

# TECNOLOGÍA DE DRONES, HERRAMIENTA PARA EL VALUADOR INMOBILIARIO

## DRONES TECHNOLOGY, REAL ESTATE APPRAISER TOOL

*Iván Humarán Nahed, Pedro Alfonso Aguilar Calderón, José Refugio Rojas López, Leila Villareal Dau*

Centro de Valuación y Estudios Urbanos (CVEU), Universidad Autónoma de Sinaloa, México

E-mail: [ivan.humaran, pedro\_a4, rojas, leilavillarreal]@uas.edu.mx

(Enviado Marzo 11, 2019; Aceptado Mayo 23, 2019)

### Resumen

La tecnología de los DRONES, una herramienta de última generación para el valuador inmobiliario, la cual debería ser considerada, en el momento de programar la actualización profesional de este prestador de servicios; no obstante, y desde la experiencia gremial de los autores en Colegios de Profesionistas, al tratar de formular cursos, seminarios, talleres o similares, se suele recurrir a temas que ya se cursaron, en el currículo de su formación universitaria, que para el caso del valuador profesional, se extiende a postgrado de especialización, maestría y doctorado; sin embargo, en un sentido más estricto, para una verdadera actualización, sería necesario incluir contenidos que complementen su formación disciplinar, respondiendo a una modernización real, en el aspecto de incorporar las tecnológicas más avanzadas a su desempeño profesional. En este sentido, el hablar de la aplicación de los Drones, y su utilización en el desempeño profesional del valuador inmobiliario, sí que sería, una verdadera actualización del profesionista, es por ello que quisimos tocar el tema de esta tecnología y su aplicación en el ámbito del valuador inmobiliario.

**Palabras clave:** *Dron, Vehículo Aéreo No Tripulado, VANT.*

### Abstract

The technology of the DRONES, a tool of last generation for the real estate appraiser, which should be considered, at the moment of scheduling the professional update of this service provider; However, and from the professional experience of the authors in Professional Associations, when trying to formulate courses, seminars, workshops or similar, it is usual to resort to subjects that have already been studied, in the curriculum of their university education, that for the case of the professional appraiser, extends to postgraduate specialization, masters and doctorate; however, in a more strict sense, for a true update, it would be necessary to include contents that complement their disciplinary training, responding to a real modernization, in the aspect of incorporating the most advanced technologies to their professional performance. In this sense, talking about the application of the Drones, and their use in the professional performance of the real estate appraiser, it would be a true update of the professional, that is why we wanted to touch on this technology and its application in the scope of the real estate appraiser.

**Keywords:** *Drone, Unmanned Aerial Vehicle, UAV.*

## 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el empleo de la tecnología de los drones<sup>1</sup> y su utilización en diferentes ámbitos profesionales y de ocio, son novedad alrededor de nuestro planeta; y claro en algunos países, más que en otros; es sabido que su utilización, no solo se concreta en el área de las ciencias aplicadas, abarca también, las actividades con fines bélicos y en contraparte, actividades de ayuda humanitaria. Quisimos abordar con este artículo, una conceptualización general de esta tecnología, así como, el flujo de trabajo a realizar, durante una aplicación profesional en el mundo

del valuador inmobiliario, como lo es, el primer contacto con su materia de trabajo, el inmueble a valorar; con la finalidad de extraer información valiosa para la obtención del dictamen de valor, como lo son sus características físicas (superficies, perímetro, estados de conservación, uso potencial, tipologías de construcción, apreciación fotográfica, etc.), su entorno urbano o rural, usos de suelo, topografía [1], geolocalización [2], entre otras características a considerar. Es importante señalar, que el uso de esta tecnología, toma mayor relevancia, al aumentar la envergadura del inmueble objeto del avalúo.

<sup>1</sup> "Dron" es la adaptación al español del término "drone" proveniente del inglés, aunque es muy común su uso por medio del plural "Drones", ambas palabras (dron y drones, no "drone") aceptadas hoy por la RAE como palabra del español. El significado original de la palabra "drone" en inglés es la de "zángano", o abeja macho. Igualmente, en inglés se

usa para identificar el sonido de las abejas al volar, como zumbido. Sea cual fuere el origen del término "dron" hoy en día cuando leamos o escribamos la palabra, debemos entenderla como un vehículo volador no tripulado de pequeña escala, para el reconocimiento de áreas o zonas, u otras funciones, de uso cada vez más frecuente en nuestra realidad.

