



uais

**PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN EN TIEMPO REAL DE DATOS Y VIDEO CON UAVs**  
**REAL-TIME TRANSMISION PLATFORM FOR DATA AND VIDEO WITH UAVs**

Claudio Guadalupe **Gino-Sosa**<sup>1</sup>; Edward Ulises **Benítez-Rendón**<sup>1</sup> y Miriam **Díaz-Rodríguez**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan. <sup>2</sup> Profesora de tiempo completo Titular A. Departamento de Investigación y Posgrados. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan.

**RESUMEN**

Actualmente se están desarrollando aplicaciones interesantes en el área de los vehículos aéreos no tripulados (UAVs), aplicaciones que tienen relevancia en el área de vigilancia e inspección. En este trabajo se desarrolló una plataforma web para vigilancia en tiempo real con capacidad de alojar información de telemetría para su posterior análisis.

**Palabras clave:** Vehículos aéreos no tripulados, telemetría, transmisión de video.

**SUMMARY**

Currently there are being developed interesting applications in the area of unmanned aerial vehicles (UAVs), applications that have relevance in the area of monitoring and inspection. This paper presents a web platform developed for real-time monitoring with the ability to host telemetry information for further analysis.

**Key words:** Unmanned Aerial Vehicle, telemetry, video transmission.

**INTRODUCCIÓN**

Los Vehículos aéreos no tripulados (UAVs por sus siglas en inglés) son herramientas tecnológicas potenciales para vigilancia e inspección, donde su función principal es recabar información de lugares de difícil acceso, remotos y donde la vida humana corra el riesgo de ser puesta en peligro.

De acuerdo con un informe de un proveedor de información de negocio independiente para la industria de defensa, el gasto mundial en 2009 en UAVs fue de 5100 millones de dólares (Ping *et al.*, 2012). Se pronostica que durante el periodo 2010-2020, el mercado de los UAVs acumulará cerca de 7100 millones de dólares (Visiongain, 2011). Por lo que se puede ver una tendencia positiva de la utilización de los UAVs en diferentes aplicaciones, gracias a la gran cantidad de información que se puede recolectar de los diferentes sensores que están a bordo.

Actualmente los UAVs son usados para la toma de videos aéreos de vigilancia de lugares remotos en áreas rurales (ej. presas, campos, granjas, etc.), para prevención de desastres naturales (ej. Incendios forestales, etc.) (Qazi, Siddiqui and Wagan, 2015). Del mismo modo, se requiere en áreas densamente urbanizadas para vigilar masas, tráfico vehicular (Chen, Dong and Oh, 2007), patrullaje (Seng *et al.*, no date), para combates de incendios (Qin *et al.*, 2016), accidentes vehiculares entre otros.

Este artículo presenta un sistema de vigilancia en tiempo real, que permite la transmisión de video por internet a una plataforma web. El objetivo es difundir información visual, de geolocalización y de sensores a bordo del vehículo a los usuarios del sistema con el fin de ayudar a mejorar la logística y toma de decisiones en situaciones de accidentes carreteros, incendios, desastres naturales, entre otras.

Actualmente existen diversas aplicaciones para emitir vídeos en tiempo real desde el celular como lo son Periscope (*Periscope*, 2016), Facebook Live (*Live / Facebook*, 2016), entre otras. Dentro del área de transmisión se encuentran los seminarios en línea, donde se tiene una conferencia con posible interacción de los usuarios, entre las herramientas que proporcionan este servicio están Hangouts On Air (*Google Hangouts – Videoconferencias para su Negocio*, 2016), Webex (*Cisco WebEx: Videoconferencias y reuniones en línea*, 2016), Anymeeting (*AnyMeeting - Video, Web Conferencing and Webinar Software*, 2016), etc.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se presentan las principales áreas en las que se enfocará la investigación, a continuación, se presentan los vehículos aéreos no tripulados, este análisis es necesario para decidir el tipo de vehículo a implementar en el caso de estudio. En (Wang, Ding and Lu, 2012) definen UAV como vehículos aéreos que no tienen piloto o que son remotamente controlados.

Estos vehículos son capaces de volar siendo soportados por el aire, o en general por la atmósfera del planeta. Por lo tanto, se pueden clasificar de acuerdo a su método de ascenso y propulsión. La clasificación se subdivide en dos grandes grupos: ala fija y ala rotatoria, donde los vehículos de ala fija presentan las ventajas de autonomía de vuelo, capacidad de carga, velocidad de desplazamiento y techo de vuelo superiores a los vehículos de ala rotatoria. Los vehículos de ala rotatoria por otro lado presentan ventajas de capacidad de vuelo en sustentación, maniobrabilidad, capacidad de despegue y aterrizaje vertical frente a los vehículos de ala fija (Arellano M., 2014). En este trabajo para nuestro caso de estudio se utilizó un vehículo de ala rotatoria de tipo multirrotores. Los multirrotores son aeronaves con más de dos rotores, donde el control de su movimiento es mediante variación de velocidad de los rotores.

