

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA VANT TRIMBLE EN EL CÁLCULO DE VOLUMEN DE MINERAL

APPLICATION OF THE VANT TRIMBLE TECHNOLOGY IN CALCULATING MINERAL VOLUME

Ing. José Ángel Cruz Fonseca. ahlg.map@holguin.geocuba.cu

Fecha de recepción: 10 de enero de 2018

Fecha de aceptación: 3 de junio de 2018

RESUMEN

Se argumentaron las ventajas que proporciona el uso de la tecnología VANT TRIMBLE TRIMBLE (vehículos aéreos no tripulados, mejor conocidos por su acrónimo proveniente del inglés UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) para el cálculo de volúmenes. Para ello se ejecutó un vuelo con VANT TRIMBLE ZX5 Multirrotor a 200 metros de altura del Municipio de Mayarí, perteneciente a la provincia de Holguín; se midieron 12 puntos de control fotográfico y 2 puntos de control para chequeo; se procesó la información obtenida con el software fotogramétrico PhotoScan y se emplearon las herramientas del PhotoScan para el cálculo de volumen. Se obtuvieron resultados que muestran la exactitud y beneficios de la aplicación de dicha tecnología. Se concluye que su uso presenta superioridad con respecto a las tradicionales.

PALABRAS CLAVES: Sociedad; imágenes; terreno; equipos.

SUMMARY

It was argued about the advantages offered by the use of VANT TRIMBLE technology un-manned aerial vehicles, better known by its acronym in English UAVs (unmanned aerial vehicles) for calculating volumes. For this, a flight with VANT TRIMBLE ZX5 was executed. Multicopter 200 meters high of the Municipality of Mayarí, Holguín province; 2 checking and 12 photographic control points were measured; the information was processed with the PhotoScan photogrammetric

software and its tools were used to calculate volume. It was concluded that its use shows superiority respect to traditional ones.

KEYWORDS: Society; images; ground; equipment.

INTRODUCCIÓN

Según la Administración Federal de Aviación (Federal Aviation Association, FAA) de los Estados Unidos de América, los vehículos aéreos no tripulados (VANT), son vehículos, ya sean aviones, helicópteros o algún derivado de estos, que pueden volar mediante sistemas electrónicos de control sin la necesidad de un piloto a bordo. Además, pueden ser tan simples como un aeromodelo de control por radio o tan complejo como un avión de vigilancia para usos militares.

Los VANT (Vehículos Aéreos no Tripulados) están equipados con cámaras digitales no métricas y GPS a bordo que permite la captura de la data de las fotografías, proporcionando un MDS (Modelos Digitales de Superficie) generado a partir de una nube de puntos 3D determinados fotogramétricamente con una alta resolución espacial. El cálculo de los volúmenes puede ser realizado en el software PhotoScan, a partir de la reconstrucción tridimensional de una matriz de alturas (MDS) obtenida con un nivel establecido.

El área que cubre un vuelo con VANT depende de la toma del área mínima de muestreo (GSD (distancia de muestra en el terreno): tamaño del área representada por cada píxel de una fotografía digital), y la precisión, de los resultados de la relación altura de vuelo – resolución de la imagen como muestra la figura 1a y 1b: relación altura de vuelo-GSD en el VANT Trimble ZX5 Multirrotor y UX5 Delta respectivamente, y de los puntos de control en el terreno (PCF) planificados, señalizados y medidos con tecnología GPS antes o después de la ejecución de los vuelos.

