

# **APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DE LOS DRONES**

Marisa Rosana Ferreira <sup>(1)</sup>; Víctor Gerardo Aira <sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UBA, Agrimensora, Las Heras N° 2214 CABA, (011)45143015, [marisa\\_rosanaferreira@hotmail.com](mailto:marisa_rosanaferreira@hotmail.com).

(2) Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Facultad de Ingeniería, UBA, Agrimensor, Las Heras N° 2214 CABA, (011) (011)45143014, [gerardoaira@gmail.com](mailto:gerardoaira@gmail.com).

## **RESUMEN**

En la actualidad la tecnología de drones está transformando muchos campos en los que la fotografía aérea es una alternativa para medición y procesamiento, en este caso mucho más económico en tiempo y costo para obtener información topográfica, mediante imágenes y aplicando técnicas fotogramétricas. Midiendo puntos de apoyo y procesando las imágenes aéreas con un software específico como por ejemplo el Agisoft Photoscan se pueden crear modelos digitales de elevación, mosaicos ortorectificados y georreferenciados además de nubes de puntos de alta resolución, modelos en 3D con precisión centimétrica que permiten el cálculo de curvas de nivel, medición de áreas y volúmenes y diversos productos que muestran la apariencia real del terreno.

La utilización de drones permite además, realizar tareas a baja altura, grabando en tiempo real y facilitando el relevamiento de zonas peligrosas o de difícil acceso y superar obstáculos diversos, de forma automatizada y sin poner en riesgo la seguridad personal. En la actualidad existen con una gran variedad de formas, tamaños y características en función del uso al que estén destinados.

Palabras clave: drone, imágenes; procesamiento, software Agisoft PhotoScan, modelo digital.

## **OBJETIVO**

Generar un sistema que combine la utilización de drones de diverso tamaño con la técnica fotogramétrica y constituya una plataforma tecnológica que proporcione una innovación tanto para la adquisición de imágenes aéreas métricas a bajo costo y en poco tiempo como para diversas aplicaciones topográficas utilizando diversos softwares alternativos con las precisiones (cm/píxel) requeridas para cada trabajo.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El drone, es un equipo de navegación autónomo que posee características técnicas particulares para realizar trabajos de todo tipo, se pueden utilizar tanto en el exterior como en el interior de algunos espacios, se le pueden incorporar como carga útil diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores. Puede desarrollar diferentes alturas de vuelo (desde 1 m. hasta 500 m.) en vuelos totalmente automáticos programados y controlados de modo remoto o de forma manual mediante un mando de radiocontrol (imagen 1).



Imagen 1: Drones: distintos tamaños

En segunda instancia se procede al procesamiento de las imágenes obtenidas con software apropiado como PhotoScan, Photomodeler, etc. que permiten obtener productos cartográficos tales como: Restituciones para Cartografía digital o impresa, Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Ortofotos, y Modelos fotorrealísticos.

### **2.1 Características técnicas**

Para este trabajo se utilizó un multicoptero de 6 hélices, el cual hemos dimensionado, construido y programado para esta tarea específica. El mismo es el resultado de la experiencia que hemos desarrollado en esta área específica y en la búsqueda del tipo de vehículo que mejor se adapte a este tipo de tareas en zonas urbanas y suburbanas. Este es el último desarrollo que hemos realizado en este tipo de vehículos.

Para su construcción se utilizó una estructura de aluminio que se compone de un cuerpo central al que van sujetos los brazos de aluminio, en cuyos extremos se colocan los motores. En el cuerpo central se aloja la electrónica de control, compuesta de un piloto automático (PA) que tiene asociados un GPS de código y un magnetómetro. Internamente el piloto tiene un segundo magnetómetro, un barómetro y el sistema inercial compuesto de tres acelerómetros para la giroestabilización del dispositivo (imagen 2).



