

Análisis de la linealidad de una cámara CCD SBIG ST-9XE

Palabras clave

Linealidad, CCD, SBIG ST-9XE, fotometría.

Resumen

Se ha realizado el análisis de la linealidad de una cámara SBIG ST-9XE. Para ello se han hecho series de cinco tomas con varios tiempos de exposición. Tras el calibrado de las imágenes se observa la baja dispersión de las medidas respecto al valor medio de cada serie y linealidad hasta un valor próximo a 60 000 cuentas.

Introducción

Recientemente adquirí una cámara de 16 bits de la marca SBIG, concretamente el modelo ST-9XE sin *antiblooming*. Se trata de una cámara con doble chip, es decir un chip dedicado a la toma de imágenes y el otro, más pequeño, cuya misión es el autoguiado del telescopio. Las características técnicas de la cámara se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Algunas especificaciones de la cámara ST-9XE objeto del análisis. (SBIG, 2004).

Tamaño del chip principal (mm)	10,2	10,2
Tamaño de los píxeles (μm)	20	20
Número de píxeles	512	512

Como uno de los usos a los que quiero destinar la cámara es la fotometría, resulta imprescindible comprobar el rango dentro del que la cámara presenta una respuesta lineal. Un comportamiento lineal quiere decir que si una imagen de una estrella, con un tiempo de exposición t , presenta un número de cuentas x ; con un tiempo doble de exposición, es decir $2t$, se obtendrán el doble de cuentas, es decir, $2x$.

Como la fotometría suele hacerse comparando el brillo de dos o más objetos, es necesario saber si esa comparación se realiza dentro del rango lineal de la cámara. De lo contrario los resultados serían erróneos. Por ejemplo, las cámaras con *antiblooming* sólo son lineales en un limitado rango de cuentas. Precisamente lo que se busca con esos modelos es impedir la saturación de las estrellas brillantes en una toma, con fines exclusivamente estéticos. Esto no quiere decir que no se pueda hacer fotometría con una cámara con *antiblooming*; si sabemos el rango en el que la cámara se comporta de forma lineal no habrá problemas (Castellano, 2003). Eso sí, será más limitado que el que correspondería al mismo modelo, pero sin *antiblooming*.

Materiales y métodos

Se han hecho 5 tomas por cada tiempo de exposición. Las imágenes se realizaron poniendo la CCD sobre el telescopio, en su configuración normal sin reductor de focal, y colocando un trapo blanco sobre el objetivo del telescopio. La fuente de luz correspondió a la emitida por un flexo apuntado al suelo con una bombilla convencional de 60 W tintada en blanco. Es posible que el uso de este tipo de luz genere alguna desviación de la situación en la que la cámara funcione normalmente, es decir, tomando imágenes de estrellas de colores diferentes. La fuente de luz

empleada por varios observadores (Berry y Burnell, 2003; Galadí-Enríquez, 2018) es muy variable, desde luz diurna hasta el uso de varios LED o estrellas en una noche despejada. En la figura 1 se muestra una representación de la eficiencia cuántica de la cámara a diferentes longitudes de onda.

