

# Herramienta de Visualización Preliminar de Imágenes Astronómicas para el Sistema Telescopio *Jürgen Stock*

Iván Vivas, Andrés Arcia-Moret, Domingo Hernández, Carmen Rodríguez y Demian Gutierrez

**Resumen** — En el Sistema Telescopio *Jürgen Stock*, la herramienta de visualización preliminar se encarga de desplegar en tiempo real, las imágenes captadas por la cámara electrónica digital que forma parte de este sistema. Esta herramienta está conformada principalmente por tres clases, la de adquisición, la de procesamiento y la de despliegue de imágenes astronómicas. Este artículo muestra dos resultados de interés. Primero, mediante una arquitectura basada en componentes, se mejoró el tiempo total de previsualización de imágenes; que además, hace a la herramienta escalable. Segundo, se propone una modificación del Método de Expansión Lineal del Contraste para mejorar la apariencia visual de las imágenes astronómicas dentro de la clase de procesamiento.

**Palabras claves** — Despliegue de Imágenes Astronómicas, Método de Expansión Lineal del Contraste, Procesamiento de Imágenes Digitales, TCP/IP.

## I. INTRODUCCIÓN

La Herramienta de Visualización Preliminar de Imágenes Astronómicas (HEVIPIA) del sistema Telescopio *Jürgen Stock*, tiene como objeto ayudar a ajustar parámetros previos al proceso de observación llevado en el telescopio del Centro de Investigaciones de Astronomía (CIDA) “Francisco J. Duarte”.

El CIDA se encarga de administrar el Observatorio Astronómico Nacional (OAN), que cuenta con cuatro telescopios: un telescopio Doble Astrógrafo, un telescopio Reflector, un telescopio Refractor y un telescopio *Schmidt*. Este último, llamado Telescopio *Jürgen Stock*, tiene una cámara electrónica digital denominada cámara QUEST<sup>1</sup>,

---

I.V. y C.R. están con el Centro de Investigaciones de Astronomía (CIDA), Sector La Hechicera, Edif. CIDA, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2450106. E-mail: [ievivas@cida.ve](mailto:ievivas@cida.ve), [rodriguez@cida.ve](mailto:rodriguez@cida.ve).

A.A.M., D.H. y D.G. están con la Universidad de Los Andes, Sector La Hechicera, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2402981, Fax: +58-274-2402979. E-mail: [andres.arcia@ula.ve](mailto:andres.arcia@ula.ve), [dhh@ula.ve](mailto:dhh@ula.ve), [demian@ula.ve](mailto:demian@ula.ve).

A.A.M. está con el Grupo de Investigación en Redes y Sistemas Distribuido (RESIDE). Sector La Hechicera, Facultad de Ingeniería, Postgrado en Computación, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2402811, Fax: +58-274-2402811.

D.H. y D.G. están con El Grupo de Investigación en Ingeniería de Datos y Conocimiento (GIDyC). Sector La Hechicera, Facultad de Ingeniería, piso 3, ala Sur. oficinas 3S07 y 3S08, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2402685, Fax: +58-274-2402979.

<sup>1</sup> Siglas en ingles de *QUasar Equatorial Survey Team*: Equipo de Estudio de Quasares Ecutoriales.

compuesta por un arreglo de 16 sensores CCDs (siglas en inglés de *Charged Couple Device* o dispositivo de carga acoplada) de 2048 x 2048 pixel-sensores<sup>2</sup>.

El sistema Telescopio *Jürgen Stock* (descritos en [1-3]), cuenta con elementos electrónicos y de *software* que permiten controlar la adquisición, almacenamiento y procesamiento de imágenes digitales astronómicas. Por medio de una Interfaz Gráfica del Usuario (GUI por sus siglas en ingles: *Graphical User Interface*) denominada *Observe*, se manejan los parámetros necesarios para realizar una observación. El HEVIPIA es una nueva herramienta de este programa, el cual permite el despliegue de las imágenes de cada uno de los CCDs (un sensor a la vez), en observaciones hechas en modo rastreo o *drift scan*<sup>3</sup>.

El componente de Adquisición de HEVIPIA, actúa como cliente dentro de un estilo arquitectónico Cliente-Servidor; el Cliente-HEVIPIA recibe del servidor los valores numéricos enteros que representan la intensidad luminica de una fila de píxeles de una imagen del espacio. Esta transferencia se hace de forma fiable y ordenada a través de *Sockets* que utilizan el protocolo de transporte TCP (siglas en inglés de *Transmission Control Protocol* ó Protocolo de Control de Transmisión) que es parte de la pila protocolar del sistema operativo QNX, usado en el sistema Telescopio *Jürgen Stock*.