Imagen 2: Multicóptero: componentes

Desde las salidas del PA se controlan los motores para lograr la actitud deseada y poder navegar la ruta programada y se operan los sensores de registro. En este caso el sensor es una cámara digital (imagen 3) que está montada debajo del cuerpo central y orientada directamente hacia la superficie a fotografiar. Posee dos sensores adicionales, uno para filmar (cámara tipo Go Pro – imagen 2) y otro para transmitir video en tiempo real.

El piloto registra las lecturas del GPS en el momento de accionar el disparo de la cámara asignada para el trabajo fotogramétrico y las mismas se pueden asociar a la imagen correspondiente para su posterior procesamiento.



Imagen 3: Cámara Canon EOS M con objetivo de 22 mm y 18 Mp; radiocontrol

El PA tiene asociada un software de código abierto que permite programar y ajustar los valores internos para que pueda desempeñarse adecuadamente, programar las misiones, monitorearlas en tiempo real mediante un enlace de telemetría y posteriormente descargar y procesar información asociada a la misión (imagen 4).



Imagen 4: estación terrena de seguimiento en tiempo real

## **2.2 Especificaciones técnicas**

- Velocidad máxima: 15 m/s
- Velocidad de crucero: 6m/s
- Peso del vehículo: 4 kg
- Peso de carga máxima: 6kg
- Dimensiones: 78,5cm entre ejes de motores
- Tiempo de vuelo (según carga) Hasta 20 min
- Baterías: de 22.2 V, LiPo: 20 Ah (Polímero de litio)

## **2.3 Condiciones de funcionamiento**

- Temperatura 0 – 40 °C
- Humedad máx. 80 %
- Viento (toma de imágenes) 6 m/s
- Radio de vuelo (en vuelo por radio control): 1km
- Radio de vuelo (por vuelo programado): 5 km
- Altitud máxima: 500 metros

La cámara que se utilizó es una Canon EOS M con un objetivo 22 mm programada para disparar en modo de velocidad de obturación fija de 1/200 s con una apertura relativa de f/8 e ISO



automático. Las imágenes se registraron en RAW y JPG, en la máxima definición soportada por el equipo 18 Mp.

### 3. METODOLOGIA

Las etapas para la obtención de un producto cartográfico comprenden cuatro fases, para la obtención de los datos y para el procesado de los mismos: planificación de vuelo, apoyo terrestre, registro fotográfico, procesado de las imágenes y cálculos.

#### 3.1 Plan de vuelo

El diseño del vuelo se hace en función de la resolución o de la escala que se pretenda obtener, del tipo de terreno, su ubicación, sus detalles, la extensión a relevar y condiciones meteorológicas imperantes, fundamentalmente la velocidad del viento.

Para este trabajo se voló sobre un sector del Parque Roca (imagen 5) en Villa Soldati, Ciudad de Buenos Aires y se programaron varias misiones variando los parámetros arriba mencionados en función de la mejor cobertura que se pudiera obtener y finalmente se utilizó la misión N° 3 compuesta por 60 imágenes tomadas a una altura de 70 metros con un 60% de superposición, con un tiempo de obturación de 1/200 s a una velocidad de 6 m/s.



Imagen 5: Parque Roca

En líneas generales, se realiza un plan de vuelo definiendo recorridos con waypoints que constituyen la ruta que seguirá el dron capturando imágenes (imagen 6).

Para la delimitación de la zona de vuelo se utilizó en este caso una imagen georreferenciada obtenida desde el Google Earth que fue exportada al programa Mission Planner desde el cual se planificaron las diferentes misiones.

En dicho software se programan los recorridos ingresando parámetros tales como distancia entre tomas, porcentaje de superposición entre las imágenes consecutivas, altura de vuelo, tiempo de obturación de la cámara, velocidad de ascenso o desplazamiento del aparato; además se marcan los waypoints sobre los que se producirán los registros fotográficos (imagen 7).