Muchas personas han optado por este aparato como método de entretenimiento, sin embargo, no dejan de ser robots voladores no tripulados, de alta tecnología; razón por la cual, son más comunes en nuestro quehacer cotidiano y en aplicaciones profesionales, cada vez, más diversas.

Se percibe que en estas dos primeras décadas del siglo XXI se han presentado avances tecnológicos importantes, a la par, que la sociedad, se torna más demandante; por lo que es necesario responder adecuadamente a estos retos, reaccionando con mayor eficiencia, de manera más informada; aportando soluciones más ágiles, solventes y sobre todo confiables a los problemas que se plantean.

La valuación de bienes inmuebles no es ajena a esta situación; resulta de suma importancia poder contar con información actualizada, donde existen, además de los componentes jurídicos, también los de tipo técnico, como su cuenta catastral, ligadas a las características físicas del inmueble, incluida su georreferenciación, para poder valorar no solo con base en la cantidad de niveles y superficie por planta, sino tener un conocimiento más profundo del bien a valorar.

La tecnología implicada en los Drones, resulta una excelente herramienta para asistir a los profesionistas de las tareas antes mencionadas, debido a la velocidad con la que se pueden obtener grandes cantidades de datos del tipo requerido, así como la calidad de los mismos.

### 1.1 ¿Dron?

Si bien la palabra Dron es de uso y aceptación común, dando la referencia a un Vehículo Aéreo No Tripulado, su designación más técnica es VANT por sus siglas, o UAV en inglés (Unmanned Aerial Vehicle), o en su caso, también se denomina RPA (Remotely Piloted Aircraft); que, en cualquiera de sus denominaciones, viene a ser una aeronave que vuela sin tripulación; mezclando, lo más moderno y avanzado de la robótica y la aeronáutica, se logra como consecuencia, acciones que hasta hoy, no habían sido captadas por ningún ser humano.

### 1.2 Concepción del VANT

Para conceptualizar adecuadamente al VANT, comentamos que, son aeronaves muy complejas de pequeño o mediano tamaño, piloteadas de manera remota, las cuales no requieren de tripulación. Las cuales pueden ser utilizadas en diversas actividades productivas, algunas quizás sean para salvar acciones que representarían un de alto riesgo para el ser humano, o requieran de un nivel alto de exactitud y obtención de una gran cantidad de datos [3], que solo puede conseguirse a través del uso de esta tecnología. Estos robots aéreos, están provistas con equipamiento de última generación, como son: sensores infrarrojos, ultrasónicos, acelerómetro, altímetro,

giroscopio, brújula, control de radares, GPS<sup>2</sup>, cámaras de alta resolución, así como telemetría OSD<sup>3</sup>, los cuales son capaces de transmitir información muy detallada a los satélites, que luego son retransmitidas al control de tierra, todo esto en tan solo fracciones de segundos.

Normalmente estos equipos, se componen de dos instrumentos:

1. Aeronave: se presentan en diferentes tamaños, va desde el equiparable a la palma de una mano, hasta el tamaño de una aeronave mediana, que se mueven en torno a los objetos, utilizando una avanzada tecnología para comunicarse con su otro componente en tierra.
2. Sistema de control: que permanece en tierra, al cual, la aeronave envía información y también recibe órdenes; se puede controlar casi cualquier acción, desde cambiar la trayectoria a nivel tridimensional, como operar varios tipos de artefactos, que entre los más comunes tenemos cámaras fotográficas de gran resolución y utilidad múltiple.

Este artefacto tecnológico, posee la capacidad de sobrevolar a altitudes impensables en aeronaves convencionales, logrando evitar radares, entre otras ventajas competitivas.

## 2 PRINCIPALES USOS DE LOS VANT

Además del uso militar, estos equipos son utilizados sin fines bélicos, en diferentes ámbitos científicos y profesionales, generan mapas fieles a la realidad actual, captan y obtienen imágenes con vistas solo posibles con esta tecnología, generan videos para documentales de alta resolución, con geoposicionamiento 100% confiable.

