

Drones en espacios urbanos: *Caso de estudio en parques, jardines y patrimonio edificado de Cuenca*

Drone in urban spaces: *Study case in parks, gardens and built heritage of Cuenca*

Resumen

La conservación del patrimonio edificado y el mantenimiento de las áreas verdes son actividades de importancia en la planificación de un territorio urbano. Los métodos tradicionales de recolección de cartografía suelen demandar elevados costos y períodos de tiempo relativamente largos. Con el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) se aspira obtener productos cartográficos y modelos 3D. El uso de técnicas fotogramétricas puede convertir las fotografías capturadas por el dron en información digital como ortofotos, modelos digitales de superficies o modelos 3D. La información de estos bienes urbanos, en series temporales, permitirá evaluar los daños y cambios de los mismos a lo largo del tiempo y, de esta manera, ejecutar acciones de protección y mitigación de sus impactos.

Palabras clave: áreas verdes, dron, modelos 3D, ortofotos, patrimonio

Abstract:

The conservation of the built heritage and the maintenance of the green areas are important activities in the planning of an urban territory. Traditional methods of mapping often require high costs and relatively long periods of time. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) aims to obtain cartographic products and 3D models. The use of photogrammetric techniques can convert photographs captured by the drone into digital information such as orthophotos, digital surface models or 3D models. The information of these urban goods in time series will allow to evaluate the damages and changes of the same over time and thus to execute actions of protection and mitigation of their impacts in a timely manner.

Keywords: drone, green areas, heritage, orthomosaic, 3D mode.

Autor:
Ing. Mg. Diego Pacheco Prado
dpacheco@uazuay.edu.ec

Universidad del Azuay
Ecuador

Recibido: 11 Abr 2017
Aceptado: 20 Jun 2017

1. Introducción

Los Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) o *DRONE* (en inglés) son sistemas de vuelo sin piloto a bordo, con la capacidad de ser controlados desde tierra o volar en modo automático a partir de un plan de vuelo geo-referenciado por GPS. Tienen la capacidad de volar a baja altura y mantener comunicación en tiempo real con la estación en tierra (Austin, 2011).

En el Ecuador, la Dirección de Aviación Civil (DAC) estableció –entre la norma para la operación de VANT– parámetros como: altura máxima de vuelo (122 m), un horario comprendido entre la salida y puesta del sol, condiciones meteorológicas adecuadas, condiciones de vuelo y visual libre de nubes, neblina y precipitación (DAC, 2015).

En la actualidad, los VANT son utilizados en diferentes aplicaciones, las más frecuentes son: imágenes y video aéreo, monitoreo y vigilancia, inspección de infraestructuras, búsqueda y rescate, gestión de emergencias, mapeo de terrenos (Addati & Lance, 2014).

La información capturada a distancia por el VANT es procesada mediante técnicas de fotogrametría de la que se obtiene, entre otros, productos cartográficos: la ortofoto,¹ modelos digitales, nubes de puntos y modelos 3D.

En la actualidad, las técnicas de la fotogrametría se consideran integradas con las técnicas de percepción remota y las de fotointerpretación; tres técnicas que se complementan entre sí. (Otero, Ezquerra, Rodríguez Solano, Martín, & Bachiller, 2008).

La fotogrametría hace posible documentar, de manera adecuada, construcciones completas a escala, con medidas o alturas muy aproximadas a la realidad y, además, con texturas y detalles reales (Serna Prieto, 2016). Otro producto posible a obtener de la fotogrametría y el VANT, es el modelo digital de superficies (MDS) que muestra las alturas sobre el nivel medio del mar. Esto, en conjunto con la ortofotografía, provee el componente altimétrico que proporciona información útil para planificación de infraestructuras u otras aplicaciones.

En la planificación territorial, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) juegan un papel

importante respecto a dónde deben estar las cosas (Bosque & García, 2000). En primer lugar, para llegar a ello se debe diagnosticar el estado del territorio; actividad que se realiza de forma más exacta si se dispone de información reciente y se pueda conocer los cambios que ha tenido el territorio a lo largo del tiempo. Un ejemplo de ello es mapear y evaluar el cambio de cobertura del suelo de las ciudades (Ma, Li, Wang, Tong, & Cheng, 2013).

En Latinoamérica, las ciudades están creciendo y cambiando de forma acelerada (Medina Vaughan, 1998). El cuantificar este cambio con la resolución temporal que se puede obtener a través de VANT, permitirá realizar procesos de monitoreo y control mediante los productos cartográficos obtenidos; de la ortofoto se puede determinar la cobertura vegetal y uso del suelo.

Si este dato se puede generar con cierta periodicidad dentro de las ciudades, se podría determinar los cambios de uso del suelo (Musakwa & Van Niekerk, 2015), por ejemplo, de actividades agrícolas y productivas a zonas residenciales.