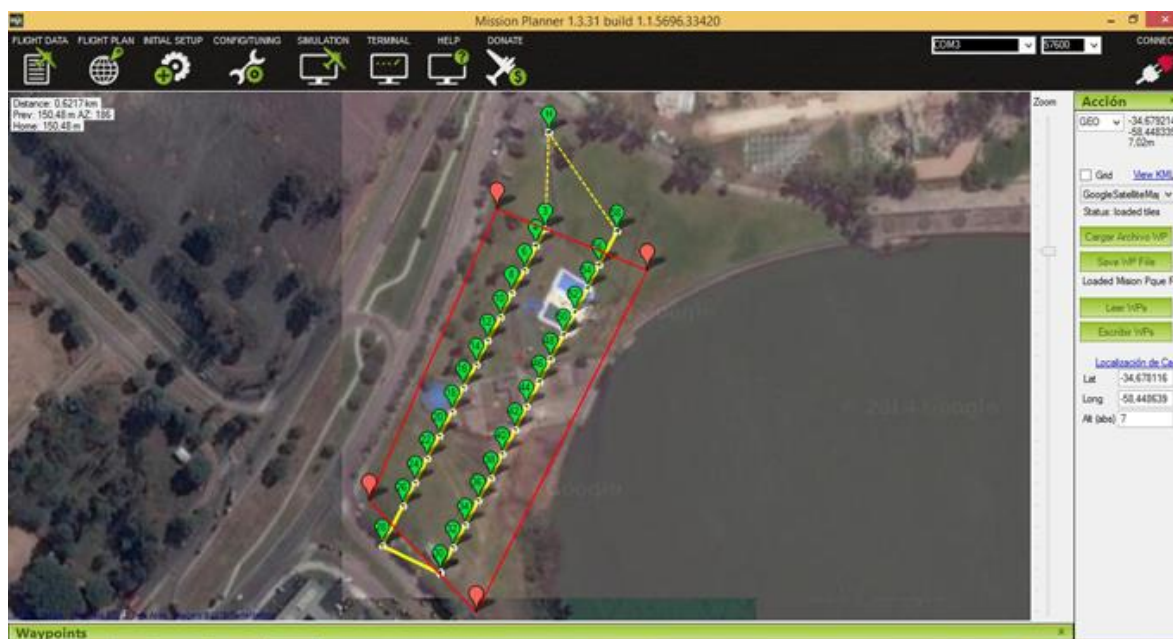


Imagen 6: Planificación de vuelo



Imagen 7: Misión N° 3

Cada misión y sus valores asociados se guardan en la memoria del piloto automático para la realización del vuelo y para su posterior utilización en posproceso.

### **3.2 Apoyo topográfico**

Para el apoyo topográfico se colocan referencias o señales en toda la superficie a fotografiar para la obtención de los puntos de apoyo con coordenadas G.P.S. Estos puntos servirán para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno.

Las precisiones de los puntos de apoyo están acordes con la escala del producto. Además de obtener la posición de los puntos sobre el terreno, estos también deben identificarse claramente en las fotografías, para poder establecer una correcta correlación.

Para este trabajo se midieron 15 puntos con coordenadas GPS (imagen 8)



Imagen 8: punto base para medición bajo la modalidad stop and go

### **3.3 Toma fotográfica**

Las imágenes se obtienen según el plan de vuelo planificado, entonces se registra una imagen en cada punto waypoint programado. Mientras esto ocurre se puede visualizar en tiempo real toda la información de telemetría, estado del dispositivo y posición del mismo así como también se



puede hacer un seguimiento en tiempo real del dron a través de la cámara de video que lleva a bordo.

Las imágenes se guardan en la memoria de almacenamiento de la cámara y tras finalizar el vuelo se realizará en gabinete la descarga de datos de telemetría de vuelo e imágenes para el posterior procesamiento de dicha información asociando los datos de vuelo al momento de toma de cada imagen.