Dentro del área climática, los VANT, poseen la capacidad de acercarse a huracanes y tormentas, pudiendo obtener información muy valiosa. También son muy utilizados en la agricultura, controlando los cultivos de manera muy eficiente, aplicando pesticidas o riego, además son capaces de seguir y controlar el desarrollo y crecimiento de las cosechas futuras.

En el estudio del comportamiento de los seres del reino animal, juegan un rol fundamental, ya que pueden controlar y monitorear el cuidado de las especies en peligro de extinción. Tienen la capacidad de encontrar, ubicar e identificar de una manera muy veloz y práctica cualquier tipo de amenaza posible, pudiendo generar acciones para prevenirlas a tiempo. Estas grandes máquinas, de tamaño pequeño; se han utilizado, para rescatar personas, ubicándolas de manera ágil, obteniendo su georreferenciación, para que un equipo de rescate acuda en su auxilio.

En el ámbito de la Valuación Inmobiliaria, los VANT tienen un nicho de oportunidad importante, ya que una de

<sup>2</sup> Sistema de Posicionamiento Global (en inglés, GPS; Global Positioning System).

<sup>3</sup> On screen display u OSD es una interfaz de configuración.

las características que debe captar el valuador inmobiliario, con gran precisión, es la configuración física del inmueble objeto del trabajo a desarrollar, con las características ya comentadas anteriormente en el presente documento, cuestiones que se pueden lograr rápida y eficientemente con estos artefactos, ya que se construye en postproducción, elementos se suma importancia para estos fines, como son, entre otros, el modelo tridimensional del inmueble, georreferenciado, como se aprecia en el apartado cuatro, del caso práctico en presente artículo.

## 2.1 Modelos de VANT

Existe una gran variedad de VANT, a continuación, presentamos algunos modelos profesionales de estos aparatos tecnológicos, dentro de la marca líder del mercado DJI.

El *Phantom 4*, Fig. 1, es uno de los modelos más acreditados en el mundo del entretenimiento, así como en el ámbito profesional; es el más elegido por las personas, en el momento de su elección, al desear contar con una aeronave confiable y con excelentes prestaciones. Este modelo, es ideal gracias a la estupenda relación precio-calidad, el cual incluye una cámara estabilizada en tres ejes de 20 mpx<sup>4</sup>, con un sensor CMOS<sup>5</sup> de una pulgada, graba videos con calidad 4K<sup>6</sup>, lo que hace que pueda filmar o fotografiar en FHD<sup>7</sup>. Alcanza una velocidad de 72 km/h y cuenta con una autonomía en vuelo de hasta 30 minutos, sistema de posicionamiento por satélite GPS/GLONASS<sup>8</sup> que le permite recoger información precisa de las zonas y su vuelo.



Figura 1 Dron *Phantom 4*.

<sup>4</sup> Resolución de imagen, equivalente a ampliar a 46 x 31 cm, a máxima calidad

<sup>5</sup> Un sensor de píxeles activos (active pixel sensor (en inglés) cuyo acrónimo es APS), es un sensor que detecta la luz basado en tecnología CMOS y por ello más conocido como Sensor CMOS. Gracias a la tecnología CMOS es posible integrar más funciones en un chip sensor, como por ejemplo control de luminosidad, corrector de contraste, o un conversor analógico-digital

<sup>6</sup> La nomenclatura 4K hace referencia a varios formatos ya que no se refiere a un tamaño o resolución de pantalla concreto sino a los distintos tamaños de imagen que tienen alrededor de 4000 píxeles de resolución horizontal.

<sup>7</sup> 1080p (1920×1080 px; también conocido como Full HD o FHD) es un conjunto de modos de video de alta definición caracterizado por 1920 píxeles que se muestran en la pantalla horizontalmente y 1080 píxeles en la pantalla verticalmente.

<sup>8</sup>GLONASS (acrónimo en ruso, ГЛОНАСС, ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система tr.: Global'naya

Este dron tiene un alcance de 7,000 metros, cuenta con el comando RTH<sup>9</sup> que hace que regrese de manera automática a nuestra posición, cuando: 1. no hay contacto visual, 2. en el momento que la señal, entre la aeronave y el control terrestre se pierda o 3. la batería de la aeronave solo sea suficiente para su retorno de manera segura.