Una de las utilidades urbanas de estos equipos es la generación de información cartográfica para procesos planificación territorial, entre ellos: la actualización de fichas catastrales, actualización y verificación de información urbana, gestión de centros históricos, seguimiento y control de áreas de reservas naturales y gestión de zonas con valor ambiental (Torres Patricia, Zamora Ramón, 2015). Existen investigaciones que buscan usar esta tecnología para evaluar el tráfico vehicular en base a los videos que se pueden obtener del dron (Salvo, Caruso, & Scordo, 2014).

La tecnología dron está siendo estudiada en el mundo para la creación de planos catastrales que, en general, se hace por métodos directos como la topografía o por medio de instrumental Gns (Global Navigation Satellite System) de tipo geodésico (Soto, 2016).

Al ser tan amplio y variado el tratamiento y gestión de los espacios urbanos en este documento, el trabajo realizado se presenta solo en dos ámbitos: las áreas verdes y las edificaciones patrimoniales o históricas de la ciudad de Cuenca.

¹ Una ortofoto, u ortofotografía, es una fotografía aérea corregida geoméricamente (ortorectificada). A diferencia de una imagen aérea, una ortofoto puede ser utilizada para realizar

mediciones reales ya que es una representación precisa de la superficie terrestre, en la que se han corregido las distorsiones

1.1 Monitoreo del estado de parques y jardines de la ciudad de Cuenca

Estudios realizados afirman la existencia de una correlación entre las posibilidades de confort urbano – calidad de vida– y la existencia de zonas verdes (Gómez, 2005) (Velarde-Jurado & Avila-Figueroa, 2002). Esta correlación determina la importancia de preservar y conservar las áreas verdes para el bienestar de los ciudadanos. Para la conservación de estas áreas se buscan y se establecen estrategias de monitoreo, con la finalidad de evidenciar los cambios ocurridos a lo largo del tiempo –recuperación o degradación– y la toma de decisiones oportunas. Dentro de estas estrategias, los drones cumplen un rol de generación de ortofotos y cartografía con una alta resolución espacial y temporal en corto tiempo (Remondino, Barazzetti, Nex, Scaioni, & Sarazzi, 2011).

La ortofotografía presenta todos los elementos en una misma escala, por tanto, permite efectuar mediciones exactas tal como si se tratara de un mapa; combina las características del detalle de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano. Este insumo provee de información vital para procesos de planificación territorial nacional (Senplades, s.f.).

En la ciudad de Cuenca, según la información de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP), existen alrededor de 208 parques. Los principales y de mayor extensión son: El Paraíso, Parque de la Madre y el de Miraflores. A inicios del 2014, la Dirección de Planificación del Municipio realizó una nueva evaluación de los espacios verdes con el fin de determinar el índice de metros cuadrados por habitante ($m^2/hab.$), que es uno de los indicadores que mide la calidad de vida. Tras el estudio, se evidenció que la Ciudad tiene $5,98 m^2/hab.$, un porcentaje inferior comparado con los estándares internacionales (*El Telégrafo*, Guayaquil, 2016).

En el año 2013, EMAC-EP estableció una consultoría con la Universidad del Azuay con el propósito de “Desarrollar un sistema de control y gestión de parques, jardines y áreas verdes administrados por la EMAC EP”, el mismo que puede ser conocido a través de la web <https://goo.gl/RjBISO>; esto se realizó con la intención de brindar a los ciudadanos la oportunidad de conocer los parques y áreas verdes con los que cuenta la Ciudad, así como optimizar los procedimientos para dar mantenimiento y mejora a las citadas áreas.

Para ello, se realizó el levantamiento topográfico de cuarenta y dos parques de la ciudad de Cuenca y la digitalización de los datos obtenidos en un SIG. Para publicar esta información se usaron bases de datos espaciales, servidores de mapas y un visor de mapas en línea.

En el año 2015, con la adquisición de un dron por parte de la Universidad del Azuay, se evaluó la información obtenida a través del dron.² Este proyecto permitió determinar la factibilidad de generar productos cartográficos, con un alto detalle del terreno pero con un desplazamiento longitudinal entre cinco a diez metros en la altitud. Los parques sobrevolados fueron: La Paz, La Madre, Las Candelas, Inclusivo y San Marcos.

Estos parques se escogieron por una variedad en su nivel de complejidad espacial, por los elementos existentes en el mismo, además de obedecer a cambios muy importantes en su estructura como sucedió con los parques de La Madre e Inclusivo. En este caso, los parques de La Madre e Inclusivo fueron los de mayor complejidad al digitalizar la información en un SIG, por la diversidad de objetos a localizar y cartografiar (árboles, cuerpos de agua, infraestructuras, equipamientos entre otros).

1.2 Uso en el inventario de edificaciones patrimoniales e históricas

Mediante el Decreto N° 2600 del 9 de junio de 1978, se crea el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), entidad encargada de la protección de los bienes patrimoniales del Ecuador. Desde el año 1979 existe legislación específica en torno a la protección del patrimonio denominada “Ley de Patrimonio Cultural”. A partir del Decreto de emergencia del Patrimonio Cultural del año 2008, la sociedad empezó a tener conciencia de la importancia de precautelar los bienes heredados de nuestros antepasados (Rodas, 2008).

