

Tipo de artículo: Artículo de revisión

Revisión de estudios sobre sistemas FANET y drones para emergencias o desastres naturales

Review of studies on FANET systems and drones for emergencies or natural disasters

Felipe Alejandro León Mateo^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-1195-0891>

Marely del Rosario Cruz Felipe²  <https://orcid.org/0000-0003-1937-1568>

Elba Tatiana Zambrano Solorzano³  <https://orcid.org/0000-0002-3303-4392>

¹ Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí. felipe.leon@utm.edu.ec

² Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. marely.cruz@utm.edu.ec

³ Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. tatiana.zambrano@utm.edu.ec

* Felipe Alejandro León Mateo: felipe.leon@utm.edu.ec

Resumen

Los eventos naturales son fenómenos que llegan sin previo aviso trayendo grandes afectaciones a las civilizaciones a nivel mundial. En los últimos años se ha considerado como tema de investigación por los avances y desarrollos tecnológicos que proporcionan nuevas y mejores herramientas para afrontar estos problemas. Debido al aumento de los desastres naturales ha crecido la necesidad de contar con sistemas que permitan minimizar sus efectos. El presente trabajo investigativo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica de estudios relacionados a los sistemas o implementaciones de FANET y drones, para valorar las distintas tecnologías, protocolos y dispositivos empleados. Los resultados obtenidos permiten concluir que las redes móviles voladoras siguen siendo temática de estudio a eso se debe que los trabajos revisados se presentan como propuestas de investigación sin llegar en su mayoría a ser implementados. En las redes FANET una característica muy estudiada es el análisis de protocolos de enrutamiento debido a su contribución en el rendimiento de la red. En ese aspecto se logró concluir que los protocolos que mayormente se analizan en los simuladores de red son AODV, DSR, DSDV y OLSR, por la relación de que son los que presentan un mejor rendimiento. En cuanto a los trabajos implementados se identificaron como pequeños prototipos o soluciones que propusieron en montar sobre los drones dispositivos computacionales generalmente Raspberry Pi en combinación con módulos Wifi para establecer comunicación inalámbrica entre los nodos o drones.

Palabras clave: Drones; FANET; Emergencias; Ad-hoc.

Abstract

Natural events are phenomena that arrive without prior notice, bringing great damage to civilizations worldwide. In recent years, it has been considered as a research topic due to technological advances and developments that provide new and better tools to deal with these problems. Due to the increase in natural disasters, the need to have systems that allow minimizing their effects has grown. The objective of this research work is to carry out a bibliographic review of studies related to the systems or implementations of FANET and drones, to assess the different technologies, protocols and devices used. The results obtained allow us to conclude that flying mobile networks continue to be the subject of study, which is why the reviewed works are presented as research proposals without being implemented for the most part. In FANET networks, a well-studied feature is the analysis of routing protocols due to its contribution to network performance. In this aspect, it was possible to conclude that the protocols that are mostly analyzed in network simulators are AODV, DSR, DSDV and OLSR, due to the fact that they are the ones with the best performance. As for the implemented works, they were identified as small prototypes or solutions that proposed



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

mounting computing devices on the drones, generally Raspberry Pi in combination with Wi-Fi modules to establish wireless communication between the nodes or drones.

Keywords: Drones; FANET; Emergency; Ad-hoc.

Recibido: 05/01/2022

Aceptado: 30/03/2022

Introducción

El ser humano desde el comienzo de su historia ha tenido que vivir y desafiar un sinnúmero de situaciones y catástrofes naturales que han producido diversos grados de severidad. Hoy en día las grandes civilizaciones y el notable incremento poblacional, pueden ser pieza clave para eventos desafortunados y siniestros. Por lo tanto, la acción que se proceda a efectuar ante los desastres naturales es de vital importancia. Como es de conocimiento las manifestaciones naturales son eventos no controlados que pueden ocurrir de imprevisto produciendo así grandes afectaciones, entre estos fenómenos se pueden nombrar los desbordamientos, terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, entre otros. Es por esto que conservar un medio de comunicación en caso de una emergencia o desastre no solo es necesario para las personas, sino que también es un instrumento decisivo que tiene un gran valor y puede llegar a considerarse como el medio más apropiado e importante, siendo útil para el personal de búsqueda e instituciones de socorro pueden examinar, valorar los daños y riesgos en primera instancia, para posteriormente hacer una estimación aproximada de los desperfectos y damnificados, dirigiendo y gestionando las acciones de respuestas más convenientes posibles.