Para la misión N° 3 se tomaron 34 imágenes (imagen 9)

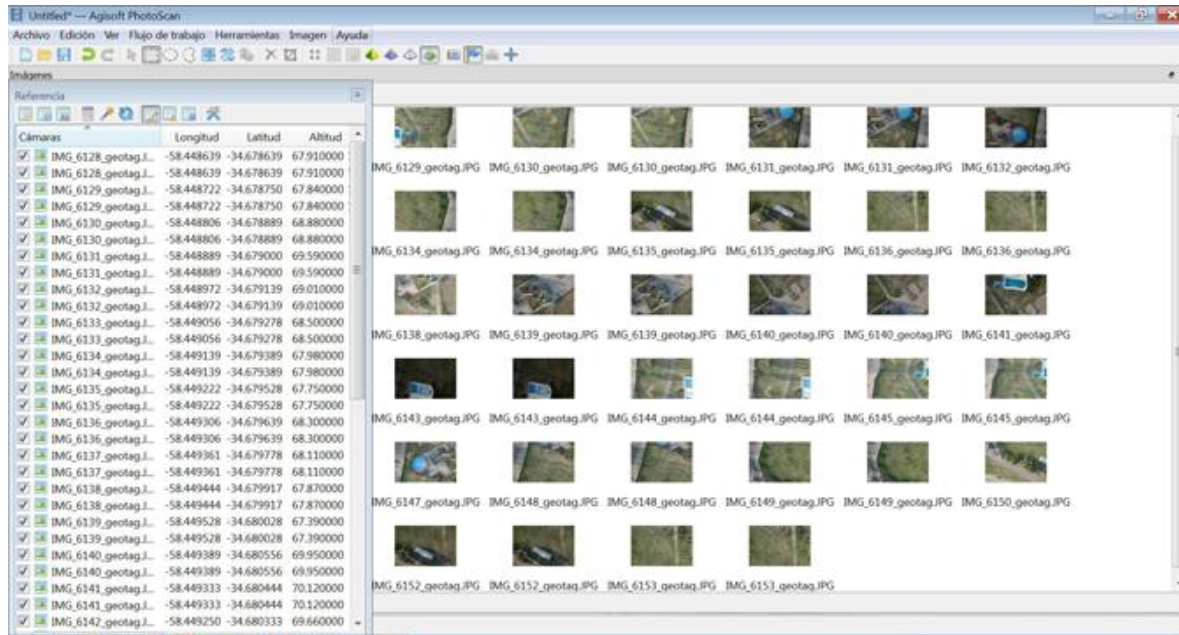


Imagen 9: 34 waypoints planificados, 34 registros fotográficos

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Procesado y cálculo

Una vez tomadas las fotografías con sus parámetros asociados que aparecen en la telemetría descargada (imagen 10) y que será utilizada para corregir la perspectiva de cada imagen y obtenidas las coordenadas de los puntos de apoyo, se realiza el cálculo de los parámetros de orientación externa de cada una de las fotografías.

Los datos asociados a cada imagen son:

Coordenadas GPS (Latitud y Longitud).

Actitud del dron (*yaw*, *pitch* y *roll*, la rotación del avión en los tres ejes de navegación).

Altura de vuelo

Distancia Focal de la cámara.