ZX-5 Multirrotor

Datos de la cámara					
Tamaño Imagen:	4.608	X	3.456	pixel	16
Plano Focal:	23,50	X	15,60	mm	modelo ccd
Tamaño del sensor					
Resolución:	5,1mm				
Distancia Focal:	14,0mm				
V. Obturación:	1,0seg				
Solape Long:	70%				
Solape Transv:	70%				
Datos del vuelo					
GSD (cm)	Altura de Vuelo (m)	Exactitud			
		E x,y urbano	E x,y rural	E x,y montañ	
1,0	27	0,01	0,01	0,02	
2,0	55	0,02	0,03	0,04	
3,0	82	0,03	0,04	0,06	
3,5	96	0,04	0,05	0,07	
4,0	110	0,04	0,05	0,08	
5,0	137	0,05	0,07	0,10	
6,0	165	0,07	0,08	0,12	
7,0	192	0,08	0,10	0,13	
8,0	220	0,09	0,11	0,15	
9,0	247	0,10	0,12	0,17	
10,0	275	0,11	0,14	0,19	

Fig.1.a. Características del ZX-5 Multirrotor.

UX-5 Delta

Datos de la cámara					
Tamaño Imagen:	6.000	X	4.000	pixel	24
Plano Focal:	23,50	X	15,60	mm	modelo ccd
Tamaño del sensor					
Resolución:	3,9mm				
Distancia Focal:	16,0mm				
V. Obturación:	1,0seg				
Solape Long:	70%				
Solape Transv:	70%				
Datos del vuelo					
GSD (cm)	Altura de Vuelo (m)	Exactitud			
		E x,y urbano	E x,y rural	E x,y montañ	
1,0	41	0,02	0,02	0,03	
2,0	82	0,03	0,04	0,06	
3,0	123	0,05	0,06	0,09	
3,5	143	0,06	0,07	0,10	
4,0	163	0,07	0,08	0,11	
5,0	204	0,08	0,10	0,14	
6,0	245	0,10	0,12	0,17	
7,0	286	0,11	0,14	0,20	
8,0	327	0,13	0,16	0,23	
9,0	368	0,15	0,18	0,26	
10,0	409	0,16	0,20	0,29	

Fig.1.b. Características del UX-5 Delta.

La introducción de esta nueva tecnología proporciona numerosas ventajas socio-económicas: es un método no intrusivo que provoca el mínimo impacto en el medioambiente y mínimas afectaciones a las comunidades; una gran multitud de tipos de datos pueden ser recopilados de una manera rápida y de forma económica; es posible cubrir grandes áreas, reduciendo significativamente los costes; no son necesarios los accesos terrestres ni los permisos de ocupación; los datos pueden ser recopilados de áreas remotas, accidentadas y con cobertura vegetal densa.

Surgieron como equipos de defensa y ataque, pero en la actualidad los vehículos aéreos no tripulados se emplean en diversas esferas que impactan en la sociedad. Según Di Leo (2015), tanto a nivel experimental como operativo, dentro del ámbito civil los drones ya se emplean en múltiples actividades como:

- ✓ Inspección y monitoreo de instalaciones y obras de infraestructura
- ✓ Investigaciones atmosféricas
- ✓ Topografía y cartografía temática
- ✓ Geología y prospección petrolífera y gasífera

- ✓ Gestión de riesgos y desastres naturales (incendios, inundaciones, etc.)
- ✓ Exploración de lugares de difícil acceso, salvamento y rescate
- ✓ Cinematografía y fotografía comercial, artística y/o deportiva
- ✓ Control medioambiental
- ✓ Limnología y oceanografía
- ✓ Investigaciones sobre conservación de la biodiversidad
- ✓ Medios de comunicación y entretenimiento
- ✓ Movilidad, tráfico y logística en general
- ✓ Vigilancia y seguridad públicas
- ✓ Actividades agrícolas y pecuarias.

Se usan en la agricultura, en patrulla de fronteras y costas, lucha contra incendios, supervisión de materiales peligrosos, en protección civil ante desastres naturales. En fin, contribuyen a la toma de decisiones, al seguimiento de las obras, al mejoramiento de la productividad (Barrientos et. al., 2007; Shiratsuchi, 2014; Ojeda, Flores y Unland, 2014; Di leo, 2015).

