

Caracterización del CCD Marconi 5

Ilse Plauchu-Frayn

T. A. Soporte Observacional

Octubre 2019

Resumen

Se presenta el reporte de caracterización del CCD E2V Marconi 5 (CCD-M5), el cual se llevó a cabo en el Telescopio de 0.84m del Observatorio Astronómico Nacional San Pedro Mártir (OAN-SPM), la noche del 17 de octubre de 2019. El procedimiento utilizado para la caracterización es el presentado en [1] y [2].

I. CARACTERÍSTICAS DEL CCD

El CCD-M5 cuenta con un sistema de enfriado por ciclo cerrado con una temperatura de operación entre -110 y -120°C . El tamaño del CCD es de 2048×2064 pixeles cuadrados de 15 micras (30.7×31.0 mm) leídos a una velocidad lenta de lectura.

En la Tabla I se presenta la eficiencia cuántica (QE , por sus siglas en inglés) para el CCD-M5 indicada por el fabricante.

TABLA I
EFICIENCIA CUÁNTICA DEL CCD-M5

λ	QE
350nm	58.2%
400nm	98.7%
500nm	98.3%
650nm	98.5%
900nm	62.6%

En la Tabla II se presentan las mediciones la ganancia y tiempo de lectura en los binnings 1×1 , 2×2 , 3×3 y 4×4 , medidos dentro de las secciones que se indican en la Tabla VII.

TABLA II
CARACTERÍSTICAS ELECTRÓNICAS DEL CCD-M5

Binning	Tamaño imagen (pixeles)	Ganancia (e^-/ADU)	Tiempo de lectura (seg.)
1×1	1999×2048	2.32	27
2×2	999×1024	2.23	13
3×3	649×688	2.25	11
4×4	474×512	2.21	9

A. Ruido de lectura

La carga espuria es de $0.1 e^-$ y el ruido de lectura intrínseco es de $3.71 e^-$. En la Figura 1, se presentan los valores del ruido de lectura en función del número de pixeles físicos para los diferentes binnings. Los valores del ruido de lectura y nivel de bias del CCD-M5 se presentan en la Tabla III, los cuales han sido medidos dentro de las secciones que se indican en la Tabla VII.

TABLA III
CARACTERÍSTICAS ELECTRÓNICAS DEL CCD-M5

Binning	Ruido de Lectura (e^-)	Bias (ADU)
1×1	3.80	939
2×2	3.77	1200
3×3	3.85	1270
4×4	3.82	1290

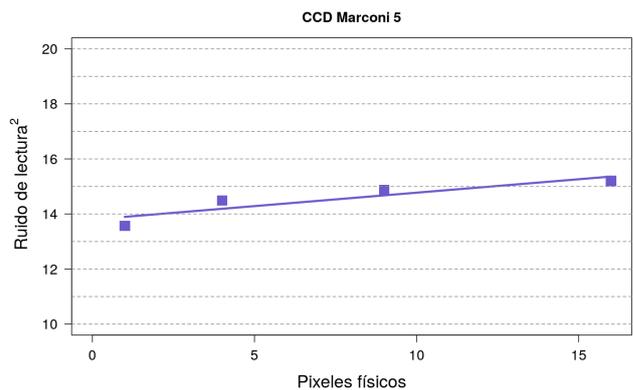


Figura 1. Ajuste para determinar la carga espuria generada durante la operación del CCD-M5 basado en las ganancias y ruidos de lectura de las Tablas II y III.

B. Linealidad

Al hacer un ajuste lineal a las mediciones entre cero y su nivel de saturación se encuentra una no-linealidad menor al 0.05%, lo cual lo hace un CCD lineal para valores menores a 65,535 ADU. En la Figura 2 se muestra el ajuste realizado para el CCD-M5.

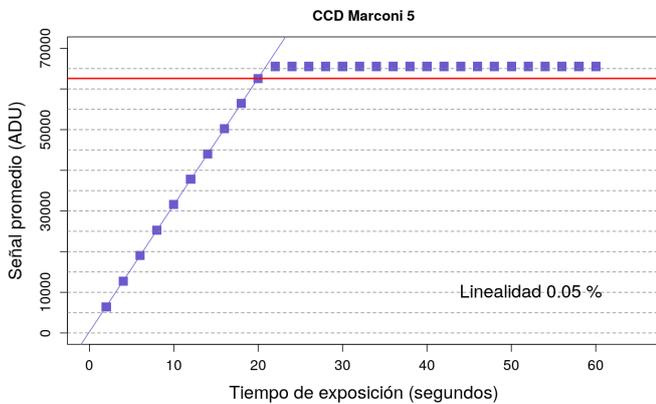


Figura 2. Gráfico de linealidad del CCD-M5

C. Frecuencia de bits

La frecuencia de bits del CCD-M5 se muestra en la Figura 3, la cual se ha creado utilizando las imágenes de campos planos con $>40,000$ ADU. Los valores encontrados están dentro del 0.72% del valor de 0.9 para los bits 0 a 14.

