



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE**

AUTOR: VÁSQUEZ RON, JULIO CÉSAR

**TEMA: ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PARA LA
GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CATASTRAL DE ESCALA
1:1000, EMPLEANDO UAV**

DIRECTOR: ING. PEREZ, PABLO

SANGOLQUÍ 2017



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CATASTRAL DE ESCALA 1:1000, EMPLEANDO UAV**” realizado por el señor **VÁSQUEZ RON JULIO CÉSAR**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **VÁSQUEZ RON JULIO CÉSAR**, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Julio del 2017

Ing. Pablo Pérez

DIRECTOR DEL PROYECTO



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **VÁSQUEZ RON JULIO CÉSAR**, con cedula de identidad N°1716966898, declaro que este trabajo de titulación "ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CATASTRAL DE ESCALA 1:1000, EMPLEANDO UAV", ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello e declaro responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Marzo del 2017

Vásquez Ron Julio César

C.C: 1716966898



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN

Yo, **VÁSQUEZ RON JULIO CÉSAR**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "**ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CATASTRAL DE ESCALA 1:1000, EMPLEANDO UAV**" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolqui, Marzo del 2017

Vásquez Ron Julio César

C.C: 1716966898

DEDICATORIA

Dedicó mi trabajo y cada logro a mi hija Rafaela, mi motor y motivación, quien me impulsa cada día a querer ser mejor y por quien cada esfuerzo y sacrificio tiene sentido.

AGRADECIMIENTO

Por su constante motivación y su incondicional apoyo en cada etapa de mi vida, que fueron esenciales a lo largo de mi formación y principalmente en mi paso por la universidad, agradezco a mis padres. Por su vocación en la tarea de instruir, que compartiendo sus conocimientos contribuyeron para el feliz término de mi vida universitaria, agradezco a mis profesores, en especial a mi director de tesis el Ing. Pablo Pérez.

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
SIGNIFICADO DE SIGLAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO 1 ASPECTOS GENERALES	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER	3
1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
1.5 OBJETIVOS	7
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.6 METAS	7
1.7 HIPÓTESIS	8
CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO	9
2.1 LA FOTOGRAMETRÍA	9
2.2 EL CATASTRO	10
2.2.1 <i>Componentes del catastro</i>	11
2.2.2 <i>Clasificación del catastro</i>	12

2.3	ORTOIMAGENES.....	14
2.4	MODELOS DIGITALES.....	15
2.4.1	Modelos digitales del terreno (MDT).....	15
2.4.2	Modelos digitales de superficie (MDS).....	16
2.4.3	Modelos digitales de elevación (MDE).....	16
2.5	VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV).....	17
2.5.1	Trimble UX5.....	17
2.5.2	Phantom 3 Professional.....	20
2.6	SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS.....	22
2.6.1	Trimble Aerial Solutions.....	23
2.7	SOFTWARE FOTOGRAMÉTRICO.....	24
2.7.1	UAS Master.....	25
2.7.2	Pix4D.....	25
2.8	DATOS GNSS.....	25
2.8.1	GPS TOPCOM HIPER SR.....	25
2.8.2	GPS TRIMBLE R8.....	26
2.9	CALIDAD DE DATOS.....	27
2.9.1	Control de calidad del insumo.....	27
2.9.2	Control de calidad de los productos cartográficos.....	27
2.10	MUESTREO PROBABILÍSTICO.....	28
2.10.1	Muestreo aleatorio simple (MAS).....	29
2.10.2	Muestreo sistemático.....	29
2.10.3	Muestreo estratificado.....	29
CAPITULO 3 METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CON FINES CATASTRALES GENERADA MEDIANTE UAV.....		30
3.1	DATOS GENERALES.....	30

3.2	PLAN DEL PROYECTO FOTOGRAMÉTRICO.....	31
3.2.1	DETERMINACIÓN DE GSD	32
3.2.2	PLANIFICACIÓN DE VUELO UX5 EN AERIAL IMAGING.....	33
3.2.3	PLANIFICACIÓN DE VUELO PHANTOM 3 PROFESIONAL EN PIX4DCAPTURE.	36
3.3	CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	37
3.4	PUNTOS DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO	38
3.4.1	OBTENCIÓN DE PUNTOS DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO	38
3.4.2	POST PROCESO DE LOS DATOS GNSS	40
3.5	VUELO FOTOGRAMÉTRICO	43
3.5.1	VUELO UX5	43
3.5.2	VUELO PHANTOM 3 PROFESIONAL	45
3.6	PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA MISIÓN FOTOGRAMÉTRICA	47
3.6.1	INPHO UASMASTER V7.1 UX5.....	48
3.6.2	PIX4D V2.2.....	54
3.7	GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CON FINES CATASTRALES	59
3.7.1	GENERACIÓN DE LA GEODATABASE.....	61
3.7.2	PROCESO DE DIGITALIZACIÓN	62
CAPITULO 4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LOS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS CON FINES CATASTRALES GENERADOS EMPLEANDO UAV		64
4.1	PRODUCTOS OBTENIDOS.....	64
4.2	CONTROL DE CALIDAD DE LA ORTOFOTO	67
4.2.1	DETERMINACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE MÉTODO DE MUESTREO	67
4.2.2	GENERACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS	68
4.2.3	PROCESAMIENTO MUESTRAL.....	69
4.2.4	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	70

		X
4.3	CONTROL DE CALIDAD DEL MDS	73
4.4	COMPARACIÓN VISUAL CATASTRO DEL DMQ - ORTOFOTO	76
4.4	COMPARACIÓN CATASTRO DMQ, DIGITALIZACIÓN ORTOFOTO VS MEDIDAS REALES.	76
4.5	COMPARACIÓN DIGITALIZACIÓN VS TOPOGRAFÍA.....	80
CAPITULO 5 NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CATASTRAL DE ESCALA 1:1000, EMPLEANDO UAV		.82
5.1	CAMPO DE APLICACIÓN	82
5.2	DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	82
5.3	GLOSARIO	83
5.4	GENERACIÓN DE ORTOFOTO Y MDS	84
5.5	GENERACIÓN DE GEODATABAE	90
CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		92
6.1	CONCLUSIONES	92
6.2	RECOMENDACIONES	93
Bibliografía.....		95

Índice De Tablas

Tabla 1 Listado De Proyectos Administraciones Pública	2
Tabla 2 Zonas De Estudio	6
Tabla 3 Especificaciones Trimbe Ux5	18
Tabla 4 Especificaciones Phantom 3 Professional	20
Tabla 5 <i>Especificaciones Hiper Sr</i>	25
Tabla 6. Equipos Utilizados Para La Generación De Insumos Cartográficos Con Fines Catastrales ...	30
Tabla 7 Planificación Gsd Ux5	31
Tabla 8 Planificación Gsd	32
Tabla 9. <i>Listado Coordenadas De Gcp'S</i>	42
Tabla 10. Catálogo De Objetos De Cartografía Catastral 1:1000 Del Igm.....	59
Tabla 11. Cartografía Catastral De Las Zonas De Estudio	66
Tabla 12. Diferencia Levantamiento Gps Igm Y Ortofoto.....	69
Tabla 13. Comparación Alturas Gcp'S Respeto Al Mds	74
Tabla 14. Estadística Descriptiva Al Relizar La Diferencia Dsm Y Datos Gps	75
Tabla 15. Comparaciones Medidas Sobre Digitalización, Catastro Y Medidas En Campo.....	78
Tabla 16. Estadística Descriptiva Al Relizar La Diferencia Entre El Catastro, Ortofoto Y Medidas En campo.....	79
Tabla 17. Comparación Medidas De Linderos En Digitalización Y Topografía.....	81
Tabla 18. Comparación De Posición De Vértices En Digitalización Y Topografía.....	81
Tabla 19 Especificaciones Técnicas Y Consideraciones Geodésicas	84
Tabla 20 Especificaciones Del Uav.....	85
Tabla 21 <i>Vuelos Fotogramétricos</i>	86
Tabla 22 <i>Levantamiento De Puntos De Apoyo Fotogramétrico Gcp</i>	87
Tabla 23 Resultados Y Productos A Entregar Del Proceso Fotogramétrico.....	88
Tabla 24 <i>Restitución</i>	90
Tabla 25 Digitalización 2d.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano Catastral De La Ciudad De Quito Elaborado En 1925	1
Figura 2. Árbol Del Problema De Investigación	4
Figura 3. Mapa De Ubicación De La Área De Estudio	5
Figura 4. Mapa Zonas De Estudio	6
Figura 5. Clasificación De La Fotogrametría	10
Figura 6. Componentes Del Catastro.	11
Figura 7. Clasificación Del Catastro.	12
Figura 8. Modelo Digital Del Terreno	15
Figura 9. Modelo Digital De Superficie Zona De Estudio	16
Figura 10. Modelos Digitales De Elevación.....	16
Figura 11. Ejemplos De Drones	17
Figura 12. Uav Ux5	18
Figura 13. Uav Phantom 3 Professional	20
Figura 14. Uas.....	23
Figura 15. Uas.....	24
Figura 16. Especificaciones Trimble R8	26
Figura 17. Área De Vuelo General Con Ux5.....	32
Figura 18. Creación Nuevo Espacio De Trabajo	34
Figura 19. Área De Vuelo.....	34
Figura 20. Parámetros De Vuelo	35
Figura 21. Punto De Despegue Y Aterrizaje.....	35
Figura 22. Simulación De Vuelo.....	36
Figura 23. Área De Vuelo.....	36
Figura 24. Parámetros De Vuelo	37
Figura 25 Mapa De Ubicación De Gcp`S	38
Figura 26. Gcp04	39
Figura 27. Gcp 09.....	39
Figura 28. Día Y Semana Gps	40
Figura 29. Post Procesamiento Gcp`S	41
Figura 30. Sitio De Despegue Y Aterrizaje (Cancha De Monteserrín).....	43
Figura 31 Checklist	44
Figura 32. Seguimiento De La Misión De Vuelo	45
Figura 33. Checklist	46
Figura 34. Seguimiento Del Vuelo Mediante La Aplicación Pix4dcapture.....	46
Figura 35. Sitio De Despegue Y Aterrizaje Parque Jipijapa	47

Figura 36 Generación De Espacio De Trabajo	48
Figura 37. Introducción De Parámetros De La Cámara	49
Figura 38. Fotografías Obtenidas	49
Figura 39. Archivo Imu	50
Figura 40. Fotogramas Y Líneas De Vuelo	51
Figura 41. Medición De Puntos De Control	51
Figura 42 Generación De Ajuste Absoluto	52
Figura 43. Obtención De .Las Y Mds.....	53
Figura 44. Generación De Ortofoto.....	53
Figura 45. Par Estereoscópico	54
Figura 46. Creación De Espacio De Trabajo	54
Figura 47. Carga De Fotogramas Al Espacio De Trabajo.....	55
Figura 48. Definición De Sistema De Referencia	55
Figura 49. Visualización De Las Líneas De Vuelo Y Centros De Exposición.....	56
Figura 50. Datos Gns De Gcp`S	56
Figura 51. Pinchado De Gcp`S	57
Figura 52. Productos A Generar	58
Figura 53. Proyección De Las Fotografías Para La Generación Del Mosaico	58
Figura 54. Generación De Geodatabase.....	61
Figura 55 Digitalización Sobre Ortofoto.	62
Figura 56. Información Catastral Dmq E Información Cartografía Básica Generada Sobre Ortofoto ..	63
Figura 57. Comparación Ortofotos Ux5.....	64
Figura 58. Comparación De Ortofoto	65
Figura 59. Comparación Mds	66
Figura 60. Puntos De Muestreo Obtenidos A Partir Del Levantamiento Geodésico Del Igm.....	68
Figura 61. Medición Gps Igm.....	69
Figura 62 Grados De Libertad Y Nivel De Significancia.....	72
Figura 63. Gráfico Prueba De Hipótesis.....	73
Figura 64. Distribución De Puntos Gps Sobre El Mds	74
Figura 65. Diferencias Visuales Catastro Dmq – Ortofoto Uav.....	76
Figura 66. Medición De Frente En Campo.....	77
Figura 67. Medidas De Frente De Lotes Digitalizados	77
Figura 68. Medidas De Frente De Lotes Catastro Dmq	77
Figura 69 Digitalización Vs Topografía	80

SIGNIFICADO DE SIGLAS

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor

GNSS: Global Navigation Satelital System

GPS: Siglas de Global Positionig System o Sistema de posicionamiento Global

GCP: Puntos de Control Terrestre

IGM: Instituto Geográfico Militar

LAS: Nube de puntos

MDT: Modelo de terreno

UAV: Unmanned Aerial Vehicle (aeronave que vuela sin tripulación)

UTM: Universal Transversal de Mercator

WGS: World Geodesic System

RPAS (*Remote Piloted Aircraft Systems*).