Las singulares características de Cuenca se descubren por medio de su gente, su cultura, sus costumbres y tradiciones. Sus edificaciones muestran huellas de la identidad propia de sus habitantes y la influencia arquitectónica de diferentes partes del mundo (*El patrimonio edificado de Cuenca*, 2013).

En la actualidad, el patrimonio cultural constituye uno de los factores esenciales para el desarrollo socioeconómico y la reafirmación de la identidad cultural de un pueblo; por ello, su conocimiento, difusión y generación establecen la forma fundamental de expresión de la humanidad (Soto Suárez, Muñoz Castillo, & Morcate Labrada, 2014).

La catalogación de bienes inmuebles de valor arquitectónico, se sustenta en su registro gráfico – dibujos, fotografías o modelos– y, con ello, se facilita su clasificación, mantenimiento, valoración, recuperación y promoción (*El patrimonio edificado de Cuenca*, 2013).

Una adecuada documentación del patrimonio podrá ser de considerable utilidad para otras labores, como estudios históricos o arqueológicos (arqueología virtual).

inherentes a las imágenes aéreas. Fuente: <https://www.grafcan.es/ortofotos>

² Vicerrectorado de Investigaciones, Universidad del Azuay, Proyecto 2015-31, Generación de información cartográfica a

través de vehículos aéreos no tripulados de la línea de investigación de Geomática y Territorio. Plantea como meta generar la ortofotografía de cinco parques de la Ciudad, para ello analiza las metodologías y equipos existentes en aquel tiempo.

Su difusión a través de portales web, visitas virtuales, publicidad, etc., puede revertirse económicamente en las zonas que favorezcan el uso de estas herramientas (Cuerno-Rejado, 2015).

En la actualidad, los métodos de documentación del patrimonio –sean métricos o no métricos– se encuentran afectados por el avance tecnológico. La tecnología dron representa una nueva metodología para registrar el paisaje de conjuntos arqueológicos (Angás & Alfredo, 2012).

La combinación de la fotogrametría terrestre con la aérea de baja altura, es el procedimiento idóneo para la obtención de información geométrica global de cualquier edificio, pues recoge la de puntos ocultos o inaccesibles (Peinado Checa, Fernández Morales, & Agustín Hernández, 2014) como la de la quinta fachada (tejado) que, en ciertos casos, puede ser más importante que las otras, como por ejemplo, en el mercado de Santa Caterina en Barcelona, España (Miralles & Tagliabue, 2004).

Los modelos 3D reproducen de manera digital el mundo real –sin llegar a la calidad de detalle existente en la realidad–, a través de miles de puntos y mallas que imitan terrenos y objetos por medio de estructuras simplificadas (López, 2007).

2. Materiales y métodos

El área de estudio seleccionada es la ciudad de Cuenca, ubicada en la zona centro sur del Ecuador. La riqueza de

su arquitectura y su cultura, en general, contribuyeron para que Cuenca logre el nombramiento de Patrimonio Cultural de la Humanidad el 1 de diciembre de 1999 (GAD Municipal de Cuenca, n.d.). Para la declaratoria, se consideró que la urbe logró consolidar un auténtico sitio en el que la mano del hombre ha desarrollado importantes edificaciones unificadas con un espacio geográfico natural excepcional y un grupo humano con sólidas tradiciones culturales (CUENCA, s.f.).

En este contexto, la conservación de sus edificaciones y áreas verdes es prioritaria; por esta razón, este trabajo documenta algunos elementos representativos de la misma (fig. 1). En cuanto a los parques, se toma como referencia al parque de La Madre por ser uno de los más grandes e icónicos de la Ciudad y el parque Inclusivo, destinado para niños con discapacidad, los juegos están adaptados para niños no videntes, niños con síndrome de Down y parálisis cerebral. Los parques La Paz, San Marcos y Candelas –a pesar de ser pequeños en su extensión geográfica– cumplen con un servicio ambiental y social para los habitantes de la Ciudad.

En cuanto a las edificaciones patrimoniales, se tomó como referencia al parque arqueológico de Pumapungo que es testimonio tangible de la cultura cañari-inca (*El Telégrafo*, Guayaquil 2015), muy importante para la Ciudad así como la Casa de Chaguarchimbana, referente arquitectónico de una época cuencana, fue restaurada y puesta en valor por la Fundación Paul Rivet (Astudillo, 2017).