Las tecnologías actuales como FANET (Flying Ad-Hoc Network) están ofreciendo diversas alternativas en el desarrollo de nuevos sistemas con calidad progresista de gran eficacia y calidad. De esta misma forma, la aplicación de vehículos no tripulados (UAV) en combinado con el rápido crecimiento del Internet de las Cosas (IoT) está siendo adoptado con creciente impacto en nuevas áreas como agricultura, vigilancia territorial, servicios de comunicación, asistencia médica de emergencia, búsqueda y rescate en diversas situaciones que se pueden presentar ante desastres y catástrofes naturales.

Es así como en investigaciones de (Mukhopadhyay & Ganguly, 2020) proponen una arquitectura de nodos VANET y MANET para el envío oportuno de signos vitales de los pacientes a través de Wifi. (Xu et al., 2019) diseña una estrategia ligera de UAV basada en reconocimiento de imágenes para la gestión de desastres. Por otro lado (Panda et al., 2019) diseña una red de emergencia para proporcionar Wifi en conjunto con una aplicación para Android. Un sistema para detección y ubicación de personas en situaciones de desastres es propuesto por (Tariq et al., 2018). La



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

propuesta de (Ramírez, 2017) para establecer comunicación entre dos puntos con el uso de drones en una red FANET se presenta como una alternativa viable para establecer la comunicación.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica de los estudios realizados sobre sistemas que empleen la tecnología FANET y los drones para operaciones o situaciones de emergentes como las ocasionadas por los fenómenos naturales o aplicaciones similares a la temática de interés, a fin de lograr obtener una perspectiva más acertada de las principales tecnologías, protocolos, dispositivos y procedimiento empleados.

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo documental, donde se empleó una revisión bibliográfica a los trabajos referentes a la temática de FANET y drones que se han empleado en sistemas de emergencias o aplicaciones similares. Se realizaron búsquedas de artículos científicos, publicaciones de revista, conferencias internacionales y tesis de posgrado obtenidas principalmente de bases bibliográficas de la IEEE Xplorer, Science Direct, Google académico y repositorios institucionales. En un periodo de búsqueda de publicaciones desde el año 2014 hasta la actualidad.

Las cadenas de búsqueda empleadas en esta investigación para encontrar de manera resumida los trabajos son las siguientes: "Drones and Emergency and FANET", "Drones and Ad-hoc and FANET", "Drones and Emergency and Ah-hoc". Con lo cual se logró reducir de manera muy precisa la cantidad de trabajos para la posterior revisión y análisis de la información de los sistemas para la valoración de los procesos, equipos o tecnologías entre las más adecuada e idónea en la implementación de los sistemas de emergencia mediante el uso de drones y FANET.

Posteriormente se clasificaron los trabajos de acuerdo con el enfoque de las investigaciones, obteniendo la siguiente clasificación:

- Investigaciones y propuestas de sistemas de emergencia de drones y FANET
- Implementación de sistemas o aplicaciones de FANET y drones
- Estudios de simulaciones con protocolos de enrutamiento en FANET

Así mismo, se realizó un análisis descriptivo de los estudios encontrados en cada criterio de clasificación considerado.



Resultados y discusión

Una vez realizada la búsqueda exhaustiva se obtuvo 32 estudios que fueron realizados desde el año 2014 hasta actualidad. Los estudios presentados a continuación son el resultado de la ejecución de los procedimientos declarados en esta investigación.

En la Figura 1 se presentan el número de estudios encontrados desde el año 2014 hasta el 2021.

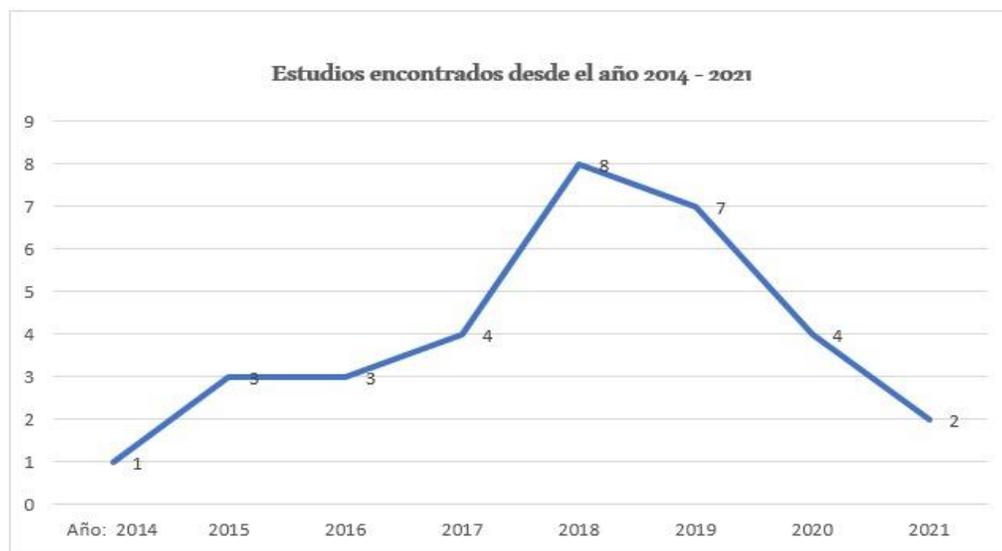


Figura 1. Numero de estudios encontrados desde el año 2014 hasta el 2021.