RESUMEN

Dada la alta demanda de estudios de actualizaciones y levantamientos catastrales por parte de los municipios, ha sido notorio el crecimiento de la aplicación de nuevas tecnologías, que abaraten costos y reduzcan tiempos para la generación de la información. Entre ellas, el uso de sistemas UAV para la obtención de productos cartográficos. Por ello en este proyecto de investigación se obtuvo una normativa técnica para la elaboración cartográfica con fines catastrales mediante UAV's, proponiendo así, un esquema básico para mejor conocimiento de los equipos, manejo de los mismos y aplicación de los sistemas de procesamiento. A fin de lograr el objetivo se realizaron los procesos de validación de insumos catastrales a través de un equipo de ala fija y rotativa.

- **UAV**
- **UX5**
- **PHANTOM 3**
- **CATATRO**
- **NORMATIVA**

ABSTRACT

Given the high demand for studies of updates and cadastral surveys by the municipalities, the growth of the application of new technologies, which lowers costs and reduce time for information generation, has been notable. Among them, the use of UAV systems to obtain catastrophic products. Therefore, in this research project, a technical regulation was obtained for the cartographic elaboration with cadastral purposes by means of UAVs, thus proposing a basic scheme for better knowledge of the equipment, management of the same and application of the processing systems. To realize the objective, cadastral input validations processes were carried out by using fixed and rotating wing equipment.

- **UAV**
- **UX5**
- **PHANTOM 3**
- **CDASTRE**
- **NORMATIVE**

CAPITULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente el catastro no es solamente un inventario, sino una herramienta fundamental, para los procesos de planificación y desarrollo de los espacios urbanos y rurales, que acompañado de los avances tecnológicos actuales, como la infraestructura de datos espaciales, pueden lograr la interacción e interoperabilidad de los distintos actores desde distintos lugares geográficos.

Los procesos de generación de información cartográfica con fines catastrales han evolucionado a lo largo de los años, en el año 1925 se elaboró el primer catastro de predios urbanos de la ciudad de Quito y se puso en vigencia el año 1926. (Figura 1)



Figura 1. Plano catastral de la ciudad de Quito elaborado en 1925

Fuente: Municipio del DMQ, 2016

La última actualización de productos cartográficos con fines catastrales en el Distrito Metropolitano de Quito se llevó a cabo en los años 2011 – 2012. A continuación en la Tabla 1 se encuentra la información de los productos que se entregaron, así como el año de contratación.

Tabla 1
Listado de proyectos Administraciones Pública

Descripción	Entidad contratante	Año
Adquisición de: Fotografía aérea del Distrito Metropolitano de Quito escala 1:20.000, Aerofotografías y cartografías del Distrito Metropolitano de Quito escala 1:1.000, Ortofotografías escala 1:5.000 del Distrito Metropolitano de Quito y Ortoimágenes	Empresa de Desarrollo Urbano de Quito (EMDUQ)	2009
Cartografía de la Municipalidad de Quito.	Empresa De Desarrollo Urbano de Quito – EMDUQ	2009

Fuente: (STEREOCARTO, accesado 2016)

Con la aparición de la fotogrametría analítica o semianalítica, el catastro ha ido evolucionando y en la nueva era de la fotogrametría digital obtenida mediante aviones no tripulados (UAV), provocando que el uso y aplicación de los mismos se incremente, combinando tanto el hardware como el software que permiten obtener resultados cartográficos de excelente calidad.

La cartografía catastral debe estar enlazada a la red según el Artículo 9 de la Ley de Cartografía nacional “La cartografía catastral, elaborada por instituciones públicas o privadas, personas naturales o jurídicas, estará ajustada a la Red Geodésica Nacional. “ (LEY DE CARTOGRAFIA NACIONAL, 2011), (ANEXO 1).

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER

Cada GADM (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal), como se menciona en el Artículo 55 del COOTAD(Código Orgánico de Organización ,Autonomía y Descentralización), tiene la competencia exclusiva de generar el catastro para su cantón, de aquí la necesidad de implementar nuevas tecnologías y una normativa técnica para la producción de información cartográfica empleando UAV(Unmanned aerial vehicle), con los cuales se puede obtener la información necesaria, y mediante la ayuda de software y procesos de campo generar una ortofoto y MDS (Modelo de superficie).

Con la ortofoto y el MDS mediante un proceso de digitalización se puede obtener la cartografía catastral, parte grafica de vital importancia en la generación de catastro, información que debe cumplir los parámetros mínimos exigidos por el IGM (Instituto Geográfico Militar). Por ello la necesidad de generar una normativa para la obtención de los productos catastrales mediante el UAV.

Además cabe mencionar la obligación por parte de los GADM de actualizar el catastro cada 2 años como se menciona en los artículos 139 y 494 del COOTAD, lo cual representa un gasto reducible mediante la aplicación de tecnología más accesible y segura (UAV).

1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



Figura 2. Árbol del problema de investigación

Para la obtención de los productos cartográficos generados empleando UAV se tiene como materia prima 2 productos, ortofoto y MDS, de los cuales se procederá a generar cartografía vectorial mediante digitalización.

Debido a la alta utilidad de los productos cartográficos con fines catastrales generados empleando UAV, se ha identificado como una necesidad validar los mismos.

Los avances tecnológicos en los sistemas de obtención de fotogrametría y el interés por la utilización de sistemas UAV, obligan a validar sus productos ya que representan menor costo y riesgo, es por eso que este trabajo propone redactar una normativa para generar productos cartográficos con fines catastrales obtenidos empleando UAV de 4 zonas de estudio en la ciudad de Quito.

Para validar los productos cartográficos de uso catastral, se utilizara equipo GPS L1/L2 y se realizará la comparación con el catastro del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) una vez que esta haya sido validada, también se la podrá comparar con topografía y mediciones en campo mismas que se realizarán con flexómetro.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está dividida en 4 zonas de estudio dentro de la ciudad de Quito, cantón Quito las cuales se van a determinar mediante la densidad constructiva, se realizara el vuelo en cada una de las zonas para generar su MDS y ortofoto sobre la cual se digitalizará para obtener los productos cartográficos con fines catastrales.

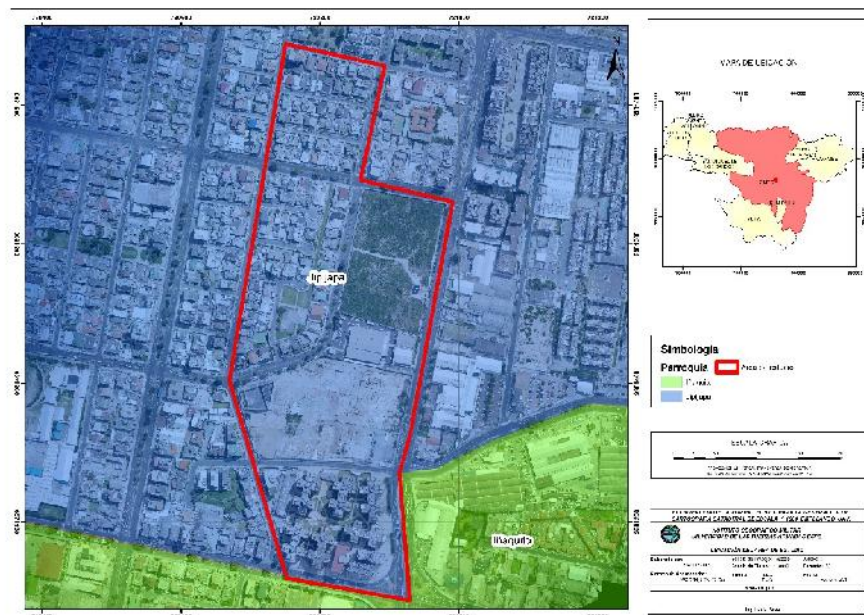


Figura 3. Mapa de Ubicación de la área de estudio

Las zonas mencionadas anteriormente serán de densidad constructiva alta con propiedad horizontal, alta, media y baja; las cuales cubrirán una extensión mínima de 2 Ha cada una, dentro de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito.(ANEXO 2)



Figura 4. Mapa zonas de estudio

**Tabla 2
Zonas de estudio**

Ciudad	Zona de Estudio	Densidad Constructiva	Área (Ha)
Quito	Zona 1	Baja	7.20
	Zona 2	Media	3.71
	Zona 3	Alta	2.57
	Zona 4	Alta propiedad horizontal	3.30

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Elaborar la norma técnica para la generación de cartografía catastral de escala 1:1000, empleando UAV.

1.5.2 Objetivos específicos

- Planificar y levantar las zonas de estudio con el UAV.
- Generar MDS y ortofoto de las zonas de estudio.
- Generar la información cartográfica con fines catastrales en cada una de las zonas.
- Realizar el muestreo estadístico y la determinación de la calidad de los productos (MDS, ortofoto, restitución).
- Formular la Norma Técnica según estándares INEN e ISO.

1.6 METAS

- Planos con fines catastrales de las 4 Zonas de estudio en el DMQ.
- Un Informe de la precisión de los productos cartográficos catastrales 1:1000.
- Una Norma Técnica para los trabajos cartográficos catastrales generados empleando un UAV de ala fija y rotativa.

1.7 HIPÓTESIS

H1: Los productos cartográficos con fines catastrales generados empleando UAV cumplen con la precisión.

H0: Los productos cartográficos con fines catastrales generados empleando UAV no cumplen con la precisión.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 LA FOTOGRAMETRÍA

Etimológicamente la palabra Fotogrametría viene del griego: photon (luz), graphos (descripción) y metrón (mediciones), es decir mediciones tomadas a partir de fotografías; para Bonneval (1972) “Es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, posición y dimensión en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías”.

Según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) (1988), la fotogrametría es la “ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de fotografías, para de esta manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado”.

Actualmente las técnicas empleadas en fotogrametría integran a los sensores remotos y a la fotointerpretación ya que se complementan entre sí con el fin de conocer las dimensiones, posición y características de cualquier figura y se ha convertido en el principal insumo para generar cartografía temática en los sistemas de información geográfica (SIG) creando modelos 3D a partir de imágenes 2D.

Para Jauregui, (2010): La fotogrametría registra en la fotografía la proyección en forma ortogonal sobre el plano de referencia partiendo de que la proyección central es perfecta, lo cual implica que:

- No existe desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara.
- La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana.

- La relación matemática entre el objeto y su imagen se establece a través del principio de colinealidad.

La fotogrametría puede ser clasificada de acuerdo al tipo de fotografía y al tipo de captura y procesamiento como se observa en la siguiente figura.

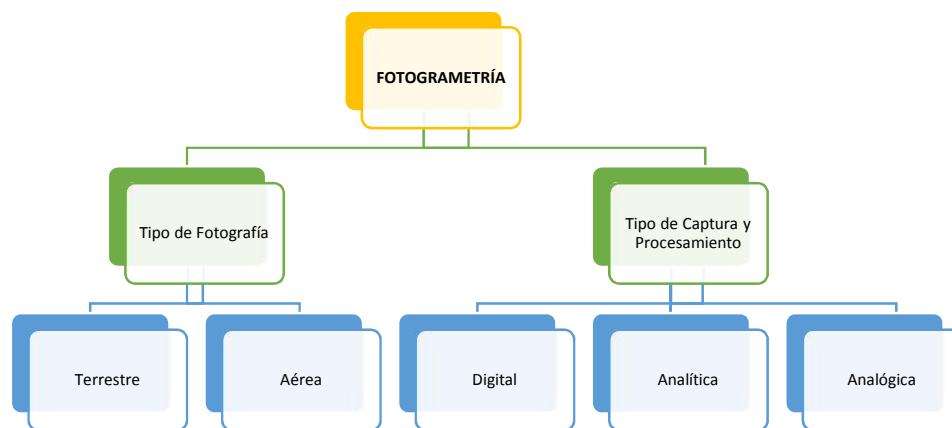


Figura 5. Clasificación de la Fotogrametría

2.2 EL CATASTRO

“El catastro es un inventario público, metódicamente ordenado de datos concernientes a propiedades de un determinado país o distrito, basado en la medida de sus límites” Kaufmann (1998)

Para Erba (2005) es un sistema integrado de bases de datos que reúne la información sobre el registro y la propiedad del suelo junto con otras características ambientales, demográficas y socioeconómicas convirtiéndose en una herramienta holística para la planificación a nivel local, regional y nacional.

El objetivo principal del levantamiento catastral es describir las características jurídicas, físicas, económicas y geográficas de un bien inmueble para proveer de una base de datos de la propiedad territorial a los gobiernos municipales y ordenamiento territorial.

2.2.1 Componentes del catastro

El catastro tiene varios componentes que se relacionan e interactúan entre sí, para Borja (2014) estos componentes son los que se describen en la siguiente figura.