Evidentemente, esta tecnología es superior a las que le preceden. Así se evidencia en el criterio de Di Leo (2015): «La fotografía aérea convencional puede ofrecer resoluciones espaciales aproximadas a las de los drones, pero con costos operativos sustancialmente mayores». Además, «Los drones presentan una disponibilidad casi permanente ya que pueden capturar imágenes aún en días nublados sin inconvenientes.»

En Cuba, según Martínez et. al., se han usado en la obtención de cartografía a grandes escalas, en geomática, catastro urbano, monitoreo de cultivos, estudios viales, urbanismo y obras de ingeniería (Barrientos et. al., 2007). Sin embargo, no se han usado para el cálculo de volúmenes de materiales en la minería.

Por la experiencia internacional, se conoce que su uso en esta actividad es más efectivo que las mediciones directas en el campo que realiza el hombre, debido a la reducción de los costos y a la obtención de mayor rendimiento.

Por esta causa, la empresa Geocuba Oriente Norte propone la adopción de esta tecnología para el cálculo de volúmenes de minerales. Para ello ya están realizando las pruebas prácticas.

Así que el objetivo de la investigación es argumentar las ventajas que proporciona el uso de la tecnología VANT TRIMBLE para el cálculo de volúmenes de minerales.

Metodología

Para la realización de este trabajo se ejecutó un vuelo a 200 metros de altura del Municipio de Mayarí, perteneciente a la provincia de Holguín, el cual se realizó con VANT TRIMBLE ZX5 Multirrotor obteniéndose los siguientes datos:

-Cantidad de imágenes: 700 (más el fichero de los Elementos de Orientación Exterior).

-GSD: 5cm/pixel.

Se midieron 12 puntos de Control Fotográfico y 2 puntos de Control para chequeo. (Figura 2).

Punto	X	Y	Z
P1	618205,657	223415,92	22,2216
P2	620435,672	222678,66	9,4584
P3	620318,269	222033,261	9,4584
P4	617903,258	221659,923	16,3319
P5	619220,003	222603,562	8,1719
P6	619073,433	222152,414	11,5101
P7	619099,599	222994,379	13,5118
P8	618093,251	222837,544	27,0627
P9	618161,038	222164,746	16,1694
P10	619730,284	222666,593	7,1539
P11	619672,510	222121,194	7,8989
P12	618646,279	222837,783	18,6672
P13	618708,797	222502,730	13,015
P14	620124,602	222347,288	8,8103

Fig. 2. Puntos de control fotográfico medidos en el terreno con GPS.

El procesamiento de la información obtenida en los vuelos con la tecnología VANT Trimble se realizó en el software fotogramétrico PhotoScan aplicando los pasos siguientes para obtener el MDS (Modelos Digitales de Superficie):

Orientación de las imágenes y medición de los PCF (Figura 3).

Marcadores	X (m)	Y (m)	Z (m)	Precisión (m)	Error (m)	Proyecciones	Error (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> P1	618205.657...	223415.919...	22.221600	0.005000	0.010669	3	0.430
<input checked="" type="checkbox"/> P2	620435.672...	222678.660...	9.458400	0.005000	0.023659	3	0.743
<input checked="" type="checkbox"/> P3	620318.269...	222033.261...	9.458400	0.005000	0.021260	3	0.441
<input checked="" type="checkbox"/> P4	617903.257...	221659.922...	16.331900	0.005000	0.017973	3	0.149
<input checked="" type="checkbox"/> P5	619220.003...	222603.562...	8.171900	0.005000	0.033288	3	0.623
<input checked="" type="checkbox"/> P6	619073.432...	222152.413...	11.510100	0.005000	0.036012	3	0.486
<input checked="" type="checkbox"/> P7	619099.598...	222994.379...	13.511800	0.005000	0.043728	3	0.361
<input checked="" type="checkbox"/> P8	618093.251...	222837.544...	27.062700	0.005000	0.031058	3	0.265
<input checked="" type="checkbox"/> P9	618161.038...	222164.745...	16.169400	0.005000	0.016328	3	0.482
<input checked="" type="checkbox"/> P10	619730.284...	222666.592...	7.153900	0.005000	0.078378	3	0.151
<input checked="" type="checkbox"/> P11	619672.510...	222121.193...	7.898900	0.005000	0.044532	3	0.335
<input type="checkbox"/> P12	618646.279...	222837.783...	18.667200	0.005000	0.062302	3	0.864
<input checked="" type="checkbox"/> P13	618708.797...	222502.730...	13.015000	0.005000	0.021503	3	0.529
<input type="checkbox"/> P14	620124.602...	222347.288...	8.810300	0.005000	0.077109	3	0.629
Error total							
Puntos de...					0.036039		0.450
Puntos de...					0.070098		0.756