Se observa que desde el año 2014 se obtuvo un crecimiento de trabajo hasta el 2018, siendo este el año de mayor cantidad de trabajos encontrados, posteriormente existe un decrecimiento hasta el año 2021.

A continuación, en la Figura 2 se presenta la cantidad de estudios que se encontraron de acuerdo con la clasificación mencionada en la sección de materiales y métodos.



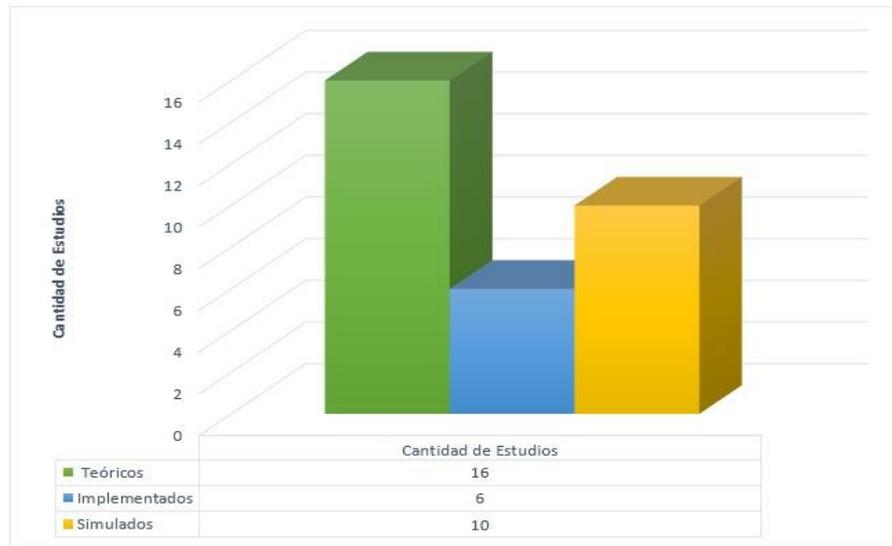


Figura 2. Comparación de los estudios teóricos, simulados e implementados.

Se puede apreciar que la temática con mayor cantidad de trabajos encontrados son los de tipo teórico o investigaciones de propuestas. Teniendo en menor cantidad los trabajos con implementaciones.

- **Investigaciones y propuestas de sistemas de emergencia de drones y FANET**

Los trabajos en este criterio se enfocaron en realizar investigaciones y propuestas de sistemas con FANET y drones, enmarcadas a la asistencia de emergencias mediante las telecomunicaciones o temáticas similares en torno a las emergencias o desastre naturales, los cuales se describirán a continuación.

La estructura de la red ‘UbiQNet’ desarrollada por (Ganesh et al., 2021), consiste en el empleo de una aplicación móvil que con la ayuda de los UAV o drones plantea un técnica para operaciones de auxilio es distintas zonas en las que se haya efectuado la catástrofe natural, así lograr que las personas afectadas puedan tener una rápida comunicación con el personal de rescate, esto gracias a que los nodos de los drones crean una red de malla que agilizará en proceso de socorro.

(Mukhopadhyay & Ganguly, 2020) plantean una arquitectura híbrida que tiene como propósito perfeccionar la divulgación y la productividad de la transmisión de datos cuando el espacio entre los nodos VANET (Ambulancia) y MANET (Hospital) es extensa y no pueden movilizarse debido al tráfico o por obstáculos, y de esta manera lograr que



por medio del Wi-Fi del móvil del personal médico obtenga los signos vitales del paciente. Este proyecto tiene resultados muy satisfactorios y de gran utilidad para prevenir la pérdida de datos además de que es una gran opción para eventos en tiempo real, el análisis de la arquitectura híbrida da como efecto una distancia de 3 y 4 km entre los nodos en el modelo de movilidad de velocidad constante y OLSR en simulaciones en NS3.