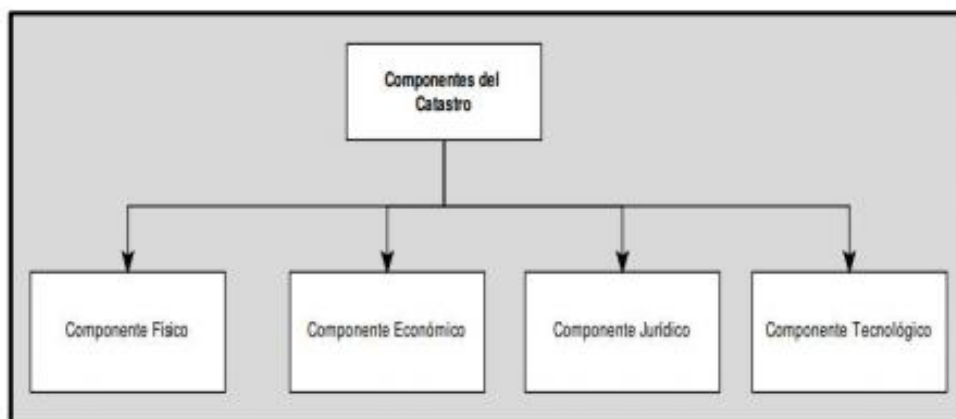


Figura 6. Componentes del Catastro.
Fuente: Borja, (2014)

Componente físico

Se basa en las técnicas referidas a la producción cartográfica catastral, dimensiones, codificación catastral, ubicación cartográfica y caracterización de los inmuebles enmarcados dentro del ámbito municipal, como unidad orgánica (Albarrán, 2004).

Componente económico

Consiste en hallar el valor aplicable a cada uno de los inmuebles dentro de la municipalidad catastrada.

Componente jurídico

Se encarga de esclarecer las actividades legales que rigen el catastro a través de las normativas y ordenanzas municipales para regularizar la tenencia de propiedad.

Componente tecnológico

Se encarga de integrar todas los demás componentes dentro un computador y utilizar la información dentro de un SIG (Sistema de Información Geográfica); mismo que permite modelar todas las variables e integrarlas para obtener la producción cartográfica catastral.

2.2.2 Clasificación del catastro

La clasificación del catastro varía de acuerdo a varios autores las más aceptadas son:



Figura 7. Clasificación del Catastro.

Por el ámbito y ubicación

- **Catastro urbano**

Es un inventario que permite el diagnóstico de información especialmente inmobiliaria en donde se identifican actividades residenciales como el desarrollo comercial, industrial y recreativo del cual se desprenden planos catastrales.

- **Catastro rural**

Es un inventario que permite el diagnóstico de información especialmente inmobiliaria rústicas en donde se identifican actividades agrícolas como cultivos y deslindes rurales del cual se desprende la realización de mapas.

Por el enfoque u objetivo

- **Catastro económico fiscal**

Está basado en fines netamente tributarios y permite valorar la contribución monetaria que hará el propietario al municipio por el predio.

- **Catastro geométrico físico**

Relaciona las bases de datos que contienen información tanto geográfica/espacial como las relacionadas con áreas y posición para determinar una valoración económica más equitativa.

- **Catastro jurídico**

Permite controlar los aspectos legales que bordean la situación y la evolución del territorio municipal en todo cuanto se refiere a geometría, posesión y valor económico.

- **Catastro multifinalitario**

Fusiona los aspectos espaciales, jurídicos y de atributos de los predios a aspectos sociales y ambientales que permiten a los gestores de planificación tomar decisiones acertadas para la distribución armónica de la población.

2.3 ORTOIMAGENES

El Instituto Geográfico Militar (2006) define a una ortoimagen como “la representación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la validez de un plano cartográfico, pero con mucha más información que el anterior”.

Según la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, (2015): las deformaciones producidas en la captura de la imagen se deben al relieve del terreno, la falta de verticalidad de la toma fotográfica y las distorsiones propias del objeto de la cámara; es por ello que para que una imagen sea ortogonal, debe mostrar el territorio en una misma escala, dicha imagen se obtiene a través de la ortorectificación de una imagen real. (Hernández, 2006)

2.4 MODELOS DIGITALES

Es una representación raster de arreglos matriciales de filas y columnas de una superficie continua, para Miller y Laflamme (1958) los algoritmos y modelos de datos que permiten al usuario comprender mejor el medio que le rodea son los modelos digitales, mismos que son una valiosa herramienta para la interpretación y análisis de diferentes áreas de terreno; se clasifican en tres tipos: modelos digitales del terreno, de elevaciones y de superficie.

2.4.1 Modelos digitales del terreno (MDT)

Son modelos de representación raster que describen los relieves a nivel de suelo.

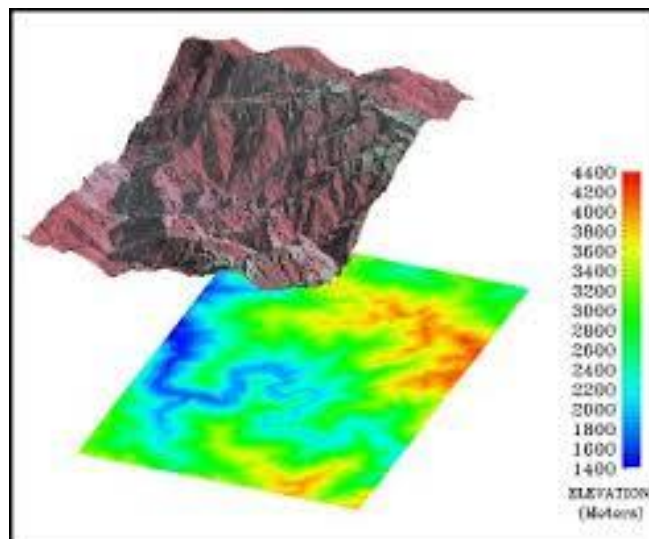


Figura 8. Modelo Digital Del Terreno

Fuente: Reinalo, (2014)

2.4.2 Modelos digitales de superficie (MDS)

El MDS representa todos los elementos que están sobre la superficie del terreno tales como: edificaciones, autos, copa de los árboles, etc.

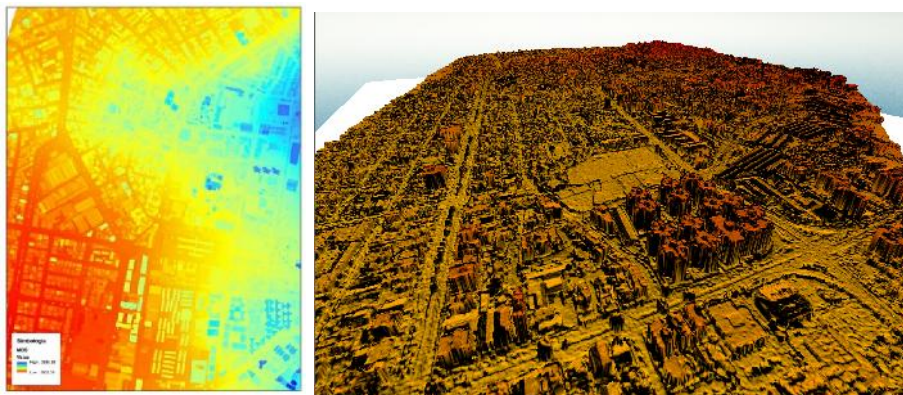


Figura 9. Modelo Digital de Superficie zona de estudio

2.4.3 Modelos digitales de elevación (MDE)

Es el conjunto de modelos digitales del terreno con los modelos digitales de superficie.

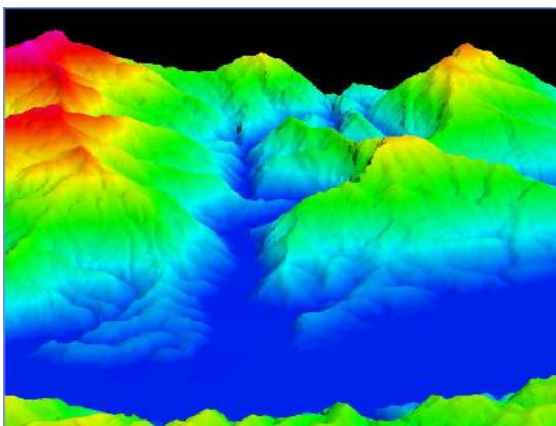


Figura 10. Modelos Digitales de Elevación
Fuente: INEGI, (2012)

2.5 VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV)

Son equipos aéreos pequeños capaces de transportar sensores para misiones fotogramétricas como INS (Inertial Navigation System) y GNSS (Global Navigation Satellite System). Para Acosta, (2011) un UAV es un sistema formado por un conjunto de elementos de diferentes tipos de plataformas con una estructura seleccionada que permite enlazar datos remotos. (Figura 11)



Figura 11. Ejemplos de drones
Fuente: XDRONES

2.5.1 Trimble UX5

Aeronave no tripulada de ala fija, con una resolución espacial mínima de 2.54 cm y máxima de 25.4 m utilizada para diversas aplicaciones. Recopila grandes cantidades de datos en un tiempo relativamente corto.

Sigue una trayectoria pre programada donde el despegue, vuelo y aterrizaje requieren de una intervención manual mínima.

El cuerpo interno es de carbono y la cubierta de polipropileno expandido



Figura 12. UAV UX5

Tabla 3
Especificaciones Trimbe UX5

HARDWARE	
Tipo	Ala Fija
Peso	2,5 Kg
Envergadura	1 m
Superficie alar	34 dm ²
Dimensiones	100 cm x 65 cm x 10'5 cm
Material	Espuma de polipropileno expandido; estructura de fibra de carbono; materiales compuestos
Propulsión	Hélice eléctrica inversa; motor sin escobillas de 700 W
Batería	14'8 V, 6000 mAh
Cámara	16'1 MP, sin espejo, sensor APSC, con objetivos personalizados de 15 mm
Controlador	Robusta Trimble Tablet PC
OPERACIÓN	
Autonomía	50 minutos
Alcance	60Km
Velocidad Crucero	80km/h

CONTINUA →

Techo de vuelo máximo	5000m
Tiempo de configuración del sistema previo al vuelo	5 minutos
Límite climático	65 km/h y lluvia ligera
Comunicaciones y frecuencia de control	2.4 GHz
Comunicaciones y distancia de control	Hasta 5 Km

CÁMARA SONY NEX-5R

Tamaño	23.5 x 15.6 mm
Peso	218 gramos
Tamaño de la imagen	4912 x 3264 pixeles
Distancia focal	15.5172 mm
Resolución	16.1 MP
Ángulo de visión	75.87 grados

DESPEGUE

Tipo	Catapulta de lanzamiento
Angulo	30 grados

ESPACIO DE ATERRIZAJE (L X A)3

Típico	20m x 6m
Recomendado	50m x 30m

RENDIMIENTO DE LA ADQUISICIÓN

Resolución (GSD)	De 2,4 cm a 24 cm
Altura sobre la ubicación de despegue (AGL)	De 75 m a 750 m

Fuente: Hoja de Datos Trimbe UX5 2013

2.5.2 Phantom 3 Professional


Es un UAV muy amigable de fácil despegue y aterrizaje, en cuanto al vuelo estacionario los sistemas GPS (Global Positioning System) y GLONASS (Global Navigation Satellite System), hacen que el equipo sea consciente en todo momento de su ubicación con más exactitud, por ello se mueve con más precisión y conecta satélites con rapidez, además permite grabar el punto de despegue para poder de este modo regresar el equipo con solo presionar el botón de retorno.




