

05-019

DRON TECHNOLOGY APPLIED TO THE MANAGEMENT OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PLANTS TO OPTIMIZE THE PROJECT

Guerrero Lique, Guido Camilo⁽¹⁾; García Cascales, María Socorro⁽¹⁾; Sánchez Lozano, Juan Miguel⁽²⁾

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Cartagena, ⁽²⁾Centro Universitario de la Defensa. Academia General del Aire

One of the main challenges facing photovoltaic power plants today is to obtain high profitability to compete with sources of fossil energy and also with other renewable sources. Drones are a new technology that is beginning to be implemented to fulfill this objective. That is why we intend to address the development of this new tool that allows, at a very low cost, to ensure that solar installations are always in top condition. These Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are capable of photographing the ideal terrains to build photovoltaic parks on. In addition, some drones have sensors that allow the possible causes of reductions in the technical and economic performance of the facilities to be detected and classified. They can also be used to know the actual production of the plant, monitor the facilities in real time, and detect if there is any anomaly in the electricity production. Until today, the verification of faults in the solar modules and the taking of temperatures implied a high cost in time and resources since due to the magnitude of some solar parks to carry out such checks supposes time and money. This technology is a tool that allows us to manage this problem more efficiently.

Keywords: "Photovoltaic Systems (PV); Unmanned Aerial Vehicle (UAV); Geographic Information Systems (GIS); Renewable Energy"

TECNOLOGÍA DRON APLICADA A LA GESTIÓN DE LAS PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS PARA OPTIMIZAR EL PROYECTO

Uno de los principales retos que afrontan las plantas de energía fotovoltaica hoy día es obtener una alta rentabilidad para competir con otras fuentes de energía fósil y también renovable. Los drones son una nueva tecnología que se empieza a implementar para cumplir con este objetivo. Por ello pretendemos abordar el desarrollo de esta nueva herramienta que permite con un coste muy reducido garantizar que las instalaciones solares estén siempre en óptimas condiciones. Estos Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) son capaces de fotografiar los terrenos idóneos para construir parques fotovoltaicos. Además, algunos drones cuentan con sensores que permiten detectar y clasificar las posibles causas de reducción del rendimiento técnico y económico de las instalaciones. También se pueden utilizar para conocer la producción real de la planta, monitorear las instalaciones en tiempo real y detectar si hay alguna anomalía en la producción de electricidad. Hasta hoy la comprobación de fallos en los módulos solares y la toma de temperaturas implicaban un elevado coste de tiempo y recursos ya que debido a la envergadura de algunos parques solares realizar tales comprobaciones supone tiempo y dinero. Siendo la tecnología dron una herramienta que permite gestionar este problema de manera más eficiente.

Palabras clave: "Instalación Solar Fotovoltaicas (ISF); Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT); Sistemas de Información Geográfica (SIG); Energías Renovables"

Correspondencia: Msc. Guido C. Guerrero Lique; guidocgl1@gmail.com,gcgl0@al



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción y Objetivos

El siglo XXI está experimentando una rápida proliferación de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) comúnmente denominados drones. Las capacidades de los drones han aumentado considerablemente viéndose además reducidos sus costos de fabricación. El auge de estas tecnologías en el mercado ha generado un elevado número de inversiones produciendo un salto en la relación funcionalidad/costo (Clarke Roger, 2014).

En el ámbito de las energías renovables, los drones actualmente se están utilizando por ejemplo para realizar medidas de distribuciones del viento en el diseño de parque eólicos y, para efectuar la distribución de las planta de energía solar a gran escala en tierras recuperadas mediante el uso de imágenes adquiridas por cámaras digitales.

La energía solar es una fuente inagotable que, gracias a los programas de apoyo a la construcción de plantas de energía solar, se utiliza con mayor frecuencia. Uno de los principales retos que afrontan las plantas de energía fotovoltaica hoy día es obtener una alta rentabilidad para competir con otras fuentes de energía fósil y también renovable. Los drones constituyen una nueva tecnología que se empieza a implementar para cumplir con este objetivo.

