



# Metodología y aplicación práctica para la inspección de edificios agroindustriales mediante drones

J. Gómez<sup>1</sup>, A. Tascón<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faber 1900 - Estudio de Ingeniería y Arquitectura; javier@faber1900.com

<sup>2</sup> Dpto. Agricultura y alimentación, Universidad de La Rioja; alberto.tascon@unirioja.es

**Resumen:** Los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), comúnmente conocidos como drones, representan una tecnología potencialmente disruptiva en muchos sectores. Aunque su uso ya es bastante habitual en la agricultura, el sector de la construcción, por el contrario, todavía no ha incorporado de manera significativa esta herramienta a pesar de las ventajas potenciales que ofrece. El principal objetivo de este trabajo ha sido evaluar la capacidad de esta tecnología como herramienta en las tareas de inspección de edificios agroindustriales. Con este fin, se ha desarrollado un protocolo consistente en 5 fases a partir de la bibliografía, estudios previos y regulaciones existentes. También se han identificado una serie de precauciones a adoptar en el uso de esta técnica, dificultades prácticas y factores que pueden influir en su correcta aplicación, así como líneas de trabajo para el futuro. Igualmente, se ha comparado el uso de esta técnica con la inspección tradicional de edificios.

**Palabras clave:** vehículos aéreos no tripulados, inspección técnica de edificios, eficiencia energética, construcciones agroindustriales, RPAS

## 1. Introducción

Durante la última década se ha producido un rápido desarrollo e implantación de tecnologías relacionadas con el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) o “Remotely Piloted Aircraft Systems” (RPAS), comúnmente conocidos como drones [1]. Su uso es ya habitual en el sector agrícola [2-5] y forestal [6] y en la inspección de infraestructuras [7, 8].

Sin embargo, en el sector de la edificación – y más particularmente en la edificación agroindustrial – esta herramienta todavía no se ha incorporado de manera significativa a pesar de las ventajas potenciales que ofrece. Los drones podrían aplicarse a la realización de tareas vinculadas con los planes de conservación y mantenimiento de los edificios o con la realización de auditorías energéticas para la mejora de la eficiencia de la industria. A priori, los drones presentan el potencial para la obtención de información relevante con una reducción del tiempo, el coste y los riesgos para el personal respecto a una inspección convencional.

El objetivo principal de este trabajo ha sido evaluar la capacidad de esta tecnología para la inspección de edificios agroindustriales, desarrollando para ello un protocolo e identificando dificultades, aspectos a tener en cuenta y precauciones a adoptar. El protocolo propuesto ha sido además contrastado y validado mediante un vuelo real en campo.

## 2. Desarrollo del protocolo

El desarrollo del protocolo se ha realizado a partir de estudios previos contrastados y regulaciones existentes. En concreto, se han tomado como referencia las metodologías aplicadas por Seo et al. a la inspección de puentes [7] y por Entrop y Vasenev al estudio termográfico de

edificios [9]. También se ha tenido en cuenta la normativa vigente relativa al uso de drones en España [10], el modelo existente para el Informe de Inspección Técnica de Edificios [11] y la documentación que se imparte en los cursos oficiales de piloto de drones.

Esta información previa se ha adaptado al caso concreto de las edificaciones agroindustriales para así desarrollar una metodología sistemática que permita una inspección eficiente de estas construcciones. El protocolo desarrollado se ha articulado en 5 Fases, que a su vez se componen de diversas tareas, tal y como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Protocolo recomendado para la inspección de edificios agroindustriales

<b>Fases y tareas a realizar</b>
<b>1. Información previa del edificio</b>
Estudio de planos y emplazamiento
Identificación de envolventes a inspeccionar
Identificación de puntos críticos y detalles a inspeccionar
<b>2. Estudio de seguridad de las operaciones y plan de vuelo</b>
Identificación de riesgos potenciales
Selección de la/s posición/es del piloto
Selección de área de despegue y aterrizaje y zonas de recuperación
Establecimiento de plan de vuelo incluyendo distancias a obstáculos
<b>3. Revisión y calibración del dron y sus accesorios</b>
Selección del dron e instrumentación más adecuados
Revisión de los componentes del dron y carga de la batería
Calibración y revisión de GPS, sensores y cámaras
Comprobación de la unidad de control y la conectividad
<b>4. Realización del vuelo</b>
Selección de día, horario y condiciones meteorológicas adecuadas
Montaje del dron
Realización del plan de vuelo previamente definido
Comprobación de la información obtenida por el dron
<b>5. Análisis de la información</b>
Identificación de deficiencias en la envolvente
Identificación de anomalías térmicas
Preparación de informe de resultados

La Fase 1 consiste en una revisión de la información previa disponible sobre el edificio que va a ser inspeccionado, lo cual permite al piloto identificar las localizaciones críticas de cara a la inspección, así como establecer estrategias de vuelo que permitan una aproximación segura.