Figura 13. UAV PHANTOM 3 PROFESSIONAL

Tabla 4
Especificaciones Phantom 3 Professional

Aeronave	
Peso (Batería y Hélices Incluidas)	1280 g
Tamaño Diagonal (Hélices Excluidas)	350 mm
Velocidad Máx. en Ascenso	5 m/s
Velocidad Máx. en Descenso	3 m/s
Precisión en Vuelo Estacionario	Vertical: +/- 0.1 m (si el Posicionamiento Visual está activado)

	o +/- 0.5 m
	Horizontal: +/- 1.5 m
Velocidad Máx.	16 m/s (modo ATTI, sin viento)
Altura Max. de Servicio sobre el Nivel del Mar	6000 m CONTINUA 
	(Límite de altura por defecto: 120 m sobre el punto de despegue)
Temperatura de Funcionamiento	de 0°C a 40°C
Modo GPS	GPS/GLONASS
Máx. Duración de Vuelo	Aproximadamente 23 minutos
Cámara	
Sensor	1/2.3" CMOS
	Píxeles efectivos: 12.4 M (píxeles totales: 12.76 M)
Lente	FOV 94° 20 mm (35 mm formato equivalente) f/2.8, enfoque a ∞
Rango ISO	100-3200 (vídeo) 100-1600 (foto)
Velocidad Del Obturador	8s -1/8000s
Tamaño Máx. de Imagen	4000×3000
Modos de Fotografía	Disparo único
	Disparo en ráfaga: 3/5/7 disparos
	Exposición Automática en Horquillado (AEB): 3/5
	Horquilla de Exposición a 0.7EV Bias
	Time-lapse
Tipos de Tarjetas SD Compatibles	Micro SD
	Capacidad Máx.: 64 GB. Clase 10 ó UHS-1 valoración requerida
Tasa de Bits Máx. de Almacenamiento de Vídeo	60 Mbps
Formatos de Archivo Admitidos	FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)
Temperatura de Funcionamiento	de 0°C a 40°C

Mando de Control Remoto	
Frecuencia	2.400 GHz-2.483 GHz
Distancia Máxima	Hasta 5 km o 3.1 millas (sin obstáculos ni interferencias) Según normas FCC. Hasta 3.5 km o CONTINUA  2.1 millas (sin obstáculos ni interferencias) Según normas CE
Temperatura de Funcionamiento	de 0°C a 40°C
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Soporte para Dispositivo Móvil	Para tableta o teléfono móvil
Transmisor de Potencia (PIRE)	FCC: 20 dBm CE: 16 dBm
Voltaje de Funcionamiento	1.2 A @7.4 V
Batería de Vuelo Inteligente	
Capacidad	4480 mAh
Voltaje	15.2 V
Tipo de Batería	LiPo 4S
Energía	68 Wh
Peso Neto	365 g
Temperatura de Funcionamiento	de -10°C a 40°C
Potencia de Carga Máx.	100 W

Fuente: Hoja de Especificaciones Phantom 3 Professional / dji.com

2.6 SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS

El uso de sistemas aéreos no tripulados (UAS por sus siglas en inglés) para generar cartografía catastral a través de fotogrametría, proporciona una herramienta para la adquisición de datos, de dónde se despliega un sin número de aplicaciones y puede ser utilizado para minería, industria, topografía y monitoreo de condiciones ambientales.



Figura 14. UAS
Fuente: pix4d.com

2.6.1 Trimble Aerial Solutions

Trimble ha creado un UAS denominado “Aerial Imaging Solutions”, permitiendo la obtención de grandes cantidades de datos en corto tiempo. Además, de la integración de software de procesamiento de datos específico para UAV’s, logrando la generación de productos fotogramétricos de alta calidad.

El equipo está conformado por dos segmentos principales:

Segmento Terrestre

Incluye una tablet modelo YUMA 1, en la cual se encuentra instalado el software de planificación del vuelo y la antena emisora que mediante ondas de radiofrecuencia indica al UAV que cumpla la misión fotogramétrica

Para el despegue del equipo, se cuenta con una catapulta de lanzamiento, que con cuerdas a velocidad impulsa al UAV para activar los sensores y realizar el vuelo fotogramétrico.

Segmento Aéreo

Sus características físicas le permiten tener una buena resistencia a los golpes y al medio ambiente y además incluye la caja Ebox, el receptor GNSS L1, la antena, los alerones y la hélice. Dentro del UAV existen dos compartimentos en donde se ejecutan las acciones emitidas por el segmento terrestre.

2.7 SOFTWARE FOTOGRAMÉTRICO

El software fotogramétrico es un paquete especializado en el procesamiento de imágenes, en el caso de los UAV's, se cuenta con paquetes de programas que permiten realizar las orientaciones de la imagen prácticamente de forma automática. A continuación se describen algunos de estos:

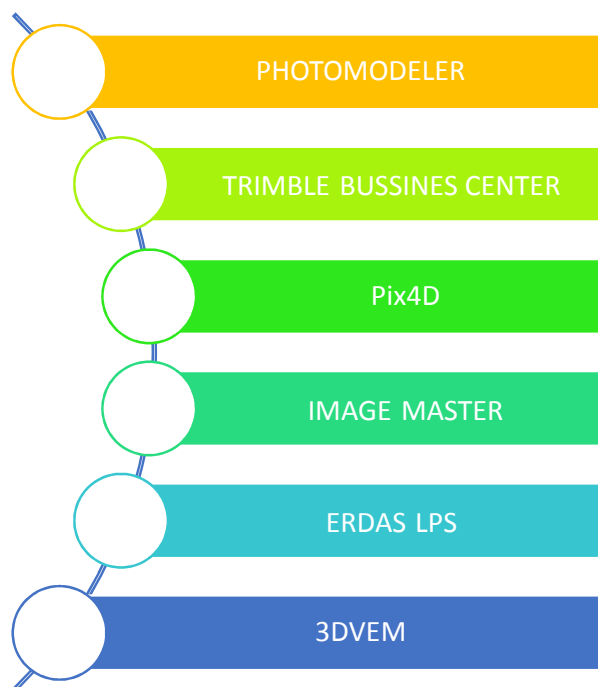


Figura 15. UAS

2.7.1 UAS Master

UAS Master de Inpho es un software fotogramétrico creado para procesar proyectos de RPAS (Remote Piloted Aircraft Systems). Esta aplicación enlaza la topografía con la fotogrametría y es prácticamente compatible con todos los RPAS que existen en el mercado independientemente de su tecnología: ala fija, helicópteros, etc.

Su sistema está pensado para usuarios no expertos porque implementa un flujo de trabajo en el que no es necesario la especificación de casi ninguna norma, ya que incluye distintos algoritmos que generan resultados automáticos con gran exactitud.

2.7.2 Pix4D

Este software es comercializado con drones de varias marcas, el más conocido es el EBEE de la marca sensefly, permite el manejo de grandes cantidades de información y la generación de nubes de puntos y modelos de elevación y superficie.

2.8 DATOS GNSS

2.8.1 GPS TOPCOM HIPER SR

Tabla 5
Especificaciones Hiper SR

SEGUIMIENTO GNSS	
Cantidad de canales	226 canales con sistema de búsqueda universal.

CONTINUA 

Señales con seguimiento	L1/L2, L2C, GPS, GLONASS, SBAS, QZSS
Tipo de antena	Antena integrada con tecnología de antena patentada Fence™
PRECISIÓN	
RTK (L1+L2)	Alt.: 10 mm + 1,0 ppm; V: 15 mm + 1,0 ppm
Estático rápido (L1+L2)	Alt.: 3 mm + 0,5 ppm; V: 5 mm + 0,5 ppm
DGPS	Alt.: 0,4 m, V: 0,6 m
SBAS	Alt.: 1,0 m, V: 1,5 m

Fuente: Hyper SR especificaciones

2.8.2 GPS TRIMBLE R8

SISTEMA TRIMBLE R8 GNSS	
ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO	
Mediciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Avanzados chips Trimble Maxwell 6 GNSS topográficos personalizados con 440 canales • Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360 GNSS • Correlacionador múltiple de alta precisión para mediciones GNSS de pseudodistancia • Medidas de pseudodistancia brutas, sin filtrar ni suavizar, que generan resultados con poco 'ruido', error por trayectoria múltiple bajo, correlación total muy rápida y alta respuesta dinámica • Medidas de fase de portadora GNSS de muy bajo nivel de ruido y una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz. • Relación Señal-Ruido en dB-Hz • Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble • Señales de satélite que se rastrean simultáneamente: <ul style="list-style-type: none"> – GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5 – GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 – SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5) – Galileo: E1, E5A, E5B – BeiDou (COMPASS): B1, B2 • SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN • Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, y 20 Hz 	
RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO¹	
Posicionamiento GNSS de código diferencial	
Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ²típico <5 m 3DRMS
MEDICIÓN ESTÁTICA GNSS	
Estática de alta precisión	
Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS
Estática y Estática Rápida	
Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS
MEDICIÓN GNSS CINEMÁTICA CON POSPROCESAMIENTO (PPK)	
Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS
MEDICIÓN CINEMÁTICA EN TIEMPO REAL	
Línea base individual <30 km	
Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
Vertical	15 mm + 1 ppm RMS
RED RTK³	
Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
Tiempo de inicialización ⁴Típico <8 segundos
Confiabilidad de la inicialización ⁴Típica >99,9%

Figura 16. Especificaciones Trimble R8
Fuente: Hoja de datos Trimble R8

2.9 CALIDAD DE DATOS

El control de calidad dentro de la producción cartográfica es una cuestión de debate en el sector profesional; muchos autores indican que para procesos en donde se requiere una buena calidad posicional se requiere hacer un análisis espacial junto con la revisión de la información geográfica. Para Pérez, (2006) este proceso no es tarea fácil por lo que se requiere controlar la calidad en cada una de las fases.

Dicho control de calidad se puede fraccionar en dos partes una que se enfoque en los insumos y otra en los productos a obtener.

2.9.1 Control de calidad del insumo

Este control de calidad se basa en el ortomosaico a través de pruebas de hipótesis, la cual brindará una idea del error estimado que tiene la imagen, como base se debe tomar datos en campo y a través de datos estadísticos comparar la medida real con la fotografía.

2.9.2 Control de calidad de los productos cartográficos

La cartografía debe cumplir con altos estándares en cuanto a calidad y precisión ya que es la base para la planificación de lo que se desarrolla en el territorio.

Para realizar cualquier control de calidad dentro de la cartografía en Ecuador se toma como base el documento generado por IGM en el año 2005 sobre los estándares de evaluación para productos cartográficos impresos, en este caso se utilizará la misma norma pero para cartografía digital ya que cumple los mismos fines.

Esta metodología analiza los siguientes aspectos principales:

Exactitud Horizontal

Según Ruano (2005), es la desviación estándar estimada de detalles planimétricos constantes en el producto cartográfico.

Exactitud Vertical

Para Ruano (2005), es la desviación estándar estimada de los detalles altimétricos (curvas de nivel y puntos acotados) constantes en el producto cartográfico.

Integridad

Es la escala de la información (Ruano, ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS IMPRESOS, 2005).

Configuración

Es la relación de semejanza que tiene el dibujo respecto a los accidentes reales del terreno, a través del nivel de generalización según lo permitido por la escala (Ruano, ESTÁNDARES DE EVALUACIÓN PARA PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS IMPRESOS, 2005).

Vigencia

Es la antigüedad de la cartografía y se calcula a partir del año de captura de la información fuente tomando en cuenta el tiempo de vida del documento.

2.10 MUESTREO PROBABILÍSTICO

Permite conocer la probabilidad de que una unidad particular del universo sea incluida en una muestra, debe ser mayor de cero, permite realizar estimaciones y conocer el error de la estimación.

2.10.1 Muestreo aleatorio simple (MAS)

El MAS otorga la misma probabilidad de ser elegidos a todos los elementos de la población, para realizar un cálculo del mismo es necesario conocer el tamaño poblacional, si ésta es finita o infinita, el error admisible y la estimación de la varianza, entre otros.

2.10.2 Muestreo sistemático

Tiene el mismo principio del MAS, sin embargo no requiere tener marco muestral, tiene la desventaja de la periodicidad, es decir, al obtener las unidades o elementos muestrales de manera sistemática, se pueden realizar mediciones que obtienen estimaciones sesgadas.

2.10.3 Muestreo estratificado

En aquellos casos donde la población es muy heterogénea, por lo tanto, se presume que dicha población está afectada por otra variable que puede minimizar la variabilidad, conlleva a disminuir costos y lograr mayor eficiencia en el diseño muestral.

