



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Con los pies sobre la Tierra pero con la mente en el Espacio

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS – UAV PARA LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA ESCALAS GRANDES REFERIDAS AL MARCO DE REFERENCIA SIRGAS-ECUADOR

Juan Sani, Alfonso Morillo, Alfonso Tierra

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Av. Gral Rumiñahui.
Sangolquí, Ecuador. P.O.BOX 171-5-231B

Email: jcsani@espe.edu.ec

Email: artierra@espe.edu.ec

Simposio SIRGAS 2014

La Paz, entre el 24 y el 26 de noviembre

Objetivo



El objetivo de este trabajo es generar y validar información espacial para Orto fotos y Modelo Digital de Superficie a escalas grandes enlazadas al marco de referencia SIRGAS-ECUADOR época de referencia 2014.0 y al DATUM vertical nacional La Libertad.

Generalidades



- Las plataformas aéreas no tripuladas son empleadas en numerosas aplicaciones. Los UAVs al ser dispositivos controlados por un mando remoto, permiten obtener información de lugares inaccesibles.



Figura 1. Vehículo Aéreo No Tripulado de Tipo Helices.
Fuente: MosaicMill(http://www.mosaicmill.com/products/software/ensomosaic_uav.html)

Tipos de UAV



- Ala fija



- Hélices



Fotogrametría



- La fotogrametría surge como ciencia en 1840, como resultado de una combinación de la óptica, la fotografía y las matemáticas. Se ocupa de obtener información métrica de objetos físicos y del medio ambiente a partir de la interpretación de imágenes fotográficas. El objetivo del método general de la Fotogrametría, consiste en obtener una información tridimensional a partir de información bidimensional dada por las fotografías (Pozo, 2002).

Método general de la fotogrametría.



- **Orientación Interna** puede considerarse como el proceso que permite transformar las coordenadas instrumentales en fotocoordenadas.
- **Orientación externa**, permite transformar las fotocoordenadas en coordenadas terreno.
- **Proceso de autocalibración** es el que los abarca a todos ellos contemplando la transformación global desde las coordenadas instrumentales a las coordenadas terreno.

Precisiones



- Las normativas cartográficas en las ordenanzas municipales del Ecuador exigen trabajos a un nivel catastral para el territorio urbano a escalas 1:1000 con un error permisible de 10 cm, y a escala 1:5000 a nivel rural con un error permisible menor a 1 metro.

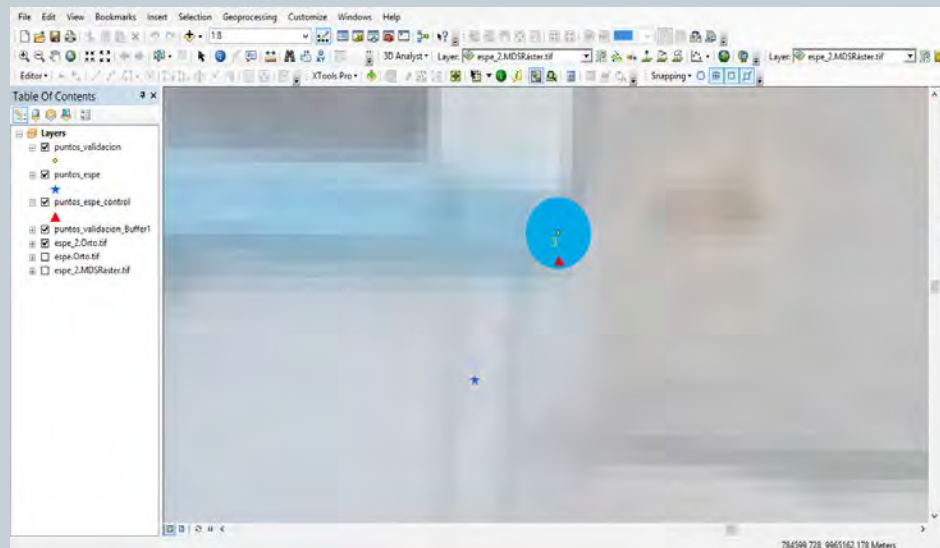
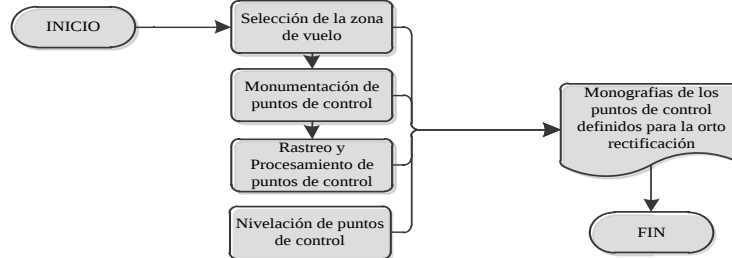