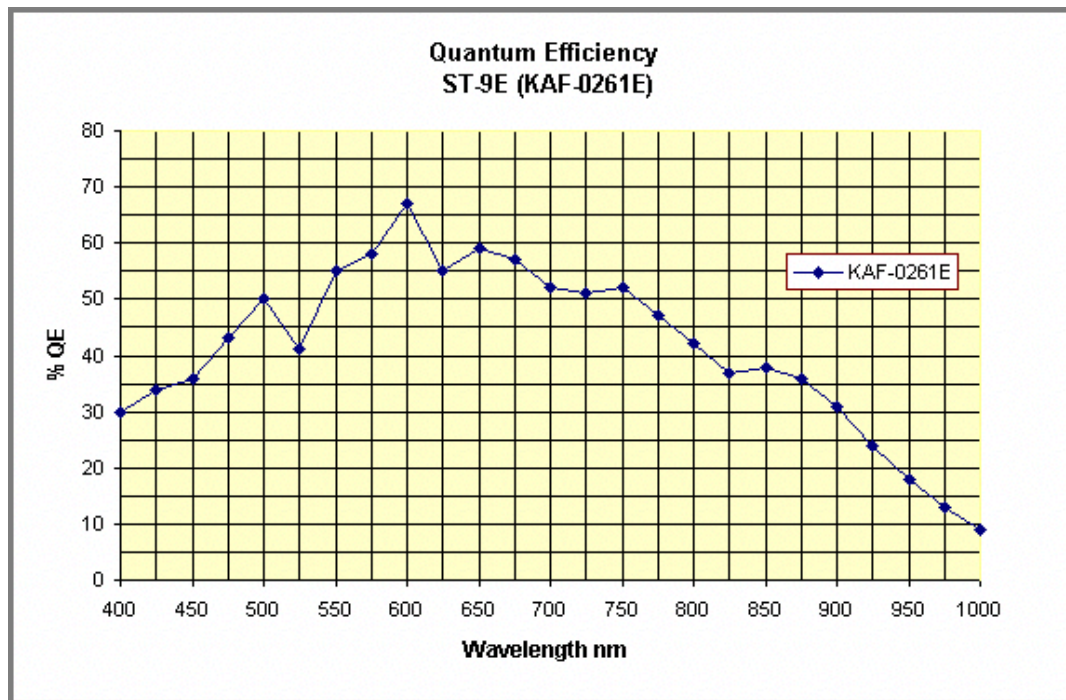


Figura 1.- Eficiencia cuántica de la cámara a diferentes longitudes de onda (SBIG, 2004).

La cámara se ajustó a una temperatura de -5° y las tomas se realizaron en formato completo (*binning 1x1*). Como la cámara es de 16 bits, cualquier valor de cuentas superior a 65 536 no tiene sentido físico. Los valores del número de cuentas corresponden a los valores obtenidos de las imágenes corregidas por polarización electrónica (*bias*), corriente de oscuridad (*dark*) y aplanamiento de campo (*flat*).

El programa para obtener los datos de las imágenes obtenidas ha sido Maxim DL, versión 6. El valor de cuentas registrado para cada toma ha sido el valor medio obtenido de la ventana información de la imagen considerada.

Resultados

En el cuadro 2 se muestran los resultados correspondientes a cada tiempo de exposición. Para cada tiempo de exposición se obtuvieron cinco valores, por lo que se muestra el valor medio y el intervalo de confianza del 95 %. Es destacable la poca desviación sobre la media de los valores obtenidos. En la figura 2 se representan los datos medios obtenidos, los intervalos de confianza del 95 %, así como la recta ajustada a los valores medios descartando los tres últimos puntos que están claramente fuera de la linealidad.

Hay que señalar que los valores de cuentas de cada toma corresponden al valor medio de la imagen. Las tomas que se encuentran en la zona de linealidad muestran muy pequeña variación a lo largo de toda el área de la imagen, unas 300 cuentas, para valores medios de 30 000 cuentas. Este comportamiento tiende a no cumplirse en las dos series de tomas que corresponden a valores fuera de la linealidad.

Cuadro 2.- Resultados.

Tiempo (s)	Valores medios de cuentas	Intervalo de confianza del 95 %
10	9844	135
20	19 591	118
30	29 525	113
40	39 474	227
50	49 514	369
60	59 109	1170
65	60 036	383
70	60 941	141