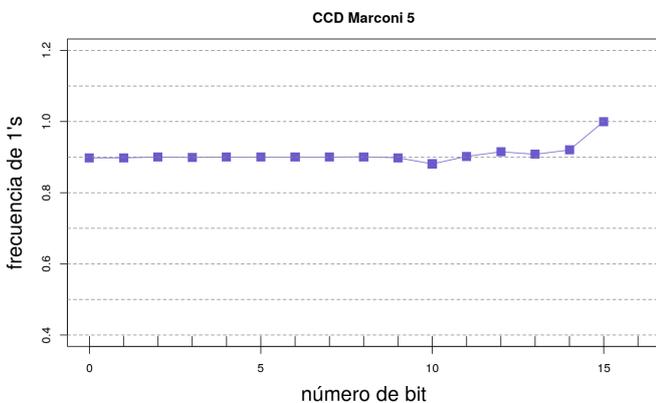


Figura 3. Gráfico de la frecuencia de bits.

D. Corriente oscura

Se midió la corriente oscura en la temperatura de operación de -120°C para los distintos binnings. Para este fin, se obtuvo una imagen de dark de 20 minutos y una imagen de bias promedio en los binnings: 1×1 , 2×2 , 3×3 y 4×4 . La imagen de bias promedio se obtuvo de la combinación de 10 imágenes de bias. En la Tabla IV se presentan los valores de la corriente oscura para los distintos binnings, medidos dentro de secciones libres de rayos cósmicos. Estas secciones se indican en Tabla VII.

TABLA IV
CORRIENTE OSCURA DEL CCD-M5

Binning	Ganancia (e^{-}/ADU)	Corriente oscura ($e^{-}/\text{px/hr}$)
1×1	2.32	6.8
2×2	2.23	6.4
3×3	2.25	8.2
4×4	2.21	7.7

E. Imagen de Bias

En la Figura 4 se muestra la imagen bias promedio de 10 imágenes en binning 1×1 , la cual no presenta ningún patrón de interferencia producido por la electrónica, pero sí un gradiente en el eje vertical. En la Tabla V se presentan los valores promedio y la desviación estándar (una medida del ruido de lectura) para cada una de las diez imágenes de bias binning 1×1 , medidos en una caja central de $300\times 300\text{px}$.

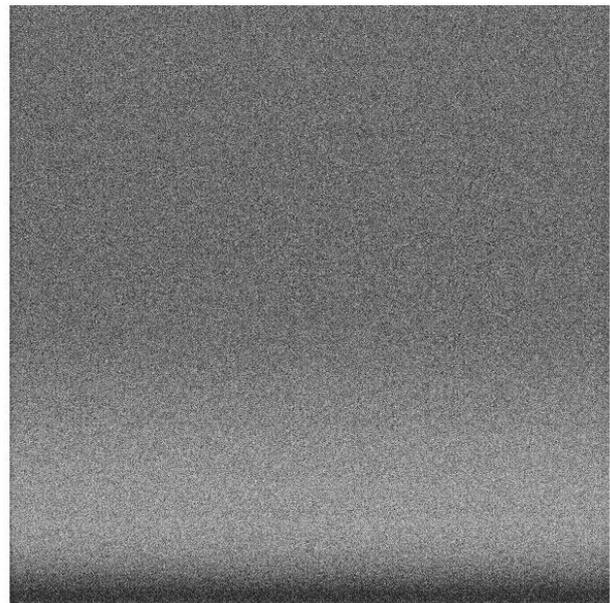


Figura 4. Imagen de bias (promedio de 10 imágenes) en binning 1×1 .

En la Figura 5 se muestra el gradiente encontrado en las imágenes de bias en los cuatro binnings. Este gradiente tiene su mínimo en la parte inferior de la imagen a $Y=0\text{px}$ y máximo alrededor de $Y=400-600\text{px}$. Sin embargo, este gradiente no representa un problema ya que puede ser removido de las imágenes de ciencia mediante la substracción de la imagen bias promedio.