Su mando es preciso y de excelente calidad, se incluye un cargador batería vía USB, para ambos componentes; este Dron es complementado con una App para *Smartphone* (Android e iOS) en el cual se ve y controla la telemetría<sup>10</sup> del dron, el cual comunica al artefacto de tierra, como su altura, velocidad, posición, las imágenes de su cámara, entre otras.

El *Phantom 4* cuenta con cinco versiones: estándar, *advanced*, *pro*, *pro obsidian* y RTK, sus precios de venta van desde los 2,000 hasta los 6,500 dólares. Las diferencias principales son: 1: el número de sensores anticolidión, incorporados, que van desde dos sensores frontales, y dos en la parte inferior (dos direcciones), hasta complementos con sensores laterales y traseros (5 direcciones), 2: el RTK<sup>11</sup>, además de tener sensores en las cinco direcciones de la aeronave, cuentan con el sensor RTK, que brinda una aproximación submétrica en la exactitud de sus referencias geográficas, y 3: incorporación de aditamentos diversos, como inclusión de pantalla de navegación.

## 3 FLUJO DE TRABAJO PARA LA UTILIZACIÓN DEL VANT EN EL DESEMPEÑO PROFESIONAL DEL VALUADOR INMOBILIARIO

Es importante destacar que, las imágenes necesarias para la aplicación del flujo de trabajo que a continuación se describe, requieren ser capturadas con un VANT, con características tecnológicas equiparables al del *Phantom 4* [4], descrito en el apartado anterior, pues se demanda además de su calidad de imagen, su correspondiente geoposicionamiento en cada una de las tomas, y de un conjunto de características que garanticen la estabilidad de la aeronave.

El flujo de trabajo depende en mucho del producto final que se pretenda, según necesidades y alcances requeridos en el trabajo de valuación a desarrollar, sin embargo, se puede generalizar en los siguientes procesos:

Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) desarrollado por la Unión Soviética, siendo hoy administrado por la Federación Rusa y que constituye el homólogo del GPS estadounidense y del Galileo europeo.

<sup>9</sup> Comando activo-pasivo Return to Home.

<sup>10</sup> La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

<sup>11</sup> RTK (del inglés Real Time Kinematic) o navegación cinética satelital en tiempo real, es una técnica usada para la topografía y navegación marina basado en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, GLONASS y/o de Galileo, donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniendo una exactitud submétrica. Cuando se refiere al uso particular de la red GPS, el sistema también es llamado comúnmente como DGPS (Corrección de portador de fase).

Primero, generar el plan de vuelo, con algún software especializado [5], en el cual indicaremos el polígono que contiene el inmueble a valorar, en el cual estipularemos algunos parámetros como la altura de vuelo, solapes y traslapes a considerar, trayectoria a seguir y posicionamiento de la cámara.

Las características mencionadas, determinarán el tiempo de vuelo necesario, para cubrir el área de interés, así como la distancia de muestreo en tierra de las fotografías (cm/px), que, en definitiva, redundará en el consumo energético de la aeronave. Lo anterior se puede realizar desde el despacho del valuador, con lo que estará programado y resguardado el plan de vuelo, el cual podrá llevarse a cabo, en el momento que se juzgue pertinente.

Como segunda fase del proceso, al valuador y el equipo, se tendrá que ubicar en el sitio de interés, en el cual se revisarán los parámetros climáticos imperantes, como velocidad y dirección del viento, el índice Kp<sup>12</sup>, nubosidad, visibilidad, y sobre todo que la zona no sea restringida para el vuelo de VANT, parámetros que no deberán de rebasar los umbrales de seguridad para la aeronave.

Se hace necesarios, además, una inspección física del lugar, para detectar fuentes magnéticas perjudiciales para la estabilidad del dron, así como posibles obstáculos o potenciales circunstancias de colisión, verificar que la altura programada en el plan de vuelo, este por encima de edificios, torres u protuberancias naturales; de lo contrario, se tendría que modificar estos parámetros, no obstante que el *Phantom 4*, posee sensores anticolidión, es mejor prevenir cualquier contratiempo. Habrá de tomar en cuenta que, a lo largo del vuelo, se debe tener visión directa entre la aeronave y el control de tierra, para evitar desconexiones.