Fig. 3. Medición de los PCF en el PhotoScan.

Creación de la nube de puntos densa.

Creación de la malla.

Creación del MDS.

Se emplearon las herramientas del PhotoScan para el cálculo de volumen.

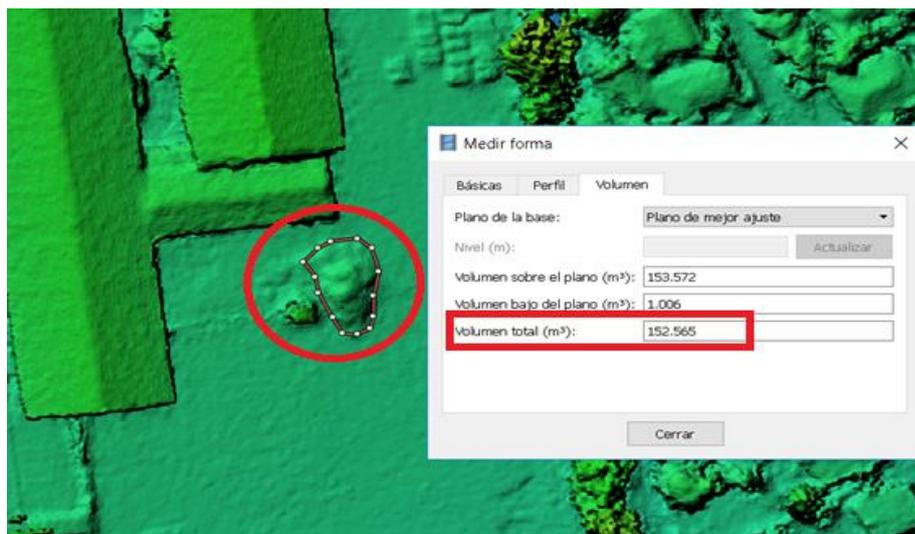


Fig. 4. Cálculo de volumen en el PhotoScan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo el MDS (figura 5) con una precisión de 20 cm según la evaluación del EMC (Error Medio Cuadrático) (figura 6).

