

Developing a prototype for remote viewing of telescope images using mobile devices

Ricardo González
Escuela de Ciencias Exactas e
Ingeniería
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá, Colombia
ricardo.gonzalez@usa.edu.co

Omar Álvarez
Escuela de Ciencias Exactas e
Ingeniería
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá, Colombia
omar.alvarez@usa.edu.co

Daniel Cristancho
Escuela de Ciencias Exactas e
Ingeniería
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá, Colombia
daniel.cristancho@correo.usa.edu.co

Abstract— This document describes the development of a prototype to share a series of images captured from the eyepiece of a telescope in activities of scientific dissemination in an astronomical observatory. The developed prototype includes the use of a smartphone for capturing images and another mobile device as receiving equipment; streaming protocols are used to improve the use of a WiFi network during the transmission of images, reaching reasonable results in the reception of astronomical images. To attach the smartphone to the telescopes several prototypes of fixing systems or adapter were developed, generating a whole learning process in which finally a rapid prototyping technique was used to build a stable but flexible base element in order to enable the adaptation of the device to a set of different patterns of capturing images, in case of this could be necessary. Some developed tests made it possible to identify potential problems of the communication scheme of the selected Wi-Fi network, so that a redesign of the communications patterns was generated taking advantage of the configuration features of the smartphones used in the solution.

Keywords—Remote visualization, video streaming, smartphone, mobile devices, RSTP, rapid prototyping techniques.

I. INTRODUCCION

En la Universidad Sergio Arboleda el Observatorio Astronómico es uno de los espacio más conocidos, en él se realizan una gran cantidad de actividades de divulgación científica, entre las que se encuentran visitas guiadas, cursos, actividades de divulgación, cine foros y las noches de observación, esta última es una actividad en la que las personas que desean asistir pueden emplear los telescopios del observatorio en la forma de una visita guiada a los cielos de Bogotá, para observar objetos astronómicos de interés como: Saturno, Júpiter, la Luna, Marte o algún evento particular, sin embargo, el cielo Bogotano no siempre coopera y en muchas oportunidades se nubla, despejándose sólo durante periodos muy breves de tiempo, lo que dificulta el ver algunos de los fenómenos astronómicos que ocurren.

En los jueves de observación los asistentes hacen fila para ver, a través de una serie de telescopios, algunos objetos astronómicos de interés, sin embargo, esto genera un tiempo de espera ya que sólo una persona puede observar a través del ocular del telescopio, esto ocasiona que dos o tres personas logren ver el espectáculo, antes de que el movimiento de rotación de la tierra, o el movimiento de las nubes, hagan que el cuerpo celeste que están observado salga del campo de visión del telescopio y no sea posible seguir haciendo observaciones. Si bien, en el caso de que el elemento observado se salga del campo visual de los telescopios, los guías pueden volver a ajustar la orientación

del telescopio, los ajustes pueden tomar un tiempo, y luego de tres o cuatro personas el objeto astronómico vuelva a salirse del campo visual. Aunque existen sistemas de seguimiento que permiten solucionar parcialmente esta situación, estos son costos y difíciles de ajustar por lo que no son empleados en muchas de las sesiones.

El ocular del telescopio es un elemento pequeño, que permite que un usuario pueda visualizar la imagen que captura el telescopio, al estar muy cerca y mirar a través de él con su ojo, pero esto hace que las personas sólo puedan ver las imágenes que captura un telescopio tradicional una por una, es decir, de forma serial, lo que limita la cantidad de personas que pueden emplear el instrumento. De aquí surgió la idea de usar una cámara para capturar imágenes, a partir del ocular del telescopio, de forma que las imágenes puedan ser compartidas, al menos en un dispositivo de mayor tamaño, que permita que varios usuarios puedan disfrutar al mismo tiempo de las imágenes del fenómeno astronómico que desean apreciar, es así como surge la idea de crear un sistema que permita visualizar información de las imágenes, que son captadas por los telescopios del observatorio astronómico, para emplearlo en las actividades de observación con fines educativos y de divulgación