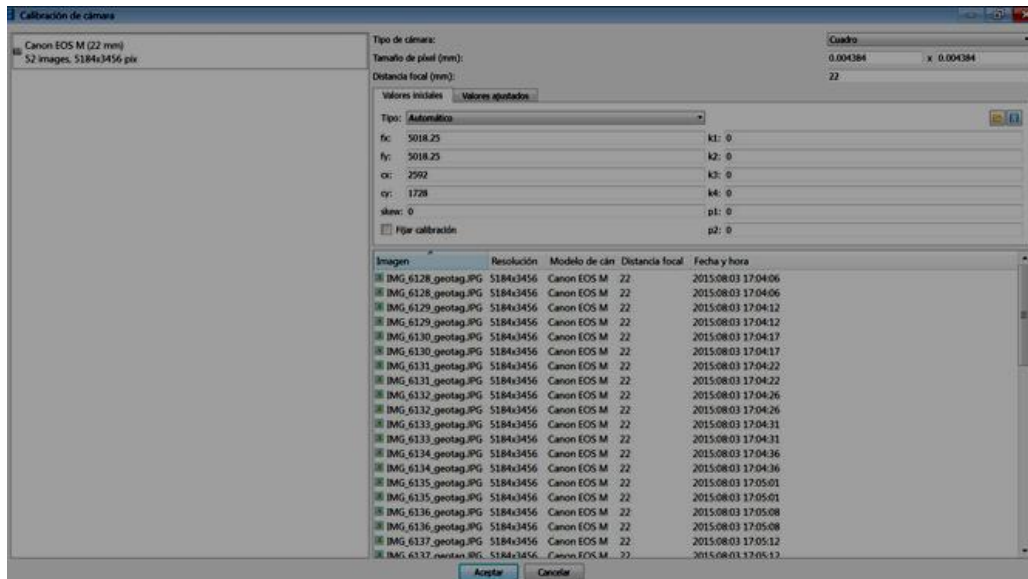


Imagen 10: Metadata de las imágenes

Para este trabajo, el procesamiento de las imágenes se realizó con el programa Agisoft Photoscan que es un software destinado a crear modelos 3D de alta calidad a partir de imágenes tomadas desde puntos de vista de cámaras conocidos, basado en la tecnología de reconstrucción 3D Multivisión.

Este software soluciona los parámetros de orientación interna y externa de la cámara y posteriormente, a través de un algoritmo propio, encuentra las ubicaciones de las cámaras aproximadamente y las ajusta utilizando otro algoritmo de ajuste tipo 'haz'. Luego, reconstruye la superficie a través de dos opciones:

- Método suave y lento que genera mapas de profundidad para formar la malla del objeto.
- Método rápido que utiliza un enfoque de múltiples-vistas para realizar la geometría del objeto.

Por último, el Photoscan parametriza la superficie del modelo asignándole a cada parte de la malla un trozo de la imagen, creando así un mapa de textura (imagen 11).