El proceso modelado por HEVIPIA consiste principalmente de: la captura de líneas de datos, la reconstrucción y procesamiento de imágenes, y finalmente, el despliegue a través del visualizador de la interfaz gráfica. El procesamiento digital de la imagen es necesario, pues para que sean útiles, las imágenes astronómicas deben poseer ciertas características adecuadas a los requisitos de observación. Uno de los métodos empleados por HEVIPIA, es la técnica de realce del contraste a través de una modificación del Método de Expansión Lineal [4].

HEVIPIA permite el despliegue en tiempo real y la adaptación a las condiciones del cielo, que hacen posible una evaluación visual preliminar de la calidad de las imágenes astronómicas. Además, minimiza el tiempo de reacción del observador para resolver problemas que surjan durante una observación puesta en marcha. El tiempo de observación es un factor crítico, ya que en el OAN, más del 60% de las noches del año están nubladas y se debe maximizar el número de imágenes útiles capturadas durante una noche despejada. HEVIPIA mejora la eficiencia del observatorio astronómico, ya que el usuario puede observar por pantalla el cielo que el telescopio está captando en un momento preciso, lo que permite que, según el proceso de captura de la imagen, se

---

<sup>2</sup> Elementos fotosensibles dispuestos en cuadrícula; al caer los fotones (luz) sobre ellos, liberan electrones los cuales son cuantificados (efecto fotoeléctrico).

<sup>3</sup> Una de las dos modalidades para hacer observaciones con el telescopio Stock (ver [3], [5]).

pueda observar y reajustar los parámetros de observación en tiempo real.

En las siguientes secciones se describe de forma general la arquitectura general del Telescopio *Jürgen Stock*, incluyendo la ubicación de HEVIPIA dentro de esta arquitectura, la arquitectura interna de HEVIPIA, los procesos asociados a la captura de la imagen, la evaluación de la aplicación y las conclusiones y resultados obtenidos.

## II. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA TELESCOPIO *JÜRGEN STOCK*

El componente principal del sistema Telescopio *Jürgen Stock* es la cámara QUEST de 67.1 Megapíxeles, que consiste principalmente en un mosaico de 16 sensores CCDs. Sin embargo, el sistema completo está compuesto por un conjunto de subsistemas (ver Fig. 1) que se describen brevemente a continuación:

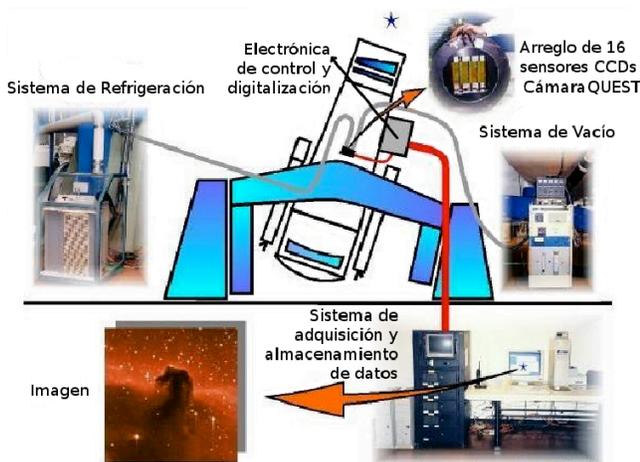


FIG. 1: Sistema Telescopio *Jürgen Stock*

### A. Sensores CCDs:

La cámara QUEST consta principalmente de un conjunto de 16 sensores CCDs de 2048 x 2048 píxel-sensores de 15  $\mu\text{m}$ , dispuestos en columnas o “dedos móviles” con cuatro sensores cada uno. Esta movilidad permite adaptar los dedos a diferentes niveles de declinación<sup>4</sup>. Los sensores están instalados en la zona focal del telescopio (ver Fig. 1). Un juego de filtros puede ser montado sobre los detectores, lo que permite eliminar (filtrar) determinadas longitudes de onda, dejando pasar sólo aquellas necesarias para un estudio determinado.