La Fase 2 es el estudio de seguridad de las operaciones y el establecimiento del plan de vuelo a realizar. Dicho estudio pretende identificar riesgos potenciales, como árboles, líneas eléctricas, vías de circulación de vehículos, etc., con el objeto de poder desarrollar el vuelo con el dron de forma segura. También comprende la definición del plan de vuelo, con establecimiento de la zona de despegue y aterrizaje, la ruta y desplazamientos a realizar con el dron y las distancias a mantener, tanto en horizontal como en vertical, con los distintos obstáculos y el propio edificio a inspeccionar. A partir de este estudio se puede redactar el correspondiente estudio aeronáutico de seguridad, que es obligatorio realizar según la normativa vigente [10].

La Fase 3 sería la revisión y puesta a punto del dron. Se recomienda realizar una inspección del dron previamente al primer vuelo, revisando los distintos elementos fundamentales (baterías, rotores, sensores, control remoto, etc.). También es indispensable revisar el funcionamiento y calibrar adecuadamente la cámara y/o sensores, el GPS, etc.

La Fase 4 comprendería la inspección del edificio mediante el vuelo del dron, siguiendo el plan de vuelo previamente establecido y respetando lo establecido en el estudio aeronáutico de seguridad.

Por último, la Fase 5 consiste en el estudio y análisis de la información recogida por el dron, pudiéndose identificar deficiencias en la envolvente y anomalías térmicas (puentes térmicos). Finalmente, se preparará el informe de resultados a presentar al cliente.

### **3. Aplicación del protocolo a la inspección de una industria agroalimentaria**

La metodología de trabajo propuesta fue aplicada a la inspección de un edificio agroindustrial. Para ello se utilizó un dron DJI MAVIC 2 Enterprise DUAL, que se muestra en la Figura 1. Es un cuadricóptero de 0,9 kg de peso. Está dotado con una cámara para captar imágenes de 12 megapíxeles y grabar vídeo 4K Ultra HD (3840×2160) y con una cámara térmica (resolución 120 x 160, campo visual de 57°, rango de -10° a 140°, precisión de  $\pm 5\%$ ).



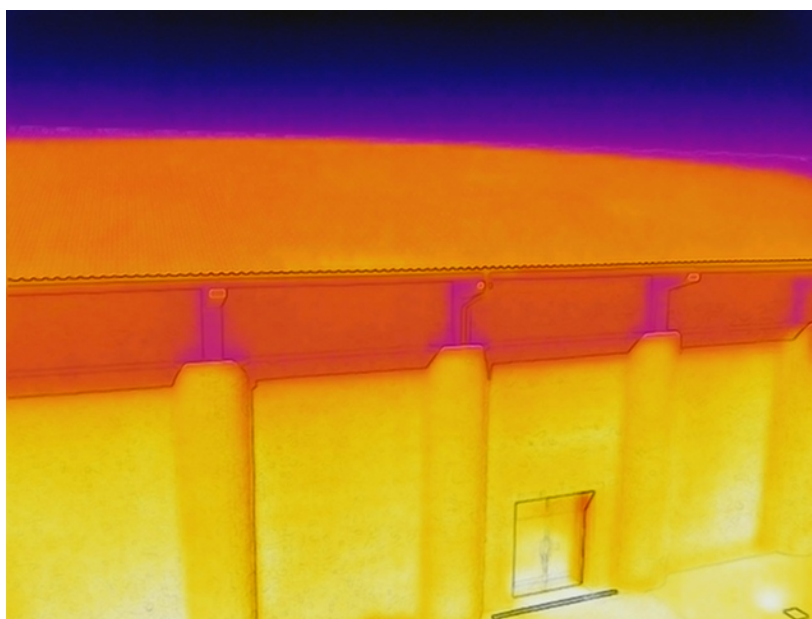
**Figura 1.** Dron utilizado para la validación del protocolo.