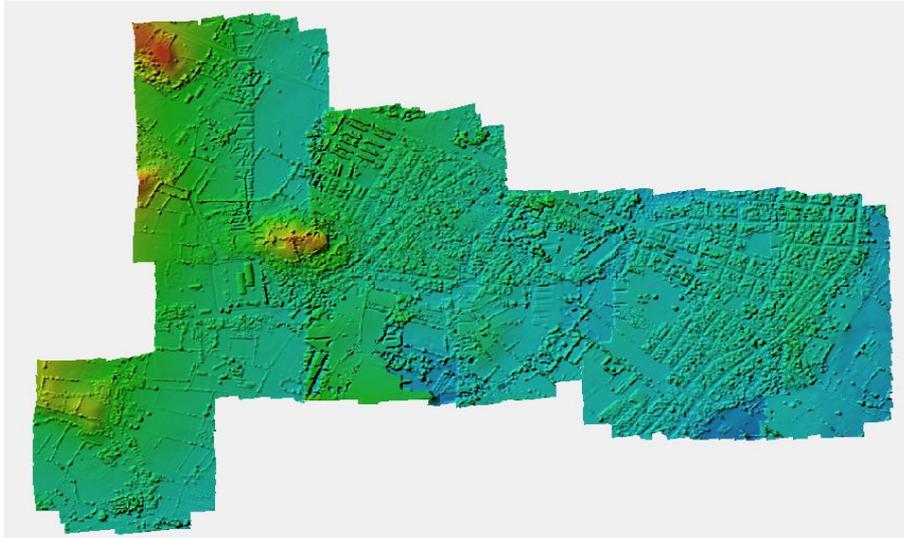


Fig. 5. MDS obtenido.

Evaluación de la precisión obtenida en el MDS						
Punto	Coordenadas		Z en el Terreno	Z en el MDS	Dif. Z	Cuad. de la Dif.
	X	Y				
P1	618205,6571	223415,9199	22,2216	22,400	0,178	0,032
P2	620435,672	222678,6604	9,4584	9,500	0,042	0,002
P3	620318,269	222033,2612	9,4584	9,590	0,132	0,017
P4	617903,258	221659,9228	16,3319	16,600	0,268	0,072
P5	619220,003	222603,5624	8,1719	8,310	0,138	0,019
P6	619073,433	222152,4135	11,5101	11,720	0,210	0,044
P7	619099,599	222994,3791	13,5118	13,600	0,088	0,008
P8	618093,251	222837,5443	27,0627	27,300	0,237	0,056
P9	618161,038	222164,7457	16,1694	16,280	0,111	0,012
P10	619730,284	222666,593	7,1539	7,300	0,146	0,021
P11	619672,510	222121,194	7,8989	7,970	0,071	0,005
P12	618646,279	222837,783	18,6672	18,720	0,053	0,003
P13	618708,797	222502,730	13,015	13,100	0,085	0,007
P14	620124,602	222347,288	8,8103	8,900	0,090	0,008
Total de puntos	14				1,849	0,185

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum (\Delta Z_i - \Delta Z_{mdt})^2}{n}}$$

EMC	0,200
------------	--------------

Fig. 6. Evaluación del EMC (Error Medio Cuadrático).

Los resultados obtenidos impactan en la economía y la sociedad, pues se logra reducir costos por conceptos de trabajos de campo y la productividad.

El hombre como principal gestor de los trabajos para el cálculo de volúmenes cuenta con un procedimiento que permite explotar al máximo de la productividad para lo cual están diseñadas las tecnologías y mitigar los impactos medioambientales que se generan en las comunidades próxima a las áreas de los trabajos.

CONCLUSIONES

Con el uso de la tecnología VANT Trimble (UX5-Delta y ZX5 Multirrotor) se obtiene una resolución de hasta 3,5 cm/pixel en las imágenes.

Los VANT (Vehículos Aéreos no Tripulados) proporcionan una solución integrada: obtención de datos como resultado de trabajos de fotografía aérea, su procesamiento fotogramétrico y análisis multifuncional puesto a la capacidad de recolectar un gran volumen de información en tiempo real lo que permite minimizar los impactos ambientales generados a las comunidades por los trabajos de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRIENTOS, A., DEL CERRO, J., GUTIÉRREZ, P., SAN MARTÍN, R., MARTÍNEZ, A., & ROSSI, C. (2007). Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones. Universidad politécnica de Madrid, Madrid.
- DI LEO, N. C. (2015). Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión. AGROMENSAJES 41 p. 7 - 17. Sitio Argentino de Producción Animal
- OJEDA BUSTAMANTE, W., FLORES VELÁZQUEZ, J & UNLAND WEISS, H. K. (2014). Informe Final Proyecto RD1407.1. Drones y sistemas de información geográfica en la ingeniería hidroagrícola. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Coordinación de Riego y Drenaje Subcoordinación de Ingeniería de Riego.
- SHIRATSUCHI, L. (2014). O avanço dos drones. *Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)*.