Además, Cuenca es poseedora de numerosos templos religiosos católicos asentados sobre un espacio relativamente reducido, característica que por mucho

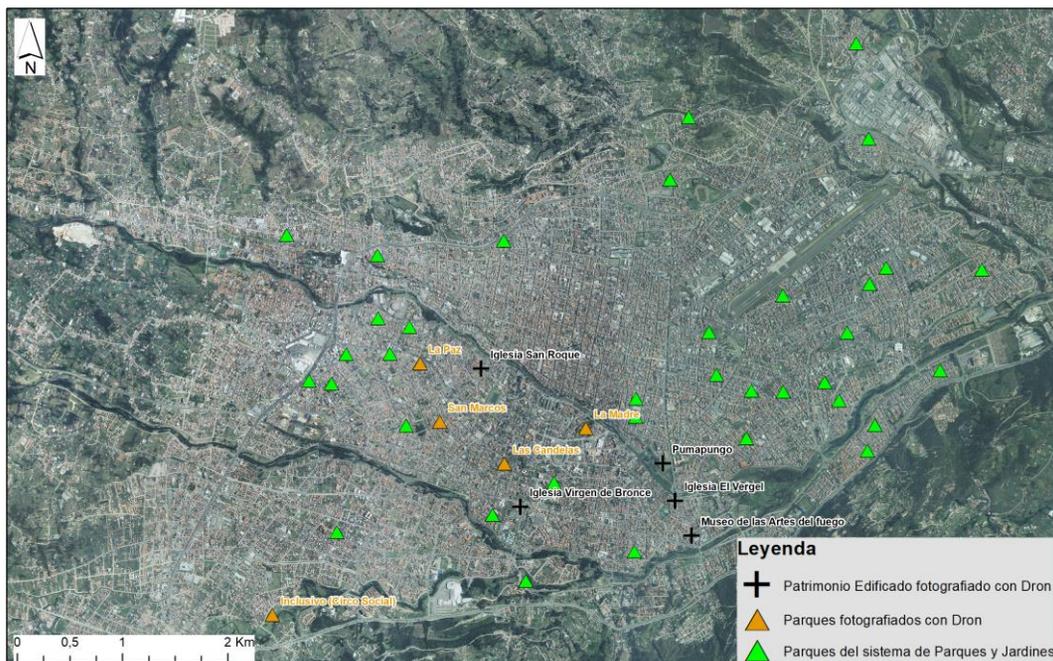


Figura 1: Ubicación de los parques y edificaciones patrimoniales fotografiadas con dron

Fuente: Información propia

tiempo le imprimió la fama de urbe conventual y religiosa en extremo (Ecuavisa, Guayaquil, 2013). El conservar estos elementos arquitectónicos y documentarlos a través de modelos digitales, nos da la pauta para que los mismos puedan ser conocidos desde cualquier lugar del mundo.

Los atractivos de la Ciudad motivan a realizar la documentación y divulgación de los datos recolectados con fines de promoción turística a través de Internet, además de generar insumos técnicos para procesos de planificación y control que buscan realizarse de forma continua, con tecnología de bajo costo.

En función de la clase de información a generar y la superficie del terreno a cubrir, es necesario definir el tipo de plataforma de vuelo más adecuado. El VANT seleccionado para este proyecto es un DJI Phantom 3 Pro que incorpora un chip de localización con acceso a redes GPS/GLONASS.

Para equipos de bajo costo, la planificación y baja altitud del vuelo permiten, de cierta forma, compensar la baja resolución de la cámara –comparada con otras de fines profesionales–. Esta planificación debe considerar la captura de fotos a diferentes alturas, una velocidad de vuelo constante, la superposición de pares de fotos en la misma superficie y condiciones de luz adecuadas para lograr nitidez de las fotografías.

Con la técnica utilizada se pueden generar tres productos fundamentales como ortofotos –fotografía rectificada sobre la que se pueden realizar mediciones reales–; modelo digital de superficies –representa las elevaciones sobre el nivel del mar de las superficies reflectantes de árboles, edificios y otras características elevadas por encima del terreno–; nube de puntos –se produce una nube de píxeles donde cada uno tiene la coordenada x, y, z y el color RGB obtenido de la fotografía– y un modelo 3D –reconstrucción virtual del fragmento de territorio–. Con la captura de estos datos en series de tiempo, se puede conocer el cambio y degradación de las áreas verdes o espacios urbanos, así como monitorear los cambios de las infraestructuras que pertenecen al patrimonio edificado de la Ciudad.

Cabe recalcar que para las fotos capturadas en el año 2015, se realizaron vuelos manuales –operados por control remoto– mientras que para las fotos del año 2017 de edificaciones, se utilizó software y funcionalidades nuevas (actualizaciones de fábrica del dron) para realizar vuelos automáticos, en función de parámetros de altura y velocidad del vuelo.

³ Programa emblemático del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Su objeto es establecer un sistema de administración de la tierra rural que contribuya a la regularización de su tenencia y proporcione información para la planificación del desarrollo y ordenamiento territorial. Los

2.1 Vuelos en parques y jardines de la ciudad de Cuenca

Por la diferencia de altitud de vuelo, la resolución espacial es diferente entre los productos a comparar –ortofoto dron contra la ortofoto generada por el proyecto Sigtierras–;³ por ello, su evaluación se debe realizar de forma visual.

La altitud de vuelo influye en el tamaño de pixel de la ortofoto; por consiguiente, influye en la resolución espacial que puede ofrecernos. En la Tabla 1 se presenta la fecha y altura del vuelo de cada uno de los parques cartografiados. Para estos parques se usó alturas del vuelo lo más cercanas al objeto, en función de los obstáculos que puedan encontrarse alrededor –edificios antenas celulares, árboles de gran altura–; esto condiciona que la altitud de vuelo en cada parque deba ser diferente. Dependiendo del área a volar, una altura de cien metros produce un tamaño de pixel de diez centímetros, mientras que a una altura de vuelo entre cincuenta y sesenta metros se obtiene un producto con un tamaño de pixel de cuatro centímetros aproximadamente.