Adicionalmente debido a que los días de observación hay un grupo de personas alrededor del telescopio, para evitar que el movimiento de las personas pudiera desconectar algún cable o conexión, se pensó en hacer un diseño empleando equipos móviles inalámbricos, esto también representa una gran ventaja, ya que los equipos pueden funcionar de forma remota y autónoma, por lo que pueden ser fácilmente empleados en salidas de campo y cuando se usen los telescopios en otras locaciones. También se desea usar equipos de bajo costo y de ser posible portátiles para la captura de las imágenes por lo que se decidió usar teléfonos inteligentes como elementos base para la captura de imágenes.

Con el objetivo de describir las actividades y elementos que han formado parte de este proyecto, presentamos en la sección II un pequeño marco teórico y describimos algunos antecedentes de trabajos similares que sirvieron de base e inspiración para el desarrollo de este sistema, en la sección III, describimos la arquitectura general del sistema y las características de cada uno de los componentes, que han sido integrados como parte el prototipo de la solución planteada, en la sección IV se describen algunas de las pruebas realizadas y se realiza un análisis de los resultados obtenidos y finalmente en la sección V, se presentan las conclusiones y los aprendizajes obtenidos con la realización de este trabajo.

II. MARCO TEÓRICO

La experiencia de poder ver a través de un pequeño objetivo fenómenos astronómicos en un telescopio, es una emoción que invade a todos los enamorados de la ciencia y la tecnología, sin embargo, el uso de equipos de fotografía e incluso el uso de cámaras de teléfonos inteligentes es cada vez más común en las actividades de observación astronómica [1], esto se debe en parte, a que la calidad de las cámaras de los teléfonos inteligentes actuales ha ido mejorando, tanto así que es posible obtener fotografías amateurs sorprendentes [2] y los resultados obtenidos por algunas personas han sido bastante buenos, como por ejemplo: con la realización de un atlas de la luna [3], al realizar cálculos sobre la velocidad orbital al observar la estación espacial internacional ISS [4] o en la observación de la actividad solar [5]. Pero para obtener resultados razonables al emplear la cámara de un teléfono inteligente para obtener fotografías astronómicas, la clave es el uso de un buen adaptador entre el telescopio y el teléfono, es por ello que una cantidad importante de adaptadores de diferentes características se encuentra disponibles en el mercado [6], con muy variadas características, que le permiten desde una buena sujeción, hasta movilidad para hacer adecuadamente los enfoques con los oculares de los telescopios.

III. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

La arquitectura de un sistema contempla identificar cuáles son los diferentes elementos que lo conformarán y cómo estos se relacionan entre sí para cumplir sus objetivos, en este sentido, para el diseño del sistema que se planteó, fue necesario considerar varios aspectos, el primero de ellos tiene que ver con la elección del equipo que capturaría las imágenes en el ocular de telescopio, el segundo contempla la forma de fijar el dispositivo de captura de imágenes al telescopio de una forma sencilla y estable, el tercero considera los aspectos de como transmitir las imágenes que se capturen en el ocular y finalmente el último aspecto que ha sido considerando es la forma de recibir estas imágenes en un dispositivo de visualización.

Una visión general de la arquitectura del prototipo que se diseñó para el sistema se puede apreciar en la figura 1. Para comprender mejor los elementos de este prototipo, a continuación pasamos a describir cada uno de sus componentes y sus características de operación en el sistema.

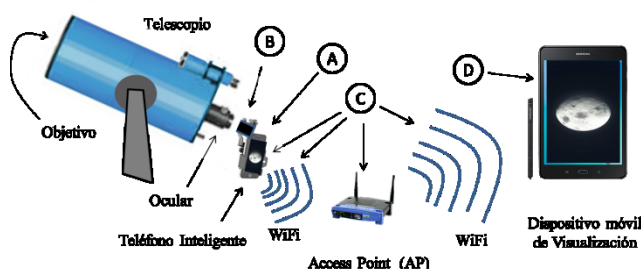


Figura 1: Arquitectura general del primer prototipo construido.