Resulta conveniente, marcar o visualizar puntos en el inmueble que sirvan como referencias de control espacial (pueden ser marcas, objetos o puntos destacables), los cuales, a su vez, puedan ser capturados en las tomas que realizara el VANT. obteniendo su georreferenciación por medio de una estación topográfica o por medio de Sistemas de Información Geográfico, que las contenga.

Revisados y superado los aspectos anteriores, se procede a realizar el vuelo, por lo que habrá que preparar la aeronave, lo cual requiere a su vez, un conjunto de verificaciones a realizar.

En primera instancia y estando en el sitio donde se pretende realizar el despegue, y con la aeronave y sus

complementos operando, se verifican los parámetros de seguridad del VANT; como número de satélites disponibles para la aeronave, calibración de la brújula, IMU<sup>13</sup>, Gimbal<sup>14</sup>.

Comprobados los aspectos anteriores, habrá que alimentar al VANT con el plan de vuelo preestablecido, y realizar el despegue de la aeronave; una vez en el aire, el dron realizará el vuelo (trayectoria programada), y la toma de fotografías en forma automática, sin embargo, será conveniente tener a la vista el dron (requiriendo un copiloto), para evitar cualquier infortunio. Una vez que el VANT, termina con el plan de vuelo, este regresará al sitio de despegue, con la información recopilada (conjunto de fotografías capturadas y georreferenciadas).

Como proceso final, tenemos la postproducción, la cual consiste en procesar el conjunto de fotografías capturadas por el VANT, que alimentan un software de computadora especializado para tal fin, obteniéndose diversos productos finales, útiles para la obtención de datos ya comentados en el presente artículo, necesario para poder dictaminar el valor del inmueble considerado, así como elementos de representación gráfica, incluidos en el informe final del trabajo que el valuador profesional entregará a su cliente.

#### 4 EL CASO PRÁCTICO: EL PARQUE DE LAS CIUDADES HERMANAS

Se realizó un levantamiento con un VANT, del predio situado frente al mar, ocupado actualmente por un parque de reciente construcción, denominado “Las Ciudades Hermanas”, para lo cual fue necesario la demolición de un hospital inhabilitado y un centro de educación medio superior en uso, su ubicación es sobre Paseo Claussen (malecón), entre Av. Ignacio Zaragoza y Fortín, Posterior calle Jabonería, dos vialidades estructurantes en el primer cuadro la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

La construcción del inmueble en mención ha logrado transformar el uso de suelo en el entorno inmobiliario y sus valores, al generar una mayor plusvalía de la zona, por lo que convierte este inmueble en un objeto de interés, desde el punto de vista de la espacialidad de los valores urbanos y, en consecuencia, un inmueble de relevancia para el valuador profesional, al estudiar los alcances en la repercusión de la dotación de obras públicas de recreación y ocio, como equipamiento urbano y mejoramiento del

<sup>12</sup> El índice geomagnético Kp cuantifica las alteraciones en la componente horizontal del campo magnético terrestre mediante un número entero en el rango de 0 a 9 (1 indica un período de calma y 5 o más indica una tormenta geomagnética). Se calcula a partir de las fluctuaciones máximas de la componente horizontal observada en un magnetómetro durante un intervalo de tres horas. La etiqueta K proviene de la palabra alemana Kennziffer.

<sup>13</sup> IMU por sus siglas en inglés (inertial measurement unit). es un dispositivo electrónico que mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos. Las unidades de medición inercial son normalmente usadas para maniobrar aviones, incluyendo

vehículos aéreos no tripulados, entre muchos otros usos, y además naves espaciales, incluyendo transbordadores, satélites y aterrizadores.

La IMU es el componente principal de los sistemas de navegación inercial usados en aviones, naves espaciales, buques y misiles guiados entre otros. En este uso, los datos recolectados por los sensores de una IMU permiten a un computador seguir la posición del aparato, usando un método conocido como navegación por estima.