Nombre del parque	Altura de vuelo	Fecha de vuelo	Cantidad de
San Marcos	54	07/08/2015	150
La Paz	106	10/08/2015	106
La Madre	55	24/08/2015 25/08/2015	310
Inclusivo	67	26/08/2015	161
Las Candelas	56	03/09/2015	136

Tabla 1: Fechas de vuelos en parques de Cuenca
Fuente: Información propia

2.2 Captura de fotos para edificaciones

La toma de fotografías es parte fundamental del proceso, puesto que el resultado final depende de la calidad de las imágenes obtenidas. Por tanto, es imprescindible planificar las fotografías siguiendo una estrategia de captura adecuada (Arcusa-Magallón et al., 2015). En la Figura 2 podemos observar un ejemplo de seis fotografías capturadas para la casa *Aqlla wasi* dentro del complejo arqueológico de Pumapungo en la ciudad de Cuenca.

Con el dron *DJI Phantom 3 Pro* usamos uno de los modos inteligentes de vuelo (Punto de Interés). En este modo se establece un punto marcado por GPS y se configura un diámetro, altura y velocidad de vuelo (menor a 5 m/s) a partir del mismo. De forma adicional, se puede configurar el ángulo de inclinación de la cámara con la

componentes en los cuales trabaja SIGTIERRAS son: fotografía aérea y ortofotografía, levantamiento predial, actualización del catastro rural, cartografía Temática y Valoración Sistema Nacional de Administración de Tierras (SINAT).

finalidad de que las fotografías capturen todos los ángulos del objeto y se traslapen para cubrir áreas comunes entre cada par de fotos.



Figura 2: Ejemplo de fotos capturadas por dron para generación de modelos 3D

Fuente: Información propia

Las edificaciones fueron seleccionadas por las características físicas y su nivel de accesibilidad; además, se obedeció al criterio de obstáculos que puedan alterar el plan de vuelo. En la Tabla 2 se muestran las edificaciones usadas para evaluar la metodología de construcción de modelos 3D con fotogrametría.

Lugar de Vuelo	Altura de vuelo	Fecha de Vuelo	Cantidad de fotos
Casa de Chaguarchimbana	62	12/07/2016	51
Iglesia El Vergel	52	09/09/2016	121
Iglesia San Roque	12	09/09/2016	122
Iglesia Virgen del Bronce	58	3/02/2017	254
Casa <i>Aqlla wuasi</i>		7/02/2017	111
Pumapungo	130	7/02/2017	315

Tabla 2: Fechas de vuelo y fotos procesadas

Fuente: Información propia

Para la obtención de modelos 3D se puede utilizar plataformas en línea como: *Altizure* y *Maps Made Easy* que, además de presentar el modelo, construye información cartográfica como ortofotos. De las opciones en línea, *Altizure* ha presentado los resultados de mejor calidad para el modelado 3D; es decir, mejor definición del objeto y definición de la textura. Como ejemplo, se procesó el mismo set de fotografías correspondientes al Museo de las Artes de Fuego (Cuenca, Ecuador) en los dos sistemas en línea, los cuales podemos ver en los enlaces:

- *Altizure*: <https://goo.gl/w0dHng>
- *MapsMadeEasy*: <https://goo.gl/78blWv>

Para el procesamiento con software de escritorio podemos utilizar programas *PhotoScan*, *Pix4DMapper* y *Autodesk Remake*, siendo este último el que produjo los mejores resultados con el mismo set de fotografías. Los modelos realizados en el software de escritorio deben ser simplificados con programas para el tratamiento de

modelos 3D como *MeshLab* o *Blender*, a objeto de reducir del tamaño del mismo (MB) y pueda ser manejado a través de Internet sin dificultades. Estos datos pueden publicarse en Internet usando la plataforma *Sketchfab*.

3. Resultados

3.1 Parques y jardines de la ciudad de Cuenca

Para el monitoreo de las áreas verdes, se levantaron datos de cinco parques de la ciudad de Cuenca. La información obtenida se encuentra libre en el sitio web <http://gis.uazuay.edu.ec>, en la sección de "Proyectos/Fotogrametría y Drones" como se puede observar en la Figura 3.