A. Equipo de captura de imágenes

Aunque se evaluó el uso de una cámara digital tradicional, esto se descartó inicialmente porque las cámaras digitales pueden llegar a ser más pesadas que los teléfonos móviles actuales, es por esto que se prefirió usar un teléfono inteligente, debido a que este tipo de dispositivo es ligero, tiene una cámara integrada que usualmente es de una resolución razonable, que puede ir desde unos 5 Mega píxeles en equipos modestos como los Samsung Ace y J1, pasando por los 13 Mega píxeles de equipos de gama media y alta como es el caso de un Samsung S4 y pudiendo llegar hasta los 23 Mega píxeles en algunos modelos de teléfonos inteligentes de Sony específicamente de la serie Xperia, considerado como un equipo de gama alta. Además un teléfono inteligente posee otras características interesante que es necesario tomar en cuenta, como: el hecho de que posee varias interfaces de comunicaciones como: WiFi, Bluetooth y datos móviles 3G y 4G, lo que permite la transmisión inalámbrica de las imágenes que sean capturadas, es un dispositivo autónomo, lo que le permite funcionar de forma independiente debido al uso de su batería, finalmente hay que indicar que hay una gran cantidad de equipos móviles disponibles en el mercado con un rango bastante amplio de precios, lo que hace que conseguir este tipo de equipos sea relativamente fácil.

B. Fijación del equipo de captura de imágenes al telescopio

Aunque en el mercado existen algunos productos comerciales que permiten fijar un teléfono móvil a un telescopio, en este proyecto se optó por desarrollar elementos propios, principalmente porque el observatorio posee varios telescopios con diferentes características y se pensó que sería difícil conseguir un conector que pudiera servir a los diferentes modelos de telescopio disponibles, también se quería aprovechar la experiencia que se podía adquirir, al hacer un desarrollo propio, bajo la técnicas de prototipado rápido y específicamente de deposición por hilo fundido [7] usadas en impresión 3D. En este sentido se elaboraron varios prototipos, el primero de ellos se construyó modificando en un *Selfie Stick* para ajustarlo al cuerpo del telescopio usando un conjunto de abrazaderas, tal como se puede apreciar en la figura 2.



Figura 2: Primer prototipo del sistema de sujeción del equipo móvil al telescopio adaptando un *Selfie Stick*.

Este prototipo, aunque permite una adecuada sujeción del teléfono móvil, hace difícil apuntar con la cámara al objetivo y no se adaptaba bien a los telescopios de mayor diámetro y aunque se usaron anillas de fijación, la longitud del *Selfie Stick* ocasiona que la sujeción no fuera tan estable y se dificulta apuntar la cámara del móvil al ocular del telescopio.

Un segundo prototipo se construyó usando un cilindro que se ajusta al ocular, pegado a una plataforma plana, tal como se puede apreciar en la figura 3. Este diseño tiene la ventaja que acopla directamente la cámara al ocular sin dejar un espacio vacío por donde se pueda colar la luz exterior, pudiendo mejorar de esta forma las imágenes capturadas, sin embargo, la plataforma plana no permitía una sujeción tan firme del dispositivo móvil, en especial cuando usamos equipos cuya cámara no está colocada de forma centrada en el cuerpo del móvil, sino en una de las esquinas del dispositivo, como ocurre en algunos equipos, como el Samsung Ace.



Figura 3: Segundo prototipo del sistema de sujeción del equipo móvil al telescopio.

Finalmente se diseñó un dispositivo que se pudiera fijar de forma radial al cuerpo del ocular, que sujetara adecuadamente el cuerpo del teléfono móvil y que permitiera la movilidad del teléfono inteligente en tres ejes, usando una serie de engranajes de forma que se facilitará el movimiento del equipo, que se pudiera ajustar para enfocar el móvil con respecto al ocular y que también se pudieran emplear diferentes oculares y móviles para mejorar la imagen a capturar. En la figura 4 se muestran una serie de imágenes del diseño elaborado y una foto del prototipo finalmente construido.

