

# LINEALIDAD DE UN CCD PARA USO ASTRONÓMICO

Erick G. Meza Quispe<sup>a</sup>, Antonio Pereyra<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Grupo Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, erickmeza@uni.edu.pe*

<sup>b</sup>*Instituto de Astronomía, Geofísica e Ciencias Atmosféricas, Universidad de Sao Paulo, Brasil, antonio@astro.iag.usp.br*

## RESUMEN

En este trabajo estudiamos la respuesta lineal de un detector CCD para uso astronómico. Se empleó un telescopio reflector, una cámara CCD SBIG ST-7E *non-antiblooming*, una fuente halógena, y el programa de procesamiento de imágenes astronómicas IRAF. Se obtuvo una respuesta lineal hasta aproximadamente 50% del nivel de saturación, cuando lo usual es encontrarla hasta el máximo de este nivel. Se calcularon coeficientes que permiten corregir la no-linealidad en este CCD. El procesamiento de imágenes astronómicas, en general, asume que los datos son obtenidos por un detector lineal, de ahí la importancia de este trabajo.

Palabras claves: linealidad, CCD, saturación.

## 1. INTRODUCCIÓN

La fotometría astronómica de precisión es actualmente realizada con detectores basados en semiconductores que registran la radiación proveniente de los objetos celestes. Estos detectores representaron un avance sin precedentes frente a las antiguas placas fotográficas, en lo que respecta a: la repetibilidad y objetividad en las medidas, a la bidimensionalidad en la detección, así como, a la detección de objetos más débiles.

Los sensores más utilizados actualmente son los Dispositivos de Carga Acoplada o más conocidos como CCDs (*Charge Coupled Device*). Éstos fueron desarrollados en los laboratorios Bell, y están compuestos de arreglos rectangulares de cientos de capacitores MOS (*Metal Oxide Semi-conductor*).

En cada capacitor MOS, las cargas generadas por el efecto fotoeléctrico son acumuladas y posteriormente amplificadas, digitalizadas y guardadas en computadores para su posterior tratamiento y análisis.

Los CCDs cuentan con muchas características fundamentales como: ganancia, rango dinámico, eficiencia cuántica, sensibilidad espectral, saturación y linealidad. Esta última es una de las características más importantes, ya que hacen de los CCDs uno de los sensores más lineales que existen. Debido a su importancia en el procesamiento y análisis de datos es imprescindible conocer el comportamiento lineal de un CCD pues esta característica puede variar de un CCD a otro.

La linealidad de una CCD viene condicionada por el punto de saturación y el mínimo tiempo de exposición (características intrínsecas de cada detector). En el presente trabajo pretendemos cuantificar el intervalo real de linealidad del CCD analizado y

calcular los coeficientes de corrección de no-linealidad necesarios para poder utilizar la totalidad del rango dinámico del detector.

## 2. DATOS OBSERVACIONALES

Este trabajo se realizó en el local del Grupo Astronomía de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería en el año 2004.

El equipo utilizado fue:

- Un telescopio reflector tipo Schmidt Cassegrain (Celestron Celestar 8).
- Una lámpara halógena de 150Watts
- Una cámara CCD (SBIG-ST7E con detector KAF-401E).
- Una PC (Linux con software IRAF)

Se procedió a obtener imágenes de una superficie homogéneamente iluminada. Para esto, un panel blanco fue iluminado con una fuente de luz halógena. El telescopio colocado perpendicular al panel, registra el patrón luminoso presente en su superficie y la imagen digital respectiva fue adquirida con la cámara CCD que está acoplada al telescopio. La posición de la fuente fue escogida apropiadamente, de modo que, el patrón luminoso del panel sea lo más homogéneo posible. Las imágenes adquiridas de esta manera son generalmente llamadas de *Flat-field* (Campo plano).

Todas las imágenes fueron obtenidas con el filtro V (visible) de la rueda de filtros de la cámara CCD. El CCD está ubicado en el plano focal del telescopio dónde se produce la formación de la imagen.