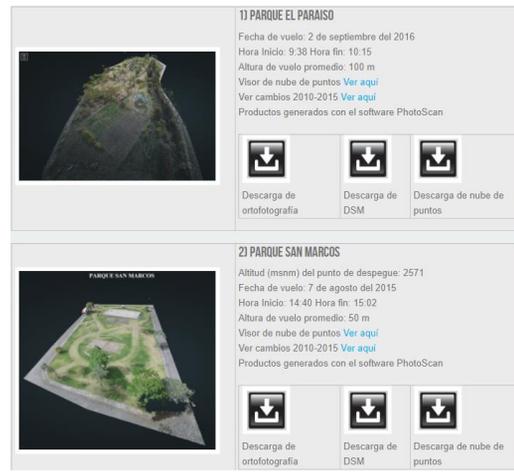


Figura 1: Página web de descarga de la información generada

Fuente: Información propia

La cartografía generada también sirvió para alimentar el sistema de parques y jardines de Cuenca y, además, permitió la incorporación de nuevas funcionalidades; la primera permite observar los cambios de cada uno de los cinco parques desde el año 2010 (ortofotografía proyecto SIGTIERRAS) en comparación con la generada en el año 2015 (VANT). En la figura 4 se puede apreciar esta herramienta aplicada al parque de La Madre, el cual tuvo un proceso de remodelación entre los años 2012 y 2013.

A partir de la digitalización de los elementos sobre la ortofoto, se puede determinar la superficie de área verde y la cantidad de elementos existentes en el Parque. Por ejemplo, para el parque Inclusivo la superficie cartografiada es de 21.331,21 m² del cual 7.333,48 m² (34.38 %) son áreas verdes. El detalle de sus elementos lo podemos observar en la Tabla 3.

La segunda herramienta es un visor de nube de puntos construido con la librería *Potree* que es una plataforma gratuita. Ésta incorpora herramientas como el cambio de



Figura 4: Vista del parque de La Madre en los años 2010 (izquierda) y 2015 (derecha) en la web
Fuente: Información propia

densidad de puntos, el cambio de escala de colores, la identificación de las coordenadas (x, y, z) de un punto en específico. La Figura 5 presenta la visualización en línea de la nube de puntos del parque de La Madre.

Elemento	Cantidad	Elemento	Cantidad
Areneras	1	Juegos	7
Bancas	27	Luminarias	16
Bebedores de agua	1	Papeleras	5
Caminerías	1	Pisos	7
Canchas	2	Pisos especiales	2
Ciclovía	1	Piso ornamental	2
Edificaciones	4	Postes	4
Gradas	2	Veredas	1
Jardineras	1		

Tabla 3: Objetos cartografiados del parque Inclusivo
Fuente: Información propia

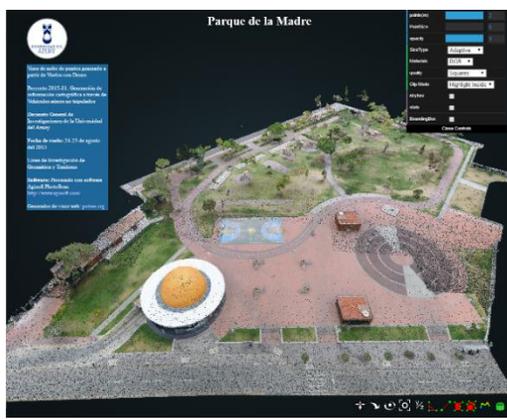


Figura 2: Visor de la nube de puntos del parque de La Madre (<https://goo.gl/OFeXyb>)
Fuente: Información propia

La información cartográfica de los parques se encuentra disponible con la especificación de servicios de mapas Web (*Web Map Service - WMS*) del *Open Geospatial Consortium (OGC)*; ésta es una especificación internacional para ofrecer y consumir mapas dinámicos en la web.

3.2 Patrimonio edificado de la ciudad de Cuenca

En el caso de un objeto puntual se deben definir mejor las formas y texturas para apreciar los detalles. En el caso de un modelo 3D para una superficie más grande por la forma de cubrir un área mayor, implica disminuir la calidad del modelo. Las fotografías se capturan de la misma forma para obtener una ortofoto. El modelo 3D del parque arqueológico de Pumapungo, que se aprecia en la Figura 6, denota cómo la resolución de objetos es menor comparada con el modelo de la casa *Aqlla wuasi* (Figura 7).

Para el proyecto “Documentación de edificios patrimoniales a través de fotogrametría y drones” generamos modelos 3D; estos modelos se pueden cargar en la plataforma *Sketchfab* para su visualización a través de Internet, así como puede apreciarse en la Figura 7.



Figura 3: Modelo 3D de Pumapungo en Cuenca-Ecuador (<https://skfb.ly/6nJES>)
Fuente: Información propia

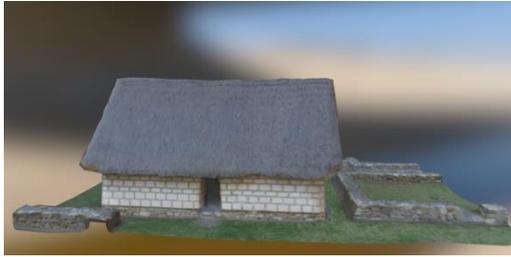


Figura 4: Modelo 3D Aqlla wuasi (<https://skfb.ly/6nvQs>)
Fuente: Información propia

4. Conclusión

La generación de productos cartográficos, monitoreo de calidad del aire, gestión, mantenimiento de zonas verdes (Charfen, 2015), conservación preventiva de bienes culturales (Serna Prieto, 2016), monitoreo y control de los cultivos agrícolas (Meneses, Téllez, & Velasquez, 2015) o al mantenimiento de líneas eléctricas (Cuerno-Rejado, 2015) son algunos de los servicios que, en la actualidad, prestan los drones a las ciudades; siendo la primera, la de mayor aceptación con fines de obtener información geográfica en un corto tiempo.