### B. Electrónica de Control y Digitalización (ECD):

Está compuesto por un conjunto de 32 tarjetas electrónicas instaladas en un bastidor de forma cúbica ubicado en la zona externa del telescopio (ver Fig. 1). Estas tarjetas se utilizan para sincronizar y leer los 16 detectores de la cámara QUEST. Cada CCD está controlado por dos tarjetas: una digital y otra analógica/digital. La tarjeta digital es la que se encarga de generar y distribuir las señales de temporización necesarias para la operación de los CCDs. La tarjeta analógica/digital es

la encargada de recibir la señal analógica de los CCDs, de procesarla y de enviarla al sistema de adquisición de datos.

### C. Refrigeración y Vacío:

Estos subsistemas se ubican cerca del telescopio (ver Fig. 1) y permiten reducir los niveles de ruido térmico<sup>5</sup> que pueden saturar una imagen en pocos segundos. A mayor temperatura mayor ruido térmico y viceversa. Por lo tanto, para reducir el ruido térmico es necesario enfriar todo el conjunto de CCDs a valores muy bajos de temperatura. Esto se logra con un sistema criogénico de lazo cerrado (ver [1], [3]), con el cual se puede llegar a temperaturas inferiores a los  $-80^{\circ}\text{C}$ . Pero al disminuir la temperatura a valores tan bajos, el vapor de agua que se encuentra en el aire se condensa sobre las superficies frías, así que para evitar los problemas de condensación, las líneas que transportan el líquido refrigerante a la cámara se encuentran al vacío.

### D. Adquisición y Almacenamiento de Datos (AAD):

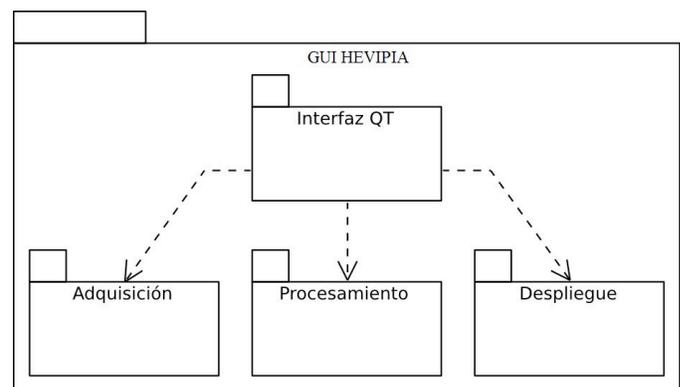
Este subsistema está compuesto por una red de computadoras que describe una topología de árbol invertida en una configuración 4-2-1. Su distribución actual consta de siete computadoras, de las cuales cuatro son para la adquisición de datos, dos para el almacenamiento de datos y una para la interfaz del usuario.

## III. LA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN PRELIMINAR DE IMÁGENES ASTRONÓMICAS (HEVIPIA)

HEVIPIA está formado por tres componentes fundamentales, que atacan distintos dominios del problema: la captura vía red, el tratamiento digital y la visualización de la imagen procesada.

La aplicación está escrita en Lenguaje C++, utilizando componentes de interfaz gráfica y de procesamiento de imágenes digitales de la biblioteca Qt. Se utilizó como ambiente de desarrollo el *Qt Creator*, el cual es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en Inglés: *Integrated Development Environment*), que facilita la escritura, visualización y compilación del código fuente.

La arquitectura general del *software* se muestra en la Fig. 2, donde observamos cómo la interfaz gráfica de usuario (Interfaz QT) agrupa y centraliza la operación de la aplicación.



<sup>5</sup> Es la agitación de electrones que se produce porque los CCDs no sólo liberan electrones al incidir luz, sino que también lo hacen por efecto de la temperatura.

<sup>4</sup> La declinación ( $\delta$ ) y la ascensión recta ( $\alpha$ ), son coordenadas utilizadas por los astrónomos para ubicar lugares en el cielo.

FIG. 2: Diagrama de Componentes de la HEVIPIA

El *software* está compuesto básicamente por tres componentes que se describen a continuación:

- **Componente “Adquisición”:** Este componente juega el papel de Cliente dentro de un estilo arquitectónico Cliente-Servidor. Donde el programa servidor<sup>6</sup> es parte de los módulos de software que son parte del sistema original que controla la Cámara QUEST, específicamente en el subsistema AAD, y el Cliente es la aplicación HEVIPIA. La comunicación entre Cliente y Servidor se hace a través de *Sockets* que permiten el intercambio flujos de datos de manera fiable y ordenada. El tipo de *Socket* que utiliza HEVIPIA es de flujo, y utiliza el protocolo de transporte TCP. Ese flujo de datos viene dado por la lectura, línea por línea, de cada CCD (la lectura de los CCDs está detallada en [2], [3]). Las líneas de datos tienen la siguiente descripción: Cada píxel tiene un valor numérico que representa la intensidad lumínica (cuentas) del fragmento del cielo capturado por el detector; a ese valor, se le asigna el tipo de dato *unsigned short int (ushort)*, de 2 bytes (16 bits) de tamaño y cuyo rango de valores va de 0 a 65.535. De esta forma, al multiplicar: 2 bytes/píxel \* 2048 píxeles tenemos 4096 bytes por cada línea de datos, que se deben transferir a través del *Socket* a una frecuencia predeterminada.
- **Componente “Procesamiento”:** Contiene funciones que se encargan de construir y procesar la imagen digital a partir de las líneas de datos recibidas por el componente Adquisición. Esta clase recibe líneas de datos del programa servidor, las cuales contienen valores enteros que representan la intensidad de la luz de cada píxel-sensor de un CCD, donde 0 (cero) representa el color negro, 65.535 representa el color blanco y los valores intermedios representan los diferentes valores de la escala de grises. Luego, la clase procesa la imagen digital para poder visualizarla de manera aceptable. El despliegue se realiza un detector a la vez, pero la GUI tiene un panel con el que se puede cambiar el CCD a capturar, abarcando así el despliegue de los 16 sensores CCDs de la cámara QUEST. La lectura, proceso y despliegue de la imagen digital se hace línea por línea, ya que el HEVIPIA está diseñado para desplegar observaciones hechas en modo *drift scan*.
- **Componente “Despliegue”:** Se encarga de mostrar las imágenes previamente capturadas y procesadas. Este componente se encarga de proveer al observador los medios necesarios para detener la observación según lo crea pertinente.
- **Componente “Interfaz Qt”:** Se encarga de generar la interfaz gráfica a partir de componentes propios de la biblioteca Qt, sirviendo de orquestador y coordinador de los otros componentes previamente descritos.

<sup>6</sup> El programa servidor es parte del conjunto de software que controla el sistema de la cámara QUEST y está descrito en detalle en [5].

#### A. El Proceso de Visualización Preliminar usando HEVIPIA

La secuencia de tareas que realiza HEVIPIA se observan en el diagrama de flujo de la Fig. 3. Dentro de cada tarea se realizan una serie de pasos adicionales que se explican a continuación:

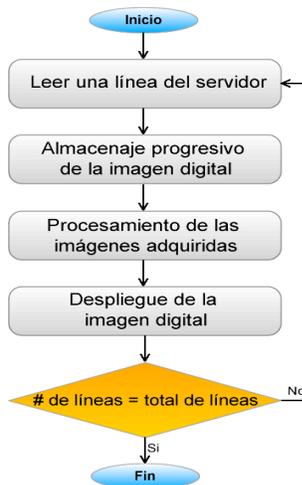


FIG. 3: Diagrama de Flujo Básico de HEVIPIA

##### A.1. Lectura de línea del servidor:

El servidor aloja la imagen capturada por el telescopio, y se encuentra instalado en el subsistema de Adquisición de Datos (los subsistemas que componen la cámara QUEST se describen en [2], [3]). En [5] se detalla el camino de la línea de datos y su segmentación cuando pasa a través de la interfaz de Adquisición. Cada segmento es almacenado temporalmente en un *buffer* hasta que el número de bytes recibidos es igual a 4096. En este caso, el *buffer* es un vector de tipo *quint16* (equivalente a *ushort* en Qt) con 2048 elementos de longitud. Cuando el vector está lleno, entonces se almacena en una matriz de números enteros (también de tipo *quint16*), que representa la matriz de datos de la imagen digital, donde cada celda simboliza la intensidad lumínica o cuentas de cada píxel-sensor de un CCD, y cuyo rango corresponde al de una imagen de 16 bpp de profundidad de color.