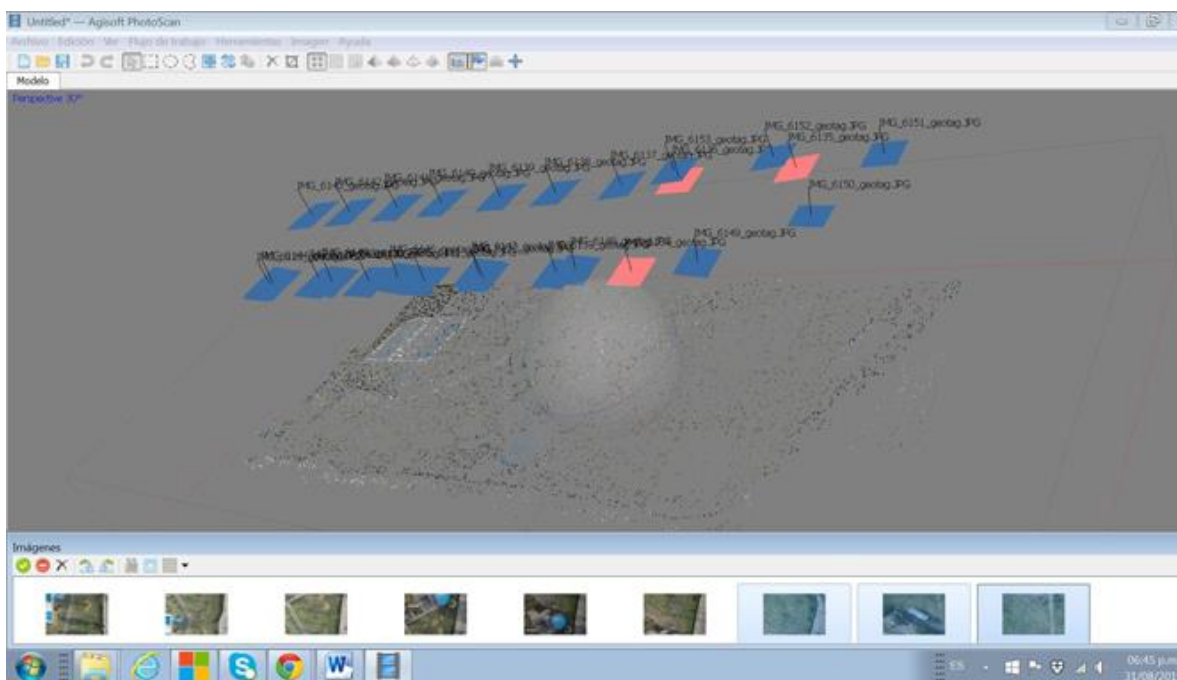


Imagen 11: reconstrucción de la posición de las cámaras y malla del objeto fotografiado

## 4.2 Productos fotogramétricos

A partir de este procesamiento se obtuvieron los siguientes productos fotogramétricos:

- Modelos digitales de superficie (MDS): El primer producto que se obtiene es un Modelo Digital de Superficie que contiene toda la información geométrica de la zona de estudio así como de sus texturas y acabados. Sirve como base para muchos análisis geográficos entre ellos la generación de curvas de nivel o bien a partir de los puntos georreferenciados insertados en el terreno y con el modelo escalado es posible extraer mediciones con una precisión de hasta 2 cm (imagen 12).

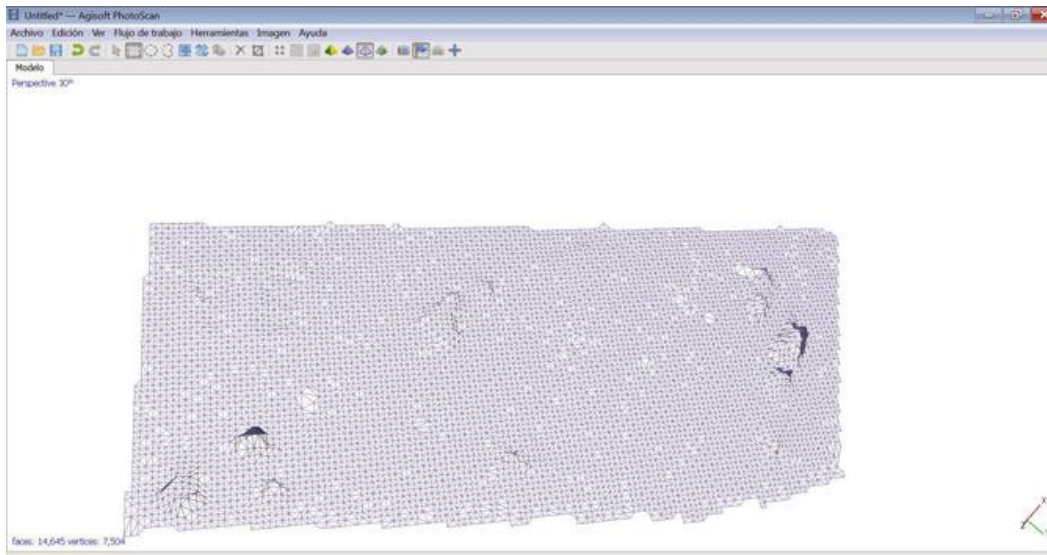


Imagen 12: Malla de triángulos irregulares (TIN) para generar el MDS

- Ortomosaico: se realiza una composición de imágenes a la que se le han corregido los errores geométricos para que cada punto en el terreno sea observado desde una perspectiva perpendicular. La imagen resultante tiene una resolución que varía entre los 1 a 20 cm/pixel dependiendo de la altura de vuelo y la escala (imagen 13).