La cartografía generada por drones permite el monitoreo de áreas específicas con alta temporalidad, por tanto, se pueden controlar las actividades y cambios en la misma, como por ejemplo, cuantificar el cambio del uso del suelo o de las coberturas vegetales. Al poder componer información actual, a voluntad, permite contar con insumos adecuados para la toma de decisiones.

La ortofoto y MDS que se puede obtener del dron, al tener un alto nivel de detalle permite definir, por ejemplo, estructura espacial del territorio –definición de uso y cobertura del suelo, hidrografía, vegetación, etc.–, estructura vial –ancho calzada y material–, infraestructuras y edificaciones –altitud–, información útil en el control y detección de ilegalidades en construcciones.

En cuanto a la documentación de edificios patrimoniales y recintos arqueológicos, las técnicas de fotogrametría y drones son opciones de bajo costo que pueden realizarse de forma rápida. En la actualidad, se adapta sensores Lidar a los UAV para obtener una mayor exactitud en la generación de modelos 3D de monumentos patrimoniales (Fiorillo et al., 2013).

Según (Charfen, 2015) los drones pueden utilizarse en el control de infraestructuras como puentes, canales, aeropuertos y redes ferroviarias al capturar datos como fotografías y video y al realizar una interpretación visual. No necesariamente se requiere de información cartográfica para el seguimiento y control, sino basta con

tener información en diferentes momentos de tiempo o en tiempo real.

La adaptación de sensores a estos equipos permite recolectar información en tiempo real de distinta índole que puede colaborar en la planificación y el control de ciudades.

En la actualidad, el Ecuador tiene una normativa básica en cuanto a las zonas de operación de los drones; con el tiempo y el auge de los mismos, esta normativa podría variar en comparación con otros países como España, en donde el uso de estas plataformas en espacios urbanos no está permitido por razones de seguridad (Mesas, 2015).

5. Recomendaciones

La información generada tiene desplazamientos en x, y, z por tanto, se sugiere usar la misma con precaución y en función de la precisión requerida. Existen métodos de corrección a través de puntos de control en tierra con DGPS.

El costo relativamente bajo de este equipo lo hace accesible a instituciones y personas. Para este caso de estudio, los fines de investigación fueron el análisis de metodologías de generación, tratamiento y publicación de los datos y la obtención de información de utilidad en otras áreas.

6. Agradecimientos

Un agradecimiento a Cecilia Aguilera, responsable del Parque Ecológico Pumapungo y Jonathan Koupermann, principal del Ministerio de Cultura en Cuenca por permitirnos acceder al parque arqueológico de Pumapungo para realizar la captura de datos.

A la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP) por la apertura a compartir la información generada en el proyecto del sistema de gestión de Parques y Jardines de la ciudad de Cuenca.

A la Universidad del Azuay por el apoyo a los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico a través del Vicerrectorado de investigaciones.

Como citar este artículo/How to cite this article:
Pacheco, D. (2017). Drones en espacios urbanos: Caso de estudio en parques, jardines y patrimonio edificado de Cuenca. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 6(11), 159-168. doi:10.18537/est.v006.n011.a12

Bibliografía

- Addati, G. A., & Lance, G. P. (2014). *Introducción a los UAVs, Drones o VANTS de uso Civil*.
- Angás, J., & Alfredo, P. (2012). Métodos, técnicas y estándares para la documentación geométrica del patrimonio cultural . *Virtual Archaeology Review Métodos*, 38–42.
- Arcusa-Magallón, H., Rojo-Guerra, M. Á., Royo-Guillén, J. I., Tejedor-Rodríguez, C., García-Martínez de Lagrán, I., & Garrido-Pena, R. (2015). La Fotogrametría como alternativa al registro de materiales arqueológicos: su aplicación en la Cueva de Els Trocs y Valmayor XI. *I Congreso CAPA, Arqueología Y Patrimonio Aragonés, Sesión 1. Prehistoria Y Arte Rupestre*, (Julio), 507–512.
- Astudillo, T. (2017). ¿Y el museo de las artes del fuego? | Diario El Mercurio - Cuenca Ecuador. Recuperado de <http://www.elmercurio.com.ec/617956-y-el-museo-de-las-artes-del-fuego/>
- Austin, R. (2011). *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*, 54. John Wiley & Sons.
- Bosque, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, (20), 49–67.
- Charfen, M. (2015). *Recomendaciones para la aplicación de los drones en el mundo de la arquitectura*, p.67.
- CUENCA, G. M. D. C. (s.f.). Cuenca «Patrimonio Cultural de la Humanidad» |. Recuperado de http://www.cuenca.gov.ec/?q=page_cuencapatririmonio
- Cuerno-Rejado, C. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*. Madrid.
- DAC, D. G. de A. C. (2015). Resolución N° 251/2015. Ecuador.
- Ecuavisa. (2013). Cuenca en 10 iglesias. Recuperado de <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/fiestas-cuenca/44997-cuenca-10-iglesias>
- *El patrimonio edificado de Cuenca*. (2013) (1st ed.). Cuenca. Recuperado de <http://gis.uazuay.edu.ec/pec.php>