##### A.2. Almacenaje progresivo de la imagen digital:

Para construir una imagen digital utilizando la biblioteca Qt, se utiliza la clase *QImage*. Esta clase provee una estructura para la imagen digital que permite el acceso directo a los datos de los píxeles y que puede utilizarse para la visualización a través de otras clases. Para la construcción de la imagen, se debe asignar previamente un formato a la imagen digital. Para poder desplegar la imagen utilizando *QImage*, es necesario reescalar los datos a un formato que sea soportado por esta clase. Una opción viable es reescalar los datos de 16 bpp a 8 bpp ( $2^8 = 256$  niveles de gris), utilizando un formato de 8 bpp en color directo bajo el Modelo RGB. Para representar la escala de grises en el Modelo RGB, se debe cumplir con la condición (1):

$$\text{Valor en R} = \text{Valor en G} = \text{Valor en B} \quad (1)$$

Luego, para que cada canal pueda tener  $2^8$  niveles de color, se debe utilizar un formato de 24 bpp de profundidad de color,

ya que cada componente de una imagen de 24 bpp posee 8 bits. Pero como se debe cumplir con la condición anterior, esta imagen de 24 bits no posee  $2^{24}$  colores, sino que tiene  $2^8$  tonalidades de grises. Luego del reescalamiento, se construye la imagen digital utilizando la clase *QImage*. Esta imagen se inicializa con dimensiones de 2048 píxeles de ancho y valor  $n$  de alto; donde  $n$  es el número de líneas totales que la observación en modo rastreo leerá. Cada línea de datos leída es añadida a esta estructura de imagen digital y se almacena para ser procesada en el siguiente paso.

**A.3. Procesamiento de las imágenes adquiridas:**

Las imágenes astronómicas tienen la particularidad de ser imágenes de alto contraste, es decir, poseen objetos muy brillantes (astros) en un fondo muy oscuro (fondo de cielo). Si se despliega una imagen astronómica sin realzar su contraste, o sea, sin transformar los valores de los píxeles, entonces se obtendría una imagen como la de la Fig. 4(b), en la que sólo los objetos muy brillantes son apreciables en un fondo de cielo totalmente negro.

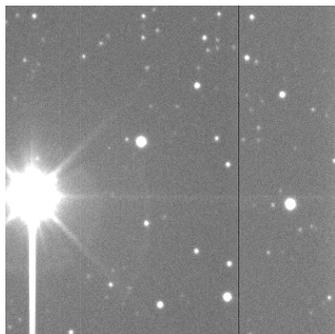


FIG. 4(a): Imagen astronómica transformada con el método de Expansión Lineal Modificada

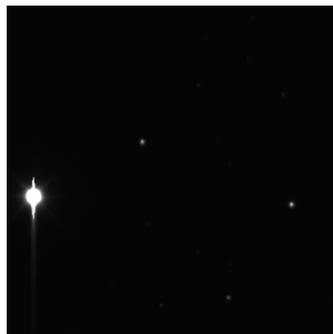


FIG. 4(b): Imagen astronómica desplegada sin realce de contraste

Para abordar este problema existen varias técnicas o algoritmos de transformación y procesamiento de imágenes, diseñados para mejorar o realzar el contraste. Se propone en este artículo una modificación del algoritmo de Expansión Lineal del Contraste [4], que llamamos Método de Expansión Lineal Modificada (MELM) (ver apéndice), el cual es utilizado por HEVIPIA para el despliegue de las imágenes astronómicas.

**A.3.1. Método de Expansión Lineal del Contraste:**

En este método o algoritmo los valores de gris de la imagen original y la imagen transformada siguen una relación lineal. Este método hace uso del histograma de la imagen digital. Los valores bajos del histograma original se asignan al color extremadamente negro y los valores altos en la parte superior del histograma se asignan al color extremadamente blanco. Los valores de los píxeles restantes se distribuyen linealmente entre estos extremos. Con este método se logra que las características o detalles que eran oscuros en la imagen original sean evidentes en el contraste de la imagen transformada.

En el Método de Expansión Lineal original, los datos se reescalan entre el mínimo y el máximo del histograma de la imagen; pero en el MELM, los extremos de este intervalo

serán calculados utilizando los parámetros de la distribución Normal (ver apéndice). Se sabe que en una curva Normal, más del 95% de la probabilidad se encuentra entre:  $\mu \pm 2\sigma$ , donde  $\mu$  es la media y  $\sigma$  la desviación estándar. Por lo tanto, los nuevos intervalos de reescalamiento son:  $z_1 = \mu - 2\sigma$  y  $z_2 = \mu + 2\sigma$ , obteniendo así la función de transformación que se observa en la ecuación (2):

$$f(x_{i,j}) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \forall x \in [0; z_1) \\ \frac{255}{z_2 - z_1}(x_{i,j} - z_1) & \forall x \in [z_1; z_2] \\ 255 & \forall x \in (z_2; 255] \end{array} \right\} \quad (2)$$

Donde  $x_{i,j}$  representa el píxel en la posición  $[i, j]$  de la imagen digital. Finalmente, al transformar la imagen astronómica con este método, se obtiene una imagen de salida como la mostrada en la Fig. 4(a), la cual presenta una mejora significativa ofrecida por el contraste, en comparación con la imagen sin transformar. En la imagen procesada se detallan estrellas con brillos débiles que en la Fig. 4(b) eran imperceptibles. El resultado de este método es una imagen de calidad aceptable, que es usada por HEVIPIA para el despliegue de las imágenes astronómicas.