Se procedió a tomar secuencias de 10 imágenes por cada tiempo de exposición (TE). El rango de TE fue desde el mínimo permitido por la cámara (0.12s) hasta aquel tiempo dónde alcanzamos el nivel de saturación característico (aprox. 40000 ADUs para 2.8s). El intervalo de tiempo usando fue de 0.2s (columna 1 en Tabla 1). Para cada secuencia 10 imágenes se calculo la imagen promedio. Luego, como cada parte del detector no tiene exactamente la misma sensibilidad escogimos en cada imagen promedio una sección dónde la radiación recibida sea lo más homogénea posible. Se definió así una sección fija de 100x100 pixeles, dónde fue realizada una estadística calculándose el valor promedio del número de cuentas (columna 2 en Tabla 1) para cada TE.

TE	ADUs
0.12	2383
0.2	4030
0.4	7926
0.6	11858
0.8	15830
1	19175
1.2	22250
1.4	24928
1.6	27464
1.8	29812
2	32081
2.2	34557
2.4	37673
2.6	38614
2.8	40521

Tabla 1. Tiempos de exposición usados y numero de cuentas promedio respectivo.

El sistema de enfriamiento que utiliza la cámara CCD nos permite reducir la temperatura de la misma, es por esto que obtuvimos los datos a 0°C. Así minimizamos la corriente de oscuro (*dark current*) o ruido térmico presente en este tipo detector.

### 3. REDUCCION DE DATOS

La reducción y análisis de datos fueron realizados utilizando el programa de procesamiento de imágenes astronómicas “IRAF v2.12”.

En el IRAF se hicieron las siguientes correcciones:

#### 3.1 Correcciones de Ruido Térmico

Por cada secuencia de flat-field , se tomaron 10 imágenes oscuras (*darks*) con los mismos TE. Para cada TE, la imagen *dark* promedio respectiva fue restada de sus respectivas imágenes de flat-field.

#### 3.2 Nivel de Pedestal

En este modelo de cámara, el fabricante le suma un cierto número de cuentas a cada imagen (100), es por este motivo que se procedió a *restar* estas cuentas adicionadas.

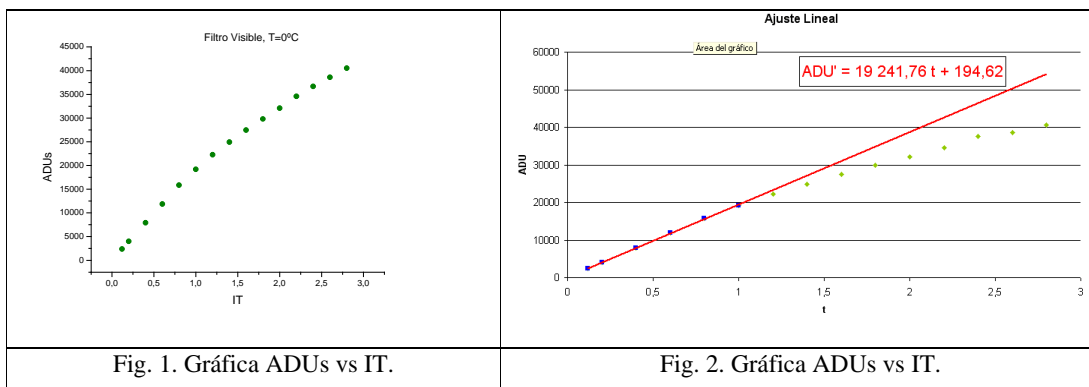
Así, haciendo estas correcciones obtuvimos las imágenes de flat-field corregidas dónde luego se procedió al cálculo de los valores promedio, como mencionado en 2.

### 4. ANALISIS

Al graficar los datos de la Tabla 1 (ver Fig. 1), se observa que la tendencia lineal se pierde en aprox. 20000 cuentas. Debido a esto hacemos un ajuste lineal hasta este punto (Fig. 2 ) lo cual nos da la ecuación 1:

$$ADU' = 19241,46t + 194,62 \tag{1}$$

donde  $ADU'$  es el valor esperado de cuentas asumiendo que se mantiene la linealidad después de las 20000 cuentas.



