

INSTRUMENTACION ASTRONOMICA EN MEXICO

E. Ruiz Schneider

Instituto de Astronomía
Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN. El avance de la astronomía está basado en buena parte, en la cantidad y calidad de las observaciones realizadas con instrumentos astronómicos. En este trabajo se describen las estrategias de desarrollo así como la filosofía de diseño de algunos de ellos para resolver principalmente los problemas relacionados con el control y manejo de telescopios, la adquisición y transferencia masiva de datos y la construcción de novedosos dispositivos capaces de detectar con alta eficiencia y resolución, la información bidimensional óptica que sobre ellos incide.

ABSTRACT. The progress of Astronomy is mainly based on quality and quantity of observations made with astronomical instruments. It is described in this work, the development and design of some of them mainly used to solve the control and handling problems of telescopes, the acquisition and transfer of massive data and the development of new devices used to detect with high efficiency and resolution the information of bidimension optical incidence.

Key words: INSTRUMENTS-DETECTORS — OBSERVATORIES

1. PANORAMA GENERAL

En esta sección se describen de manera general las instalaciones y facilidades astronómicas observacionales en México, en particular las del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Esta institución posee dos observatorios: el primero, cercano a la ciudad de México, situado en Tonantzintla, Puebla, cuenta con un telescopio reflector de 1 m. Por su ubicación geográfica, por la contaminación ambiental y el brillo del cielo, las condiciones que ofrece para el observador no son adecuadas y solamente se disponen de 90 noches despejadas al año. Sin embargo, actualmente se le considera como un observatorio docente y experimental en donde es posible probar el equipo desarrollado en la Cd. de México antes de transferirlo al segundo observatorio, mismo que está situado en San Pedro Mártir, Baja California.

Este segundo observatorio, ubicado a 3000 km aproximadamente de la Cd. de México, a 31 grados de latitud norte con una altura de 2800 m.s.n.m., garantiza 310 noches despejadas al año, de las cuales, 260 poseen calidad fotométrica. Se cuenta con tres telescopios tipo Cassegrain y Ritchey-Chretien, cuyos diámetros son: .84 m, 1.5 m y 2.12 m. La resolución óptica media de éstos es de 1.4 seg.arc. de ancho a media altura. El telescopio de 2.12 m dispone de tres secundarios intercambiables: f/7.5, f/13.5 y f/27 (secundario oscilante para la observación en el infrarrojo).

2. SISTEMAS DE CONTROL

Todos los telescopios están controlados por sistemas electrónicos que han sido diseñados y contruidos en nuestros laboratorios^(4,5,6). Su precisión de apunte es de 30 seg.arc. rms. La figura 1 muestra esquemáticamente la arquitectura general que han adoptado estos sistemas. Actualmente se está diseñando una nueva generación de consolas de control capaces de contrarrestar las flexiones de la estructura mecánica, el desalineamiento del eje óptico y mecánico, así como el desalineamiento del telescopio con respecto al eje polar terrestre y de corregir la aberración de la luz y la refracción atmosférica. Se estima que se logrará una precisión de apunte de 3 seg.arc.rms, además de que el control de la posición de la cúpula será automático.

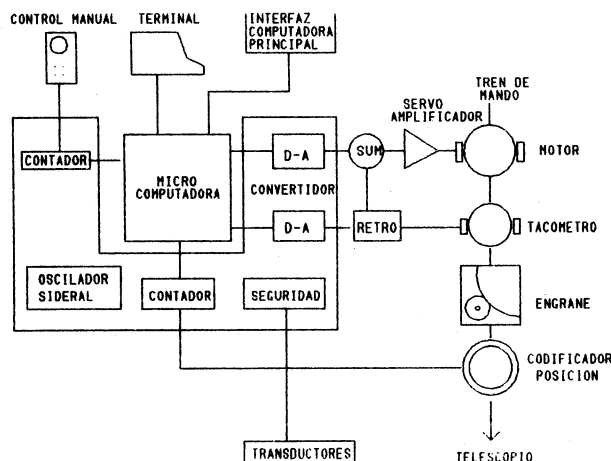


Fig. 1. Arquitectura general del sistema de control para telescopios. La microcomputadora regula la aceleración, velocidad y posición de ambos ejes simultáneamente. Es posible almacenar hasta 100 coordenadas de objetos celestes.