TABLA V
ESTABILIDAD DE LOS BIAS DEL CCD-M5

# Imagen	Promedio (ADU)	σ (ADU/px)
1	938.5	1.635
2	938.6	1.630
3	938.5	1.637
4	938.6	1.644
5	938.4	1.634
6	938.5	1.639
7	938.6	1.641
8	938.5	1.638
9	938.5	1.642
10	938.6	1.640

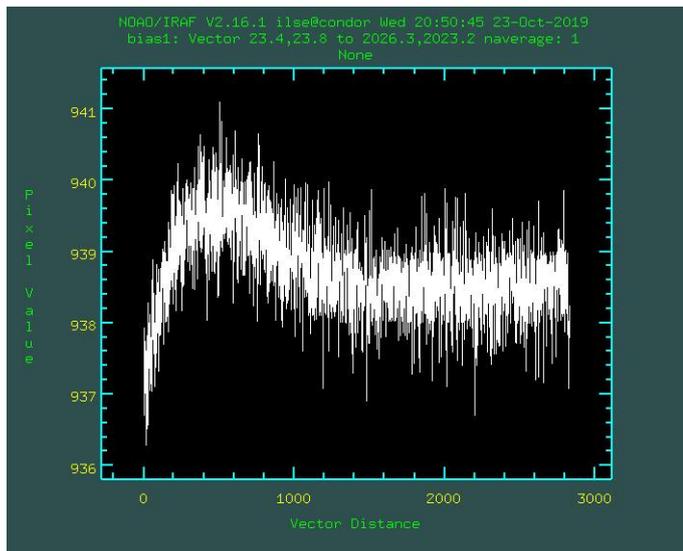


Figura 5. Gradiente encontrado en las imágenes de bias para una imagen de binning 1×1 .

F. Campos planos

En las Figuras 6, 7, 8 y 9, se muestran campos planos de domo en los filtros anchos BVRI del sistema Johnson-Cousins, instalados en la rueda de filtros MEXMAN. No se tomaron campos planos en el filtro U, debido a que la lámpara LED utilizada no emite en esta banda. En estas figuras se pueden apreciar zonas oscuras tipo “dona”, las cuales son producidas por las partículas de polvo en la ventana del CCD (las chicas) y en el filtro (las grandes). Estos defectos no representan un problema siempre y cuando se corrijan las imágenes de ciencia con las imágenes de campos planos en su respectivo filtro.

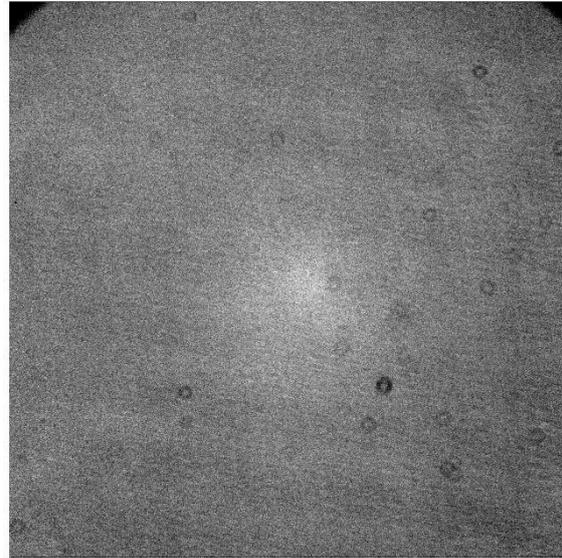


Figura 6. Imagen de campo plano de domo en el filtro B (30s. $\sim 34,000$ ADU).

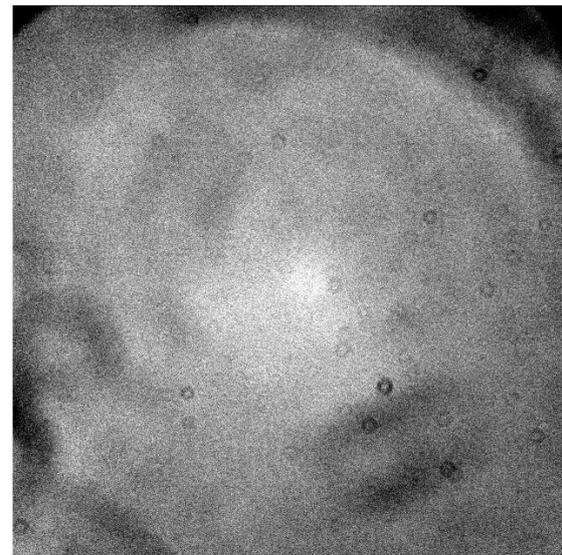


Figura 7. Imagen de campo plano de domo en el filtro V (10s. $\sim 31,000$ ADU).