Algunas aplicaciones que se pueden desarrollar con los UAVs se encuentran: Fotografía aérea, FPV (First Person View) (Pérez-Sánchez *et al.*, 2015); búsqueda y rescate (Naidoo, Stopforth and Bright, 2011); cartografía (Samad *et al.*, 2013); fumigación, inspecciones (Luque-Vega *et al.*, 2014); (líneas eléctricas, generadores eólicos, construcciones, puentes, celdas fotovoltaicas, entre otros), agricultura de precisión (Lee *et al.*, 2010); análisis con imágenes térmicas (Leira, Johansen and Fossen, 2015) y vigilancia (Jeong, Ha and Choi, 2014).

Uno de los aspectos a considerar cuando se trabaja con UAVs es la telemetría, la cual es la información relacionada con el estado del vehículo (Tristancho *et al.*, 2009). La telemetría además de proporcionar información de los sensores del vehículo para su supervisión, tiene aplicaciones en los UAVs para la detección e objetos en movimiento (Tzanidou *et al.*, 2015), visualización y análisis de datos en estaciones de control (Mykhatsky, Kuzmenko and Savchenko, 2013), entre otros.

El enfoque de utilizar los datos de telemetría es para brindar información periódica que puede consultarse a lo largo de la visualización del video. Los datos de GPS que se almacenan son: Estado del GPS, número de satélites, latitud, longitud, altura relativa y altura. Estas variables permitirán geolocalizar en caso de ser requerido algún evento relevante para los usuarios de la plataforma web. Por otro lado, las variables del estado del vehículo que son: roll, pitch y yaw que son almacenados con el fin de proporcionar información de la orientación espacial del vehículo en cualquier instante del video.

WebRTC (*WebRTC Home / WebRTC*, 2016) es una plataforma abierta para la web que permite comunicaciones en tiempo real en el navegador. Incluye los bloques de construcción fundamentales para

las comunicaciones de alta calidad en la web, tales como componentes de la red, de audio y de video. Estos componentes, cuando se implementan en un navegador, se puede acceder a través de una API de JavaScript (*JavaScript.com*, 2016). En este trabajo se utiliza esta herramienta para la implementación de nuestra propuesta. Se utilizó WebRTC porque permite la comunicación con el navegador como una solución completa, libre y de alta calidad. Los códec soportados con WebRTC son G.711, G.722, iLBC, e iSAC para audio, y VP8 para vídeo.

Socket.io es una librería en JavaScript para Node.js que permite una comunicación bidireccional en tiempo real entre cliente y servidor. Para ello se basa principalmente en WebSocket el cual permite a las aplicaciones web mantener una comunicación bidireccional con procesos en el lado del servidor.

Es importante resaltar que las aplicaciones hechas en Socket.io tienen una desventaja y es que no soportan interacciones con otros clientes que usen WebSocket estándar. Esto se debe a que Socket.io no es una implementación del protocolo WebSocket sino una librería de comunicación web en tiempo real que utiliza varios protocolos. Sin embargo, para su implementación se debe considerar la limitante de que cliente y el servidor usen la misma librería.

Combinando las herramientas de programación actual se presenta una plataforma que permite transmitir video en vivo utilizando HTML5 y WebRTC, con lo cual se tiene acceso a la cámara y el micrófono de la computadora para el navegador a través de sus librerías. En la *Figura 1* se muestra de manera general la estructura de la arquitectura del sistema.

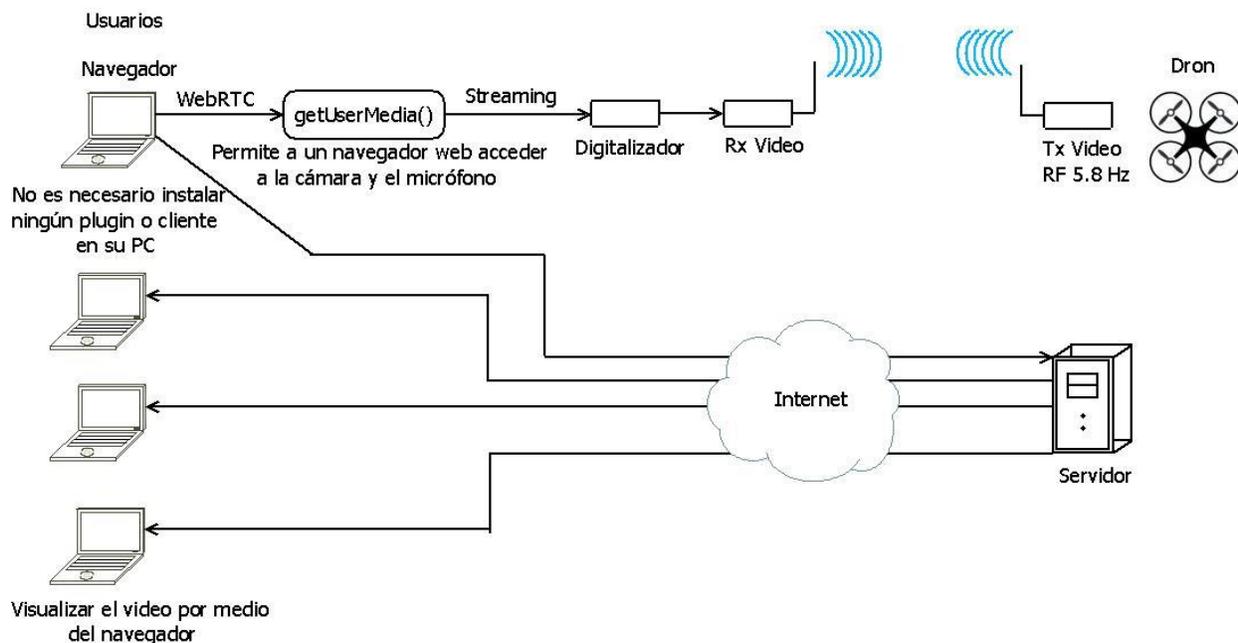


Figura 1. Diagrama general del sistema.