Existe la necesidad de minimizar los costes de operación de las centrales solares fotovoltaicas garantizando no sólo un funcionamiento óptimo, sino también un mantenimiento y control periódico de todo el sistema. La tecnología dron es una herramienta que permite gestionar estas tareas de manera más eficiente. Además, algunos VANT cuentan con sensores que permiten detectar y clasificar las posibles causas de reducción del rendimiento técnico y económico de las instalaciones. También se pueden utilizar para conocer la producción real de la planta, monitorear las instalaciones en tiempo real y detectar si hay alguna anomalía en la producción de electricidad.

Nuestro objetivo es abordar el desarrollo de esta nueva herramienta que permite con un método rápido, económico y eficaz, verificar la calidad óptima de las plantas solares fotovoltaicas utilizando sistemas de diagnósticos conectado al dron.

Este trabajo se estructura de la forma siguiente: en el epígrafe 2 se describen los conceptos básicos de la tecnología dron, el mercado y el marco regulatorio. El desarrollo y uso de la tecnología dron aplicada a ámbitos generales y a la energía solar en particular se presenta en el epígrafe 3. En el epígrafe 4 se definen los pasos para obtener un diagnóstico óptimo de las plantas fotovoltaicas con VANT. Finalmente el epígrafe 5 muestra las conclusiones y líneas futuras a tener en cuenta para la gestión de la energía fotovoltaica con esta tecnología emergente.

2. Fundamentos de la Tecnología del Vehículo Aéreo No Tripulado

Durante el siglo XX, la población mundial se ha acostumbrado a ver vehículos en el cielo. Como había sido el caso con carruajes tirados por caballos, trenes, tranvías y automóviles, un ser humano en el vehículo aéreo controlaba su comportamiento (Clarke Roger, 2014). En la práctica, cualquier vehículo aéreo que no dependa de un operador humano a bordo para volar, ya sea de manera autónoma o remota, se considera un VANT.

Los drones son conocidos bajo varios nombres y acrónimos diferentes, como "Vehículo Aéreo No Tripulado", "robot aéreo" o simplemente "avión no tripulado" y "drone" siendo los términos más populares. El término dron fue adoptado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y la Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido (Colomina I. et al. 2014) y su definición es que una aeronave no tripulada o vehículo aéreo no tripulado consiste en

un vehículo aéreo motorizado que no transporta un operador humano y utiliza fuerzas aerodinámicas para proporcionar vehículo ascensor (Rao Bhara, 2016).

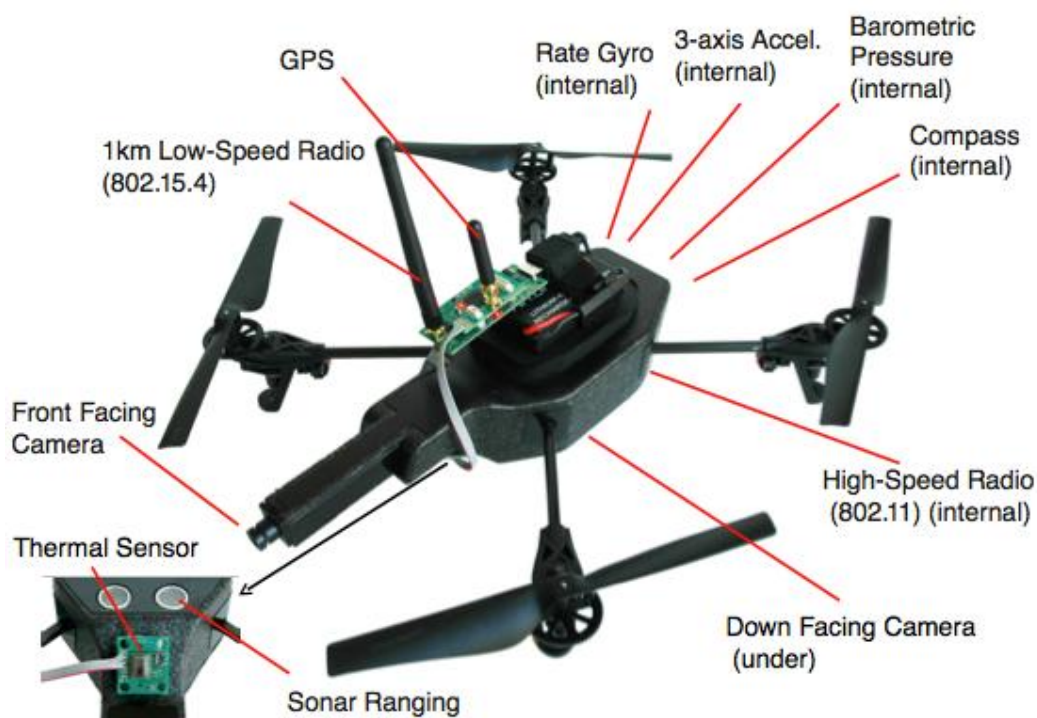
Para que un dispositivo volador sea considerado como un dron según (Clarke Roger, 2014) debe cumplir con los siguientes elementos de definición:

1. Debe tener la capacidad de vuelo sostenido y fiable.
2. Debe ser más pesado que el aire (es decir, los globos están excluidos).
3. No debe haber ningún ser humano a bordo del dispositivo (es decir, no está "tripulado")
4. Debe haber un grado suficiente de control para permitir el desempeño de funciones útiles

Las funciones principales de los drones son: el control, la navegación, funciones operacionales, capacidades. Además el valor operacional de los drones depende de una gama de características, que incluyen: carga útil disponible, rango de operación y tiempo de vuelo. Sus rangos de vuelo varían en función de su uso, desde drones comerciales confinados a unos pocos pies de distancia alrededor del operador a drones militares avanzados que pueden volar de forma autosuficiente durante más de 17,000 millas (Rao Bhara, 2016).

La mayoría de los drones disponibles comercialmente hoy en día siguen un diseño similar. El diseño básico comprende un micro controlador que actúa como un control de vuelo (generalmente con cuatro hélices), un receptor de radio, control electrónico de velocidad y una batería construida sobre un plástico liviano o estructura de metal. En la figura 1 se muestra los diferentes elementos que normalmente componen un vehículos aéreo no tripulados.

Figura 1: Estructura Comercial de los Drones. Fuente: (Rao Bhara, 2016)



Existe una gran cantidad de clasificaciones de drones, según las diversas características de la plataforma aérea (tamaño y peso, resistencia, aerodinámica, etc.) o la operación que el sistema alcance de la misión o altitud de vuelo, naturaleza de su aplicación, etc.

Los vehículos aéreos no tripulados varían en tamaño desde grandes aviones no tripulados militares con una envergadura de casi 200 pies hasta microprocesadores en pulgadas disponibles comercialmente. En la tabla 1 se muestra la clasificación de los drones según el tamaño y su peso.

Tabla 1: Clasificación de los drones según tamaño y peso. (Fuente: Clarke Roger, 2014)

Tamaño	Peso
Drones Grandes	100 kg -150 kg
Mini Drones	20 kg -100 kg
Micro Drones	5 kg-20 kg
Nano Drones	< 5 kg

3. Revisión a las aplicaciones de la Tecnología Dron

Los drones son diseñados, contruidos y utilizados para individuos, empresas y organizaciones. Hasta hace pocos años, la mayoría de los modelos VANT no se usaban para el trabajo aéreo. Sin embargo, las capacidades de los pequeños drones ahora son tales que el mismo modelo se puede usar para ambos propósitos.

A medida que el uso de drones continúe proliferando, tendrán un impacto en las industrias que irán desde el entretenimiento hasta la agricultura, desde la construcción hasta los mercados de entrega. No solo son económicos y sencillos de adquirir, sino que también se pueden implementar en muchas industrias para realizar tareas complejas, costosas y peligrosas (Rao Bhara, 2016).