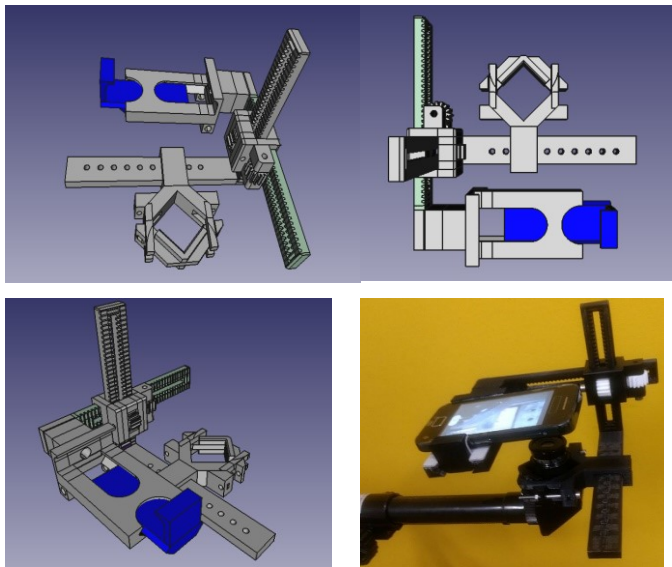


Figura 4: Imágenes en diferentes ángulos del diseño del prototipo elaborado en FreeCAD y foto del tercer prototipo construido del sistema de sujeción del teléfono inteligente al telescopio.

Este prototipo fue diseñado empleando el software de sistema CAD FreeCAD y luego fue impreso en una impresora 3D Prusa I3 modificada, de forma que el prototipo

se pudiera ajustar específicamente a los requerimientos del proyecto.

Luego de que las pruebas iniciales en un primer telescopio de dimensiones reducidas fueron exitosas, se realizaron pruebas de conexión y ajuste en un telescopio de mayores dimensiones que se usa regularmente en demostraciones de observaciones astronómicas, específicamente en un equipo LX200 Meade de 10 pulgadas, tal como se puede apreciar en la figura 5.



Figura 5: Pruebas de conexión del adaptador del móvil en un telescopio Meade de 10 pulgadas.

C. Infraestructura de software para la captura y transmisión de las imágenes del telescopio

Para la captura de las imágenes se decidió analizar las aplicaciones disponibles en el sistema Google Play para equipos Android, y así poder usar un app como parte de la solución, en este sentido luego de un proceso de búsqueda, se seleccionó la aplicación Spydroid que permite una gran versatilidad de opciones de configuración tanto para la captura de imágenes de video como para la transmisión de esta información. La aplicación Spydroid al ejecutarse sobre un teléfono inteligente Samsung S4, que posee una cámara de 13 Mega pixeles, permite la captura de video en varios niveles de resolución desde una resolución de 176x144, pasando por 320x240, 640x480, hasta llegar a 1280x720, también permite la compresión de las imágenes usando los algoritmos H.263 y H.264, modificar la tasa de tramas por segundo en el rango de los 8, 10, 15 y hasta 20 fps. Permite

también ajustar las tasas de transmisión de datos en 10 diferentes niveles que van desde los 50 hasta los 5000 kbps. En cuanto a los protocolos para la transmisión de los datos permite hacer transmisiones empleando los protocolos HTTP o RSTP para hacer el *Streaming* de la información capturada

Se verificó que la aplicación Spydroid permite la captura y transmisión de las imágenes, pero no su recepción en otro equipo, para esta labor se identificó la herramienta VLC de VideoLan, que puede conectarse como cliente para ver los videos que el equipo de captura este transmitiendo. La plataforma de VLC brinda una gran cantidad de oportunidades, primero porque es una solución de software que tiene varios años de funcionamiento, así como una importante comunidad de usuarios y desarrolladores, segundo, no tiene costo de adquisición debido al tipo de licencia libre y de código abierto que posee, tercero, porque hay versiones de VLC para un gran rango de equipos tanto para equipos de escritorio u oficina como para dispositivos móviles y teléfonos inteligentes, adicionalmente VLC permite crear una infraestructura completa para *Streaming* que puede ir desde un simple equipo como cliente, hasta el uso de un servidor para retransmitir la información en diferentes canales de *Streaming* a varios usuarios de forma simultánea.