Figura 3. GCP (Amarillo) y Puntos sobre la fotografía automática (Azul), Puntos sobre la fotografía con puntos (Rojo).

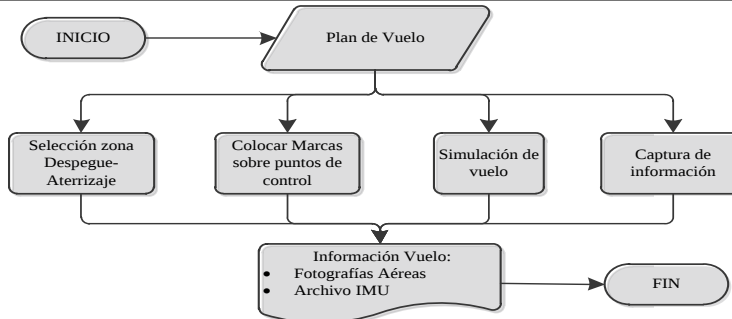
Metodología

GENERACIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍAS y MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIES (DSM) CON AVIONES NO TRIPULADOS (UAVs).

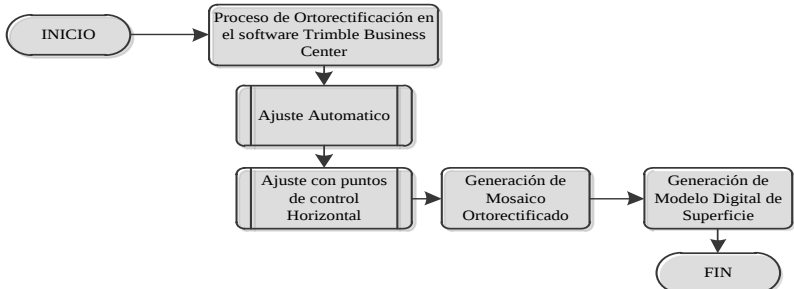
FASE 01



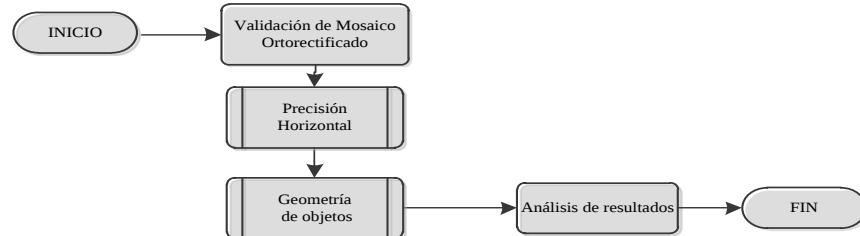
FASE 02



FASE 03



FASE 04



FASE 01 (Planificación)

- Área de Estudio



Figura 4. Campus-Sangolquí Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

FASE 01 (Planificación)

- **Puntos de control**

Se determino once puntos de control dentro del campus universitario para utilizarlos en la generación de ortofotografía. Estos se monumentaron con mojones cilíndricos de 15 cm de diámetro y se rastreo con GPS obteniendo una red de puntos de alta precisión.



Figura 5. Ubicación Aproximada de la red de puntos de control para el vuelo ESPE.