Por lo que se refiere a la instrumentación astronómica de análisis, el instituto cuenta con siete fotómetros, de los cuales tres son para observación del infrarrojo⁽¹⁾, tres espectrógrafos, uno de ellos con dispersión cruzada (tipo Echelle); un polarímetro, dos interferómetros⁽²⁾, siendo uno de ellos de barrido⁽³⁾ y dos cámaras para imagen directa. Algunos de estos instrumentos han sido diseñados y construidos con tecnología nacional.

3. MEPSICRON

Para resolver los problemas de espectroscopía e imagen directa, se ha destinado una gran parte de los recursos técnicos al desarrollo de detectores para bajos niveles de iluminación, habiéndose logrado un sistema de detección de alto rendimiento al que se le ha dado el nombre de MEPSICRON⁽⁹⁾.

Este detector posee tres elementos principales (figura 2): El primero consiste de un fotocátodo multialcalino suspendido sobre una ventana de cuarzo, con una sensibilidad espectral similar a la del S25, su eficiencia cuántica máxima es del 10% aproximadamente.

El segundo elemento está constituido por un doble apilamiento de placas microcanales que conforman un amplificador de muy alta ganancia (10^8 electrones secundarios por electrón incidente) y de muy bajo ruido.

El tercer elemento está constituido por un ánodo resistivo cuadrado cuya distorsión geométrica ha sido corregida^(7,8) y es el elemento que recibe la carga producida por las placas microcanales al ser acelerada por un campo eléctrico adecuado.

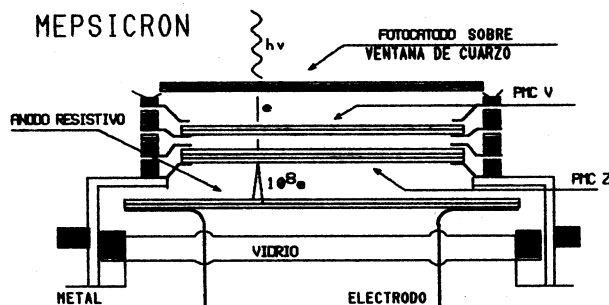


Fig. 2. Detector Mepsicrón. El diagrama muestra la sencillez de su construcción. La potencia que requiere para su operación es de solo 100 μ watts.

Se ha observado que el alterar el potencial a través del espacio que separa los apilamientos de placas microcanales, repercute en la distribución de altura de pulsos (figura 3) y que una distribución cuasi-gaussiana presenta una alta eficiencia (85%) en el procesamiento total de eventos durante la elección de los umbrales para discriminar los menos relevantes.

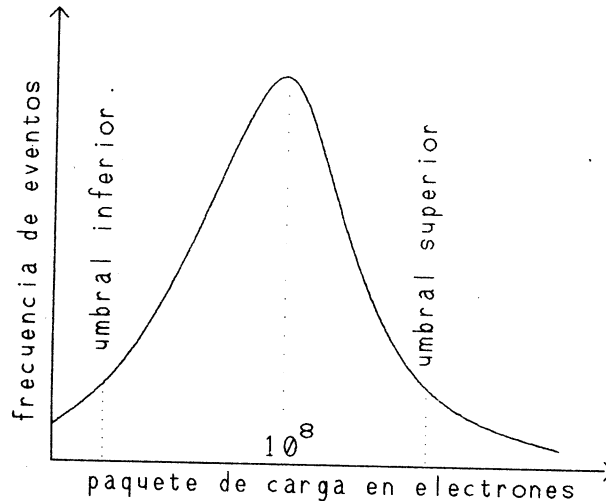


Fig. 3. Distribución de altura de pulsos del ánodo. La función de probabilidad se regula para optimizar la eficiencia en el procesamiento de la posición del evento.

El ánodo resistivo y los cuatro preamplificadores conectados en sus esquinas constituyen un codificador de posición para el centroide del paquete de carga colectado. Posteriormente un analizador de posición de eventos (APE) formado básicamente por convertidores A-D y circuitos aritméticos digitales, procesan la información transmitida por los preamplificadores hasta determinar las coordenadas XY del punto de incidencia del fotón sobre el fotocátodo con una resolución de 10 bits cada uno. Este proceso tiene una duración de 3 microsegundos y define el tiempo muerto del analizador, por lo que la tasa máxima de conteos queda limitada a 300 000 eventos por segundo.

Una ventaja considerable de este detector respecto a otros, consiste en que el ruido total del sistema depende exclusivamente del ruido cuántico de disparo del fotocátodo, generado por la magnitud de su eficiencia cuántica.