CAPITULO 3

METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CON FINES CATASTRALES GENERADA MEDIANTE UAV


3.1 DATOS GENERALES

Dentro de la metodología para la generación de cartografía Catastral se han consideran 5 fases:

- Fase 1 Planificación de vuelo
- Fase 2 Vuelo fotogramétrico
- Fase 3 Medición y Post proceso e Puntos de apoyo fotogramétrico.
- Fase 4 Procesamiento
- Fase 5 Digitalización sobre Ortofoto

En la siguiente tabla se describe los equipos y software utilizados:

Tabla 6.
Equipos Utilizados para la generación de insumos cartográficos con fines catastrales

Equipo / Software	Descripción
UAV UX5	UX5 Trimble
CAMARA UX5	SONY Next-5/15 mm 16.1 MP Focal:15.5172 Tamaño imagen : 4912 x 3264 pixeles
UAV Phantom 3 Professional	Phantom 3 Pro
CAMARA Phantom 3 Professional	1/2.3"CMOS Effective pixels: 12.4 M (total pixels
GPS	Topcom Hiper SR CONTINUA 

	Trimble R8
Software de planificación fotogramétrica	Aerial Imaging 2.2.04
	Pix4Dcapture
Software de Procesamiento fotogramétrico	UASMaster V7.1
	Pix4Dmapper V2.2
Software de Procesamiento GNSS	Magnet Tools

3.2 PLAN DEL PROYECTO FOTOGRAMÉTRICO

La planificación es un proceso primordial para la generación de los productos cartográficos ya que de este depende todos los resultados, para la planificación del vuelo con el UX5 se utilizó el Software Aerial Imaging el cual es compatible con Google Earth, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 7
Planificación GSD UX5

Área	200.4 Ha
Tamaño de Pixel	8 cm
Tiempo del vuelo	38 min
Altura de vuelo	181 m
Traslapo	80% longitudinal y 80% transversal

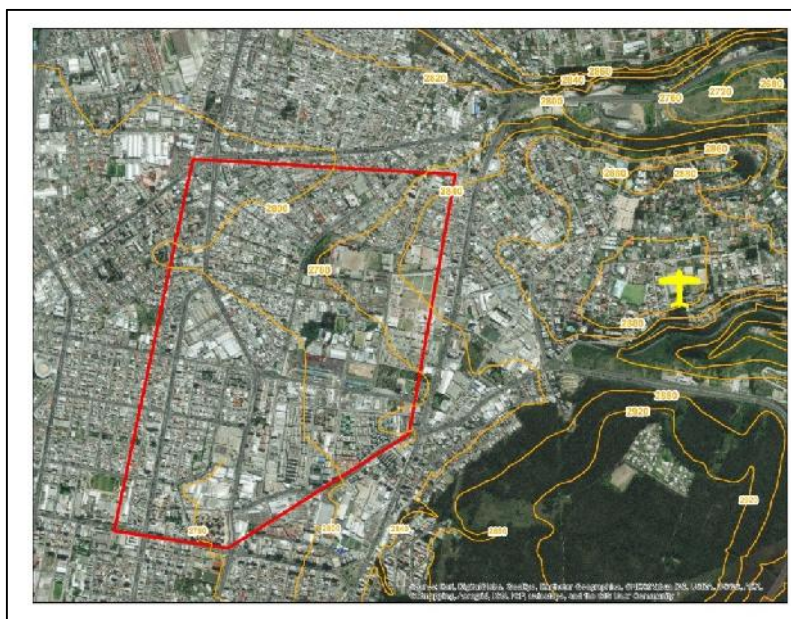


Figura 17. Área de vuelo general con UX5
Fuente: Google earth

3.2.1 Determinación de GSD

Para obtener un GSD lo más homogéneo posible se realizó una planificación tomando en cuenta la diferencia de alturas del área de vuelo así como la altura de referencia, esta última obtenida del lugar donde se realizará el despegue.

Tabla 8
Planificación GSD

	Altura (m)	Diferencia altura de referencia (m)	Altura de Vuelo (m)	GSD (cm)
Referencial	2880	0	181	5.77
Máxima	2840	40	221	7.05
Mínima	2780	100	281	8.9
Media	2810	70	251	8

La fórmula para determinar el GSD en base a la altura viene definida por:

AV: Altura de vuelo

DF: Es la distancia focal física del sensor (15mm).

GSD: Tamaño del píxel.

CMOS: Tamaño del sensor de imagen ($4.8 \cdot 10^{-6}m$).

$$GSD = \frac{AV \cdot CMOS}{DF}$$

Remplazando los datos de vuelo se tiene:

$$GSD = \frac{251m \cdot 4.8 \cdot 10^{-6}m}{15 \cdot 10^{-3}m} = 0.08m$$

3.2.2 Planificación de vuelo UX5 en AERIAL IMAGING

El proceso de planificación de vuelo para el UX5 se realizó en el software Aerial Imagin de Trimble, plantea siguientes pasos:

Generar el espacio de trabajo nuevo MONTESERRIN (.gwt)

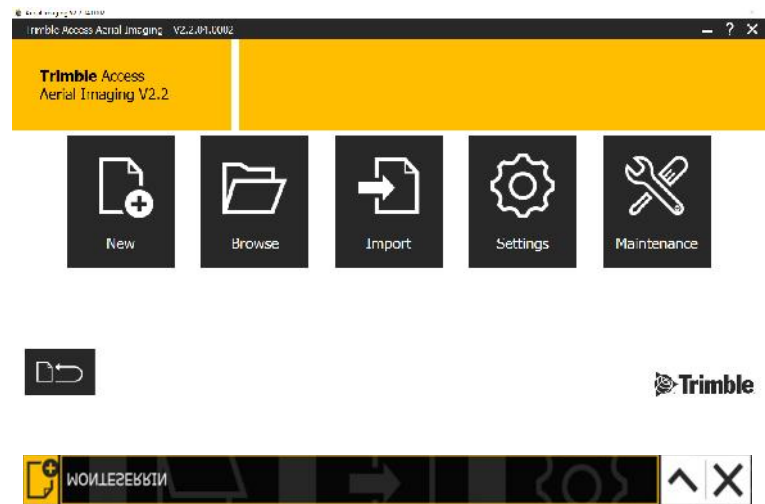


Figura 18. Creación nuevo espacio de trabajo
Fuente: Aerial Imaging

El software de planificación es compatible con google earth, sobre el cual se dibuja un polígono que representa el área de vuelo como se observa en la siguiente figura.



Figura 19. Área de vuelo
Fuente: Aerial Imaging

Después de generar el área de vuelo, tomando en cuenta las variaciones de altura que posee el polígono, se introduce los valores de traslape así como GSD medio.



Figura 20. Parámetros de vuelo
Fuente: Aerial Imaging

Se procede a marcar los puntos de despegue y aterrizaje (lugar que debe ser verificado con anterioridad al vuelo), basado en las especificaciones técnicas del equipo, se escogió una cancha de futbol ubicada fuera del área de vuelo con dimensiones de 90m x 60m, sobrepasando el área recomendada en las especificaciones del equipo (50m x 30m).



Figura 21. Punto de despegue y aterrizaje
Fuente: Aerial Imaging

Una vez realizada la planificación se comprueba los parámetros para el vuelo.

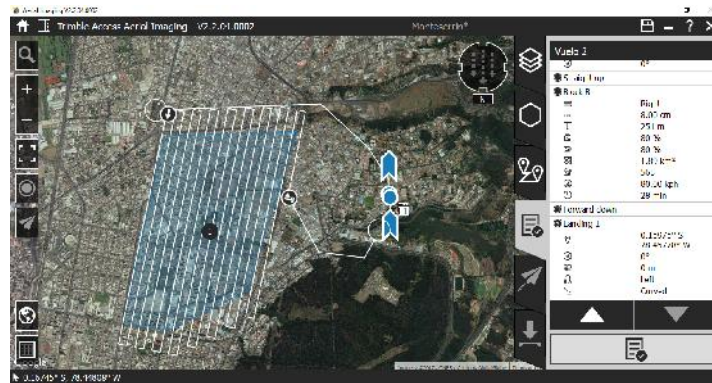


Figura 22. Simulación de vuelo
Fuente: Aerial Imaging

3.2.3 Planificación de vuelo Phantom 3 Profesional en Pix4Dcapture.

Como primer paso se define el área de vuelo máxima de 30 Ha, esto debido a la duración de la batería (20 min) y la altura de vuelo (100m).

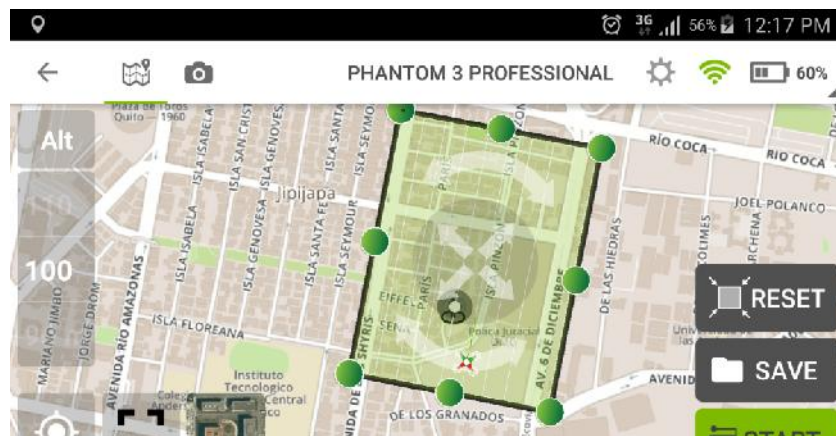


Figura 23. Área de vuelo
Fuente: Pix4Dcapture

Con el área de vuelo definida se procede a introducir los parámetros de vuelo que en este caso serán:

- Altura de vuelo: 100m
- Traslapo: 80%
- Angulo de cámara: 90°

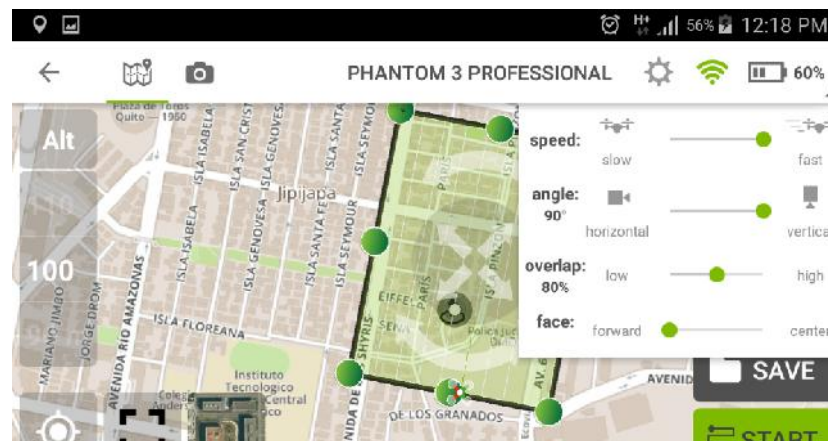


Figura 24. Parámetros de vuelo
Fuente: Pix4Dcapture

En el caso del Pix4Dcapture no es necesario especificar el lugar de aterrizaje ni de despegue ya que al ser un UAV multirrotor no necesita de mucho espacio para las maniobras, con el máximo de área de vuelo (30 Ha) se tiene un duración de 16 min por vuelo.

3.3 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Antes de realizar los vuelos se tomó en cuenta las condiciones atmosféricas del lugar, se recomienda no se encuentre nublado, ni presente posibles lluvias, además se realizó al medio día para evitar sombras muy pronunciadas

3.4 PUNTOS DE APOYO FOTOGRAMÉTRICO

3.4.1 Obtención de puntos de apoyo fotogramétrico

Los puntos de apoyo se generan para la correcta orientación del bloque fotogramétrico en el sistema de coordenadas terrestres, los cuales se nombran como GCP's, fueron repartidos de manera homogénea en el área de estudio priorizando que sean de alta visibilidad y se rastrearon durante 30 min debido a su proximidad a la estación ESPE-EPEC perteneciente a Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador (REGME) ubicada en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, con una distancia euclidiana máxima de 18 km.



Figura 25 Mapa de Ubicación de GCP's

Los 13 puntos de apoyo fotogramétrico (GCP's) se midieron con un equipo TOPCOM L1/L2-GLONASS, descrito en la Tabla 5. El levantamiento se realizó con el método de posicionamiento estático en sitios claramente foto identificable. No se utilizó targets debido a que es una zona muy urbanizada y tiene suficientes detalles.



Figura 26. GCP04



Figura 27. GCP 09

El levantamiento de los puntos se realizó el domingo 10 de julio del 2016, debido a la disponibilidad de los equipos proporcionados por la empresa Seearth, especializada en catastros. Cada punto tiene su monografía (ANEXO 4)

3.4.2 Post proceso de los Datos GNSS

El post proceso se realizó en el software Magnet Tools descargando el dato RINEX de la estación ESPE-EPEC (ANEXO 3) del día GPS 192, obtenido del calendario GPS 2016.

Julio		
Gregor. Day	Day Number	Week/ Day
1 Vie	183	5
2 Sáb	184	6
3 Dom	185	1904 0
4 Lun	186	1
5 Mar	187	2
6 Mié	188	3
7 Jue	189	4
8 Vie	190	5
9 Sáb	191	6
10 Dom	192	1905 0

Figura 28. Día y semana GPS

Fuente: Calendario GPS 2016

Además las observaciones GNSS cumplen con el Manual de Especificaciones Técnicas Levantamientos Geodésicos – Control Horizontal: (IGM 2016):

- Antes de plantar el equipo en el punto a observar, se debe identificar los obstáculos o problemas que se determinaron en la etapa de reconocimiento.

- Para obtener una adecuada recepción de la señal emitida por los satélites el ángulo de elevación sobre el horizonte no debe ser mayor a 15° .
- El número mínimo de satélites conectados debe ser de 4, es decir, que para cada sesión de observación se planificará previamente para horas en las que el PDOP sea inferior a 4, determinándose horas comunes de recepción.
- En lo posible hay que evitar la instalación de la antena en lugares donde pueda existir obstrucción o rebote de las señales electromagnéticas de los satélites, tales como construcciones, árboles, calles, vehículos, etc.
- La altura de la antena deberá medirse desde la marca de la estación,
- Se deberán evitar levantamientos en áreas en donde se produzcan transmisiones radiales, radares de frecuencia media, estaciones de microondas, antenas de transmisión de alta potencia, transformadores de alta tensión, sitios en que se produzca una alta interferencia causada por los sistemas de ignición vehicular y líneas de conducción eléctrica de alto voltaje.
- Las anotaciones de campo deberán ser conservadas cuidadosamente, ya que representan un documento de información primaria.