<sup>14</sup> Un gimbal es una plataforma motorizada y controlada mediante una placa con varios sensores, generalmente acelerómetros y compás magnético que se encarga mediante el uso de algoritmos de control y PIDs de mantener un objeto, normalmente una cámara estabilizada, de modo que independientemente del movimiento que realice el portador de la misma, ésta quede estable permitiendo tomar buenas capturas.

entorno, de cara al aumento de los valores inmobiliarios del hábitat inmediato.

Cuyo vuelo requirió, para generar la inclusión del inmueble en cuestión, un alcance de 3.6 hectáreas de superficie, con lo que fue posible la obtención de las Figuras 2, 3 y 4, mostradas más adelante, dicho vuelo requirió ser gestionó bajo la siguiente configuración:

**Tabla 1** Configuración del Vuelo. Fuente: Elaboración propia.

<b>Dron:</b> Phantom 4 Advance	<b>Ubicación despegue:</b> 23.206142°, 106.428640°	<b>Angulo de la cámara:</b> 90°
<b>Fecha:</b> 6 enero 2019	<b>GSD<sup>15</sup>:</b> 4.38 cm/px	<b>Tiempo de vuelo:</b> 6min:30s
<b>Hora:</b> 2:07:51 pm	<b>Dimensiones:</b> 157 x 232 m	<b>Fotografías capturadas:</b> 78
<b>Altura del vuelo:</b> 100 m	<b>Traslape   solape:</b> 85%   77%	<b>Tipo de toma:</b> adelante
<b>Tipo:</b> Cuadrícula	<b>Tiempo de vuelo:</b> 8min:00s	

Al realizar el vuelo, se obtuvieron 78 fotografías aéreas georreferenciadas, como se especifica en la Tabla 1, para el caso ilustrado; pasando al proceso de postproducción en gabinete, como lo indicado anteriormente en el título 3. Flujo de trabajo..., del presente artículo, lo que hace necesario, un equipo de cómputo de gama alta, dado que el proceso requiere de bastantes recursos informáticos (hardware), siendo inevitable además de un CPU<sup>16</sup> avanzado, también un GPU<sup>17</sup> bastante capas, y con la incorporación de algún software ad hoc, se inicia el procesamiento fotogramétrico del grupo de tomas obtenidas mediante el VANT, para la producción de los elementos requeridos o solicitados para el trabajo específico en cuestión, que a manera genérica, debe contemplarse los siguientes procesos:

1. Incorporación del grupo de fotografías georreferenciadas a la aplicación, que comprenda la totalidad del inmueble en estudio.

<sup>15</sup> **Distancia de muestreo en tierra (GSD).** Un GSD de 5 cm significa que un píxel en la imagen representa linealmente 5 cm en el suelo (5 \* 5 = 25 centímetros cuadrados).

<sup>16</sup> La unidad central de procesamiento o unidad de procesamiento central (conocida por las siglas CPU, del inglés: central processing unit), es el hardware dentro de un ordenador u otros dispositivos programables, que interpreta las instrucciones de un programa informático mediante la realización de las operaciones básicas aritméticas, lógicas y de entrada/salida del sistema. El término, y su acrónimo, han estado en uso en la industria de la Informática por lo menos desde el principio de los años 1960. La forma, el diseño de CPU y la implementación de las CPU ha cambiado drásticamente desde los primeros ejemplos, pero su operación fundamental sigue siendo la misma.

<sup>17</sup> La GPU (acrónimo de graphics processing unit, que significa unidad de procesamiento gráfico) es un procesador (como la CPU) dedicado al procesamiento de gráficos; su razón de ser es aligerar la carga de trabajo del procesador central y, por ello, está optimizada para el cálculo en coma flotante, predominante en las funciones 3D. La mayor parte de la información ofrecida en la especificación de una tarjeta gráfica se refiere a las características de la GPU, pues constituye la parte más importante de la tarjeta gráfica, así como la principal determinante del rendimiento. Tres de las más importantes de dichas características son la frecuencia de reloj del núcleo, que puede oscilar entre 825 MHz en las tarjetas de gama baja, y 1600 MHz (e incluso más) en las de gama alta, el número de sombreadores y el número de tuberías (de vértices o fragmentos) encargadas de traducir una imagen 3D compuesta por vértices y líneas en una imagen 2D compuesta por píxeles.