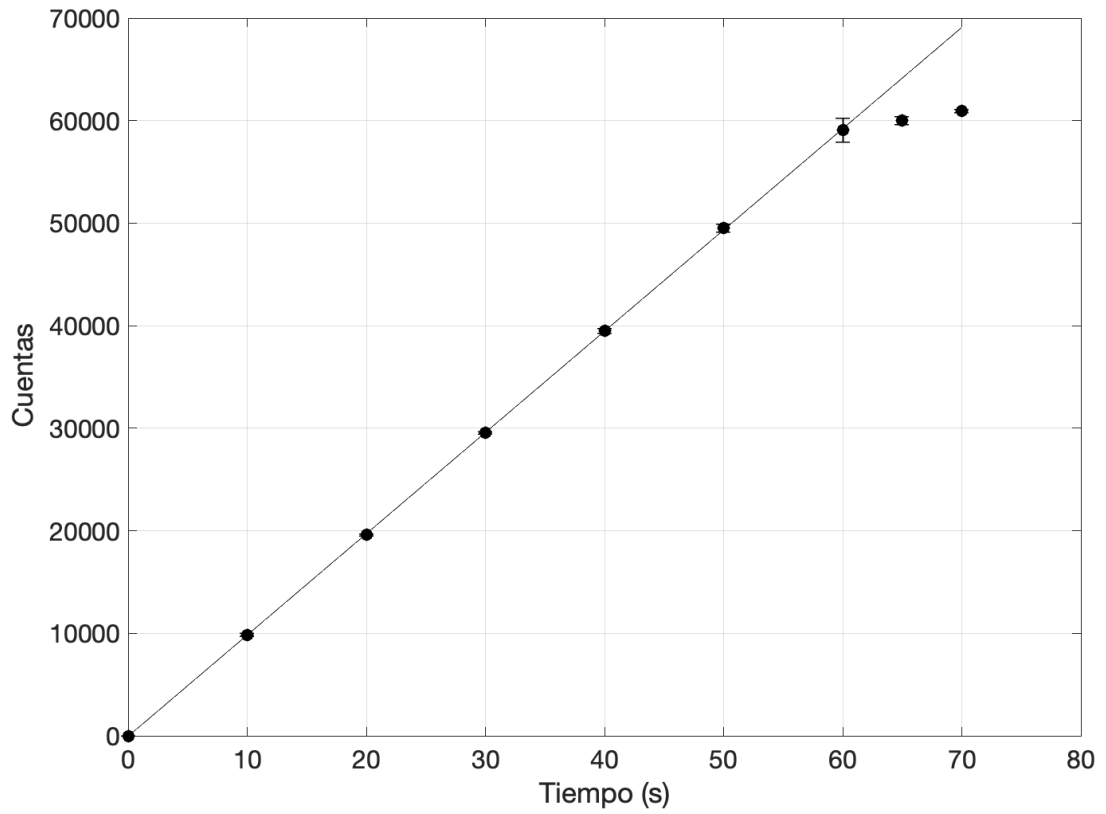


Figura 2.- Número de cuentas frente a tiempo de exposición.

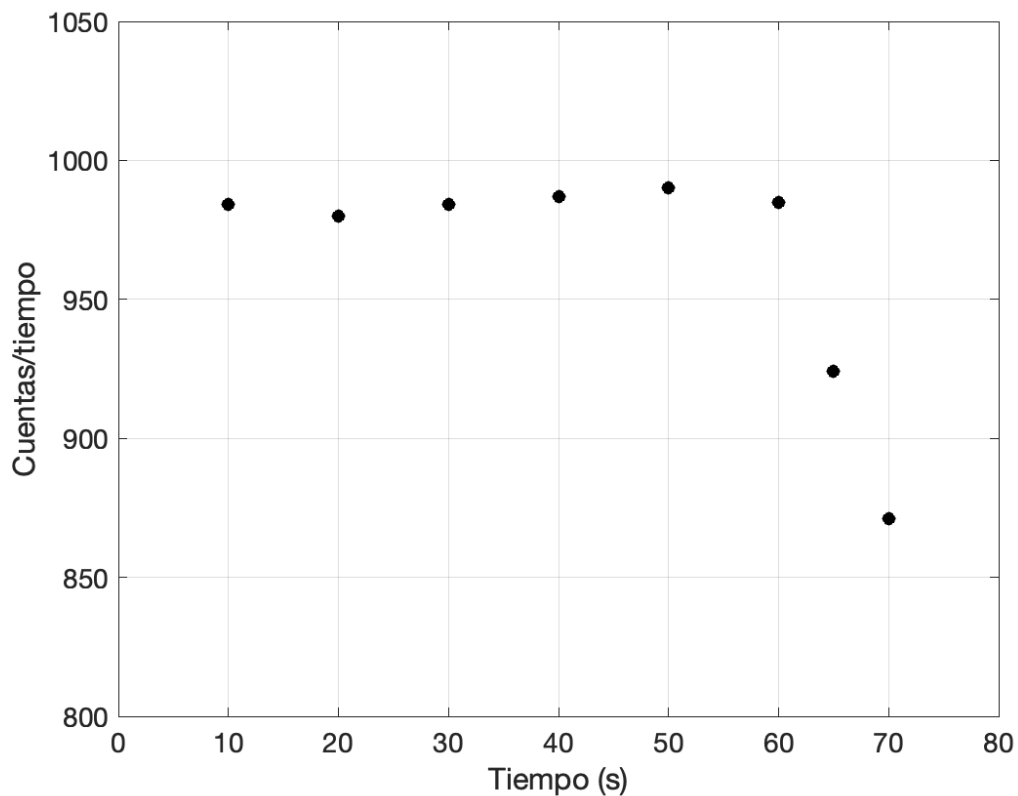


Figura 3.- Relación entre las cuentas medias obtenidas y tiempo de exposición frente al tiempo.

La tendencia horizontal (aproximadamente 985 cuentas/tiempo) de la figura 3 corresponde a la pendiente de la recta ajustada mostrada en la figura 2. Es decir, por cada segundo de exposición se aumenta en casi 1000 cuentas el registro. En la figura 3 se aprecia con claridad el desvío de la linealidad a partir de 60 segundos, es decir, de unas 60 000 cuentas.

Conclusión

Se observa que la cámara muestra un comportamiento lineal hasta, aproximadamente las 60 000 cuentas.

Bibliografía

Berry R. y Burnell J. (2005). The Handbook of Astronomical Image Processing. Willmann-Bell.

Castellano J. (2003). Cámaras CCD de aficionado ¿respuesta lineal? Tribuna de astronomía. Número 52, octubre. Existe versión en internet aquí: http://astrosurf.com/cometas-obs/Articulos/analisis_st7/analisis_st7.htm

Maxim DL (2020). Manual del usuario. Cyanogen Imaging © Maxim DL, Diffraction Limited.

Galadí-Enríquez D. (2018). Fundamentos de fotometría astronómica. Marcombo.

SBIG (2004). Operation manual for ST-XE/ST-8XE/ST-9XE/ST-10XE/ST-10XME/ST-2000XM. Revision 1.4. Santa Barbara Instruments Group. California, EE. UU.