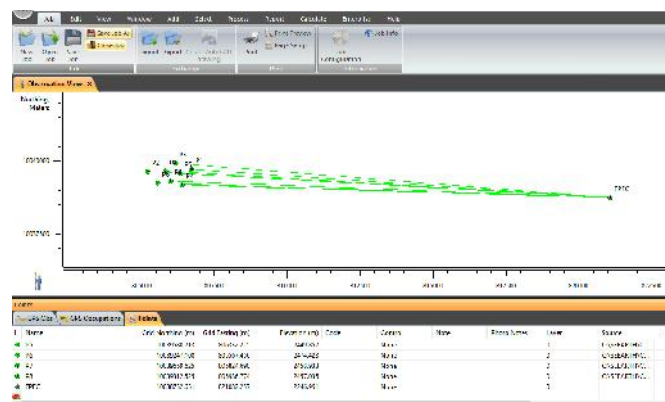


Figura 29. Post procesamiento GCP's
Fuente: Magnet tools

Realizado el post proceso se obtienen las coordenadas descritas en la tabla a continuación, con los siguientes parámetros:

- Sistema de referencia ITRF94
- Elipsoide GRS80
- Coordenadas planas UTM 17 S
- Altura elipsoidal

Tabla 9.
Listado coordenadas de GCP's

ID	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
P1	9982897.217	780937.095	2821.562
P2	9982918.502	781272.689	2823.11
P3	9982800.939	781691.112	2830.007
P4	9982162.392	780708.024	2812.767
P5	9981357.799	781243.332	2820.187
P6	9981529.11	781559.982	2838.992
P7	9982039.121	781607.875	2840.192
P8	9981290.774	780695.348	2808.102
P9	9981771.972	780988.668	2810.417
P10	9982532.736	781144.742	2831.632
P11	9981115.164	780895.700	2809.231
P12	9981457.759	780824.571	2807.496
P13	9981892.817	780812.972	2808.217

3.5 VUELO FOTOGRAMÉTRICO

3.5.1 Vuelo UX5

Una vez verificada y realizada la simulación de la planificación del vuelo, se procedió a realizar el vuelo el día miércoles 22 de junio de 2016 a las 11:00 am, desde la cancha de fútbol de la Liga Barrial Monteserrín, lugar que fue elegido al comprobar que cumplía con las especificaciones técnicas del equipo descritas en la Tabla 3.



Figura 30. Sitio de despegue y aterrizaje (Cancha de Monteserrín)

La planificación de vuelo se carga la Tablet de Trimble , que es el controlador terrestre del UX5 mediante el software Aerial Imaging, mismo que cuenta con una lista de chequeo para evitar cualquier tipo de error grosero a la hora de preparar el equipo para el vuelo, y lograr cumplir con la misión exitosamente.

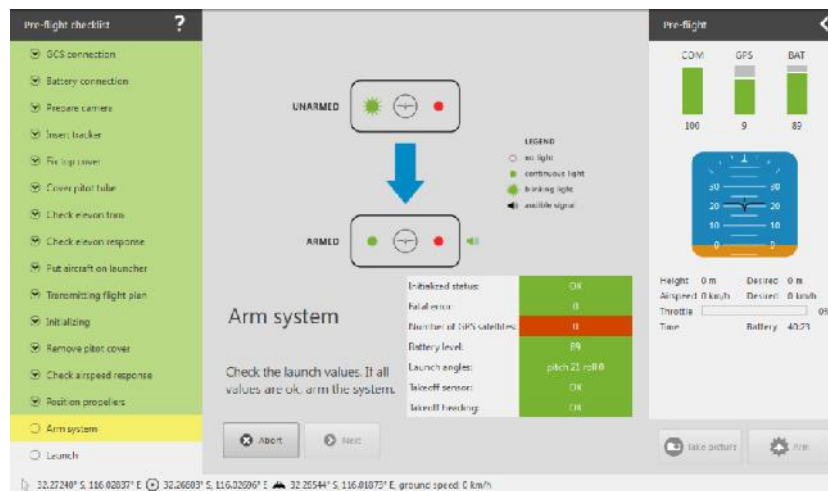


Figura 31 Checklist

Fuente: USER GUIDE TRIMBLE UX5 AERIAL IMAGIG SOLUTION V 1.00

Siempre y cuando se haya cumplido con la lista de comprobación la controladora procede a cargar la misión en la computadora del VAN llamada eBox con lo cual está listo para el despegue, se lo realizó con un viento en contra como se especifica en el manual de usuario.

Una vez que el UX5 despegó se da seguimiento mediante la controladora terrestre observando distintos parámetros como son:

- Altura de Vuelo
- Línea de Vuelo
- Velocidad
- Número de foto
- Estabilidad



Figura 32. Seguimiento de la misión de vuelo

Fuente: User guide trimble UX5 aerial imagig solution V 1.00

Parámetros que nunca se descuidan ya que si alguno de ellos falla se debería aterrizar de manera inmediata al UX5, presionando el botón de abortar misión.

Una vez terminada la misión de vuelo, el UAV procede a regresar a la zona marcada para el aterrizaje en este caso se programó un aterrizaje de picada es decir que la aeronave llegó y no planeo sobre el sitio de aterrizaje sino que se dirigió directo al punto, con una variación de aproximadamente 2 m, con lo cual se asegura un aterrizaje exitoso.

3.5.2 Vuelo PHANTOM 3 Profesional

Realizada la planificación de vuelo en Pix4Dcapture se procede a cargarla y revisarla por última vez en el controlador terrestre que en este caso será el control del Phantom 3 conectado a un dispositivo con sistema Android o IOS, se utilizó una tablet a la cual previamente se le instaló la aplicación, cuando se ejecuta la misión aparece la lista de chequeo que se muestra en la siguiente figura.

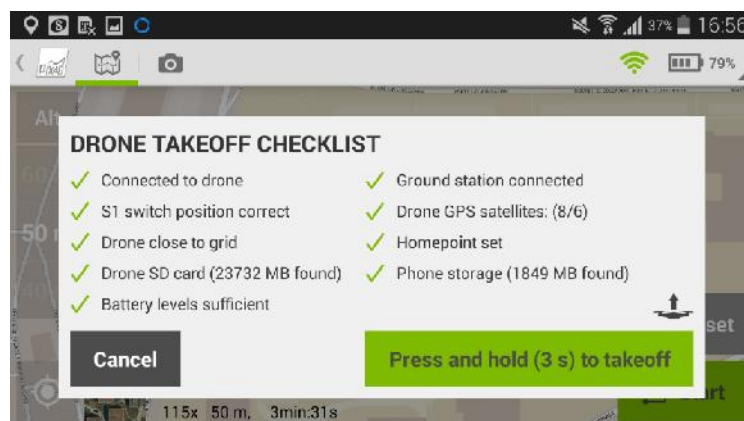


Figura 33. Checklist
Fuente: Pix4Dmapper

Se debe dar seguimiento constante al cumplimiento de la misión de vuelo en el dispositivo observando parámetros como la altura, distancia a la que se encuentra el equipo, satélites enlazados al sistema GNSS, velocidad, fotografía y su ubicación en las líneas de vuelo.

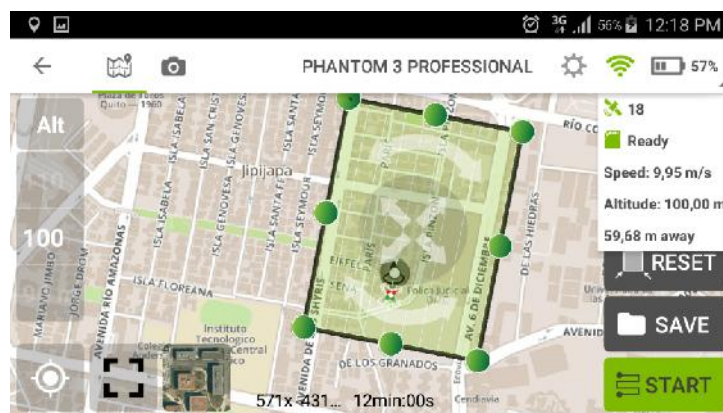


Figura 34. Seguimiento del vuelo mediante la aplicación Pix4Dcapture
Fuente: Pix4Dcapture

Culminada la misión el UAV regresa automatizado al sitio de despegue conocido como Homepoint, el área debe estar despejada debido a la posibilidad de cualquier accidente.



Figura 35. Sitio de despegue y aterrizaje parque Jipijapa

3.6 PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA MISIÓN FOTOGRAMÉTRICA

Para el procesamiento de información generada se utilizó dos software Inpho UASMaster V7.1. y Pix4D V2.2, en el caso del UX5 de Trimble, mientras que para el Phantom 3 profesional, por problemas de compatibilidad en los archivos, únicamente se utilizó Pix4D.

Como procedimiento primario para el UX5 se conecta la controladora al UAV y de esta manera se obtiene el archivo .jxl en el que consta toda la información del vuelo, deberá contener la misma cantidad de registros que el número de fotografías existentes en la tarjeta SD de la cámara para poder avanzar con el procesamiento.

Para el Phantom 3 profesional el procedimiento es similar ya que los datos se generan en el GCS (Tablet) y las fotografías en la tarjeta SD localizada en el equipo.

3.6.1 INPHO UASMaster V7.1 UX5

Como primer paso se debe generar el espacio de trabajo como se detalla en la siguiente figura con el nombre del proyecto y el sistema de coordenadas que será utilizado para la elaboración de los productos cartográficos. (ANEXO 7)

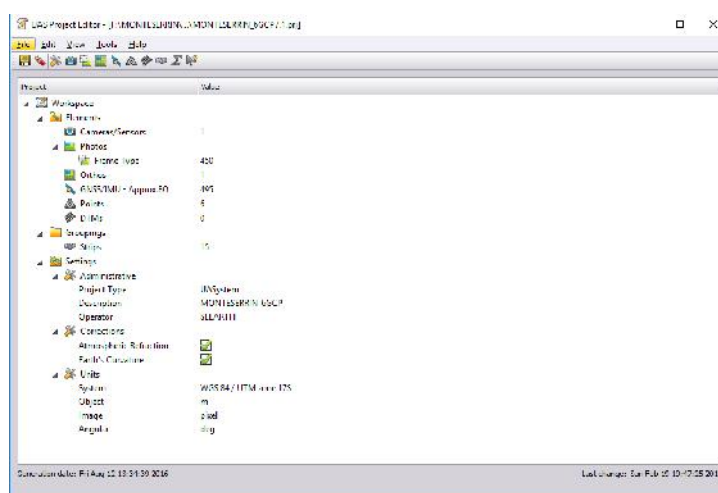


Figura 36 Generación de espacio de trabajo
Fuente: UASMaster

Una vez generado el proyecto se escoge la cámara utilizada para la toma de fotografía, cuyos parámetros en este caso por ser un sistema ya están cargados en el software.

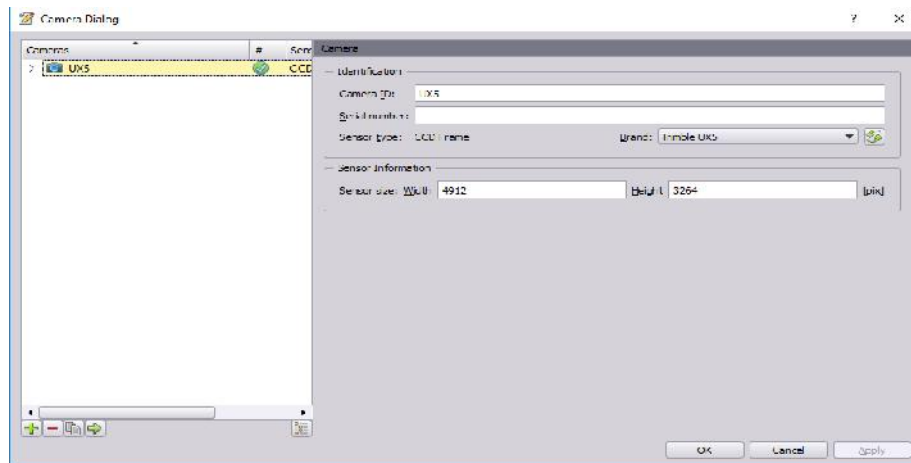


Figura 37. Introducción de parámetros de la cámara
Fuente: UASMaster

Se agrega las fotografías al procesamiento como se detalla en la siguiente figura, indicando el directorio donde se encuentran las mismas.