Para la tecnología de transmisión de los datos se seleccionó usar la tecnología WiFi, porque aunque los teléfonos pueden transmitir, mediante los esquemas de datos móviles de una operadora móvil celular, el hecho de transmitir video pudiera ocasionar que el gasto asociado a la transmisión de datos sea relativamente alto debido a la cantidad de información recibida. WiFi, al usar una banda ISM no licenciada, permite la creación de una infraestructura de envío de información sin un costo de mantenimiento de la misma, empleando tasas de envío de datos bastante razonables, en especial si los equipos están físicamente cercanos entre sí, como ocurre en este sistema. En la solución de comunicación se usó, inicialmente, una red WiFi Infraestructurada tradicional, empleando la red WiFi de la Sergio Arboleda, que brinda cobertura en todo el campus de la universidad, en el caso de que se vaya a emplear esta solución en otros espacios, es posible colocar un Access Point de forma dedicada, que permita crear una BSS que brinde cobertura, tanto al teléfono inteligente que captura las imágenes, como a los equipos móviles de visualización.

En pruebas recientes se ha identificado que en algunas de las versiones más recientes del sistema operativo Android, un cambio en el API de la Cámara ha causado que el código original de la aplicación Spydroid no funcione adecuadamente en todos los casos, para esta situación se ha identificado que la aplicación RTSP Camera Server, puede suplir el rol de aplicación para la captura y transmisión de las imágenes en los dispositivos móviles, dentro de la solución diseñada en este trabajo.

D. Dispositivo de Visualización

Como dispositivo cliente, empleado para recibir la información proveniente del teléfono inteligente, seleccionamos una tableta, específicamente una tableta MID de 7", ya que la universidad posee una cantidad de estos equipos y se pudo dedicar uno de estos equipos al proyecto.

Se decidió emplear una tableta porque es pequeña y el operador del telescopio puede tanto usarla para mostrar directamente el objeto que se están observando, como también entregarla a las personas presentes para que ellos puedan ir viendo las secuencias de imágenes que el telescopio va capturando, mientras están en la fila, para usar otro de los telescopios, empleando una visualización más tradicional a través del objetivo de este segundo telescopio.

IV. PRUEBAS REALIZADAS CON EL SISTEMA

Para verificar la posible operatividad del sistema se condujeron un conjunto de pruebas de los diferentes componentes de la arquitectura. En primera instancia se probó la captura, envío y recepción de datos usando como dispositivo recolector un teléfono inteligente, se realizaron pruebas con un Samsung Ace modelo GT-S5830M empleando Android 2.3.6 y un Samsung S4 GT-9500 empleando Android 5.0.1, en estos equipos se instaló la aplicación Spydroid v8.0.2, en estas pruebas se observó que las imágenes captadas por el teléfono inteligentes podían ser recibidas tanto en una tableta, como en equipos del tipo laptop y netbook con versiones de VLC para PC con sistema operativo Windows, aunque también hay versiones para Linux. En estas pruebas se identificó un retraso o delay en la entrega de las imágenes de video que eran capturadas, el retraso se estimó en un promedio de 2 seg, este mismo delay es reportado por otros usuarios de VLC en diferentes foros en Internet, y aunque algunos de ellos comentan, que es posible reducir el delay bajando el tamaño de los buffer de video en el receptor VLC, no fue posible lograr una reducción de este delay a menos de 2 segundos en promedio. De todas formas, este delay ha sido descrito como normal y clasificado como pre-roll delay [8]. Ocurre debido al uso de una serie de buffer que se emplean para reducir el efecto del *Jitter* en la reproducción de los videos.