2. Orientación de las fotografías, dado que en la trayectoria del VANT -face forward- son realizadas las capturas, cuando este circula con una dirección determinada, según trayecto programado; en consecuencia, la orientación de las fotografías no se encuentra con la disposición adecuada, para generar el mosaico fotográfico de la zona en estudio.
3. Creación de la nube de puntos densa [6], a partir de las tomas fotográficas, procesadas según paso anterior, el software produce o traduce las imágenes en un conjunto de puntos con coordenadas x, y, z georreferenciados, capaz de constituir un modelo tridimensional del objeto de interés, en este caso del inmueble en cuestión, por medio una nube de puntos en el espacio, agregándole además textura y color, a cada uno de los puntos generados. Este proceso es el que requiere de mayores recursos de hardware, así como de tiempo de computo, que para el caso que nos ocupa, se requirieron 12 horas.
4. A partir de la nube de puntos anteriormente obtenida [7], se procede a la obtención de una malla tridimensional, que dibuja la superficie recogida en el vuelo del VANT, en superficie, dimensiones y relieve, con mucha precisión.
5. Finalmente se genera las texturas en la maya, interpolando las características de cada punto, en términos de su color y textura. En la Fig. 2 se ilustra el producto del vuelo realizado sobre el parque de las Ciudades Hermanas, según datos de configuración, anteriormente mencionados.

Derivados del flujo de trabajo anterior, se puede obtener diversos productos, que, a su vez, servirán de insumos para la obtención de datos buscados, como es la ortofotografía<sup>18</sup> del inmueble, mediante un proceso de rectificación de las tomas capturadas con el VANT, su DSM [8], DEM<sup>19</sup> [9], curvas de nivel<sup>20</sup>, volúmenes específicos, entre otras cuestiones, según necesidades y

<sup>18</sup> Una **ortofotografía** se consigue mediante un conjunto de imágenes aéreas (tomadas desde un avión o un VANT), que han sido corregidas para representar una proyección ortogonal sin efectos de perspectiva, y en la que, por lo tanto, es posible realizar mediciones exactas, a diferencia de una fotografía aérea simple, que siempre presentará deformaciones causadas por la perspectiva de la cámara, la altura o la velocidad a la que se mueve la cámara. A este proceso de corrección digital se le llama ortorrectificación. Entonces, una ortofotografía (u ortofoto) combina las características de detalle de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano.

<sup>19</sup> Los datos digitales más comunes de la forma de la superficie de la tierra (características naturales y cosntruidas en la superficie de la tierra o solo la tierra desnuda) son los modelos digitales de elevación (DSM o DEM) basados en celdas. Un DSM o DEM es una representación de ráster de una superficie continua, que en general hace referencia a la superficie de la tierra, con o sin, sus contenidos actuales.

<sup>20</sup> Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones, normalmente altitud sobre el nivel del mar o profundidad.

En Geodesia, cada una de las curvas de nivel materializa una sección horizontal de relieve representado. La equidistancia, diferencia de altitud entre dos curvas sucesivas, es constante y su valor depende de la escala del mapa y de la importancia del relieve.

En Oceanografía la isóbata es una curva que se utiliza para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en el océano y en el mar, así como en lagos de grandes dimensiones.

requerimientos específicos para cada caso en particular, con una exactitud y nivel de detalle, inalcanzables con procedimientos convencionales, ver Fig. 3 y 4. Por medio

de esta tecnología podemos acceder a una cantidad de información masiva a altas escalas [10], [11].



**Figura 2** Vista de la Malla Texturizada del modelo del Parque de las Ciudades Hermanas, en Mazatlán, Sinaloa. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3** Ortofoto del Parque Ciudades Hermanas en Mazatlán, Sinaloa. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4** DSM + Curvas de Nivel. Fuente: Elaboración propia

## 5 CONCLUSIONES

La aplicación de la tecnología de los Drones, constituye un sistema que va más allá de solo tomar fotografías para ilustrar el contenido de un dictamen o avalúo; es una herramienta muy potente que nos permite conocer de una manera nunca antes considerada, los sitios de trabajo y sus inmuebles contenidos, generando una conceptualización del entorno inmobiliario con mayor explicación de su espacialidad y contenido, suministrando información precisa y valiosa en la configuración de un dictamen de valor inmobiliario.