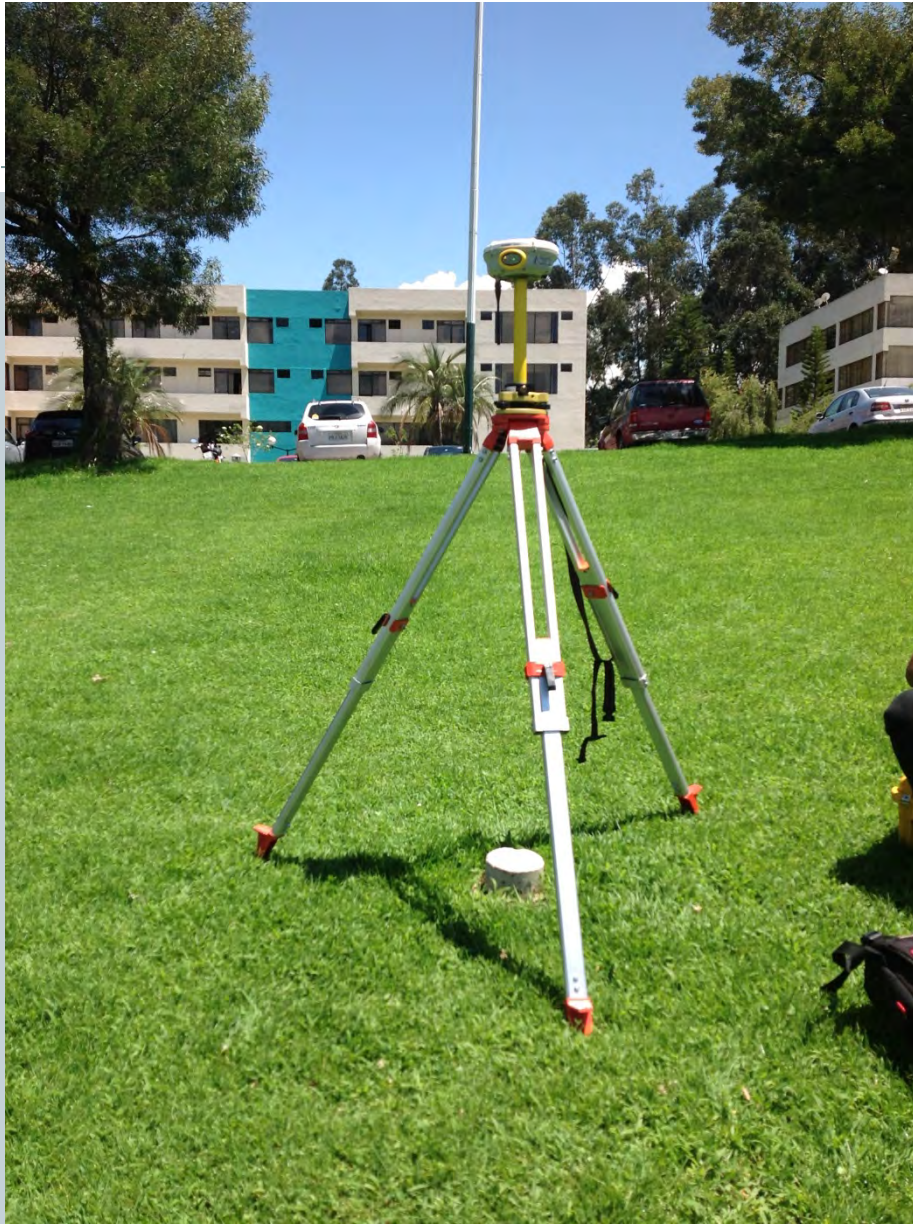




Figura 6. Estación de monitoreo continuo GNSS-MET EPEC.