- El Telégrafo. (2015). Museo Pumapungo: Un encuentro con nuestra historia. Recuperado de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-sur/1/museo-pumapungo-un-encuentro-con-nuestra-historia>
- EL Telégrafo. (2016). Cuenca aún tiene un déficit de áreas recreativas. Recuperado de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo-dia/51/cuenca-aun-tiene-un-deficit-de-areas-recreativas>
- Fiorillo, F., Remondino, F., Barba, S., Santoriello, A., Vita, C. B. De, & Casellato, A. (2013). 3D digitization and mapping of heritage monuments and comparison with historical drawings, *ISPRS Annals of the Photogrammetry and Remote Sensing*, 2(September), 2–6. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-133-2013>
- GAD Municipal de Cuenca. (s.f.). Turismo Cuenca Ecuador. Recuperado de <http://cuencaecuador.com.ec/>
- Gómez, F. (2005). Las zonas verdes como factor de calidad de vida en ciudades. *CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales*, 37, 417–436.
- López, F. (2007). La Infografía 3D como Sistema de Documentación y Divulgación. *Primer Simposio de La Investigación Y Difusión Arqueopaleontológica En El Marco de La Iniciativa Privada: Madrid, Guadalajara 24 y 25 de Octubre de 2007 : Primer Simposio AUDEMA*, 429–444.
- Ma, L., Li, M. C., Wang, Y. F., Tong, L. H., & Cheng, L. (2013). Using High-Resolution Imagery Acquired with an Autonomous Unmanned Aerial Vehicle for Urban Construction and Planning. *Proceedings of the 2013 the International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (Rsete 2013)*, 31(Rsete), 200–203.
- Medina Vaughan, S. (1998). Metodologías para la Planeación urbana, el cambio y crecimiento urbano acelerados. *Bitácora Urbano Territorial*.
- Meneses, V. A. B., Téllez, J. M., & Velasquez, D. F. A. (2015). Uso De Drones Para El Analisis De Imágenes Multiespectrales En Agricultura De Precisión. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 13(1), 28–40. Recuperado de http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinv/index.php/ALIMEN/article/view/1647
- Mesas, F. (2015). Aplicaciones de drones urbanísticas. Recuperado de <http://drones.uv.es/aplicaciones-de-drones-urbanisticas/>
- Miralles, E., & Tagliabue, B. (2004). Mercado de Santa Caterina. *ARQ Santiago*, (58), 56–63. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962004005800018>
- Musakwa, W., & Van Niekerk, A. (2015). Earth Observation for Sustainable Urban Planning in Developing Countries: Needs, Trends, and Future Directions. *Journal of Planning Literature*, 30(2), 149–160. <https://doi.org/10.1177/0885412214557817>
- Otero, I., Ezquerro, a., Rodríguez Solano, R., Martín, L., & Bachiller, I. (2008). Fotogrametría, 1–134. Recuperado de http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA_11_FOTOGRAMETRIA_Y_TELEDETECCION/Fotogrametria/fotogrametria_cap_libro.pdf
- Peinado Checa, Z., Fernández Morales, A., & Agustín Hernández, L. (2014). Combinación de fotogrametría terrestre y aérea de bajo coste: el levantamiento tridimensional de la iglesia de San Miguel de Ágreda (Soria). *Virtual Archaeology Review*, 5(10), 51–58.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38–1/C22(September), 25–31. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>
- Rodas, P. (2008). *Modelo de Gestión para la Conservación del Patrimonio Edificado de la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25809/1/tesis.pdf>
- Salvo, G., Caruso, L., & Scordo, A. (2014). Urban Traffic Analysis through an UAV. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 1083–1091. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.143>
- Senplades. (s.f.). Senplades y Sigtierras promueven el uso de ortofotos | Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Recuperado de <http://www.planificacion.gob.ec/senplades-y-sigtierras-promueven-el-uso-de-ortofotos/>
- Serna Prieto, M. (2016). Uso De Aeronaves no Tripuladas (Rpas) en la conservación preventiva de bienes culturales. Aplicaciones y tipo de registro. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/61914>
- Soto, E. (2016). Elaboración de una restitución catastral utilizando vehículos aéreos no tripulados. *REVISTA DE GEOGRAFIA (RECIFE)*, (3), 155–169.
- Soto Suárez, M., Muñoz Castillo, M. T., & Morcate Labrada, F. (2014). La conservación del patrimonio edificado, una responsabilidad social desde la universidad. *Arquitectura Y Urbanismo*, 35(2), 100–111. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982014000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Velarde-Jurado, E., & Avila-Figueroa, C. (2002). Evaluación de la calidad de vida. *Salud Pública de México*, 44(4), 349–361.