**A.4. Despliegue de la imagen digital:**

Para la visualización de las imágenes, se diseñó una GUI que despliega la imagen digital línea por línea, es decir, se anexa una línea de 2048 píxeles, una debajo de la otra, mostrando sólo las últimas 512 líneas de la observación en modo rastreo. El despliegue logra un efecto de “desplazamiento” del cielo, que se puede apreciar de mejor forma en [7].

Adicionalmente, la GUI posee un panel que tiene tres secciones en la parte superior de la ventana (ver Fig. 5). Cada una de las secciones se explican a continuación:

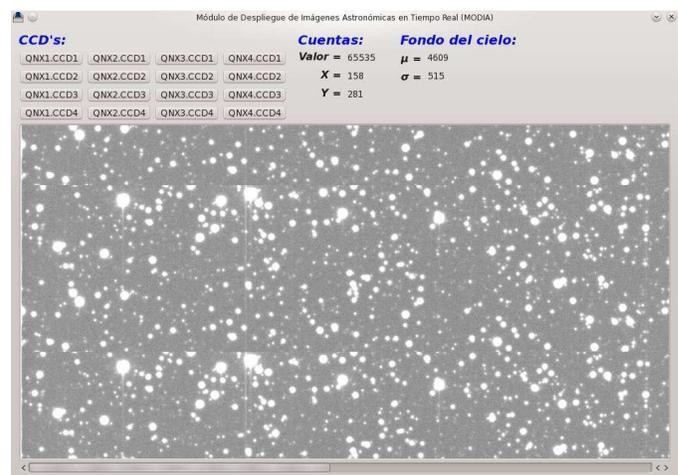


FIG. 5: Interfaz Gráfica de Usuario de HEVIPIA

- **CCDs:** Esta sección está compuesta por 16 botones que representan a los 16 detectores de la cámara QUEST, de manera que el observador pueda escoger la imagen de cualquier detector, una a la vez. Cada botón manda un mensaje al programa servidor a través de la clase de

adquisición; el mensaje contiene la etiqueta del CCD seleccionado.

- *Cuentas*: Ofrece información del valor de las cuentas (intensidad lumínica) de un píxel en particular de la imagen que se está desplegando. Esto se logró utilizando los eventos del *mouse* que ofrece la clase *QMouseEvent* de la biblioteca *Qt*.
- *Fondo del Cielo*: Suministra información estadística del Fondo del Cielo, tal como la media  $\mu$  y la desviación estándar  $\sigma$ , que son de mucha utilidad para el observador, ya que es información cuantitativa de las condiciones del cielo. Estos estadísticos son calculados en el paso anterior a partir del MELM.

#### IV. EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

La motivación principal para el desarrollo de HEVIPIA era la pérdida de tiempo de observación en el telescopio *Jürgen Stock*, causada por la verificación de las imágenes cuando una observación en modo rastreo estaba en progreso (en ausencia de HEVIPIA). La transferencia de las 16 imágenes desde el subsistema de Almacenamiento de Datos (ver [6]) hasta el computador donde está instalado el Panel de Control, podía durar hasta 20 minutos en promedio. Si había algún error en las imágenes, entonces se debían hacer las correcciones necesarias y volver a transferir las 16 imágenes para una nueva verificación, perdiendo así al menos 40 minutos de tiempo observable (en el mejor de los casos). Con la introducción de HEVIPIA, se logró reducir considerablemente este factor de pérdida de tiempo.

Como se explica en [6], la frecuencia de lectura de las líneas del CCD, en promedio es de  $14.5 \text{ Hz}$ , que es aproximadamente igual a  $0.07 \text{ s/línea}$  ó  $141 \text{ s/cuadro}$  (1 cuadro = 2048 líneas). En otras palabras, el tiempo que transcurre entre  $t_1$  y  $t_2$  de la Fig. 6 es de  $\sim 0.07 \text{ s}$ . Este tiempo no puede cambiar ya que la frecuencia es función del movimiento sideral de la estrella y de la declinación del telescopio. Entonces, para poder observar con HEVIPIA una parte de la imagen que sea lo suficientemente grande como para concluir que la observación tiene o no errores, se debe esperar  $\sim 18 \text{ s}$  que es lo que se tarda en desplegar 256 líneas (1/8 parte de un cuadro).