### Proceso para la transmisión en tiempo real

El proceso para la transmisión del video en tiempo real se resume en los siguientes puntos:

1. Se accede al digitalizador o cámara y se envía la información de la cámara a una etiqueta de video.
2. Se dibuja cada cuadro del video dentro del Canvas.

3. Se obtiene la información de Canvas en una imagen.
4. Las imágenes se envían a un servidor con Node.js
5. En el servidor server se manda la imagen a los web sockets conectados.
6. Los sockets colocan la imagen en el atributo src de una imagen.

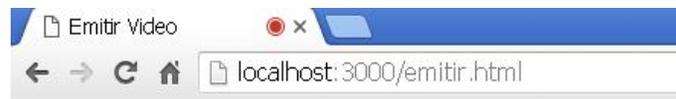
### Funcionamiento del sistema

Se presenta el funcionamiento del software en una laptop, que tiene conectado el digitalizador, esta realiza la transmisión de video a la plataforma en tiempo real. Para mejor entendimiento del funcionamiento se divide el sistema en los siguientes módulos: emisor y visualizador

#### Emisor

La transmisión del video comienza desde que ejecuta la aplicación, ya que inicia un servidor y escucha conexiones.

El navegador solicita permiso al usuario para utilizar un dispositivo multimedia como una cámara, el digitalizador y un micrófono, éste último no se considera en este trabajo. Al usar la opción del digitalizar, el video se visualiza en pantalla como se muestra en la *Figura 2*.