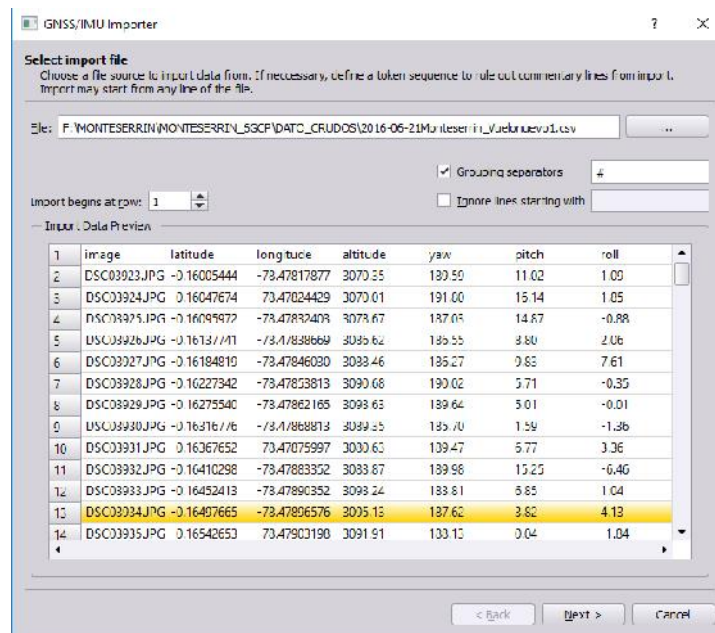
ID	Camera	East X	North Y	Height Z	Omega	Phi	Kappa	Terrain	On	Image File
03923	UX5	780705.190	9982293.551	3069.729	0.2282	4.5289	-93.9545	2796.000		C:\MONTI
03925	UX5	780689.440	9982192.443	3077.750	-10.7965	4.1970	-98.8026	2796.000		C:\MONTI
03925	UX5	780689.121	9982145.461	3094.993	-6.6081	1.0435	-94.1119	2796.000		C:\MONTI
03927	UX5	780673.859	9982093.273	3086.772	-5.3833	5.3196	-99.5955	2796.000		C:\MONTI
03929	UX5	780664.540	9982045.087	3089.618	-6.2479	5.2713	-93.9701	2796.000		C:\MONTI
03929	UX5	780655.259	9981995.321	3092.729	3.1576	1.4746	90.0782	2796.000		C:\MONTI
03930	UX5	780648.018	9981945.362	3088.705	2.0092	1.4212	-100.5726	2796.000		C:\MONTI
03931	UX5	780640.769	9981891.755	3079.870	2.7217	-2.7409	-93.3883	2796.000		C:\MONTI
03932	UX5	780632.442	9981845.869	3082.180	-9.0151	1.2205	-100.3486	2796.000		C:\MONTI
03933	UX5	780624.215	9981797.171	3092.771	-7.6280	5.8099	-97.2036	2796.000		C:\MONTI
03934	UX5	780617.760	9981746.764	3094.778	-2.3416	-1.2177	-90.5701	2796.000		C:\MONTI
03935	UX5	780609.560	9981694.242	3091.705	-1.0663	3.1081	-87.3305	2796.000		C:\MONTI
03935	UX5	780603.109	9981645.936	3086.530	0.4609	6.4677	85.5374	2796.000		C:\MONTI
03937	UX5	780597.347	9981594.599	3090.630	0.4428	-1.1211	-95.0471	2796.000		C:\MONTI

Figura 38. Fotografías obtenidas
Fuente: UASMaster

Cada fotografía tiene su centro de exposición con coordenadas UTM generadas mediante el sistema GNSS ubicado en el UAV, así como los ángulos de aleo cabeceo y deriva (Yaw/kappa, Pitch/phi, Roll/Omega).

También se carga el archivo IMU, que contiene de cada fotografía:

- ID de cada fotografía
- Coordenadas geográficas correspondientes al centro de exposición
- Correcciones angulares (Yaw/kappa, Pitch/phi, Roll/Omega).



The screenshot shows a software window titled "GNSS/IMU Importer". It contains a "Select import file" section with a file path: "F:\MONTESSERRIN\MONTESSERRIN_SGCF\DATO_CRUDOS\12016-06-21\MonIteSerIn_VueloNuevo1.csv". Below this, there are options for "Grouping separators" (checked) and "Ignore lines starting with". The "Import begins at row:" is set to 1. The "Input Data Preview" section shows a table with 14 rows of data. The 15th row is highlighted in yellow.

	image	latitude	longitude	altitude	yaw	pitch	roll
2	DSC03923.JPG	-0.16005444	-73.47817877	3070.25	130.50	11.02	1.00
3	DSC03924.JPG	0.16047674	73.47824429	3070.01	191.00	15.14	1.05
4	DSC03925.JPG	-0.16099977	-73.47832409	3073.67	137.05	14.67	-0.88
5	DSC03926.JPG	-0.16131171	-73.47838669	3035.62	135.55	3.80	2.06
6	DSC03927.JPG	-0.16184810	-73.47846030	3033.46	135.27	0.63	7.61
7	DSC03928.JPG	-0.16227342	-73.47853813	3030.68	130.02	5.71	-0.35
8	DSC03929.JPG	-0.16275540	-73.47862165	3093.63	139.64	5.01	-0.01
9	DSC03930.JPG	-0.16316176	-73.47868813	3099.25	135.70	1.59	-1.36
10	DSC03931.JPG	0.16367652	73.47875997	3030.63	139.47	5.77	3.36
11	DSC03932.JPG	-0.16410298	-73.47883352	3033.87	139.98	15.25	-6.46
12	DSC03933.JPG	-0.16452413	-73.47890352	3093.24	133.81	5.85	1.04
13	DSC03934.JPG	-0.16497665	-73.47896576	3035.13	137.62	3.82	4.13
14	DSC03935.JPG	0.16542653	73.47903190	3091.51	133.15	0.04	1.84

Figura 39. Archivo IMU
Fuente: UASMaster

Una vez realizado todos los pasos anteriores se genera las líneas de vuelo y se valida para que no exista error alguno.

En la siguiente figura se puede observar espacialmente el proyecto con las 15 líneas de vuelo y los centros de cada fotografía.

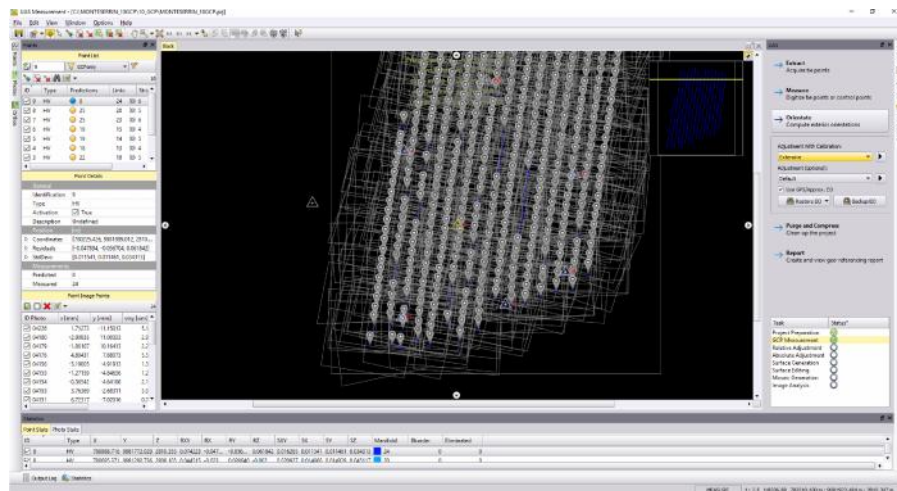


Figura 40. Fotogramas y líneas de vuelo
Fuente: UASMaster

Medicion GCP

Se introduce las coordenadas de los GCP's obtenidas en el post proceso GNSS detallados en la tabla 9, los cuales se marcan de manera minusiosa para evitar errores y mejorar el procesamiento, en cada una de las fotografías sobre las cuales aparece, como se detalla en la siguiente figura.

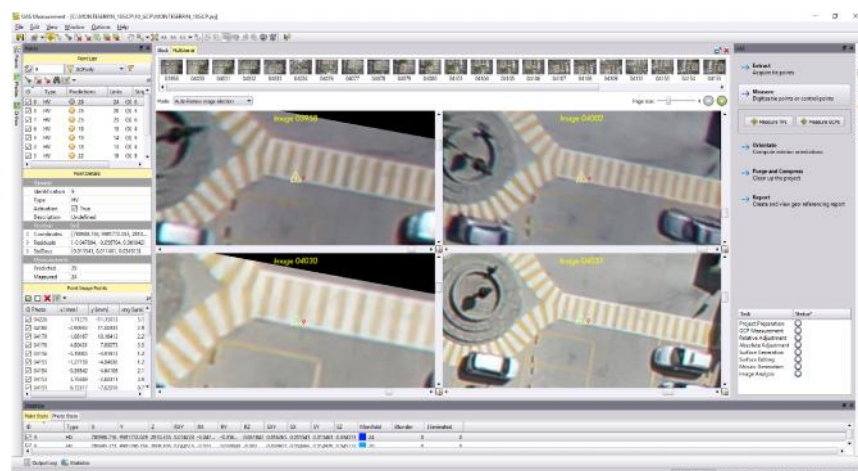


Figura 41. Medición de puntos de control
Fuente: UASMaster

Ajuste Absoluto

El ajuste absoluto tiene como fin realizar la orientación relativa de las fotografías, basandose en los algoritmos. El programa encuentra puntos en común dentro de las imágenes para combinar la información del archivo .jxl en el que se localizan los desplazamientos y giros.

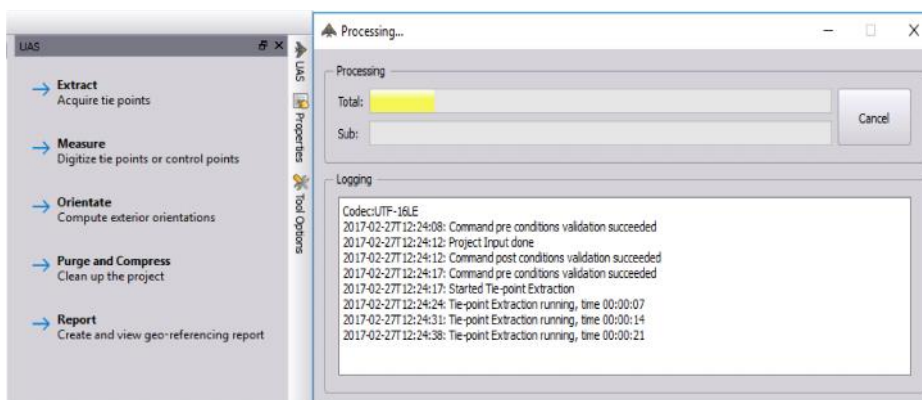


Figura 42 Generación de ajuste absoluto

Fuente: UASMaster

Generación del MDS y LAS

La creación de LAS y el modelo de superficie (MDS), da inicio con la configuración de la resolución espacial, el formato de salida o la selección del formato en el caso de la nube de puntos, con una resolución espacial de 8 cm para este proyecto.

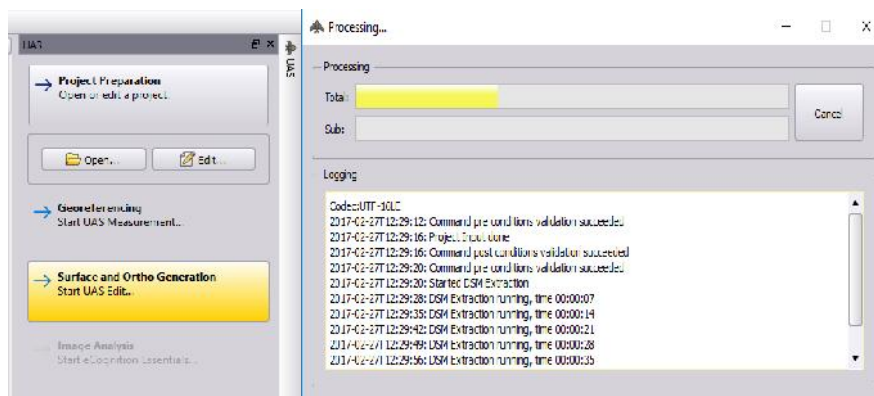


Figura 43. Obtención de .LAS y MDS

Fuente: UASMaster

Generación de Mosaico (ANEXO 5)

Es el proceso en el cual se genera la ortofoto, materia prima para la obtención de la cartografía catastral, aquí se introduce el valor del GSD con el cual se realizó la planificación de vuelo que en este caso es de 8 cm y se se obtiene el procesamiento mediante una TrueOrto que es una reconstrucción digital de alta resolución de 9 fotos, de aquí que el 95 % de elementos existentes en la misma son ortométricos.