TABLA VI
PIXELES OSCUROS EN EL CCD-M5

# Zona	Coordenada (x,y)	Δ Cuentas (ADU)
1	(23,1319)	50
2	(179,579)	25
3	(1226,551)	65
4	(922,1460)	70

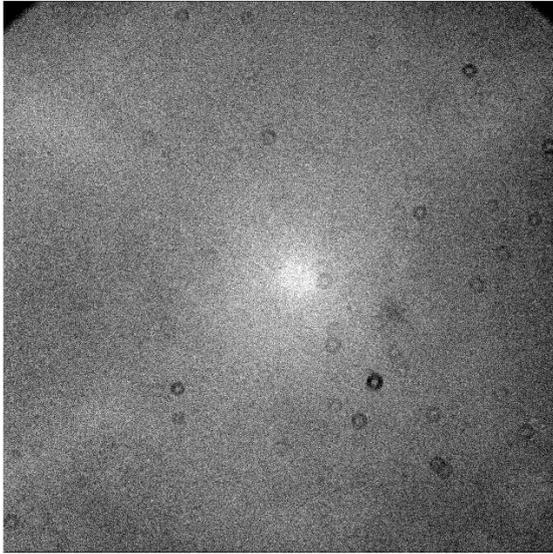


Figura 8. Imagen de campo plano de domo en el filtro R (10s. \sim 34,000 ADU).

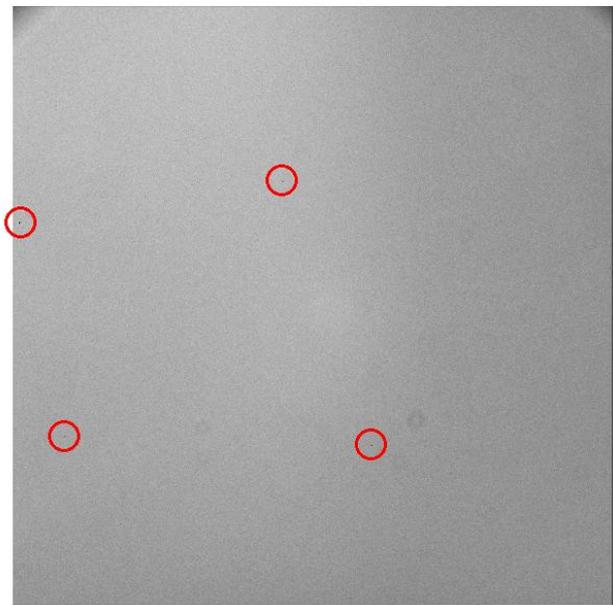


Figura 10. Imagen mediana de nueve campos planos de bajas cuentas (\sim 1300 ADU) donde se detectan cuatro zonas con pixeles oscuros en el CCD-M5.

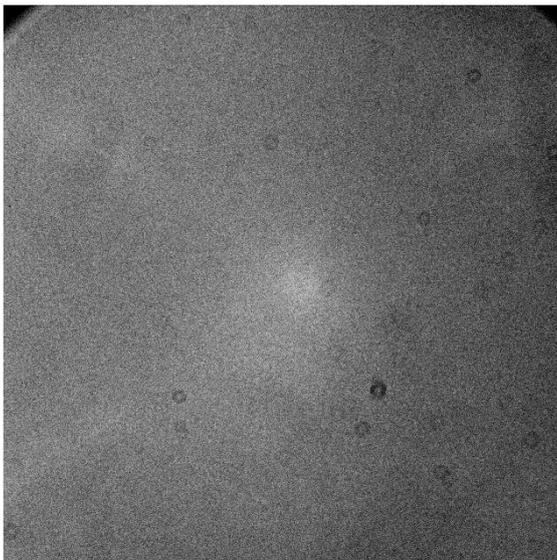


Figura 9. Imagen de campo plano de domo en el filtro I (30s. \sim 6,100 ADU).

G. Pixeles oscuros

Con el fin de identificar pixeles oscuros, aquellos con una menor respuesta a la luz que los pixeles a su alrededor, se obtuvieron nueve imágenes de campos planos de domo de bajas cuentas (\sim 1300 ADU) en binning 1×1 y se combinaron con una mediana. Al inspeccionar la imagen mediana, se encontraron cuatro zonas con pixeles oscuros. En la Tabla VI se indican las coordenadas de dichos pixeles y la diferencia en cuentas con respecto a su entorno, mientras que en la Figura 10 se muestran las zonas donde caen los pixeles oscuros en la imagen.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al equipo técnico del OAN-SPM por la instalación y preparación del CCD-M5 para su caracterización. De igual forma, se agradecen las atenciones recibidas por parte del personal administrativo del OAN-SPM.

REFERENCIAS

- [1] Michael Richer & Alan Watson 2009. "Pruebas para la caracterización de los CCDs"
- [2] T. M. C. Abbott 1995. "*In situ* CCD testing"

TABLA VII
SECCIONES UTILIZADAS PARA LA ESTADÍSTICA

Binning	Bias	Corriente oscura	Ganancia y Ruido de lectura
1×1	[850:1250,880:1280]	[869:919,1005:1055]	[850:1250,880:1280]
2×2	[430:630,440:640]	[479:579,381:481]	[430:630,440:640]
3×3	[280:413,290:423]	[405:455,298:348]	[280:413,290:423]
4×4	[215:315,220:320]	[297:335,244:282]	[215:315,220:320]

[
]