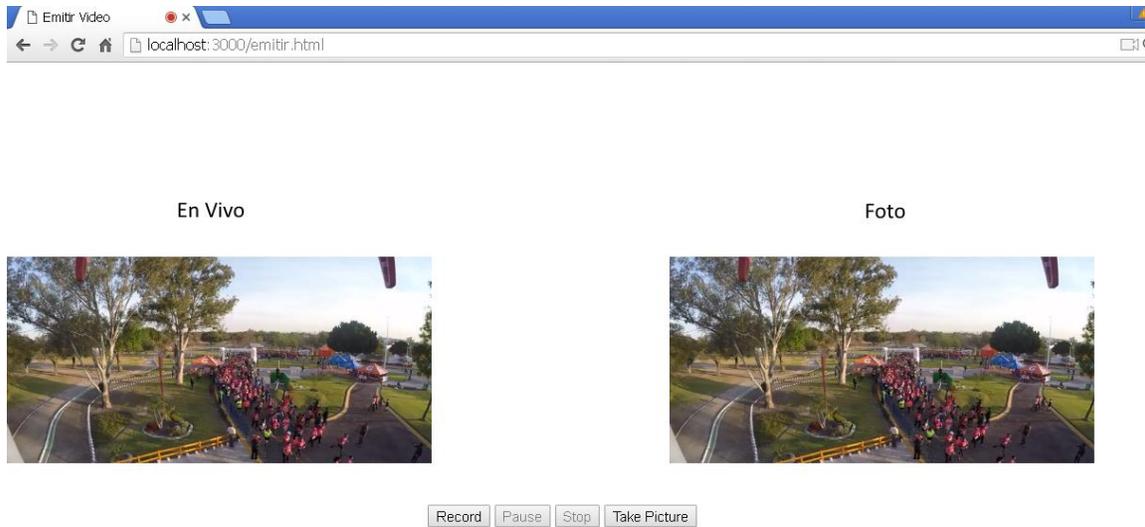


### En Vivo



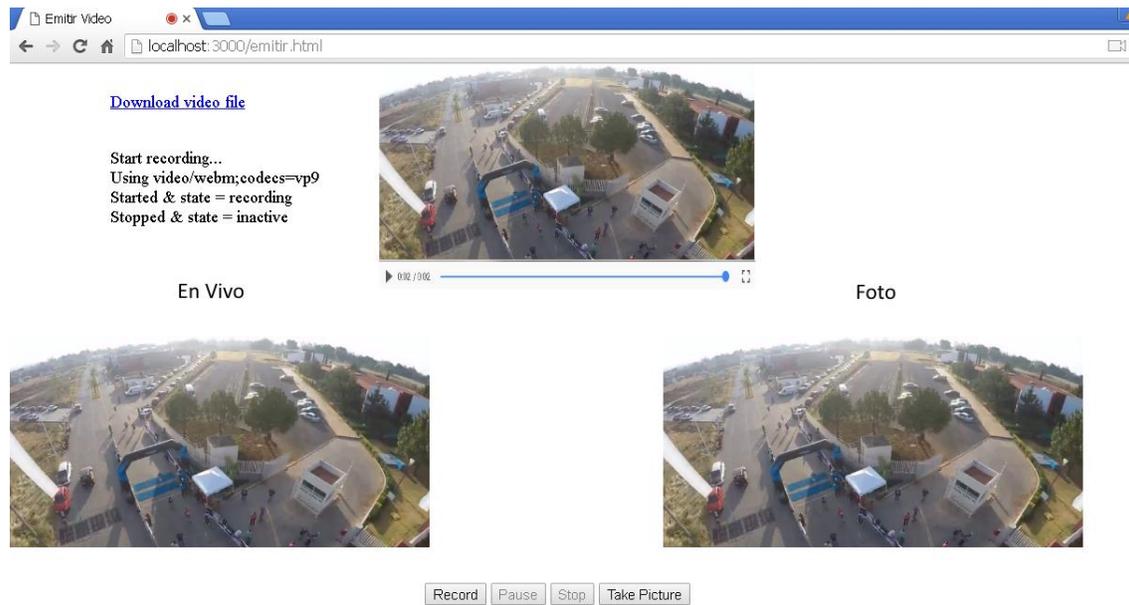
**Figura 2.** Emisor de video abordo del hexacóptero.

La *Figura 3* muestra la interfaz con el video en vivo junto a unos controles que poseen las opciones para guardar el video y tomar fotografías de la reproducción en vivo.



**Figura 3.** Interfaz del emisor de video.

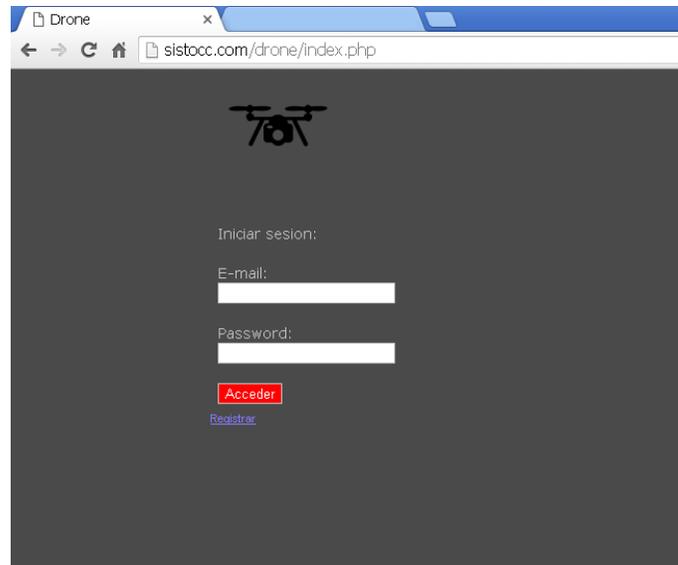
Las fotografías también se pueden guardar y son utilizadas como fotos miniaturas del video en el portal web. A partir de los controles se puede dar inicio a una grabación de video con la opción de que se puede detener en cualquier momento y descargar el archivo con el video en formato .webm. (Figura 4).



**Figura 4.** Almacenamiento de segmentos del video.

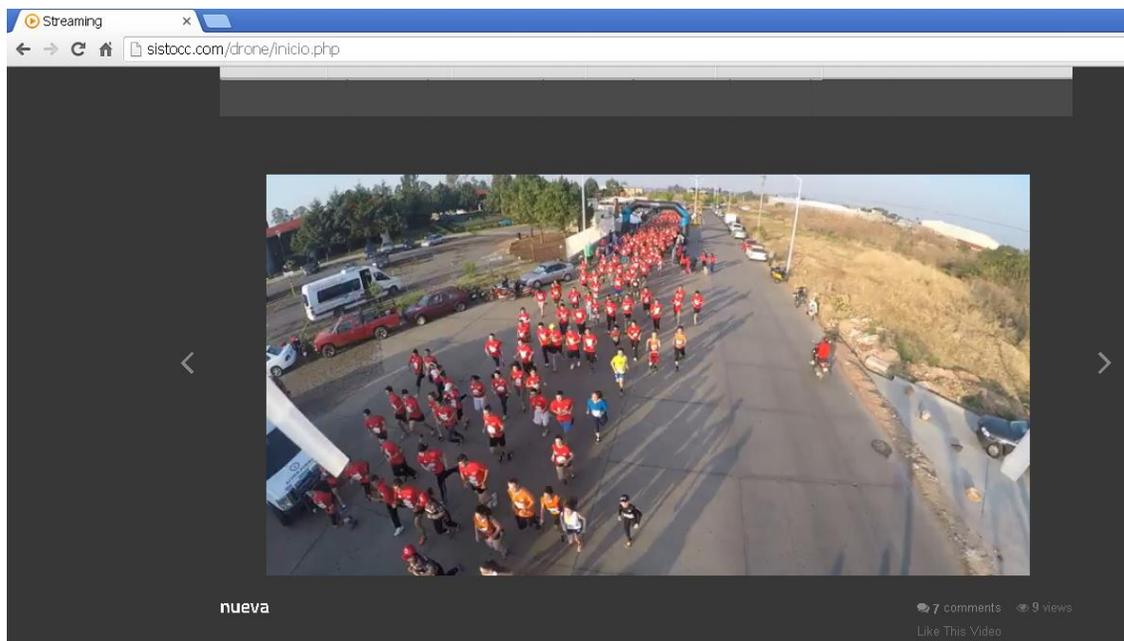
### Visualizador

La interfaz para visualizar el video en tiempo real, está alojada en un servidor donde se crean usuarios para el acceso a la plataforma (Figura 5).