Hoy en día, los drones se utilizan para inspeccionar cultivos, en operaciones de búsqueda y rescate, recuento de fauna y seguimiento de la población animal en agrimensura, investigar incendios forestales e inspeccionar oleoductos, líneas eléctricas y otras infraestructuras remotas (Berbra Cédric et al. 2009). Su capacidad para transportar equipos pesados se ha aprovechado para fumigar cultivos en granjas grandes y entregar alimentos, suministros médicos y medicamentos a lugares inaccesibles (Newcome Laurence R, 2004).

Muchas industrias de la construcción están utilizando drones en lugar de aviones tripulados para sus operaciones. Durante los últimos veinte años, la difusión de internet como plataforma de comercio ha permitido a las empresas de gestión de proyectos obtener más visibilidad, reducir los costos y la distribución de la huella, y así salir efectivamente del entorno de ladrillo y mortero.

Sin embargo, la infraestructura de logística y distribución aún depende del transporte terrestre y aéreo. Los drones permiten una nueva forma de transporte y entrega y por lo tanto pueden cambiar completamente las reglas básicas: Amazon Prime Air, DHL y Google son pioneros en la exploración del nuevo tipo de mecanismo de entrega (Rao Bhara, 2016).

Gran parte del uso inicial de drones ha sido con el propósito de la vigilancia visual. Los drones permiten superar las barreras en la línea de visión y capturar imágenes que no estarían disponibles si la cámara estuviera situada a nivel terrestre. La observación aérea por plataformas no tripuladas se ha potenciado básicamente en el contexto militar.

Pero la aplicación más común para los drones por los consumidores y aficionados es la fotografía aérea. Actualmente, los drones de consumo están disponibles con cámaras incorporadas o arreglos modulares que permiten la instalación de dispositivos livianos (Clarke Roger, 2014B).

La comunidad fotogramétrica y de teledetección se ha beneficiado de la fortaleza del mercado masivo de los drones. La teledetección es un arte bien conocido para el análisis del medio ambiente (monitoreo del clima, fotografía aérea, mapeo y topografía, monitoreo sísmico, monitoreo de la contaminación etc.). Los VANT han introducido con éxito el paradigma de la plataforma más pequeña y más barata de operar entre la comunidad de teledetección (Colomina I. et al. 2014).

La teledetección con drones también conocida como detección remota proporciona una alta resolución espacial y es rentable en comparación con la detección remota basada en satélite tradicional. Las cargas útiles de sensores ópticos de menor peso de los drones como las cámaras de espectro de visión proporcionan una opción interesante para realizar la inspección y el diagnóstico (Niethammer U et al. 2012).

También los drones se usan comercialmente en nuestra sociedad para la creación de mapas GIS, estudios ambientales y levantamiento de líneas eléctricas. Cuando se combinan con las herramientas adecuadas el uso de los drones también pueden ser recursos poderosos para la eficiencia energética y la energía.

3.1. Tecnología Dron Aplicada a las Energías Renovables

La evaluación de la condición de las líneas eléctricas es uno de los componentes críticos del mantenimiento de la energía a nivel global. Se puede llevar a cabo manualmente. La inspección manual se lleva a cabo utilizando patrullas a pie. La inspección de las líneas eléctricas a través de la patrulla peatonal requiere mucho trabajo, es costosa y requiere personal con experiencia. El costo aumenta linealmente con la longitud de las líneas eléctricas a inspeccionar.

Los VANT también pueden operarse bajo cualquier condición climática y pueden operar en lugares peligrosos e inalcanzables para los humanos. Por lo tanto, los VANT son una alternativa viable a los vuelos tripulados para la inspección de las líneas eléctricas (Bhola Rishav et al. 2018).

