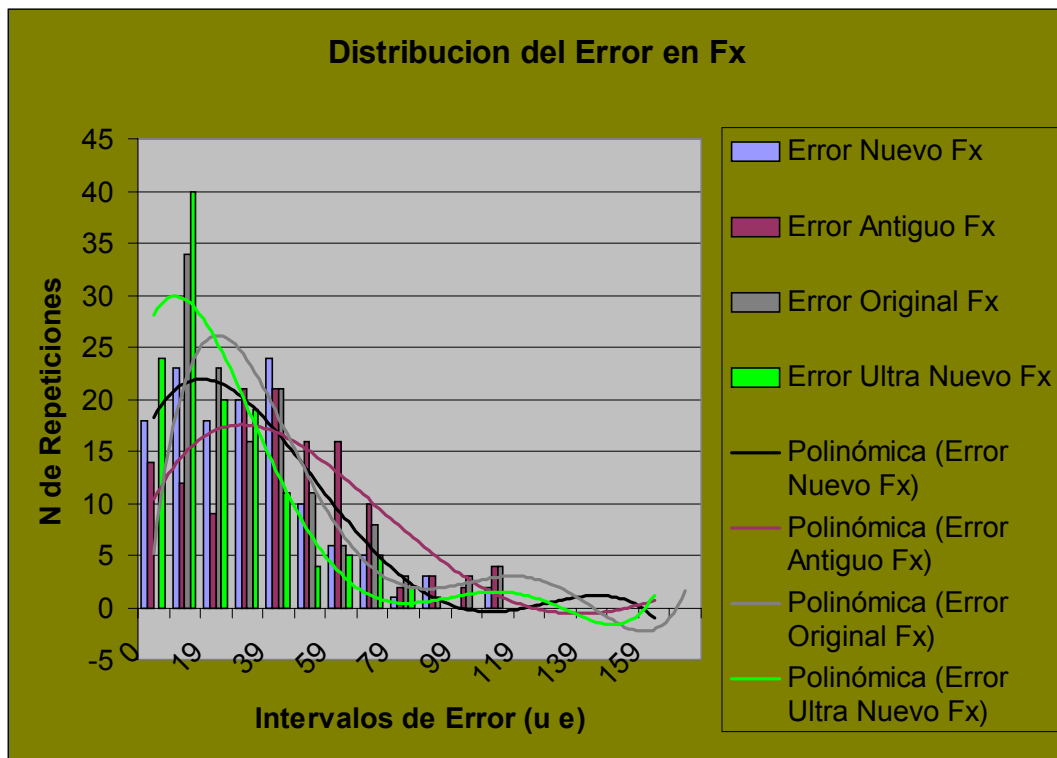


Figura 8.- Distribución del Error de Modelos Fx Filtro 844

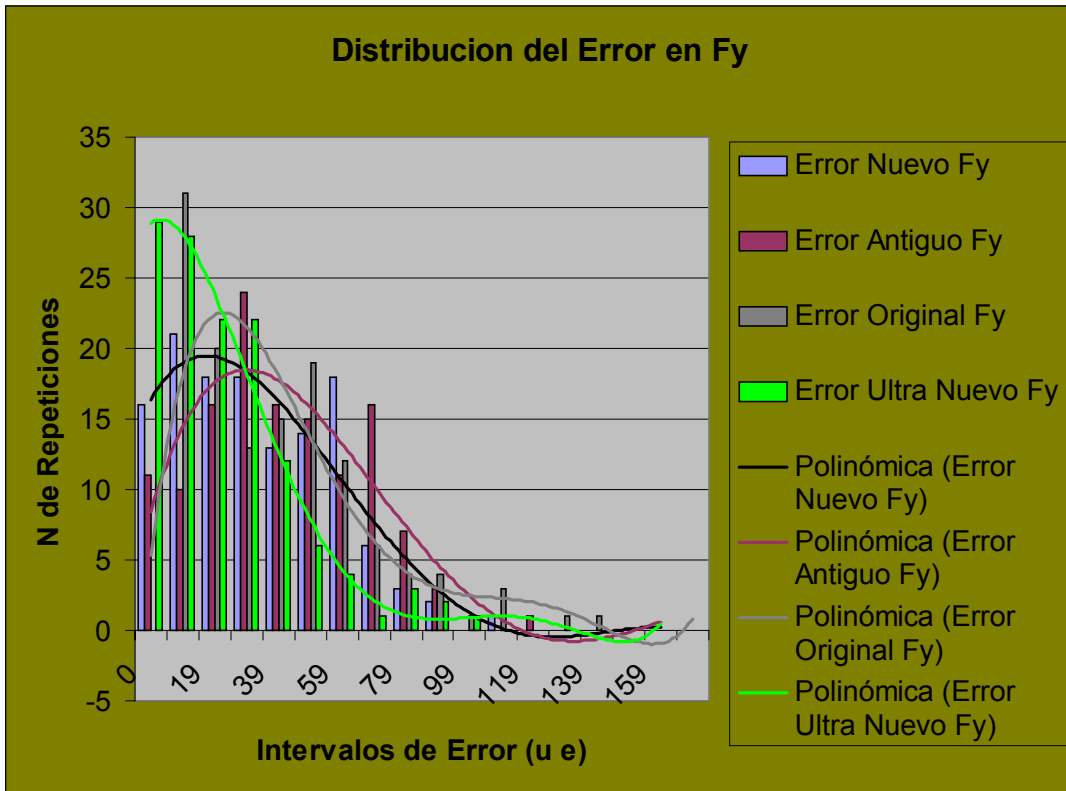


Figura 9.- Distribución del Error de Modelos Fx Filtro 844

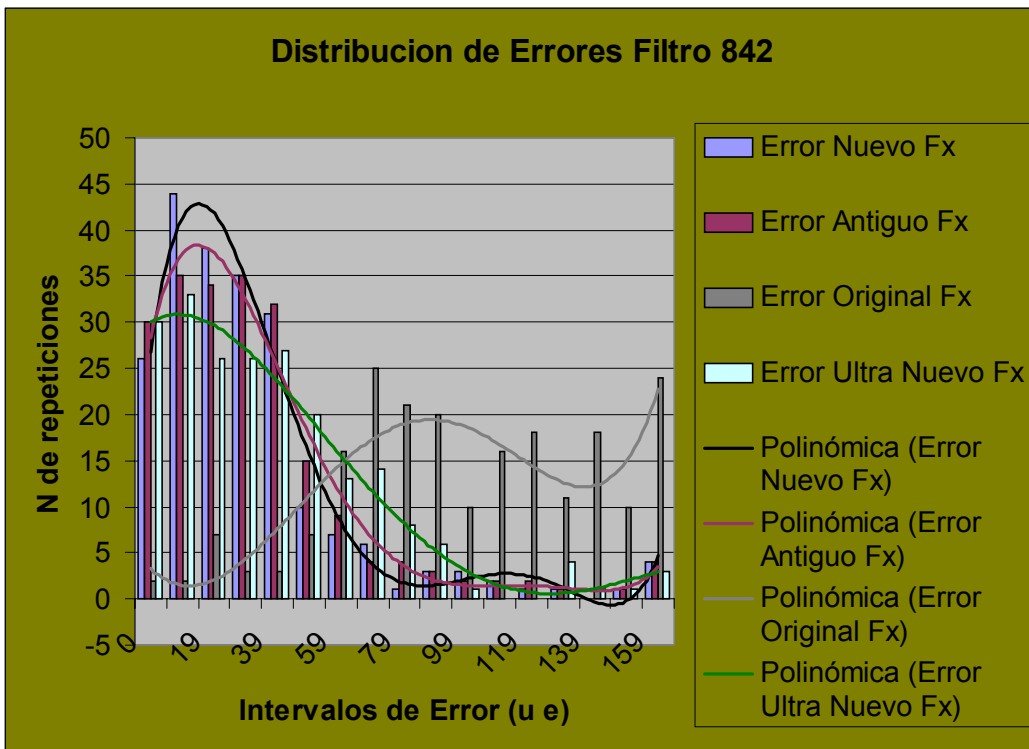


Figura 10.- Distribución del Error de Modelos Fx Filtro 842