**Figura 5.** Pantalla para registro de usuario.

Dentro del portal, se pueden observar si existen videos en vivo para visualizar. (Figura 6).



**Figura 6.** Visualizador en vivo.

En esta interfaz también se muestra un título, número de comentarios, número de reproducción y reacciones que tenga el video. Los comentarios son actualizados mientras sigue el video esta en vivo, esto se puede observar en la Figura 7.

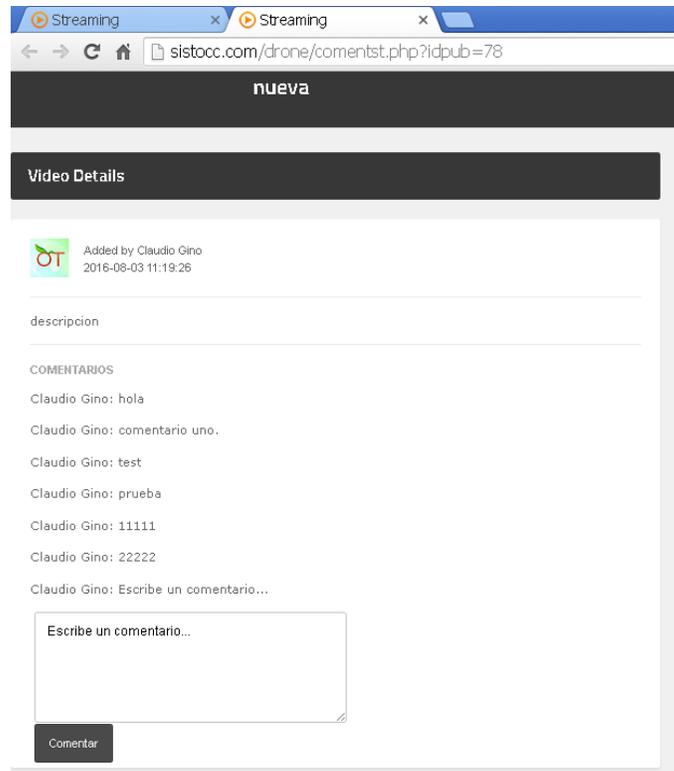


Figura 7. Pantalla para comentar el video.

Abajo del video para reproducir se puede acceder a los videos recomendados que se encuentran en el historial de videos, *Figura 8*.

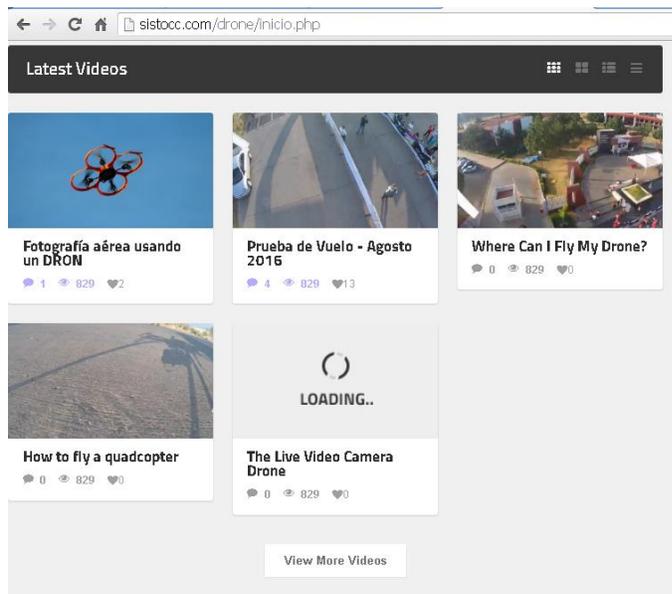


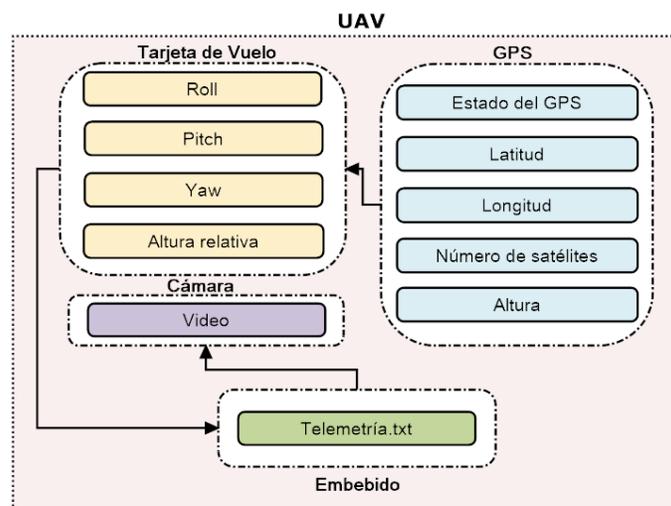
Figura 8. Publicaciones almacenadas.