Los sistemas VANT son más útiles para la inspección de la línea eléctrica ya que reducen la mano de obra necesaria. El diseño del VANT debe ser adaptable para los diferentes tipos de torres y la infraestructura de la línea eléctrica. Sin embargo, la precisión lograda en la inspección de la línea eléctrica mediante el uso de VANT es igual o, a veces, mayor que la que se logra con los costosos helicópteros tripulados (Bhola Rishav et al. 2018).

Está comprobado que los VANT mejoran la competitividad de la energía. En Japón por ejemplo se está recurriendo al uso de drones para controlar el nivel de radiación de la central nuclear de Fukushima.

La tarea más importante que realizan los drones en el ámbito energético son las revisiones visuales de mantenimiento y operatividad que tienen que detallar los técnicos. Es una alternativa mucho más económica que consiste en que un operario pilote un dron por control remoto desde tierra, mientras la cámara de la aeronave no tripulada capta imágenes de alta resolución para evaluar el estado de las instalaciones de energía.

Las inspecciones técnicas con drones permiten revisar, en unos pocos minutos, lo que un operario necesitaría horas para comprobar, reduciendo drásticamente el tiempo, y con menores costes. El uso de drones para inspecciones técnicas de plantas energéticas ya

ofrece resultados en diversos países, como en EE.UU., y se está generando una industria alrededor de estos ingenios aéreos.

Las energías renovables llevan la voz puntera en la globalización diaria a nivel del uso de estas herramientas tecnológicas. La tecnología de imagen, de procesamiento y de almacenamiento de datos aplicada a la energía va en aumento sobre todo en las energías solar y eólica.

Por ejemplo, un estudio realizado en 2009 describía el enfoque de utilizar drones para realizar mediciones distribuidas del viento en los parques eólicos. Otro estudio realizado en 2012 informaba sobre un experimento llevado a cabo para investigar la factibilidad de la medición de la deformación de una planta de energía solar a gran escala en tierras recuperadas mediante el uso de imágenes adquiridas por una cámara digital no métrica a bordo de un micro dron (Colomina I. et al. 2014).

En el caso de la energía eólica la excelente maniobrabilidad de los VANT permite acceder a los diferentes componentes externos de los generadores y obtener así video y fotografías para controlar su estado y mantenimiento. El operador del vuelo, desde una posición segura, puede inspeccionar varios aerogeneradores en el mismo vuelo. Se puede también crear un itinerario a lo largo del tendido y obtener imágenes de forma totalmente autónoma.

En cuanto a la energía solar gracias a la estabilidad y a la utilización de cámaras termográficas de los drones, resulta posible detectar elementos defectuosos y anomalías en las plantas. Este tipo de análisis permite realizar un diagnóstico que calcule los costes derivados de mal funcionamiento de la instalación y tasar las reparaciones necesarias.

Por tanto, los diagnósticos con drones permiten, con pocos recursos, obtener gran cantidad de información y realizar el mantenimiento correctivo, predictivo y preventivo que se les exige a las plantas de energía solar.

Figura 2: Globalización de la tecnología dron en la energía renovable. Fuente: (Elaboración Propia)



4. Potencial Aplicación en el Diagnostico de Plantas Fotovoltaicas

Las plantas eléctricas están sometidas a inspecciones industriales para medir periódicamente su eficiencia. La inspección de las instalaciones eléctricas individuales suele ser una tarea difícil. La omisión de una inspección regular una vez al año puede tener consecuencias fatales.

La solución ideal a este problema es la aplicación de tecnologías que generen un diagnostico automatizado. Por esta razón el uso de tecnología dron en este sector va en aumento, ya que un dron genera procesamientos automatizados que proporcionan soluciones de alta calidad y estándares de seguridad que son importantes para este tipo de proyectos.

Durante la instalación y operación de las plantas de energía fotovoltaica, pueden ocurrir defectos que afectan la vida útil o restrinjan el rendimiento del proyecto. Los servicios basados en dron para el sector fotovoltaico están enfocados para solucionar esos problemas y son los siguientes:

- Inspección y diagnóstico del suelo y la cubierta disponible para realizar la instalación.
- Análisis termográfico para identificar defectos en los paneles.
- Gestión y detección visual de anomalías y fallos.
- Generación de informes de inspección del mantenimiento y la producción eléctrica.
- Sistema de vigilancia digital en la planta fotovoltaica.