En cuanto a las pruebas de los elementos de fijación del teléfono inteligente al telescopio, las primeras pruebas se realizaron con el prototipo 1, que es una adaptación de *Selfi Stick*, estas pruebas mostraron que esta es una solución que no es muy estable, y la longitud del *Stick* dificulta el poder apuntar la cámara del teléfono inteligente, al ocular del telescopio. Al mirar algunos de los dispositivos comerciales que existen para fijar móviles a dispositivos ópticos, nos dimos cuenta que por lo regular eran equipos pequeños, que se podían fijar directamente al ocular del instrumento. Es por esta razón que nos enfocamos en esta característica en el prototipo 2, y aunque esta fijación en mucho más estable, las pruebas realizadas nos indicaron que también es menos flexible y no facilita la tarea de ajustar el enfoque del telescopio y de la cámara del teléfono inteligente para que se puedan tomar adecuadamente las imágenes de video. Con el fin de poder ajustar el teléfono a diferentes alturas con respecto al ocular, se diseñó en el prototipo 3 una serie de ruedas dentadas que permiten el movimiento de las piezas, pero mantienen la firmeza de la conexión entre ellas, esta fue una solución más flexible que permite variar la altura y el enfoque de la cámara sobre el ocular de telescopio, de manera más eficiente.

Debido a la ocurrencia de un eclipse parcial de sol el día 21 de Agosto del 2017, se alistaron los prototipos para hacer

una prueba, el eclipse estaba anunciado para ocurrir desde las 13:37 hasta las 15:42 con su máximo a las 14:43, ese día se realizaron una pruebas preliminares en horas de la mañana y dado que al evento se había realizado una invitación pública se empleó en esta oportunidad una computadora de tipo laptop que fue conectado a un televisor pantalla plana de gran tamaño para poder mostrar el evento a un mayor número de usuarios, pero las pruebas reales al momento del eclipse no fueron satisfactorias, al evento asistieron más de 400 personas y había unos 6 telescopios disponibles, que fueron equipados con membranas de Mylar para protegerlos de la intensa radiación solar [9] de forma que pudieran ser usados para observar el fenómeno sin mayor riesgo, lo que ocurrió, fue que aunque había unas 6 u 8 personas mirando el fenómeno por los diferentes telescopios que estaban disponibles, las otras muchas personas que no estaban observando, empleaban sus móviles, muchos de los cuales estaban conectados por la misma red de la universidad que se usaban para transmitir las imágenes de video, esto causó una importante congestión en la red que no permitió la adecuada recepción de las imágenes capturadas.

Aunque esto fue un evento muy particular por la gran cantidad de asistentes, se decidió emplear estrategias para reducir la cantidad de mensajes y la probabilidad de congestión en la red que se emplee para transmitir las imágenes. En este sentido, una estrategia que ha sido implementada ha sido eliminar el uso de un Access Point externo al sistema, de hecho actualmente el mismo teléfono inteligente es configurado en modo de *Tethering*, lo que usualmente se hace para compartir su enlace de datos móviles [10], esto hace que teléfono inteligente ejecute el rol de un Access Point y pueda entregarse a sí mismo una dirección IP, que puede ser usada para que el equipo de visualización se conecte a él. Este esquema hace que sólo deban viajar paquetes del teléfono inteligente al equipo de visualización, mientras que en una red infraestructurada con un Access Point externo, los equipos deben primero enviar los paquetes con los datos de las imágenes al Access Point para que luego éste las retransmita al dispositivo de visualización, este esquema genera el doble de paquetes de red que la opción que coloca el teléfono inteligente en modo de *Tethering*. Adicionalmente, al estar en otro Access Point, se puede crear una red separada, en un canal diferente, y así aislar la transmisión de las imágenes del tráfico que generan otros usuarios de la red WiFi en los alrededores.