En las publicaciones almacenadas en el portal también se puede añadir, leer comentarios y controlar la reproducción del video. Desde la cuenta de administrador del portal se pueden controlar los títulos, descripción e imagen de cada publicación, *Figura 9*.



**Figura 9.** Interfaz de administrador.

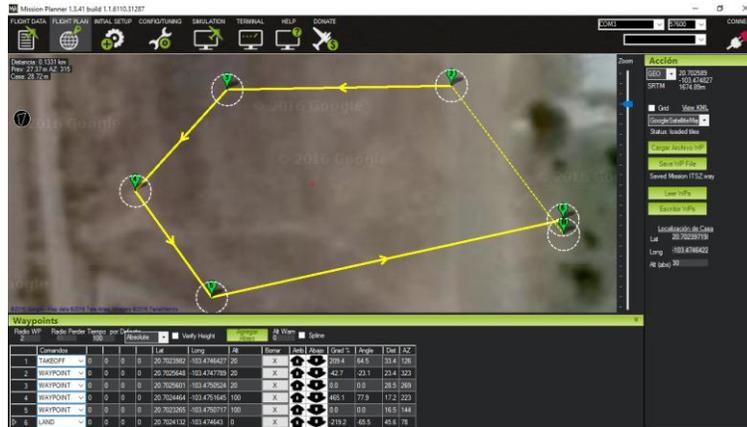
El sistema fue probado con un hexacóptero de dimensiones de 55 cm en diagonal de motor a motor, un peso de 2.3 Kg y un tiempo de vuelo aproximado de 12 min. A bordo del UAV se colocó un embebido que se encargó de solicitar información de la tarjeta de vuelo y el GPS, tal y como se muestra en la *Figura 10*. El embebido utilizado fue una Raspberry Pi 2, que tiene la función de juntar los datos y almacenarlos en un archivo con extensión txt, con una periodicidad de un segundo, una vez que el vuelo ha iniciado. Otra funcionalidad agregada al embebido fue la del control de grabación del video, la cual está configurada para que el embebido inicie la grabación en la cámara cuando el UAV despegue y finalice cuando aterrice. Para la adquisición de video se utilizó la cámara GoPro HERO4 Black, la cual fue montada en un estabilizador para minimizar el efecto de las vibraciones de los motores en el video.



**Figura 10.** Diagrama a bloques del sistema.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas realizadas en las instalaciones del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan, consistieron en una ruta de vuelo programada al UAV para que el vehículo realizará el vuelo de manera autónoma. En la *Figura 11* se muestra un ejemplo de una ruta de vuelo.



**Figura 11.** Ruta de vuelo programada al UAV.

En las pruebas se logró obtener la transmisión de video con una resolución de 640x480 píxeles como se muestra en la *Figura 12*.



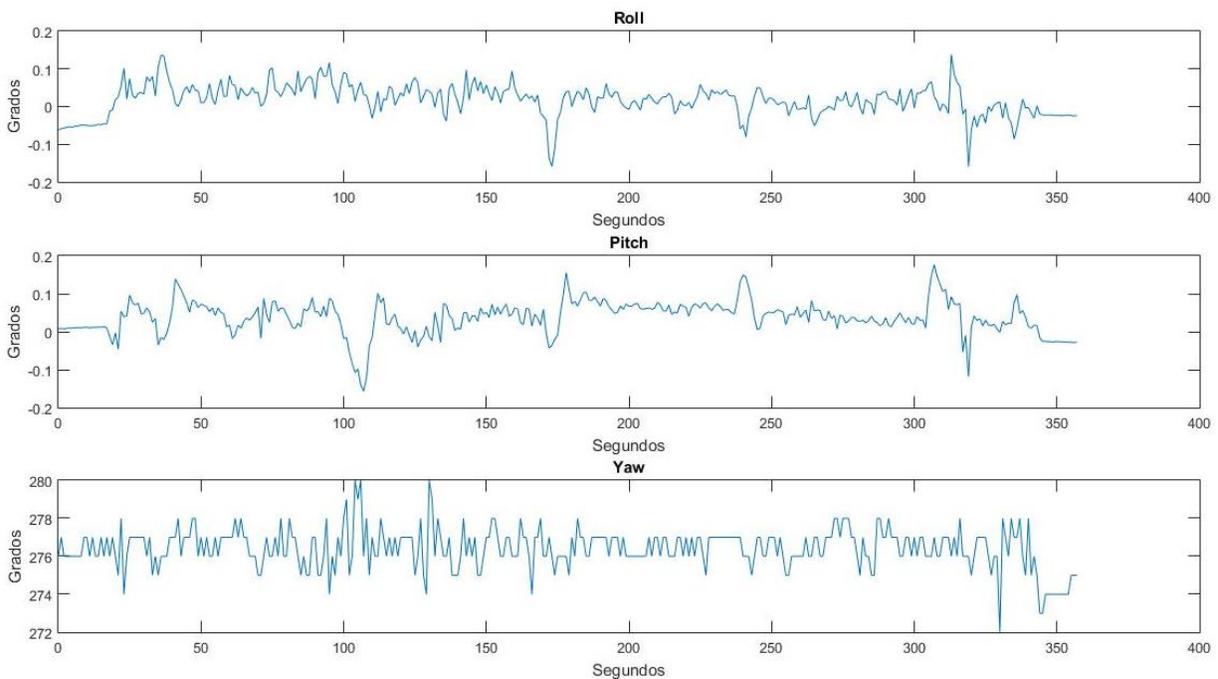
**Figura 12.** Resolución del video en tiempo real de 640x480 píxeles.