FASE 02 (VUELO)



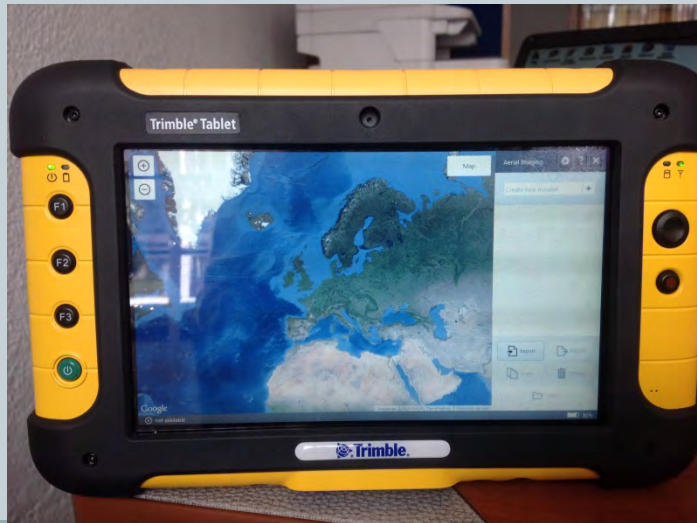
Altura de vuelo	120 m
GSD	3,8 cm
Traslapo Longitudinal	82%
Traslapo Transversal	82%
Tiempo de Vuelo	30 min

Tabla 1. Parámetros del vuelo ESPE.

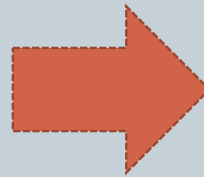
FASE 02 (VUELO)



FASE 02 (VUELO)



FASE 02 (VUELO)



FASE 02 (VUELO)



FASE 03 (Procesamiento)



- **Ajuste Automático**

El modulo fotogramétrico del software TBC 3.30, realiza un ajuste del vuelo con los puntos de los centros de exposición de cada fotografía para realizar la aéreo triangulación; los puntos fueron tomados en el vuelo con un recetor GPS L1 en DGPS logrando una precisión de $\pm 1,5$ m.

Proceso del pinchado de puntos de control (GCP) en el software TBC

FASE 04 Validación de Mosaico Ortorectificado



Figura 8. Puntos GPS de precisión sobre el mosaico Ortorectificado.

Resultados



- **Control Horizontal**

Escala	Objeto mínimo a mapear	
	Distancia	Área
5000	150 cm	22500 cm ²
1000	30 cm	900 cm ²
500	15 cm	225 cm ²

Tabla 2. Unidad Mínima de Mapeo (UMM) para escalas grandes.

Resultados



Escala	Tolerancia Horizontal
5000	1 m
1000	10 cm
500	5 cm

Tabla 3. Tolerancia de la precisión en el control horizontal para orto fotografías a escalas grandes.

Resultados



Figura 9. Ubicación de los puntos GCP (Amarillo), Validación foto Auto (Azul) y Validación foto GCP (Rojo).

MOSAICO AUTOMÁTICO	
DIFERENCIA PROMEDIO	
NORTE	ESTE
0,426	0,404
DISTANCIA PROMEDIO	
0,665	

Tabla 4. Diferencia media en este y norte entre las coordenadas de puntos de validación obtenidos del orto mosaico generado automáticamente con coordenadas de los centros de exposición de cada fotografía aérea y los GCP de validación.

Resultados



MOSAICO CON GCP	
DIFERENCIA PROMEDIO	
NORTE	ESTE
0,021	0,018
DISTANCIA PROMEDIO	
0,030	

Tabla 9. Diferencia media en este y norte entre las coordenadas de puntos de validación obtenidos del orto mosaico generado con GCP y los GCP de validación.