El ruido producido tanto en la resistencia del ánodo como en los preamplificadores, repercute solamente en la indeterminación de la posición del fotón incidente, mas no en la señal. Estas últimas fuentes de ruido definen una resolución espacial límite de $40\mu\text{m}$ FWHM (ancho a media altura).

A una temperatura de operación de -30°C , el conteo obscuro del fotocátodo es de 50 cuentas/seg sobre toda el área sensible de 25 mm de diámetro. Como esta superficie está dividida en 1024×1024 pixeles, la corriente obscura equivale a un conteo por pixel cada seis horas. Este resultado impone que el intervalo dinámico del sistema quede definido por el tamaño de cada localidad de la memoria de integración, que actualmente es de 6.5×10^3 .

Este detector puede ser representado por un arreglo de 1000×1000 fotomultiplicadores independientes de $25 \times 25\mu\text{m}$ cuadradas; debido a un fenómeno de saturación local en las placas microcanales del detector, el conteo máximo de cada fotomultiplicador corresponde a 500 cuentas/segundo.

Cada elemento de resolución tiene asociada una localidad en una memoria de 2 megabytes. Esta última es dinámica, de alta velocidad y multicanalizada para poder visualizar la imagen en formación de manera permanente, tanto durante el tiempo de exposición como durante los períodos de transferencia de datos hacia alguna computadora. Debido a que todo el acceso y actualización de información en la memoria se realiza durante los períodos de retraso de cuadro del monitor televisivo, la cosmética de la imagen permanece inalterado y de alta calidad.

En la figura 4 se muestra el sistema de detección desarrollado para adquirir y procesar imágenes en el observatorio.

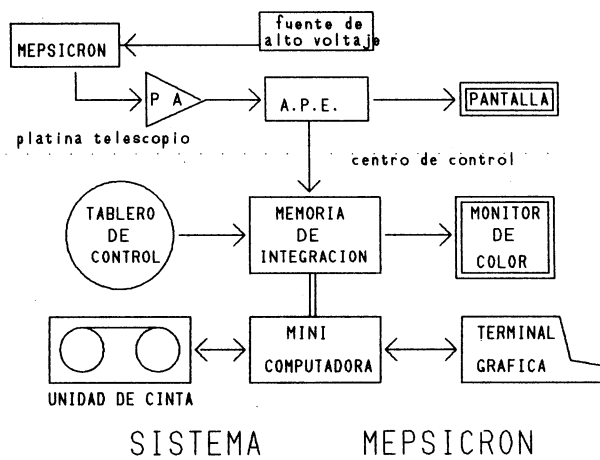


Fig. 4. Sistema de adquisición y procesamiento de imágenes integrado al centro de cómputo local del observatorio.

Para su operación, el detector requiere de una fuente de alimentación con 4.7 kvolts. El enfoque grueso tanto óptico como electrónico se realiza por medio de una pantalla analógica de alta persistencia conectada al APE, mientras que el enfoque fino se realiza remotamente (100 m) desde el centro de cómputo local en donde se sitúa la memoria de integración y el monitor de video.

El sistema puede operar básicamente de dos maneras: en la primera, la unidad de cinta magnética almacena las coordenadas del pixel, fotón por fotón. De este modo, a cada evento se le adhiere el tiempo absoluto de incidencia con una resolución temporal de hasta 100 nanosegundos explotando así otra característica única de este detector. En el segundo modo de operación, unidad de cinta almacena la imagen integrada en la memoria o una versión pre-reducida o procesada de la misma.

El detector Mepsicrón ha tenido exitosas aportaciones tanto en astronomía^(10,11) como en microscopía electrónica. Actualmente se desarrollan experimentos en el ámbito de la detección de imágenes con rayos X de diversas energías.

Entre sus más recientes innovaciones destacan el incremento en su resolución espacial a 2000 x 2000 pixeles y el aumento en la tasa de conteos a un millón por segundo.

4. DETECTOR MATRICIAL DE ESTADO SOLIDO

Anteriormente el análisis de información óptica espectroscópica se realizaba en México, por medio de detectores de tipo televisivo⁽¹²⁾ (vidicón I-SIT). Estos presentaban graves problemas en su operación ya que poseían varias fuentes simultáneas de ruido, ineficiencia en la lectura de la carga y una geometría de barrido inestable, lo que justificó el desarrollo paralelo de sistemas basados en detectores del tipo CCD⁽¹³⁾. Estos han sido probados, preliminarmente, en la adquisición de campos⁽¹⁵⁾, en el alineamiento óptico de telescopios y en el proceso de guiado excéntrico durante la observación.