Durante la transmisión del video existieron problemas de recepción de la señal de video que ocurrían cuando el receptor de video comenzaba a perder línea de vista hacia al drone, esto afectó la calidad del video transmitido como se muestra en la *Figura 13*.



**Figura 13.** Calidad de video afectada al perder línea de vista con el transmisor de video.

Otro inconveniente que se observó fue el retraso del video que se obtenía al transmitirse por internet, retraso que iba desde 1 a 2 segundos. Los datos de telemetría se almacenaron exitosamente en todos los vuelos realizados, donde el requerimiento fue iniciar a guardar los datos cuando despegara el vehículo y terminar cuando el vehículo hubiera aterrizado. En la *Figura 14* se muestran gráficas de roll, pitch y yaw correspondiente a un vuelo.



**Figura 14.** Gráficas de roll, pitch y yaw de un vuelo almacenado.

## CONCLUSIONES

Es evidente que entre mayor es la cantidad de información que se proporcione sobre un evento, mayor facilidad habrá para la toma de acciones en situaciones de emergencia. La plataforma permite proporcionar información visual, geolocalización y datos del estado del vehículo, información útil para cualquier situación de emergencia. Como primer acercamiento con esta plataforma, se logró una herramienta de código libre que puede ser utilizada por los bomberos, protección civil, seguridad pública y otros, donde la información visual juegue un papel importante para la solución de alguna problemática. Otra meta alcanzada fue la accesibilidad lograda al realizar que la plataforma sea compatible con cualquier tipo de UAV, desde ala fija a ala rotatoria, ventaja que permite que la plataforma pueda abarcar desde cortas a largas distancias y en zonas de difícil acceso. Como trabajo a futuro se pretende desarrollar los algoritmos para detección de objetos en vuelo, enfocándolo como primera etapa a identificación de vehículos.

## LITERATURA CITADA

- AnyMeeting - Video, Web Conferencing and Webinar Software* (2016). Available at: <http://www.anymeeting.com/en/> (Accessed: 2 February 2016).
- Arellano M., C. A. (2014). *Navegación 3D de un sistema de vuelo autónomo de tipo quadrotor*. CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara.
- Chen, Y. M., Dong, L. and Oh, J. S. (2007). 'Real-time video relay for UAV traffic surveillance systems through available communication networks', *IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC*, pp. 2610–2614. doi: 10.1109/WCNC.2007.485.
- Cisco WebEx: Videoconferencias y reuniones en línea* (2016). Available at: <https://www.webex.com.mx/> (Accessed: 2 February 2016).
- Google Hangouts - Videoconferencias para su Negocio* (2016). Available at: [https://apps.google.com/intx/es-419\\_mx/products/hangouts/?utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google&utm\\_campaign=latam-mx-es-hangouts-bkws-all-trial-e-sc&utm\\_term=hangouts&KWID=%5B\\*TrackerID\\*%5D](https://apps.google.com/intx/es-419_mx/products/hangouts/?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=latam-mx-es-hangouts-bkws-all-trial-e-sc&utm_term=hangouts&KWID=%5B*TrackerID*%5D) (Accessed: 2 February 2016).
- JavaScript.com* (2016). Available at: <https://www.javascript.com/> (Accessed: 10 February 2016).
- Jeong, B. M., Ha, J. S. and Choi, H. L. (2014). 'MDP-based mission planning for multi-UAV persistent surveillance', in *International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 831–834. doi: 10.1109/ICCAS.2014.6987894.
- Lee, W. S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D. and Li, C. (2010) 'Sensing technologies for precision specialty crop production', *Computers and Electronics in Agriculture*, 74(1), pp. 2–33. doi: 10.1016/j.compag.2010.08.005.
- Leira, F. S., Johansen, T. A. and Fossen, T. I. (2015) 'Automatic detection, classification and tracking of objects in the ocean surface from UAVs using a thermal camera', in *IEEE Aerospace Conference Proceedings*. doi: 10.1109/AERO.2015.7119238.
- Live | Facebook* (2016). Available at: <https://live.fb.com/> (Accessed: 10 February 2016).
- Luque-Vega, L. F., Castillo-Toledo, B., Loukianov, A. and Gonzalez-Jimenez, L. E. (2014) 'Power line inspection via an unmanned aerial system based on the quadrotor helicopter', in *Proceedings of the Mediterranean Electrotechnical Conference - MELECON*, pp. 393–397. doi: 10.1109/MELCON.2014.6820566.
- Mykhatsky, O. Y., Kuzmenko, N. S. and Savchenko, O. V. (2013) 'Experimental UAV flight data structuring,