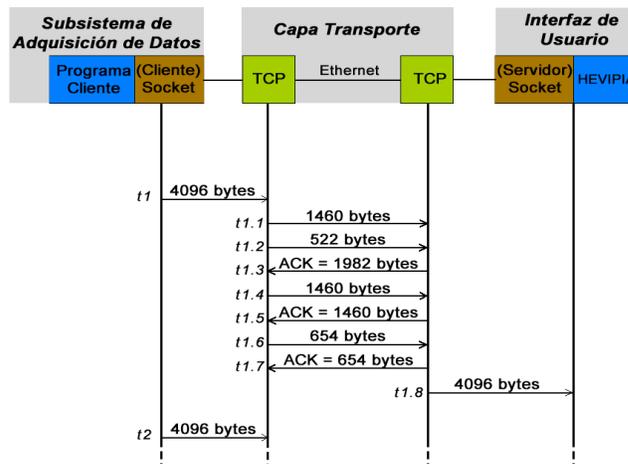


FIG. 6: Diagrama Temporal de Segmentos TCP

Nótese que, el tiempo que transcurre en visualizar a través de HEVIPIA este segmento de 256 líneas en los 16 CCDs, es de  $\sim 5 \text{ m}$  ( $18 \text{ s}$  por cada uno de los 16 CCDs), minimizando así, aproximadamente 75 % el tiempo de observación perdido cuando surgen errores en una observación puesta en marcha.

#### V. CONCLUSIONES

HEVIPIA mejora la eficiencia del observatorio astronómico y facilita la operación del telescopio, ya que ofrece un conjunto de utilidades que dan información cualitativa y cuantitativa en tiempo real sobre la calidad de la imagen, y logra minimizar el tiempo de reacción del observador para atacar problemas que puedan surgir en una observación en proceso, evitando la espera en la transferencia de imágenes digitales desde el subsistema de Almacenamiento de Datos hasta el computador con la interfaz de usuario.

Una ganancia importante en el proceso de observación fue el procesamiento adecuado y en tiempo real de las imágenes astronómicas digitales. Las imágenes del cielo nocturno tienen la particularidad de ser de alto contraste (objetos brillantes sobre un fondo muy oscuro) y en las que el Fondo del Cielo cubre la mayor área de la imagen. Esto dificultó encontrar un algoritmo que realizara el contraste de manera aceptable. Por esta razón, se propuso el MELM en base a estadística, con él que se obtuvieron buenos resultados. Este método adapta el contraste a diferentes condiciones del cielo, tomando siempre como referencia los datos del Fondo del Cielo.

#### PERSPECTIVAS FUTURAS

Desde el punto de vista de la comunicación y la transferencia de la imagen del servidor al cliente, en la Fig. 6 observamos que la segmentación (tamaño de los paquetes) puede mejorarse. Nótese que el tiempo que transcurre entre  $t_{1.1}$  y  $t_{1.7}$  es de  $0.04 \text{ s}$  en promedio. Además, el primer segmento alcanza el Tamaño Máximo de Segmento (MSS = 1460 bytes) y el segundo es de menor tamaño (522 bytes), luego el tercer segmento vuelve a alcanzar el MSS y el cuarto es de menor tamaño (654 bytes). Esto sugiere que la buferización de la data antes de ser transmitida podría permitir el envío de paquetes

de máxima longitud y así ahorra, en promedio un 25% del tráfico de la red. Esto podría permitir el despliegue de más de una imagen a la vez, o idealmente, desplegar las imágenes de los 16 sensores CCDs de la cámara QUEST al mismo tiempo y tener una perspectiva completa de la observación en proceso.

Finalmente, el desarrollo de HEVIPIA es un ejemplo de que las necesidades de software del Sistema Telescopio *Jürgen Stock* han cambiado con el pasar del tiempo. La importancia de conseguir una independencia tecnológica, tanto en software como en hardware, es vital para futuros trabajos relacionados con este sistema. En el CIDA, hay varios proyectos en progreso para lograr ese objetivo, siendo el más importante de ellos, el reemplazo de los sensores CCDs de la cámara electrónica digital, recientemente adquiridos por la institución. Otro proyecto significativo es la migración del software original que controla la cámara, desde el sistema operativo QNX a *Linux*.