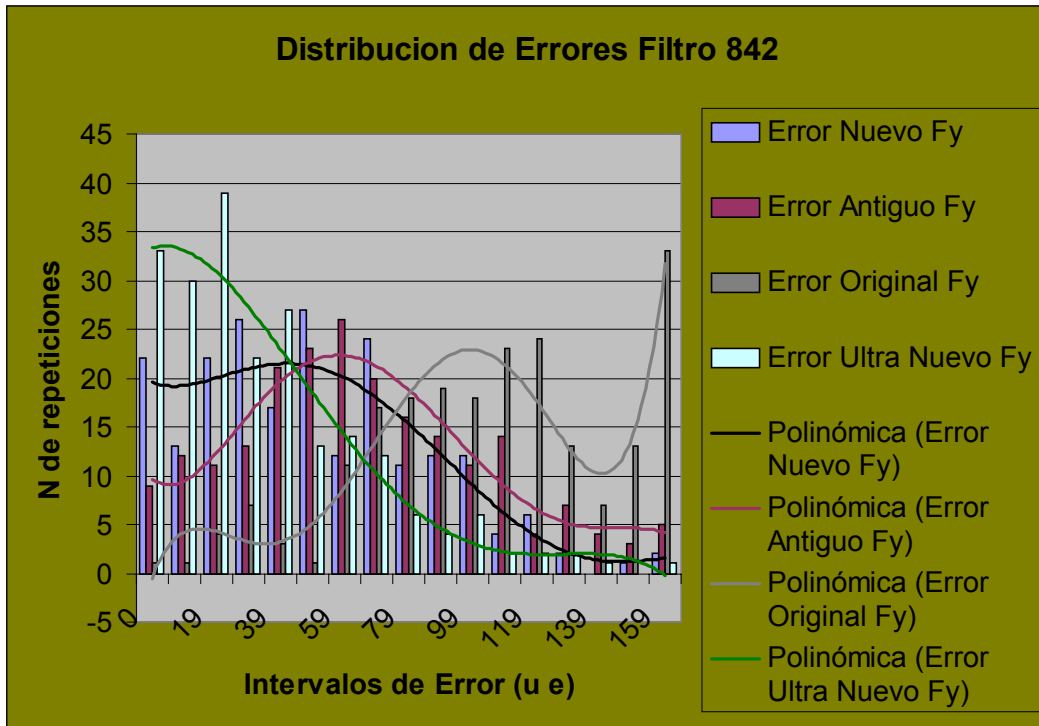


Figura 11.- Distribución del Error de Modelos Fy Filtro 842

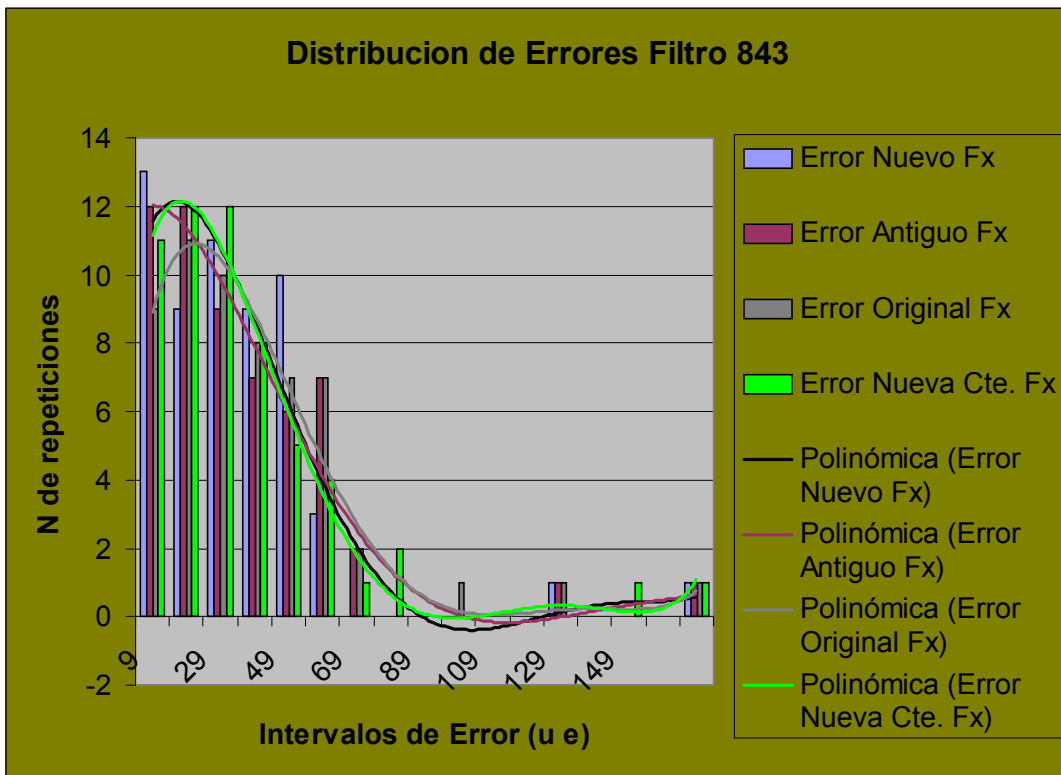


Figura 12.- Distribución del Error de Modelos Fx Filtro 843

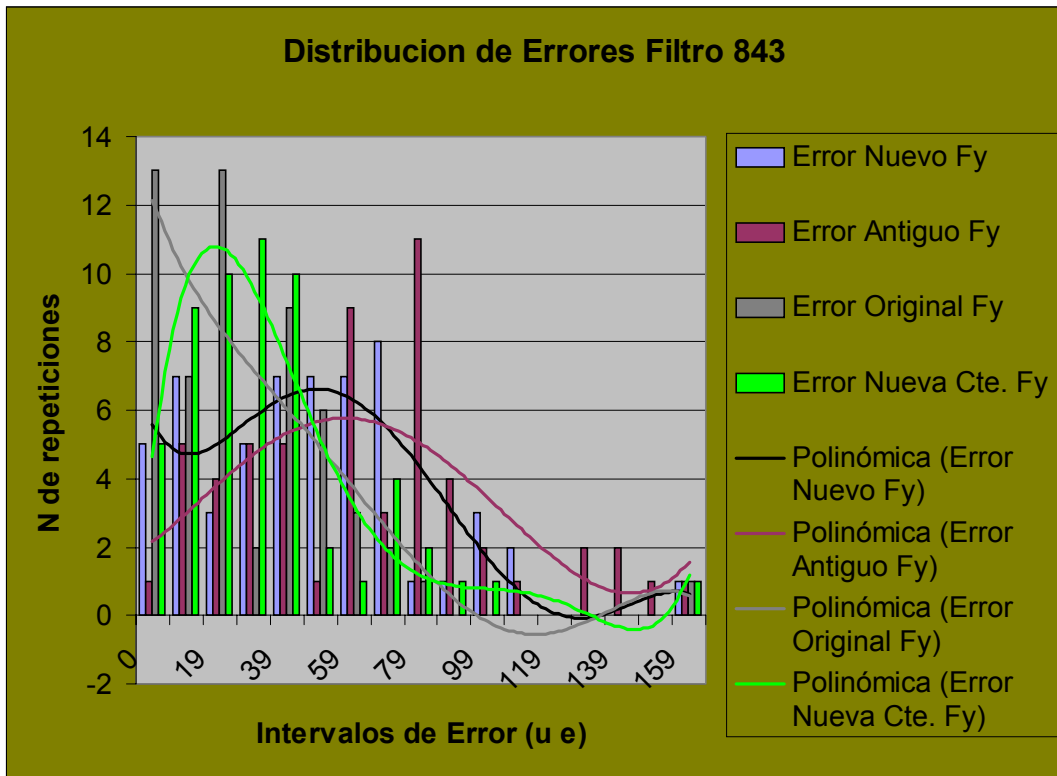


Figura 13.- Distribución del Error de Modelos Fy Filtro 843