Resultados

● Geometría de Objetos

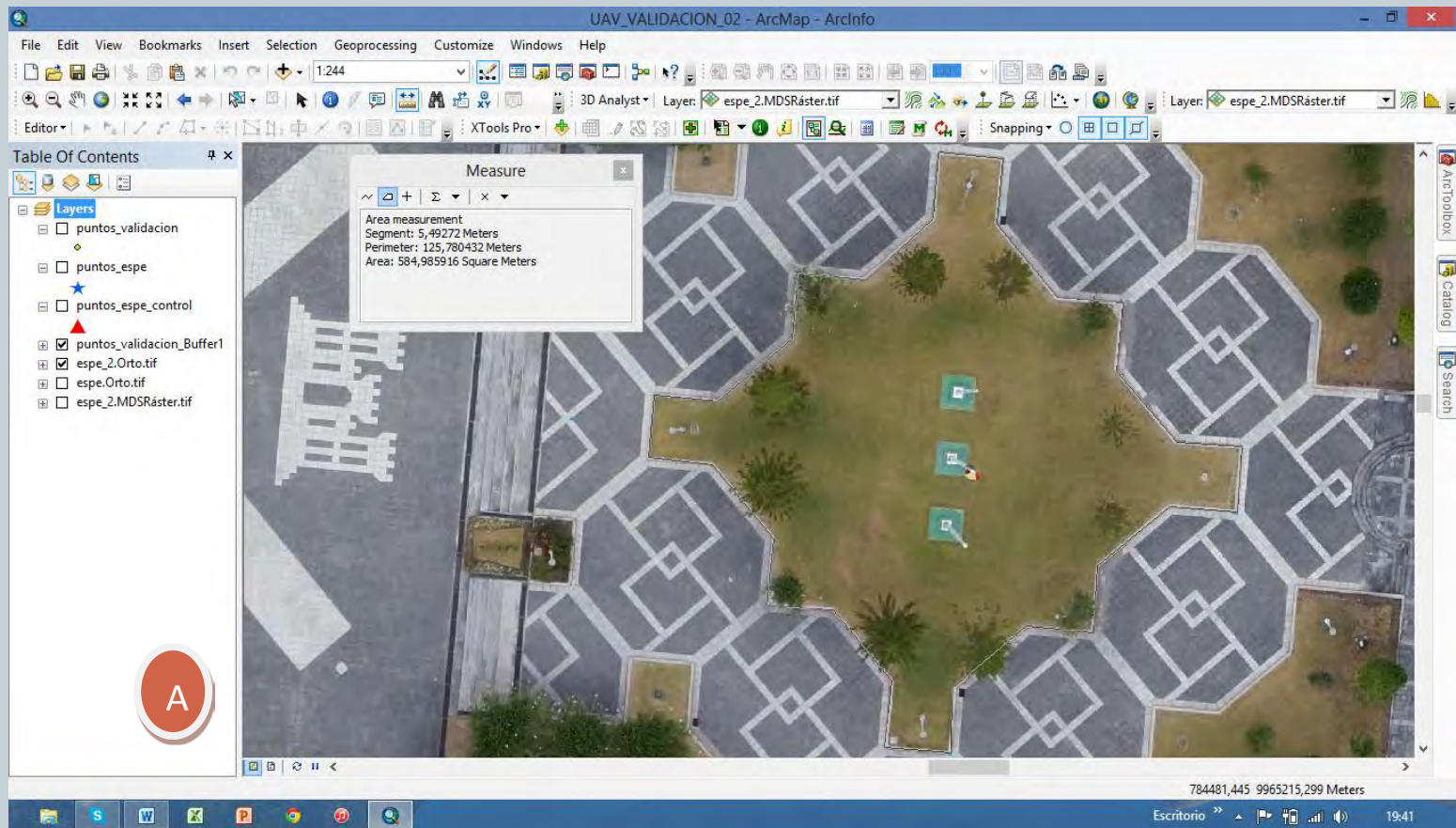


Figura 10. Medida de área del objeto N° 10 sobre (A) Fotografía ajustada con puntos de control.