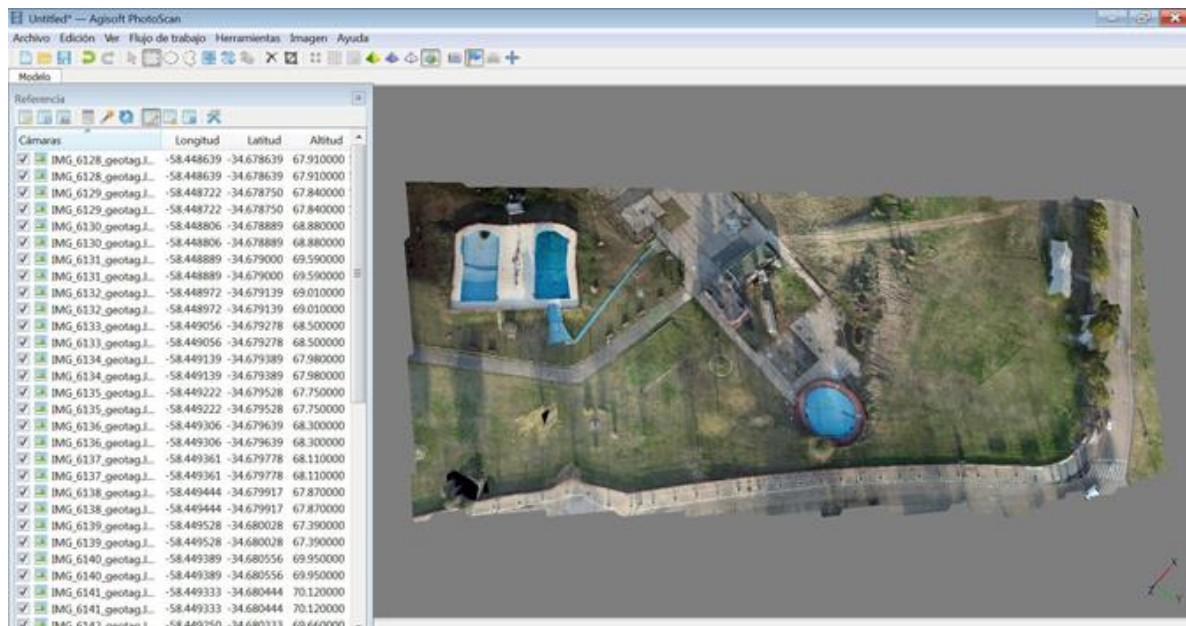


Imagen 13: Ortomosaico compuesto por las 34 imágenes registradas

## **5. CONCLUSIONES**

Las imágenes que se obtienen con un dron tienen una resolución mucho mayor de lo convencional. El hecho de realizar un vuelo a alturas muy inferiores que en los vuelos fotogramétricos convencionales hace que la escala de trabajo sea mucho mayor. Se pueden obtener ortofotografías con un tamaño de píxel entre 1 y 5 cm.

El sistema de trabajo es muy práctico y permite, a diferencia de los vuelos convencionales, realizar para un mismo proyecto distintos vuelos con inmediatez de resultados.

## **6. REFERENCIAS**

Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones. A. Barrientos, J. del Cerro, P. Gutiérrez, A. Martínez, C. Rossi. Grupo de robótica y cibernética. Escuela Politécnica de Madrid.

Dossier UAV: Beneficios y Limites. José Luis Asensio, Fernández Pérez y Paola Moran.

Imágenes Aéreas para el modelizado 3D del patrimonio. Procesado de los datos de la cámara digital. Javier Gómez Lahoz, Diego González Aguilera, Jose Martínez Rubio, Cursos extraordinarios de la Universidad de Salamanca. Junio 2006. Escuela Politécnica Superior de Ávila.

Aplicaciones del Láser 3D a la Ingeniería Civil y el Patrimonio. Gómez Lahoz, Javier. González Aguilera, Diego. Herrero Pascual, Jesús Sabas. Muñoz Nieto, Ángel Luís. Julio 2007. Cursos extraordinarios de la Universidad de Salamanca. Escuela politécnica Superior de Ávila.

***Agradecimientos:*** al alumno de la carrera de Ingeniería en Agrimensura Nicolás Nascio por su aporte en la puesta a punto de los drones y manejo de los mismos.