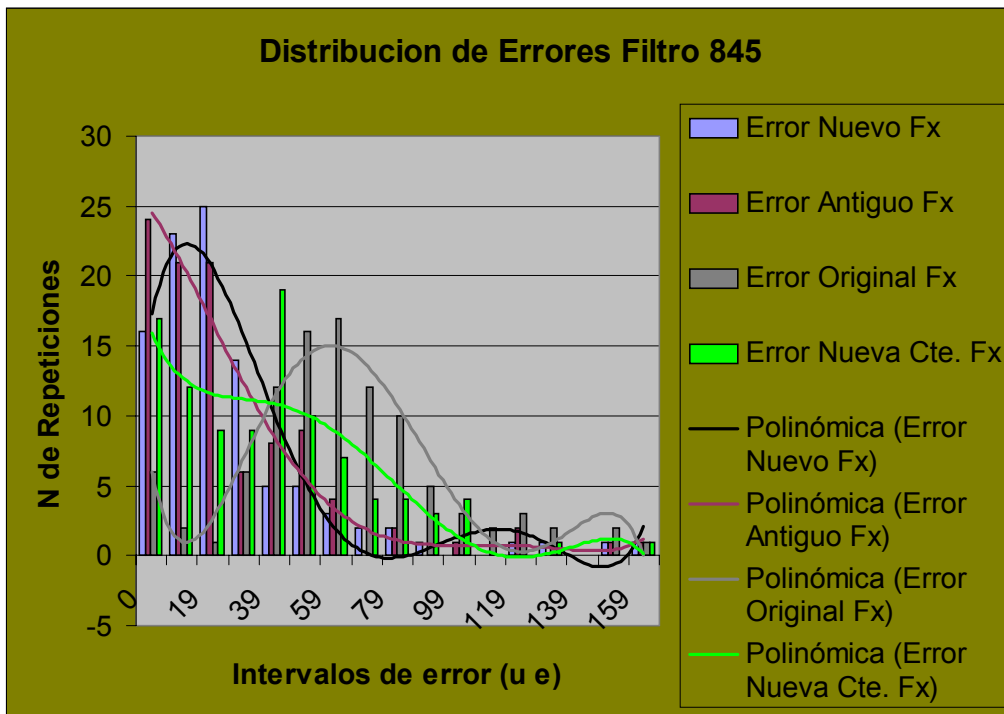


Figura 14.- Distribución del Error de Modelos Fx Filtro 845

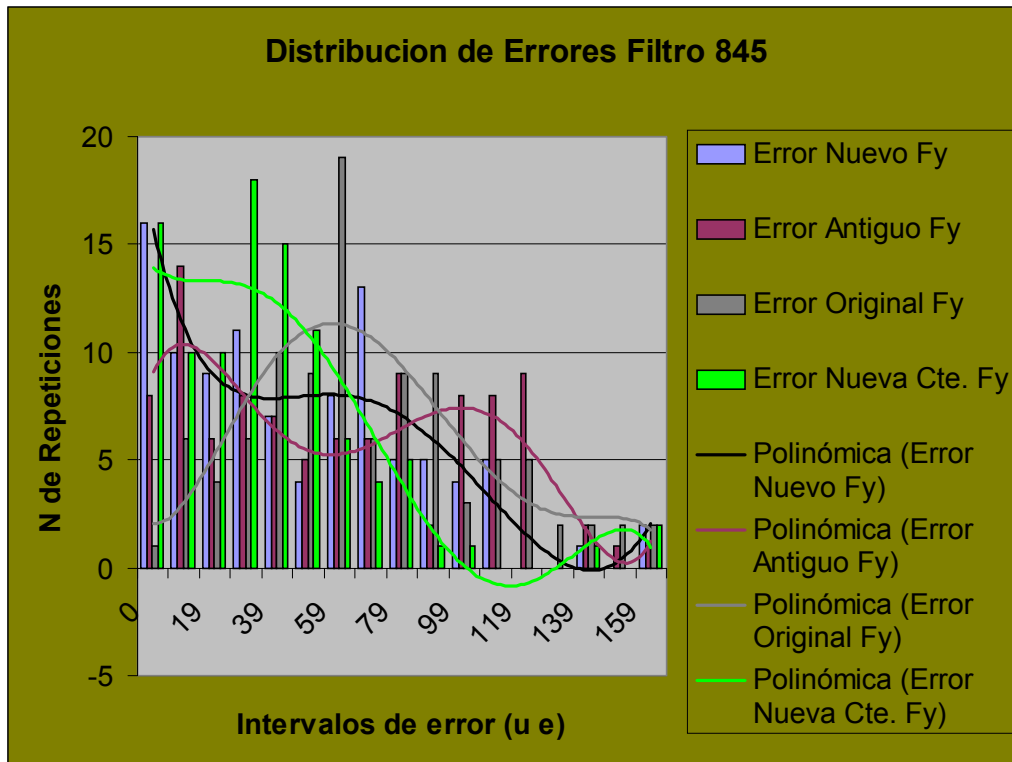


Figura 15.- Distribución del Error de Modelos Fy Filtro 845

Como una conclusión preliminar, se puede establecer que, si bien en algunos casos el ajuste del modelo Ultra Nuevo es más malo que el Nuevo, éste es más regular en su forma y tendencia y, por tanto, más confiable a la hora de encontrar un modelo que se acomode a toda la gama de filtros que se utilizan en el WFI. Sin embargo, el margen de error sigue siendo muy grande, ya que la gran mayoría de los errores se encuentra entre 0 y 80 unidades de encoder, lo que puede significar una variación muy grande en el foco; se sugiere utilizarlo solamente para pequeñas correcciones ante cambios de temperatura y posición luego de una secuencia de foco tradicional para determinar el valor exacto del foco, al inicio de la observación.