Actualmente, el CCD en operación criogénica⁽¹⁴⁾ puede complementar observacionalmente el uso del Mepsicrón, porque el primero presenta una sensibilidad espectral superior en el rojo y su límite de saturación, a flujos altos es mayor. La figura 5 muestra esquemáticamente la arquitectura del cabezal detector durante su construcción. El diseño electrónico es lo suficientemente flexible como para alojar cualquier marca de detector con transferencia trifásica. Cabe mencionar que este dispositivo puede ser acoplado al mismo sistema de adquisición y procesamiento que se describe en la sección anterior.

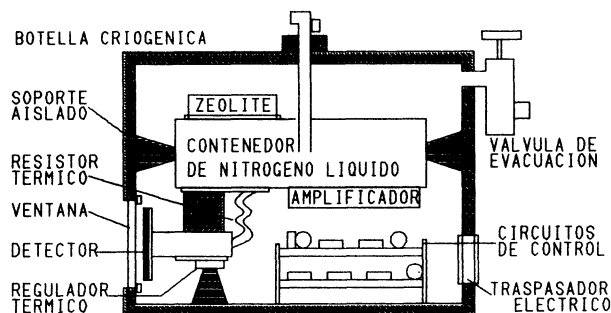


Fig. 5. Botella criogénica para la operación de bajo nivel de ruido para un detector CCD.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo menciona solamente algunos de los esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico para consolidar la instrumentación astronómica en México. El autor hace patente las aportaciones fundamentales de C. Firmani, G.F. Bisiacchi, L. Salas, L. Gutiérrez, R. Enriquez, A. Iriarte, F. Angeles, M. Helguera, S. Cuevas, R. Langarica, E. Carrasco y S. Tinoco en los proyectos descritos.

REFERENCIAS

- Bohigas, J., Torrelles, J.M., Echevarría, J., Cantó, J., Enriquez, R., Firmani, C., Gutiérrez, L., Ruiz, E., Salas, L. 1985, *Rev. Mex. Astron. Astrof.*, **11**, 2.
- Carrasco, E. 1984, Tesis UNAM
- Enriquez, R. 1982, Tesis UNAM
- Enriquez, R., Gutiérrez, L., Helguera, M., Iriarte, A., Ruiz, E., Salas, L. 1982, Rep. Tec. #2 IAUNAM.
- Enriquez, R., Gutiérrez, L., Iriarte, A., Rico, R., Ruiz, E., Salas, L. 1985, Rep. Tec. #29 IAUNAM.
- Firmani, C., Ruiz, E. 1979, *Mem. III Simp. Cientif. del Cincuentenario de la Autonomía Univ.*
- Firmani, C., Ruiz, E., Carlson, C.W., Lampton, M., Parece, F. 1982,
- Firmani, C., Gutiérrez, L., Ruiz, E., Bisiacchi, G.F., Salas, L., Carlson, C.W., Lampton, M., Parece, F. 1984, *Astron. Astroph.*, **134**.
- Helguera, M. 1984, Tesis UNAM
- Lampton, M., Parece, F. 1974, *Rev. Sci. Instr.*, **45**,
- Lampton, M., Carlson, C.W. 1979, *Rev. Sci. Instr.*, **50**,
- Moreno, M.A. 1986, Rep. Tec. #38, Instituto de Astronomía, UNAM.
- Roth, M., Iriarte, A., Tapia, M., Reséndiz, G. 1984, *Rev. Mex. Astron. Astrof.*, **9**, 1.
- Ruiz, E., Enriquez, R. 1983, *Rev. Soc. Mex. de Instr.*, **1**, 3.
- Ruiz, E., Reséndiz, G. 1983, Rep. Tec. #3, IAUNAM.

DISCUSION

STEINER: ¿Cuál es el peso y la potencia consumida por el detector Mepsicron?

RUIZ: La parte que es propensa a calentarse es el sinodo; desconozco su peso pero puede ser de 10 gr. La potencia que disipa es de unos 100 μ W y 100 veces más al conteo máximo, el ánodo por otro lado no se calienta por tener disipación a través de los electrodos que lo soportan y conectan.

Elfego Ruiz: Instituto de Astronomía, UNAM, Apartado Postal 70-264, México, D.F. 04510, MEXICO.