V. CONCLUSIONES

Mediante la realización de este trabajo ha sido posible comprobar que es totalmente viable el desarrollo de sistemas que permitan capturar imágenes de un dispositivo óptico mediante un teléfono móvil, con el fin de enviarlas a otros equipos móviles de forma remota e inalámbrica, con el objetivo de facilitar la visualización de eventos astronómicos que se desee observar. Los métodos y procedimientos empleados en este trabajo se pueden replicar y aplicar a otros instrumentos ópticos como telescopios de mayor tamaño y microscopios de tal forma que sea posible transmitir sus imágenes a otros dispositivos para que un mayor número de personas puedan acceder a estas imágenes en tiempo real.

La plataforma software diseñada estuvo basada en el uso de herramientas y aplicaciones *Open Source* como Spydroid y VLC lo que permitió el desarrollo de una plataforma de bajo costo que puede ser empleada por diferentes instituciones u organizaciones para divulgar sus actividades de observación astronómica y científica. Incluso la herramienta VLC puede ser configurada para retransmitir un *Stream* de imágenes a una mayor cantidad de usuarios locales y remotos.

La conexión de los dispositivos de captura de imágenes a los telescopios fue una tarea laboriosa, pero gracias a las técnicas de desarrollo rápido de prototipos y al uso de herramientas CAD e impresoras 3D, fue posible elaborar prototipos que se ajustaran de una mejor forma a su función y que permitieran un mayor nivel de flexibilidad, al acoplar los dispositivos móviles de captura de imágenes a un instrumento óptico, manteniendo una conexión firme que no tuviera efectos negativos sobre la toma de las imágenes.

Fue posible comprobar que en ambientes de mucho tráfico el intercambio de información, vía la red inalámbrica, puede presentar problemas e incluso llegar a colapsar o tener retardos prolongados en la transmisión de imágenes con la calidad adecuada, sin embargo, si el volumen de tráfico no es excesivo, los equipos inalámbricos y el *Streaming* de las imágenes, pueden operar de forma razonable.

El conocimiento de la operación de los dispositivos móviles inalámbricos permitió identificar que la activación del modo *Tethering* en los teléfonos móviles logra aislar la transmisión de las imágenes, del tráfico que generan otros usuarios WiFi presentes en el mismo entorno. Lo que permite lograr una mejor calidad en la recepción de las imágenes.

REFERENCIAS

- [1] I. Morison, *The Art of Astrophotography*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2017.
- [2] S. Greengard, «Computational photography comes into focus,» *Communications of the ACM*, vol. 57, no. 2, pp. 19-21, 2014.
- [3] G. Chaple, «A smartphone lunar atlas,» *Astronomy*, vol. 45, no. 6, p. 62, 2017.
- [4] M. Meibner y H. Haertig, «Smartphone astronomy,» *The Physics Teacher*, vol. 52, no. 7, pp. 440-441, 2014.
- [5] M. J. Burin, «Some daytime activities in solar astronomy,» *The Physics Teacher*, vol. 54, no. 1, pp. 36-39, 2016.
- [6] T. Trusock, «Turning your smartphone into an astro-camera,» *Astronomy*, vol. 45, no. 3, pp. 58-61, 2017.
- [7] F. J. Sánchez Jiménez, A. Fernández de la Puente Sarriá y J. Llorente Geniz, «Técnicas de prototipado rápido,» de *XVII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2004.
- [8] J. G. Apostolopoulos, W.-t. Tan y S. J. Wee, «Video streaming: Concepts, algorithms, and systems,» HP, 2002.
- [9] F. Espenak, «NASA: Eye safety during solar eclipse,» NASA, 2018. [En línea]. Available: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/safety.html>. [Último acceso: 10 Abril 2018].
- [10] K. Sharma y P. Rani, «Power Efficient QoS and Failover Routing in Tethernet,» *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 4, no. 6, June 2016.