La proyección de (Xu et al., 2019) en crear un método ligero de UAV fundada en una visión aérea por medio de una excelente navegación autónoma en la que permita el reconocimiento de imágenes para el apoyo y la acción oportuna ante los desastres. Logra obtener un diseño que cuenta con una capacidad de registro de imágenes el cual lo conforma un sistema de UAV que se divide en tres módulos que son el procesamiento, de red neuronal (MobileNET) como una estructura de red en el modelo de entrenamiento de control y reconocimiento. El estudio de viabilidad se efectuó por medio de simulaciones de modelos en miniatura 1/150. Sin embargo, cuenta aún con algunos desperfectos en cuanto a la precisión de la navegación y la deficiencia de verificación por medio de la implementación puesto que al encontrarse en la etapa de experimentación deben considerarse mayores aspectos y algunos detalles técnicos.

En la investigación de (Panda et al., 2019) desarrolla una red para casos de emergencia en la que se emplean drones con una gran visión a obtener una gestión post-desastre. Tiene como función principal la búsqueda y asistencia de vigilancia de la zona afectada, por medio de un modelo de red basada en Wi-Fi. Se utilizó la placa Raspberry PI3 B + para su ejecución, que por su adaptación a los drones obtiene una red Wi-Fi en casos de emergencia, para los celulares se diseñó una aplicación Android que en conjunto con la red antes mencionada logrará una cobertura más amplia del Wi-Fi, de la misma manera en combinación con el algoritmo que establece una reconexión automática de la red. Además, este proyecto investigativo propone un portal cautivo que se destinaría a la guía de los sobrevivientes en encontrar refugio llevándolos a ubicaciones en los que conseguirán campamentos de ayuda y alertar con medidas de seguridad.

(Tariq et al., 2018) expone un sistema que puede ser apto en la detección de personas humanas en estados catastróficos, logrando identificar la ubicación exacta y de emitir un llamado al personal de rescate y los datos por adelantado para acciones e investigaciones complementarias. La integración del dron en el sistema DronAID consiste en un microcontrolador ATmega2560, módulo de Wi-fi, sensor PIR, cámara OV7670 y módulos de recolección de datos. De esta forma se obtendrá un sistema adecuado para los equipos de socorro ante adversidades que pasan las personas atrapadas en escombros y derrumbes provocador por terremotos.



(Mase & Okada, 2015) proponen una comunicación de mensajería directa a los nodos de un refugio que se encuentre en la zona afectada por un desastre natural, esto gracias a una arquitectura distribuida y expandible, que se encuentra dividida en más subzonas y le son asignado un vehículo eléctrico (EV) y un vehículo aéreo no tripulado (UAV) que actuaran en conjunto para obtener mejores resultados. El EV está compuesto por un computador que efectúe el pilotaje independiente del UAV así mismo será el puerto para el aterrizaje y despegue y será el encargado de cargar la batería. Se observa que el método y principio general de la creación de subzonas para las diferentes áreas afectadas es una buena alternativa, el resultado de esta arquitectura arroja que los datos de mensajería se recibirían por medio de enlaces inalámbricos entre cada nodo y el UAV que planea por la subzona, y que pueda ser retransmitidos por varios UAV hacia y desde la terminal central de la zona o área afectada. Se concluye que esta propuesta puede llegar a ser una gran alternativa en casos de emergencia ante catástrofes naturales.

(Vallejo Barragán & Reañez, 2018) busca encontrar nuevas tácticas por medio de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones ‘CNT EP’ para reedificar los servicios de telecomunicaciones que se ven afectados por incidentes o desastres naturales. Su sistema consiste en incrementar la disposición de herramientas transmisoras para las diferentes terminales de la CNT en situaciones de catástrofes para ayudar en el tráfico de llamadas y así prevenir la saturación u obstrucción de la red, y así establecer un cuidado de forma constante a la infraestructura para mejorar las condiciones y establecimiento de los diferentes enlaces.

(Duverneuil, 2016) efectúa un análisis de nuevas aplicaciones y practicas más convenientes ante los posibles llamados de emergencia por medio de los UAV. Los dispositivos de alta resolución y software de seguimiento tuvieron como objetivo estudiar el impacto del terremoto de abril de 2016. Estos datos almacenados se analizaron y recolectaron por parte de un arduo trabajo de campo durante las distintas operaciones de búsqueda y socorro, así mismo se efectuó un registro del estado de la infraestructura. De este estudio se obtuvo la identificación y cantidad exacta de deterioro por lo cual se logró establecer un plan operaciones de ayuda en instalaciones para refugios y la logística en cuanto a la clasificación de suministros de alimentos y de medicina. Con este estudio se evidenció la poca preparación y experiencia en la zona de los equipos de ayuda envueltos en el pilotaje de los drones en las distintas situaciones que se pueden presentar. Se establece el desarrollo y ejecución de un marco legal y regulatorio global con puntualizaciones de imprevistos locales para el progreso y adoptabilidades de los UAV para un entorno rápido accionar ante en escenarios de desastres.