Resultados

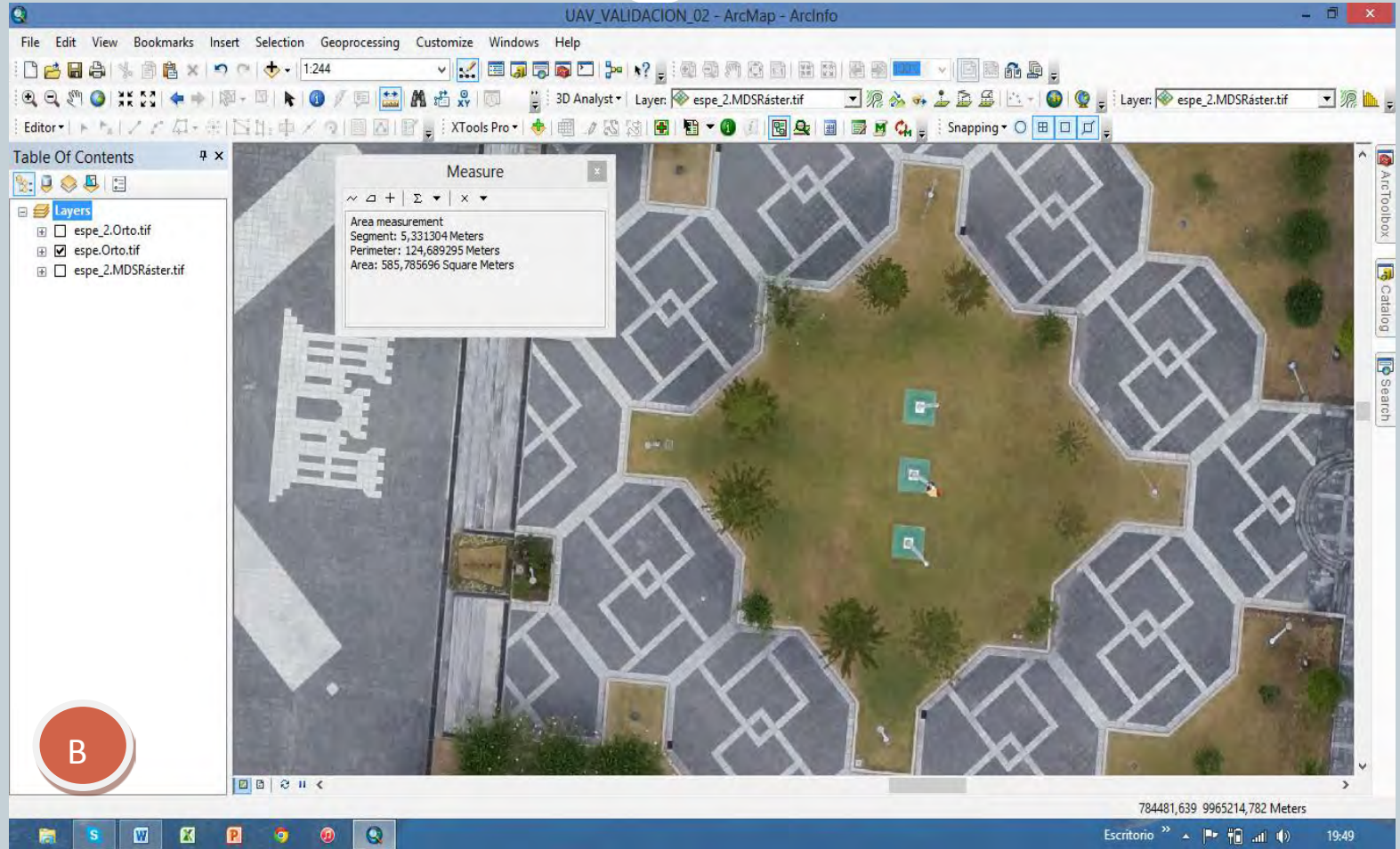


Figura 11. Medida de área del objeto N° 10 (B) Fotografía ajustada automáticamente con coordenadas de centros de exposición de cada foto.

Resultados



Objeto	Distancia Fotografía (m)		Diferencia
	Con GCP	Sin GCP	
1	4,076	4,077	-0,001
2	11,168	11,179	-0,010
3	28,101	28,112	-0,011
4	7,787	7,787	-0,001
5	7,813	7,813	0,000
6	7,878	7,870	0,008
7	7,686	7,681	0,005
8	11,982	11,986	-0,004
Media			0,005

Tabla 10. Resultado de la diferencia entre las medidas obtenidas sobre la fotografía ajustada con puntos de control y la fotografía ajustada automáticamente con coordenadas de centros de exposición de cada foto.

Resultados



Objeto	Área Fotografía (m ²)		Diferencia
	Con GCP	Sin GCP	
9	55,073	55,227	-0,154
10	584,986	585,786	-0,800

Tabla 11. Resultado de la diferencia entre las medidas de área obtenidas sobre la fotografía ajustada con puntos de control y la fotografía ajustada automáticamente con coordenadas de centros de exposición de cada foto.