- transmission and visualization by narrowband telemetry transmission', in *2013 IEEE 2nd International Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments, APUAVD 2013 - Proceedings*, pp. 118–121. doi: 10.1109/APUAVD.2013.6705301.
- Naidoo, Y., Stopforth, R. and Bright, G. (2011) 'Development of an UAV for search & rescue applications: Mechatronic integration for a quadrotor helicopter', in *IEEE AFRICON Conference*. doi: 10.1109/AFRCON.2011.6072032.
- Pérez-Sánchez, H. A., Benítez-Rendón, E. U., Castillo-Toledo, B., Loukianov, A. G., Luque-Vega, L. F. and Saad, M. (2015) 'Cockpit design for first person view flight for a remotely operated quadrotor helicopter', *Computacion y Sistemas*, 19(3), pp. 501–511. doi: 10.13053/CyS-19-3-2014.
- Periscope* (2016). Available at: <https://www.periscope.tv> (Accessed: 2 February 2016).
- Ping, J. T. K., Dat, C. Y., Quan, T. J. and Ling, A. E. (2012) 'Design of a easy to fly, low-cost generic unmanned aerial vehicle (UAV) for civilian aerial-imaging application', *2012 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology, STUDENT 2012 - Conference Booklet*, (October), pp. 283–288. doi: 10.1109/STUDENT.2012.6408420.
- Qazi, S., Siddiqui, A. S. and Wagan, A. I. (2015) 'UAV based real time video surveillance over 4G LTE', *ICOSST 2015 - 2015 International Conference on Open Source Systems and Technologies, Proceedings*, pp. 141–145. doi: 10.1109/ICOSST.2015.7396417.
- Qin, H., Cui, J. Q., Li, J., Bi, Y., Lan, M., Shan, M., Liu, W., Wang, K., Lin, F., Zhang, Y. F. and Chen, B. M. (2016) 'Design and implementation of an unmanned aerial vehicle for autonomous firefighting missions', in *IEEE International Conference on Control and Automation, ICCA*, pp. 62–67. doi: 10.1109/ICCA.2016.7505253.
- Samad, A. M., Kamarulzaman, N., Hamdani, M. A., Mastor, T. A. and Hashim, K. A. (2013) 'The potential of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for civilian and mapping application', *2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology*, pp. 313–318. doi: 10.1109/ICSEngT.2013.6650191.
- Seng, L. K., Ovinis, M., Nagarajan, T., Seulin, R. and Morel, O. (no date) 'Autonomous Patrol and Surveillance System using Unmanned Aerial Vehicles'.
- Tristancho, J., Barrado, C., Mansilla, S. P. and Pastor, E. (2009) 'A telemetry modeling for intelligent UAV monitoring', in *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings*. doi: 10.1109/DASC.2009.5347421.
- Tzanidou, G., Climent-Pérez, P., Hummel, G., Schmitt, M., Stütz, P., Monekosso, D. N. and Remagnino, P. (2015) 'Telemetry assisted frame registration and background subtraction in low-altitude UAV videos', in *AVSS 2015 - 12th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*. doi: 10.1109/AVSS.2015.7301779.
- Visiongain (2011) *The Unmanned Aerial Vehicle ( UAV ) Market 2011- 2021 : Technologies for ISR and Counter-Insurgency*.
- Wang, J., Ding, W. and Lu, A. (2012) 'Design of UAV ground auxiliary warning system based on data mining', in *Proceedings of IEEE 2012 Prognostics and System Health Management Conference, PHM-2012*. doi: 10.1109/PHM.2012.6228828.
- WebRTC Home | WebRTC* (2016). Available at: <https://webrtc.org/> (Accessed: 10 February 2016).

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de Zapopan por haber brindado el equipo y las instalaciones para realizar el artículo.

## SÍNTESIS CURRICULAR

### **Claudio Guadalupe Gino Sosa**

Estudiante de la maestría en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan. Actualmente trabaja en Fanosa, una empresa de manufactura como Jefe de Sistemas. Sus intereses incluyen desarrollo de aplicaciones en sistema embebidos. Correo electrónico: claudio.gino@itszapopan.edu.mx.

### **Edward Ulises Benítez Rendón**

Recibido de ingeniero Electrónico en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Actualmente trabaja en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Guadalajara, México, como ingeniero de desarrollo en proyectos de investigación relacionados sistemas aéreos no tripulados con vehículos autónomos. Sus intereses incluyen desarrollo de aplicaciones y control de navegación para UAVs. Correo electrónico: edward.benitez.msc@itszapopan.edu.mx.

### **Miriam Díaz Rodríguez**

Ingeniera en computación por el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) en 2007, obtuvo su grado de maestra en Ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Unidad Guadalajara en 2010, donde realiza actualmente su doctorado. Es profesora titular en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, entre sus áreas de interés se encuentran sistemas de eventos discretos y teoría computacional. Correo electrónico: mdiaz@itszapopan.edu.mx