Con la implementación del software especializado, se obtiene un modelo tridimensional, con características de proximidad métrica e incluso submétrica con equipos RTK de espacios que pudieran ser de difícil o incluso imposibles de acceder en condiciones normales.

Con los productos generados con el proceso mencionado a partir de modelos tridimensionales, se pueden obtener mediciones directas y precisas (ortofoto, DSM, DEM); productos que se pueden exportar a ambientes de trabajo CAD y SIG, para llevar a cabo los procesos tradicionales, a los cuales estamos más acostumbrados [12].

Debemos ser conscientes que, esta tecnología, al igual que otras, no sustituye la participación del profesional, sino que viene a complementar y enriquecer los productos que este ofrece, realizando su desempeño profesional, de manera más ágil y precisa; cuyos contenidos serán más abundantes y de mayor profundidad y calidad, con un mejor manejo gráfico y fiel a la realidad del inmueble en cuestión, al momento de generar su avalúo; en definitiva, un trabajo de mayores alcances profesionales, en beneficio de sus clientes y la sociedad.

Por lo anteriormente considerado, estamos convencidos que el profesional de la Valuación Inmobiliaria, debe echar mano de esta herramienta tecnológica de punta; no obstante que presenta algunas restricciones, como toda cuestión emergente, dado su escasa asequibilidad, el conocer, comprender y en su caso manipular, este tipo de herramientas profesionales, generará incentivos para su aplicabilidad.

Así mismo, la utilización de este robot aéreo, en diversas áreas del conocimiento, queda de manifiesto, por lo que aún hay, mucho por descubrir en este aspecto, en beneficio de la humanidad.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G. (2013). Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments. *Remote Sensing*, 5, 6880-6898.
- [2] Mesas-Carrascosa, F. J., Clavero Rumbao, I., Barrera Berrocal, J. A., García-Ferrer Porras, A. (2014). Positional quality assessment of orthophotos obtained from sensors onboard multirotor UAV platforms. *Sensors*, 14 (12), 22394-22407. DOI: <https://doi.org/10.3390/s141222394>
- [3] Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P. (2016). Accuracy of Digital Surface Models and Orthophotos Derived from Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry. *Journal of Surveying Engineering*, 143 (2), 1-10. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000206](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000206)
- [4] Aber, J. S., Marzolf, I., Ries, J. B. (2010). *Small format aerial photography. Principles, techniques and geoscience applications*. Amsterdam: Elsevier.
- [5] Verhoeven, G. (2011). Taking computer vision aloft—archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with Photoscan. *Archaeological Prospection*, 18 (1), 67-73. DOI: <https://doi.org/10.1002/arp.399>
- [6] Harwin, S., Lucieer, A. (2012). Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multiview stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *Remote Sensing*, 4 (6), 1573-1599. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4061573>
- [7] Rosnell, T., Honkavaara, E. (2012). Point cloud generation from aerial image data acquired by a quadcopter type micro unmanned aerial vehicle and a digital still camera. *Sensors*, 12 (1), 453-480. DOI: <https://doi.org/10.3390/s120100453>
- [8] Ruzgiene, B., Berteska, T., Gecyte, S., Jakubauskiene, E., Aksamitaukas, V. C. (2015). The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation. *Measurements*, 73, 619-627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.04.018>
- [9] Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N. (2015). DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurements*, 73, 539-543. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.06.010>
- [10] Laliberte, A. S., Herrick, J. E., Rango, A., Winters, C. (2010). Acquisition, Orthorectification, and Object based Classification of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery for Rangeland Monitoring. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76 (6), 661-672.
- [11] Colomina, I., Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- [12] Hoyos Castellanos, C. A., Sifuentes Ocegueda, A. T., Vázquez Magaña, J. J., Jaime Parra, M. Á., Treviño Montemayor, F. (2018). Las tecnologías de la información en la formación de los estudiantes de ingeniería civil en el Instituto Tecnológico de Tepic. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, 6 (12), 68-74.