En otras investigaciones (Cumino et al., 2018) presenta un esquema cooperativo de UAV para mejorar la transmisión de video y eficiencia energética. (Bujari et al., 2018) dirigieron el concepto de aplicar múltiples UAV para realizar operaciones de detección. (Shakhatreh et al., 2019) trata aplicaciones civiles de drones y sus desafíos de carga y enjambres, evitación de colisiones y seguridad. (Koray Sahingoz & Sahingoz, 2019) aborda las diferentes áreas de aplicación y modelos de UAV, y tipos de comunicación en FANET. (Oubbati et al., 2019) categoriza los UAV y las características, comunicaciones, modelos movilidad, técnicas y protocolos de enrutamiento en FANET. (Mukherjee et al., 2018) se enfoca en cuestiones de diseño, metodologías de comunicación y protocolos de enrutamiento de UAV en FANET. (Hayat et al., 2016) cuantifica los requisitos de calidad de servicios (QoS), los parámetros de misión, los requisitos de datos, conectividad, adaptabilidad, seguridad y escalabilidad. (Koray & Sahingoz, 2019) han discutido las aplicaciones FANET con la clasificación de los protocolos de enrutamiento de FANET.

En complemento a las investigaciones revisadas se presenta un resumen de estos, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los estudios de investigaciones y propuestas de sistemas de drones y FANET.

Referencia	Tema de Investigación
(Ganesh et al., 2021)	Arquitectura para la red ad-hoc de emergencia asistida por drones para operaciones de rescate en caso de desastre
(Mukhopadhyay & Ganguly, 2020)	Difusión de datos de atención médica de emergencia basada en FANET
(Xu et al., 2019)	LUNA: Navegación de vehículos aéreos no tripulados ligeros basada en la visión aerotransportada para la gestión de desastres
(Panda et al., 2019)	Diseño y despliegue de una red de emergencia Post-Desastre asistida por UAV
(Tariq et al., 2018)	DronAID: un dron inteligente de detección de humanos para rescate
(Mase & Okada, 2015)	Sistema de comunicación de mensajes utilizando vehículos aéreos no tripulados en entornos de desastres a gran escala
(Duverneuil, 2016)	Vehículos aéreos no tripulados en respuesta a desastres naturales
(Vallejo Barragán & Reañez, 2018)	Estrategias para restablecimiento de los servicios de telecomunicaciones en caso de catástrofes naturales
(Cumino et al., 2018)	Esquema cooperativo de vehículos aéreos no tripulados para mejorar la transmisión de video y la eficiencia energética de la red global
(Hayat et al., 2016)	Encuesta sobre redes de vehículos aéreos no tripulados para aplicaciones civiles: un punto de vista de las comunicaciones



(Shakhatreh et al., 2019)	Vehículos aéreos no tripulados (UAVs): una encuesta sobre aplicaciones civiles y desafíos clave de investigación
(Koray Sahingoz & Sahingoz, 2019)	Modelos de networking en redes voladoras ad-hoc (FANETs): Conceptos y desafíos
(Mukherjee et al., 2018)	Redes ad hoc voladoras: una encuesta completa
(Koray & Sahingoz, 2019)	Concepto y desafíos de redes voladoras ad hoc
(Oubbati et al., 2019)	Enrutamiento en redes ad hoc voladoras: Encuesta, restricciones y perspectivas de desafíos futuros
(Bujari et al., 2018)	Una comparación de algoritmos de enrutamiento de paquetes basados en la posición sin estado para FANET

- **Implementación de sistemas o aplicaciones de FANET y drones:**

Los trabajos en este criterio se enfocaron en realizar investigaciones a nivel de implementación o prototipos experimentales, se incluyen aquellos que se plantean aplicaciones para las comunicaciones de emergencias como las de propósitos agrícolas que emplean FANET y drones, dado por la poca documentación de este tipo de trabajos.

En la Tabla 2 mostrada se describe los trabajos de implementación, con las tecnologías y dispositivos utilizados en los mismos.

Tabla 2. Descripción de equipamiento y tecnología empleada en los trabajos implementados.