Ahora procedemos a encontrar los valores que debieron haber alcanzado los puntos usando la ec. 1 y graficamos  $ADU'/ADU$  vs  $ADU$ . Esto nos dará una relación entre el valor esperado ( $ADU'$ ) y el valor real obtenido ( $ADU$ ).

La relación mostrada en la Figura 3 muestra una tendencia polinomial dada por la ecuación 2:

$$ADU'/ADU = -10^{-14} ADU^3 + 10^{-9} ADU^2 - 2 * 10^{-5} ADU + 1,0842 \quad (2)$$

y con este ajuste conseguimos conocer los valores de los coeficientes para la función de corrección de la no-linealidad del detector.

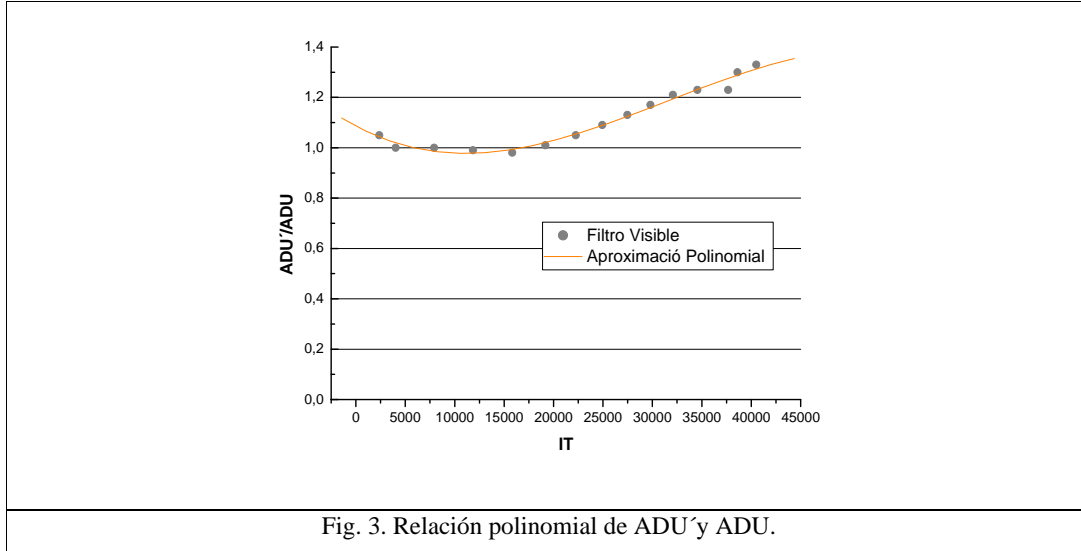


Fig. 3. Relación polinomial de ADU' y ADU.

#### 4. CONCLUSIONES

El comportamiento lineal de este modelo de cámara es válido hasta aprox. 20 000 ADUs, pero en el mínimo tiempo de exposición se encuentra algo alejado de la tendencia lineal.

Conociendo los coeficientes de la aproximación polinomial de la ec. 2 es posible corregir los valores de cuentas que no se encuentran en el rango de comportamiento lineal.

Es necesario contar con un sistema automatizado de datos pues esto ayudaría a realizarlos en menor tiempo y tener más datos a diferentes rangos de temperatura.

Este trabajo es válido solo en cámaras con sistema non-antiblooming y los ajustes y coeficientes hallados son particulares para el detector analizado.

Es conveniente que el análisis de linealidad sea realizado en condiciones controladas de humedad, pues mucha humedad afecta el normal funcionamiento del detector.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Chistian Buil, "CCD Astronomy, Construction and Use of an Astronomical CCD Camera (Willmann-Bell, Richmond, Virginia, 1989), pp. 1-54, pp. 153-166.
- [2] D. Galigalí-Enriquez Ignasi Ribas Canudas, "Manual Práctico de Astronomía con CCD " (Omega, Barcelona, España, 1998) , pp. 1-49.
- [3] N. Baella "Reducción de imágenes con IRAF " (REVCUNI, Lima, Perú, 1998).

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.