Particularmente, HEVIPIA puede seguir creciendo y transformarse en una herramienta de análisis completo de la calidad de las imágenes astronómicas. Para lograr ese objetivo, la aplicación debe tener algoritmos que calculen el *seeing* y la elipticidad, que son parámetros utilizados en astronomía para denotar la calidad de la imagen astronómica, en la imagen que se despliega en tiempo real.

## VI. APÉNDICE

### *Método de Expansión Lineal Modificada (MELM):*

Esta técnica hace uso del histograma de la imagen digital, el cual representa la frecuencia con la que los valores de intensidad lumínica (o niveles de grises) se repiten en la imagen; pero si estos valores son considerados como variables aleatorias en el intervalo  $[0,1]$ , entonces su histograma representaría su Función de Densidad de Probabilidad (FDP) [8]. La FDP es una función que describe la densidad de la probabilidad en cada punto del espacio. La FDP debe pertenecer a una Distribución de Probabilidad.

Como se demostró en [5], el fondo del cielo se distribuye Normalmente. Se utilizó el fondo del cielo como referencia para este estudio, ya que siempre abarca la gran mayoría del área de una imagen astronómica. Entonces, este algoritmo hace uso de los parámetros de la Distribución Normal para calcular los extremos del intervalo de reescalamiento. Se sabe que en una curva Normal, más del 95% de la probabilidad se encuentra entre:  $\mu \pm 2\sigma$ , donde  $\mu$  es la media y  $\sigma$  la desviación estándar. De esta forma, se reescala linealmente entre este rango, tal como se aprecia en la Fig. 7.

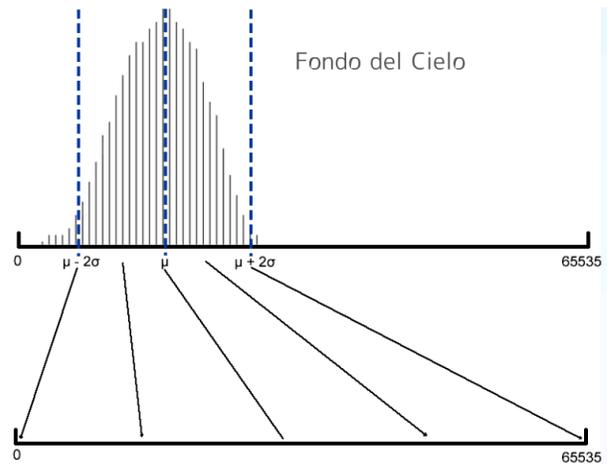


FIG. 7: Representación Gráfica del Método de Expansión Lineal Modificada

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Baltay C. et al. "A Large-Area CCD Camera for the Schmidt Telescope at the Venezuelan National Astronomical Observatory". The Astronomical Society of the Pacific. Vol. 114, pp. 780–794, 2002.
- [2] Snyder, J. et al. "QUEST Camera I: A 67 Megapixel CCD Camera Optimized for Driftscan Quasar Discovery". Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, Vol 3355, pp 635-645.
- [3] Rodríguez, C. "Estudio y Modificación del Sistema de Adquisición, Almacenamiento y Procesamiento de Imágenes Astronómicas del Telescopio *Jürgen Stock*". Tesis de Maestría en Computación. Universidad de Los Andes, 2007.
- [4] Jensen, J. R. "Introduction to Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective". New Jersey: Prentice Hall. 1996.
- [5] Vivas, I. "Módulo de Despliegue de Imágenes Astronómicas en Tiempo Real para el Telescopio *Jürgen Stock* del Observatorio Astronómico Nacional de Llano del Hato". Tesis de Pregrado de Ingeniería de Sistemas. Universidad de Los Andes. 2011.
- [6] Rodríguez, C. "Hacia un Proceso de Reingeniería del Telescopio *Jürgen Stock*". V Congreso Iberoamericano de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica 2012 (V CIBELEC 2012). Mérida, Venezuela. 2012.
- [7] Página en inglés del proyecto "Herramienta de Visualización Preliminar de Imágenes Astronómicas para el Sistema *Jürgen Stock*". "RIDIC: Real-time Image Display Component for the *Jürgen Stock Telescope*". Disponible en [www.cida.gob.ve/~ievivas/ridic/](http://www.cida.gob.ve/~ievivas/ridic/).
- [8] Gonzalez, R. et al. "Digital Image Processing". New Jersey: Prentice Hall. 2001.