Estos servicios permiten cambiar los regímenes anteriormente establecidos en la gestión y en la actuación operativa de un proyecto de este tipo. Obtener una solución ideal a los problemas a los que se enfrentan los drones en las instalaciones fotovoltaicas requiere una actuación técnica eficiente que cumpla con los estándares de calidad acorde a los requerimientos del cliente.

Por lo tanto existe una serie de procesos que deben realizar para actuar ante los problemas detectados. En la siguiente tabla enumeramos los pasos que se están llevando a cabo para obtener un diagnóstico de las plantas fotovoltaicas con tecnología dron:

Tabla 2: Procedimiento de la actuación técnica de PV con drones (Fuente: Elaboración Propia)

Datos a capturar en vuelo	Procesos	Entregables
Tamaño del recurso solar disponible	Gestión visual y medición de los datos capturados	Informe de georreferenciación sobre sistema GIS
Registro de termograma y radiometría	Identificación de puntos calientes para obtener los defectos en los paneles	Termodiagnóstico
Sonorización remota	Detección de anomalías	Estadísticas de anomalías
Incidencias técnicas por fabricante y rango de temperatura	Predicción y optimización	Informe documentado de las incidencias encontradas
Monitorización aérea	Análisis de videos captados	Generación de alarma en casos graves

Los resultados que genera el procedimiento de actuación técnica con tecnología dron, si se aplican de forma eficiente, aportan beneficios a la gestión y operatividad de la instalación. Los beneficios principales son los siguientes:

- Mejoras en la capacidad operativa: Permite prevenir la indisponibilidad de la planta y mejorar los tiempos en los procesos. Por ejemplo el tiempo de termografía entre 3 a 20 veces que la de a pie.
- Reducción de costes: se reduce en gastos de termografía convencional y se ahorra en los gastos del mantenimiento correctivo.
- Genera valores añadidos a la instalación: Se obtienen estadísticas fiables de fallos por fabricante y tipología. Además proporciona un servicio end to end.
- Servicio digitalizado: Entregables en formato digital y visualización de datos exportables.

Actualmente el servicio de termografía infrarroja es fundamental para un buen análisis del estado de las células solares fotovoltaicas y sus instalaciones. Cada panel generalmente consta de 36 a 96 células de silicio cristalino que funcionan según el principio del efecto fotovoltaico. Este es un principio muy simple que, sin embargo, está influenciado en la práctica por un gran número de circunstancias perturbadoras que pueden ocurrir en la producción y el uso.

La inspección de celdas fotovoltaicas individuales suele ser una tarea difícil. O bien los paneles están ubicados a una altura elevada en los techos de los edificios, o el área es grande y una inspección visual es a la vez económica y exigente. La solución ideal a este problema es la aplicación de sistemas térmicos de cámara porque los puntos calientes se reflejan de manera significativa en la imagen térmica.

Los paneles defectuosos emiten más calor que los paneles en funcionamiento, utilizando un dron con una cámara de imagen térmica se detecta el mal funcionamiento de los paneles. Esto permite al operador de la planta reemplazar o reparar los paneles dañados de inmediato y mantener la granja solar funcionando a la máxima eficiencia.

Un motivo convincente para utilizar una termocámara dron desde el aire es el hecho de que se recomienda detectar una anomalía térmica en un ángulo de visión de 70 ° hasta casi 90 ° en relación con la superficie del panel. Debido a este requisito, se excluye el uso de cámaras térmicas de mano; por el contrario, un dron con una cámara térmica fija en el cardán controlable cumple fácilmente esta condición.

La velocidad de la inspección de la cámara térmica en comparación con una inspección común es varias veces mayor, así como su fiabilidad. Este método de medición es también el método más económico para identificar defectos en los paneles. En la actualidad, los termogramas son una característica estándar en los informes de reclamaciones y las empresas los aceptan como prueba cuando informan defectos.