Referencia	Drones utilizados	Tecnología de Comunicación
(Pérez & Rodríguez, 2020)	Dron sin especificación	Raspberry Pi 3B+ Modulo WiPi
(Segarra & Silva, 2020)	Dron F450 y Parrot Disco ProAg	Routers Xiaomi Mi Repeater 2 y WiFi AC
(Motoya, 2019)	Dron sin especificación	Routers Witi Board
(Limón de la Rosa, 2017)	No utilizo	Raspberry Pi B Raspberry Pi B
(Fabra, 2016)	Dron GRCQuad	Raspberry Pi2 TP-Link WN722N
(Bekmezci et al., 2015)	Ar Drone 2.0	Raspberry Pi B Modulo Dongle WiFi



Como se puede observar en la Tabla 2, las implementaciones se han realizado en su mayoría mediante el empleo de microcomputadoras de tipo Raspberry Pi, a las cuales se les ha conectado dispositivos de comunicación inalámbricas como módulos WiFi para establecer la red inalámbrica entre los nodos o drones. Otras investigaciones han optado por el uso de equipos router inalámbricos con características de instalación de firmware para cargar software que permiten la instalación de paquetes con modo de redes mesh. Cabe aclarar que estos dispositivos son montados o sujetos a la estructura de los drones.

- **Estudios de simulaciones con protocolos de enrutamiento:**

En esta sección se presentan estudios que realizaron simulaciones para evaluar los protocolos de enrutamiento de las redes inalámbricas como las FANET. A fin de determinar una valoración de los protocolos que mejor rendimiento y prestaciones den al diseño de la red.

En la Tabla 3 se presentan los trabajos que propusieron el análisis y evaluación de los protocolos de enrutamiento de redes inalámbricas, los protocolos que fueron seleccionados para la simulación, la propuesta del protocolo de mejor rendimiento y prestaciones y el simulador que fue empleado.

Tabla 3. Comparación de los escenarios de simulación de los estudios

Referencia	Protocolos analizados	Simulador	Propuesta
(Astudillo et al., 2021)	DSDV, OLSR y AODV	NS-3	AODV
(Daza et al., 2020)	DSDV y AODV	OMNeT++	AODV
(Sánchez, 2019)	AODV y DSR	NS-3	AODV y DSR
(Garcia, 2018)	DSDV y AODV	NS-2	AODV
(Russoniello & Gamess, 2018)	DSDV, OLSR, AODV y TORA	OMNeT++	OLSR
(Al-Dhief et al., 2018)	DSDV, AODV y DSR	NS-2	AODV y DSDV
(Amaguaya, 2017)	DSR y TORA	OPNET	DSR
(Yefa et al., 2017)	DSDV, OLSR y AODV	NS-3	AODV y OLSR



(Ramírez, 2017)	OLSR, AODV, DSR y TORA	OPNET	DSR
(Singh & Verma, 2015)	DSDV, OLSR y AODV	NS-2	OLSR

Se ha observado que se emplean diversos simuladores de red como son el OMNet++, OPNET, NS-2 y NS-3. Estas herramientas de simulación tienen en común que trabajan con eventos discretos y poseen buenas prestaciones de simulación. En los estudios se ha observado que se analizan entre 2 hasta 5 protocolos, mayormente los más difundidos en la literatura. Obteniendo que los protocolos que mejor rendimiento en términos generales es AODV, seguido después de los protocolos DSR y OLSR.

A continuación, en la Figura 3 se presenta una comparación de los protocolos de enrutamiento que mayormente son empleados en los simuladores de red.



Figura 3. Comparación de los protocolos con mayor frecuencia en los trabajos.

Se puede apreciar que el protocolo que mayormente se analiza en las simulaciones es AODV, debido a la relación de que este protocolo es el que mejores prestaciones de rendimiento en la red ofrece respecto a diversas métricas evaluadas en los estudios. El segundo protocolo mayormente empleado se DSDV, seguido por DSR y OLSR.



Conclusiones

A pesar de que en diversas investigaciones se han propuesto sistemas de emergencias altamente innovadoras y cada una se diferencia de manera muy particular en su aplicación, tienen en común la mayoría el empleo de vehículos aéreos no tripulados debido a sus prestaciones tecnológicas. Sin embargo, se señala dificultad en cuanto a la implementación de estos diseños quedando generalmente como propuestas de investigación.

Las redes móviles voladoras (FANET) siguen siendo tema de investigación debido a desafíos tecnológicos y la complejidad de su despliegue. Se determinó que los protocolos de enrutamiento para redes inalámbricas es un parámetro primordial en FANET, dado que puede definir el desempeño de la red. Los protocolos mayormente evaluados en los simuladores son AODV, DSR, DSDV y OLSR como consecuencia de la relación de desempeño, siendo el protocolo AODV el de mejor rendimiento en términos generales.

En cuanto a los trabajos de implementaciones documentadas se identificó que son pequeños sistemas o prototipos como soluciones a un problema. En los que se han enfocado en replicar el concepto de las redes móviles voladoras (FANET), mediante el montaje de dispositivos computacionales y de comunicación inalámbricos sobre los drones. En el cual se determinó que el equipo más empleado es la tarjeta Raspberry Pi en sus diferentes versiones junto a módulos Wifi. En cuanto a los drones se utilizaron distintos modelos comerciales por lo que se pudo concluir que se tuvo la tendencia de utilizar el de mayor disposición en ese momento.