Los resultados obtenidos usando el dron (ver Figura 2) permitieron detectar puentes térmicos en la envolvente del edificio, así como disponer de información visual con suficiente detalle del estado de la cubierta y la parte superior de la fachada, que son puntos de difícil acceso y con riesgo para el inspector.

La aplicación práctica ha servido para validar el protocolo propuesto, así como para identificar dificultades, precauciones y aspectos a tener en cuenta:

- El plan de vuelo se puede ver dificultado por la presencia de obstáculos muy próximos, otros edificios, etc.
- Es frecuente que el edificio a inspeccionar esté muy próximo a edificios de otra titularidad, a vías de circulación, u otros supuestos que puedan limitar la actuación a espera de los permisos de AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea).
- Las condiciones meteorológicas son determinantes: viento, visibilidad, lluvia, etc.
- La radiación solar directa y reflejos procedentes de superficies metálicas, ventanas o paneles solares – del mismo o de otros edificios – debe ser evitada. Por lo general, la mejor opción para la realización del vuelo es a primera hora de la mañana antes de que la luz del sol incida directamente, también días nublados o al atardecer cuando el sol se ha puesto. Igualmente es importante seleccionar un momento en el que haya suficiente diferencia entre la temperatura interior del edificio y la temperatura exterior.

- Es necesario tener en consideración la distancia y el ángulo al que está operando el dron, así como la resolución y campo visual de las cámaras usadas, para determinar el plan de vuelo y también para ejecutarlo correctamente.
- El número de pases sobre una determinada superficie, la velocidad de vuelo y los solapes necesarios son también aspectos a considerar.
- La correcta ejecución de las Fases 1, 2 y 3 son fundamentales para optimizar el tiempo de trabajo en campo y la duración de las baterías del dron.



**Figura 2.** Imagen térmica captada por el dron del exterior de la bodega inspeccionada.

#### 4. Conclusiones

En el presente trabajo se ha desarrollado un protocolo para la inspección de edificios agroindustriales mediante el uso de un dron. Se compone de 5 fases, que a su vez se desglosan en diversas tareas, que establecen los principios fundamentales a seguir y consideraciones relevantes para la adquisición correcta de datos en la inspección de la envolvente exterior de edificios agroindustriales. El protocolo propuesto ha sido validado con un caso práctico real mediante un dron con dos cámaras, una para la toma de fotos y vídeos y la otra de tipo térmico. Este estudio resalta la utilidad de los drones para la inspección de edificios agroindustriales, ya que permiten obtener información sobre zonas de difícil acceso, reduciendo los riesgos y el tiempo empleado, y, además, si dispone de cámara térmica, permite detectar puentes térmicos u otras anomalías.

#### Referencias

1. Hassanalian M., Abdelkefi A. Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. Progress in Aerospace Sciences. 2017, vol. 91, 99–131.
2. Malveaux C., Hall S., Price R.P. Using drones in agriculture: unmanned aerial systems for agricultural remote sensing applications. ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting, Montreal, Canada, 2014. Paper number 141911016.
3. Pérez-Ruiz M., Agüera-Requena P., Martínez J., Polo M.A., Apolo-Apolo O.E. Estimación de producción de fruta en cítricos a través de tecnologías basadas en drones y visión artificial. IX Congreso Ibérico de Agroingeniería, Braganza, Portugal, 2017. Libro de Resúmenes, 145, ISBN: 978-972-745-229-3.

*X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA*  
*X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA*  
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

4. Huuskonen J., Oksanen T. Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018, vol. 154, 25–35.
5. Vayssade J.A., Arquet R., Bonneau M. Automatic activity tracking of goats using drone camera. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019, vol. 162, 767–772.
6. Tang L., Shao G. Drone remote sensing for forestry research and practices. *Journal of Forestry Research*. 2015, vol. 26, 791–797.
7. Seo J., Duque L., Wacker J. Drone-enabled bridge inspection methodology and application. *Automation in Construction*. 2018, vol. 94, 112–126.
8. Inzerillo L., Di Mino G., Roberts R. Image-based 3D reconstruction using traditional and UAV datasets for analysis of road pavement distress. *Automation in Construction*. 2018, vol. 96, 457–469.
9. Entrop A.G., Vasenev A. Infrared drones in the construction industry: designing a protocol for building thermography procedures. *Energy Procedia*. 2017, vol. 132, 63–68.
10. Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea. Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales.
11. Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. Ministerio de Fomento.