Los sistemas de imágenes térmicas aéreas pueden recomendarse exclusivamente para cualquier inspección de plantas fotovoltaicas después del montaje, asegurando que el usuario tenga la máxima eficiencia para reunir energía y costos mínimos para las reparaciones.

5. Conclusiones y Línea Futuras de Investigación

Al abordar esta novedosa tecnología aplicada a la generación de energía fotovoltaica hemos podido constatar el desarrollo que representa para la ciencia, la tecnología, la política, los movimientos sociales y el comercio a nivel mundial. En el estudio se muestra que la

tecnología dron es una herramienta que debido a la innovación y la eficacia de su implementación ofrece unas ventajas que esta proporcionado un aumento de su uso en el sector de la energía.

Enumerando el procedimiento de actuación técnica que llevan a cabo el uso de tecnología dron en las plantas fotovoltaicas, se establece una cadena de gestión que mejora y optimiza los resultados operacionales de este tipo de proyecto. Los beneficios que proporciona la utilización de los drones a los sistemas de energía renovables son claros y precisos.

Es evidente que aplicando tecnología dron al proceso de desarrollo de las plantas fotovoltaicas se puede gestionar y solucionar una cantidad de problemas de manera más eficiente. La tecnología dron aplicada a la energía mejora las condiciones óptimas y permite la reducción de costes en un proyecto. Esto hace que esta herramienta se coloque en la primera fila del desarrollo globalizado.

Sin embargo, el potencial que ofrece esta tecnología todavía no está siendo aprovechada al 100%. Esto se debe a que es una herramienta muy novedosa y aun no se ha ganado la confianza de los inversores e instaladores de los proyectos de energías renovables.

Por lo tanto, es necesario desarrollar en un futuro una metodología o herramienta que permita decidir y planificar el tipo de tecnología dron que se debe aplicar a este tipo de proyectos demostrando de esa forma las ventajas económicas, medioambientales y técnicas que ofrece.

Referencias

- Berbra Cédric; Simon Daniel; Gentil Sylviane; Lesecq Suzanne. (2009). Hardware in the loop networked control and diagnosis of a quadrotor dron. IFAC Proceedings Volumes. Volume 42, Issue 8, 2009, Pages 971-976.
- Bhola Rishav; Hari Krishna Nandigam; Ramesh K.N. Senthilnath J; Anand Gautham. (2018). Detection of the power lines in UAV remote sensed images using spectral-spatial methods. Journal of Environmental Management. Volume 206, 15 January 2018, Pages 1233-1242.
- Clarke Roger. (2014). The regulation of civilian drones' impacts on behavioural privacy. Computer Law & Security Review. Volume 30, Issue 3, June 2014, Pages 286-305.
- Clarke Roger. (2014). Understanding the drone epidemic. Computer Law & Security Review. Volume 30, Issue 3, June 2014, Pages 230-246.
- Colomina I.Molina P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensin. Volume 92, June 2014, Pages 79-97.
- Newcome Laurence R. (2004). Unmanned aviation : a brief history of unmanned aerial vehicles. American Institute of Aeronautics and Astronautics. Londres, Reino Unido. Eurospan, distributor.
- Niethammer U. James M.R. Rothmund S. Travelletti J. Joswiga M. (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. Engineering Geology. Volume 128, 9 March 2012, Pages 2-11.
- Rao Bharat; Goutham Gopi Ashwin; Maione Romana.(2016). The societal impact of commercial drones. Technology in Society. Volume 45, May 2016, Pages 83-90.

Agradecimientos

Este trabajo está parcialmente financiado por los proyectos TIN2014-55024-P del Ministerio de Ciencia e Innovación Español y P11-TIC-8001 de la Junta de Andalucía (incluidos los fondos FEDER) y el proyecto 19882/GERM/15 programa SÉNECA.