Conflictos de intereses

No existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Felipe Alejandro León Mateo.
2. Curación de datos: Felipe Alejandro León Mateo.
3. Análisis formal: Felipe Alejandro León Mateo.
4. Investigación: Felipe Alejandro León Mateo, Marely del Rosario Cruz Felipe.
5. Metodología: Felipe Alejandro León Mateo, Marely del Rosario Cruz Felipe.
6. Administración del proyecto: Felipe Alejandro León Mateo, Marely del Rosario Cruz Felipe.



7. Supervisión: Felipe Alejandro León Mateo, Marely del Rosario Cruz Felipe, Elba Tatiana Zambrano Solorzano.
8. Redacción – borrador original: Felipe Alejandro León Mateo, Marely del Rosario Cruz Felipe, Elba Tatiana Zambrano Solorzano.
9. Redacción – revisión y edición: Felipe Alejandro León Mateo, Marely del Rosario Cruz Felipe, Elba Tatiana Zambrano Solorzano.

Referencias

- Al-Dhief, F., Sabri, N., Salim, M. S., Fouad, S., & Aljunid, S. A. (2018). MANET Routing Protocols Evaluation: AODV, DSR and DSDV Perspective. *MATEC Web of Conferences*, 150, 06024. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201815006024>
- Amaguaya, L. (2017). *Implementación de protocolos de enrutamiento DSR y TORA en redes móviles Ad-Hoc usando Opnet*. [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7311>
- Astudillo, P., González, S., & Quinde, C. (2021). Análisis del rendimiento de los protocolos OLSR, DSDV y AODV en una Red MANET. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 33(2), 43–57. <https://doi.org/10.37815/RTE.V33N2.829>
- Bekmezci, I., Sen, I., & Erkalkan, E. (2015). Flying ad hoc networks (FANET) test bed implementation. *RAST 2015 - Proceedings of 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies*, 665–668. <https://doi.org/10.1109/RAST.2015.7208426>
- Bujari, A., Palazzi, C. E., & Ronzani, D. (2018). A Comparison of Stateless Position-based Packet Routing Algorithms for FANETs. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(11), 2468–2482. <https://doi.org/10.1109/TMC.2018.2811490>
- Cumino, P., Lobato Junior, W., Tavares, T., Santos, H., Rosário, D., Cerqueira, E., Villas, L. A., & Gerla, M. (2018). Cooperative UAV Scheme for Enhancing Video Transmission and Global Network Energy Efficiency. *Sensors* 2018, Vol. 18, Page 4155, 18(12), 4155. <https://doi.org/10.3390/S18124155>
- Daza, Y., Zambrano, D., Zambrano Jimmy, & Peñaherrera, M. (2020). Evaluación de pérdida de paquetes en redes Manet utilizando protocolos AODV y DSDV. *Polo Del Conocimiento*, 5(7), 18–30. <https://doi.org/10.23857/PC.V5I7.1491>
- Duverneuil, B. (2016). *Unmanned Aerial Vehicles in Response to Natural Disasters Aerial Drone Archaeology & Preservation*. December. https://www.academia.edu/30915171/Unmanned_Aerial_Vehicles_in_Response_to_Natural_Disasters