Conclusiones



- Después del análisis y validación de los mosaicos ortorectificados, resultantes de la toma de fotografía aérea con el UAV de la marca TRIMBLE modelo UX5, se obtuvo imágenes ajustadas al marco de referencia SIRGAS-ECUADOR (Época: 2014.00) capaces de generar cartografía en escalas grandes.
- La escala de trabajo óptima para el mosaico ajustado automáticamente es 1:5000; pues en proceso de validación se observó una precisión media horizontal de 0,665 m y la diferencia en la geometría de objetos en promedio es 0,005 m, medida que para efectos de la escala es despreciable.

Conclusiones



- Para generar cartografía a escala 1:500, se debe obtener una precisión horizontal no mayor a 5 cm, por lo que se puede realizar sobre el mosaico fotogramétrico ajustado con puntos de control el levantamiento de información para esta escala de trabajo, ya que al validar la posición del mosaico se obtuvo una precisión horizontal media de 3 cm; cumpliendo con la tolerancia necesaria.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Juan Carlos Sani

jcss1023@hotmail.com

GITE-ESPE

Referencias Bibliográficas



- Ambrosia, V.; Wegener, S.; Sullivan, D.; Buechel, S.; Dunagan, S.; Brass, J. *et al.* (2003) Demonstrating UAV-acquired real-time thermal data over fires. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Extraído el 1 de octubre, 2013, del sitio web: http://asprs.org/a/publications/pers/2003journal/april/2003_apr_391-402.pdf
- Barrientos, A., J. del Cerro., Gutiérrez, P., & R. San Martín. (2007). Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones. Madrid. Extraído el 1 de octubre, 2013, del sitio web: <http://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrientos-CED12007.pdf>
- Camargo, J. 2011. Estudio y Diseño De Metodología con Técnicas GPS para la actualización de la Cartografía Catastral Del Municipio Palavecino (Venezuela). Extraído el 1 de octubre, 2013, del sitio web: <http://es.scribd.com/doc/112987196/tesis-fotogrametria-catastral>
- Castro, R. 2012. Teledetección Aérea no Tripulada ("Unmanned Aircraft System") (UAS), Ventajas y Aplicaciones. CENIA-Chile. Extraído el 1 de octubre, 2013, del sitio web: http://www.cenia.cl/documentos/docu50ed634f0e837_09012013_932am.pdf
- Fernández, R. 2010. Producción de productos cartográficos: MDT y ortofoto a partir de imágenes Capturadas por un vehículo UAV. Extraído el 1 de octubre, 2013, del sitio web: http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/119810/1/TFM_MoraFernandezdeCordobaR_Generacion.pdf
- Gallardo, B. 2007. Estudio de viabilidad de aplicaciones de observación aérea con UAV's y elaboración de un plan de empresa, Cataluña. Extraído el 1 de octubre, 2013, del sitio web: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3604/1/55726-1.pdf>
- Lahoz, J. nd. Introducción a La Fotogrametría Digital: El Método General De La Fotogrametría Digital. Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno, Escuela Politécnica Superior de Ávila. Extraído el 20 de Diciembre del 2013, del sitio web: <http://212.128.130.23/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/procesamiento-avanzado-de-imagenes-digitales/contenidos/Tema4.pdf>
- Pérez, J. 2001. Apuntes de fotogrametría II. Universidad de Mérida. Extraído el 21 de Diciembre, 2013, del sitio web: http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria_analitica/ApuntesFotogrametria2.pdf
- PhotoModeler, 2014. Extraído el 3 de enero del 2014, del sitio web: <http://www.photomodeler.com/products/scanner/default.html>
- Pozo, M. 2002. Desarrollo de equipos de fotogrametría: Explotación del dato digital, 2-4. Extraído el 10 de Diciembre, 2013, del sitio web: ftp://ftp.unsj.edu.ar/agrimensura/Fotogrametria/Unidad2/1._Historia_fotogrametria.pdf