- Fabra, F. (2016). *Desarrollo, evaluación y modelado de un sistema de comunicaciones para multicopteros* [Universidad Politécnica de Valencia]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69274/FABRA - Desarrollo%2C evaluación y modelado de un sistema de comunicaciones para multicopteros.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69274/FABRA_Desarrollo%2C%20evaluaci%C3%B3n%20y%20modelado%20de%20un%20sistema%20de%20comunicaciones%20para%20multicopteros.pdf?sequence=2)
- Ganesh, S., Gopalasamy, V., & Sai Shibu, N. B. (2021). Architecture for Drone Assisted Emergency Ad-hoc Network for Disaster Rescue Operations. *2021 International Conference on COMMunication Systems and NETWORKS, COMSNETS 2021*, 44–49. <https://doi.org/10.1109/COMSNETS51098.2021.9352814>
- Garcia, A. (2018). *Diseño e implementación de una red de comunicaciones para el control de formación de vehículos aéreos no tripulados* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>
- Hayat, S., Yanmaz, E., & Muzaffar, R. (2016). Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks for Civil Applications: A Communications Viewpoint. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 18(4), 2624–2661. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2560343>
- Koray Sahingoz, O., & Sahingoz, O. K. (2019). Networking Models in Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Concepts and Challenges. *Journal of Intelligent & Robotic Systems 2013* 74:1, 74(1), 513–527. <https://doi.org/10.1007/S10846-013-9959-7>
- Limón de la Rosa, S. (2017). *Diseño de una red Mesh de UAVs para proporcionar servicios de comunicaciones* [Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/66521>
- Mase, K., & Okada, H. (2015). Message communication system using unmanned aerial vehicles under large-scale disaster environments. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC, 2015-Decem*, 2171–2176. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2015.7343657>
- Motoya, A. (2019). *Estudio práctico del uso de drones en el campo de las telecomunicaciones* [Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones]. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8109/tfg-mon-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mukherjee, A., Keshary, V., Pandya, K., Dey, N., & Satapathy, S. C. (2018). Flying Ad hoc Networks: A Comprehensive Survey. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 701, 569–580. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7563-6_59
- Mukhopadhyay, A., & Ganguly, Di. (2020). FANET based Emergency Healthcare Data Dissemination. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2020*, 170–175. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183223>
- Oubbati, O. S., Atiqzaman, M., Lorenz, P., Tareque, M. H., & Hossain, M. S. (2019). Routing in flying Ad Hoc



- networks: Survey, constraints, and future challenge perspectives. *IEEE Access*, 7, 81057–81105. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2923840>
- Panda, K. G., Das, S., Sen, D., & Arif, W. (2019). Design and deployment of UAV-aided post-disaster emergency network. *IEEE Access*, 7, 102985–102999. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2931539>
- Pérez Chaves, L. J., & Rodríguez Amortegui, S. Y. (2020). Desarrollo de un prototipo de red MESH basada en dispositivos RASPBERRY PI para la comunicación en situaciones de desastres. [Universidad Antonio Nariño]. In *instname: Universidad Antonio Nariño*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/1988>
- Ramírez, F. (2017). Diseño de un sistema de telecomunicaciones con redes ad hoc de drones como alternativa de medio de comunicacion para hacer frente a desastres naturales [Pontificia Universidad Católica del Perú]. In *Pontificia Universidad Católica del Perú*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8820>
- Russoniello, A., & Gamess, E. (2018). Evaluation of Different Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks in Scenarios with High-Speed Mobility. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 10(10), 46–52. <https://doi.org/10.5815/IJCNIS.2018.10.06>
- Sánchez Carrión, D. A. (2019). *Estudio comparativo de las métricas de calidad de servicio (QoS) en los protocolos de encaminamiento reactivos DSR y AODV en redes manet*. [Loja: Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/22106>
- Segarra, C., & Silva, K. (2020). *Red de drones autónomos utilizando una arquitectura de red (FANET) para uso alternativo de levantamiento de información agrícola a pequeña escala*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Shakhatreh, H., Sawalmeh, A. H., Al-Fuqaha, A., Dou, Z., Almaita, E., Khalil, I., Othman, N. S., Khreishah, A., & Guizani, M. (2019). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges. *IEEE Access*, 7, 48572–48634. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909530>
- Singh, K., & Verma, A. K. (2015). Experimental analysis of AODV, DSDV and OLSR routing protocol for flying adhoc networks (FANETs). *Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies, ICECCT 2015*. <https://doi.org/10.1109/ICECCT.2015.7226085>
- Tariq, R., Rahim, M., Aslam, N., Bawany, N., & Faseeha, U. (2018). DronAID: A Smart Human Detection Drone for Rescue. *2018 15th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT and IoT, HONET-ICT 2018*, 33–37. <https://doi.org/10.1109/HONET.2018.8551326>
- Vallejo Barragán, B. R., & Reañez, M. (2018). Estrategias para el restablecimiento de los servicios de telecomunicaciones en caso de catástrofes naturales [Quito]. In *Revista Científica UISRAEL* (Vol. 4, Issue 2).



<https://doi.org/10.35290/rcui.v4n2.2017.60>

Xu, J., Ota, K., & Dong, M. (2019). Luna: Lightweight uav navigation based on airborne vision for disaster management. *Proceedings - 2019 IEEE International Congress on Cybermatics: 12th IEEE International Conference on Internet of Things, 15th IEEE International Conference on Green Computing and Communications, 12th IEEE International Conference on Cyber, Physical and So*, 315–322. <https://doi.org/10.1109/iThings/GreenCom/CPSCom/SmartData.2019.00073>

Yefa, M., Yuxia, B., & Nan, W. (2017). Performance Comparison and Evaluation of the Routing Protocols for MANETs Using NS3. *J. of Electrical Engineering*, 5(4). <https://doi.org/10.17265/2328-2223/2017.04.003>