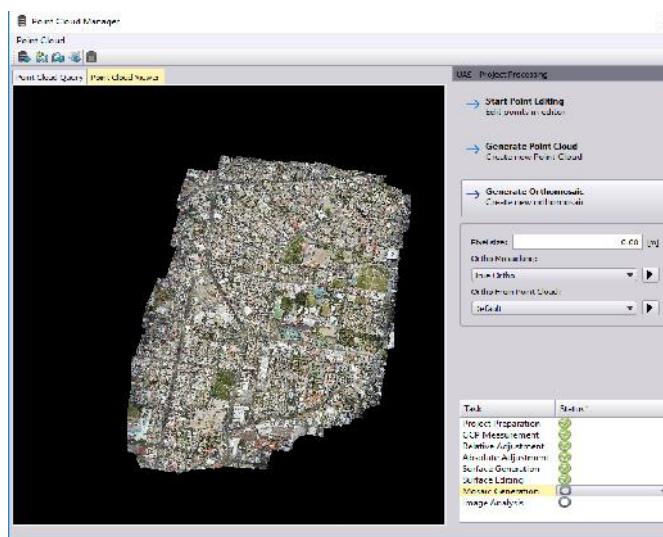


Figura 44. Generación de Ortofoto

Fuente: UASMaster



Figura 45. Par estereoscópico
Fuente: UASMaster

3.6.2 Pix4D V2.2

Se generó un espacio de trabajo con el nombre del proyecto que se realizó en Pix4D v 2.2. (ANEXO 8,9)

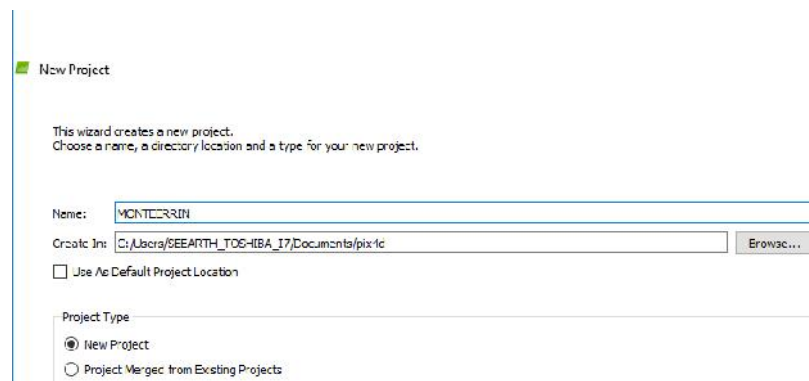


Figura 46. Creación de espacio de Trabajo
Fuente: Pix4DMapper

Se carga el directorio donde se tiene los fotogramas crudos obtenidos mediante el UX5, el programa reconoce automáticamente el datum WGS84, así como el modelo de la cámara con la cual se obtuvieron Sony NEX-5T

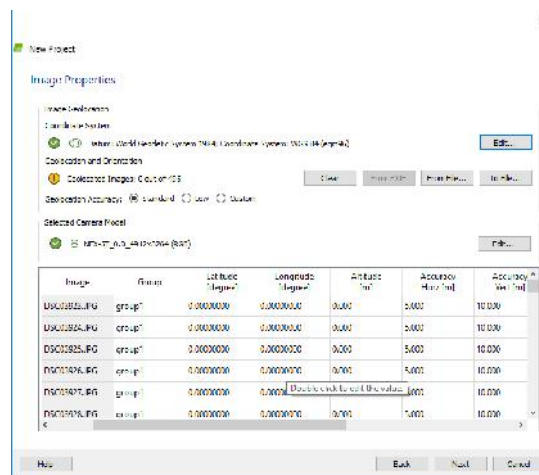


Figura 47. Carga de fotogramas al espacio de trabajo
Fuente: Pix4DMapper

Como siguiente paso se define el Sistema de coordenadas de salida en este caso se utilizó el datum WGS84 con proyección UTM zona 17S, aquí se permite ingresar el modelo geoidal, si se desearía trabajar con alturas geoidales.

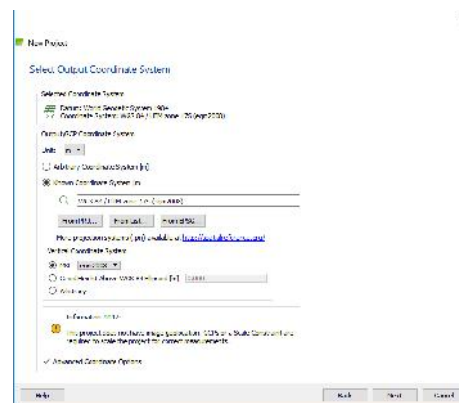


Figura 48. Definición de sistema de referencia
Fuente: Pix4DMapper

El Software reconoce automáticamente el archivo IMU (.cvs), que se localiza en el mismo directorio de los fotogramas, generando una visualización de las 15 líneas de vuelo así como el centro de exposición de cada fotograma.

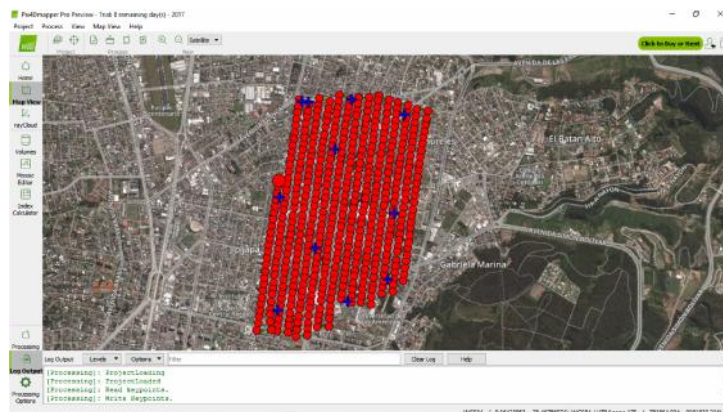


Figura 49. Visualización de las líneas de vuelo y centros de exposición
Fuente: Pix4DMapper

Se sube al espacio de trabajo las coordenadas obtenidas después del post proceso de los GCP's, para realizar de pinchado sobre los fotogramas, los cuales están en coordenadas proyectadas UTM 17S, WGS84.

The screenshot shows the GCP Manager interface with a table of GCP data. The table has columns for Label, Type, X [m], Y [m], Z [m], Accuracy Horiz [m], and Accuracy Vert [m].

Label	Type	X [m]	Y [m]	Z [m]	Accuracy Horiz [m]	Accuracy Vert [m]
14_1	TD GCP	750384.107	958284.201	2867.450	0.020	0.020
12_9	TD GCP	750317.045	958793.917	3701.650	0.020	0.020
14_10	ED GCP	751372.680	9582018.202	2823.110	0.020	0.020
18_11	TD GCP	751564.110	958793.916	3701.650	0.020	0.020
18_12	ED GCP	750708.024	9582163.392	2812.737	0.020	0.020
12_14	ED GCP	750708.024	9481167.289	2812.737	0.020	0.020

Figura 50. Datos GNSS de GCP's
Fuente: Pix4DMapper

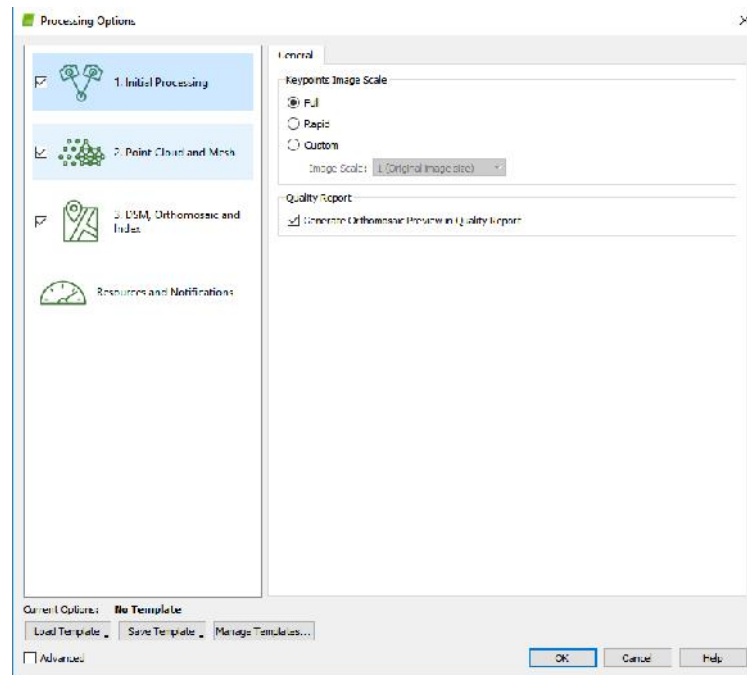


Figura 52. Productos a generar
Fuente: Pix4DMapper

El software permite la visualización de la nube de puntos LAS así como la rectificación sobre los fotogramas realizada mediante las correcciones angulares (Yaw/kappa, Pitch/phi, Roll/Omega).

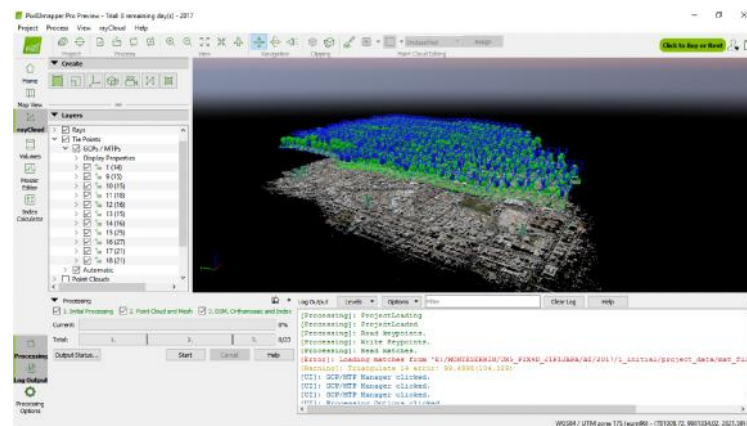


Figura 53. Proyección de las fotografías para la generación del mosaico
Fuente: Pix4DMapper

3.7 GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CON FINES CATASTRALES

La Generación de la cartografía se realizó mediante un proceso de digitalización sobre la Ortofoto obtenida a través de los UAV con ArcGis10.3, para lo que se utilizó como referencia el “CATÓLOGO DE OBJETOS PARA CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES ESCALA 1:1000 INICIAL. Fuente: Instituto Geográfico Militar, Gestión Normativa 2016” (ANEXO 10) de aquí se dibujaran los objetos encontrados en el área de estudio, mismos que se detallan en la siguiente figura:

Tabla 10.
Catálogo de objetos de cartografía catastral 1:1000 del IGM

Categoría	Subcategoría	Nombre	Definición	Geometría
INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIA Y SERVICIOS	COMUNICACIONES / TRANSMISIONES	Poste	Poste utilizado para soportar uno o más cables	Punto
GEOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA	ASOCIADO A POBLADOS	Muro	Barrera hecha por el hombre de material resistente utilizado como límite o para protección.	Línea
	RECREACIÓN	Parque	Área utilizada con propósitos recreacionales u ornamentales.	Línea
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE	TRANSPORTE TERRESTRE	Vía o Ruta	Trayecto con una superficie especialmente preparada para ser usada por vehículos a ruedas,	Línea

CONTINUA 

		generalmente a motor.	
ASOCIADO A TRANSPORTACIÓN	Parterre	Divisor entre dos rutas de transporte para separar el flujo del tráfico (por ejemplo, en direcciones opuestas).	Línea
	Acera	Ruta pavimentada o mejorada para uso del peatón, normalmente se encuentra adyacente y paralela a una calle o carretera.	Línea
	Bordillo	Borde de hormigón, asfalto o piedras que forman parte de un canal a lo largo del borde de una calle o carretera.	Línea
	Alcantarilla	Ducto que permite el cruce de un cauce de agua bajo una vía u otra infraestructura, así como una construcción destinada a evacuar aguas residuales.	Punto

CONTINUA 

FISIOGRAFÍA	REPRESENTACIÓN DE RELIEVE	Punto de control	Objeto en el terreno de ubicación conocida, donde se ha determinado las coordenadas horizontal y/o vertical por métodos geodésicos o topográficos.	Punto
--------------------	----------------------------------	------------------	--	-------

Fuente: Catálogo de objetos para cartografía base con fines catastrales escala 1:1000 INICIAL. Instituto Geográfico Militar, Gestión Normativa 2016.

3.7.1 Generación de la geodatabase

Se generó la geodatabase en el formato IGM con la abreviación de la categoría y el nombre de la subcategoría como un feature dataset, el cual contiene los feature class que en este caso es el nombre de cada uno de los objetos obtenidos a través de la digitalización.

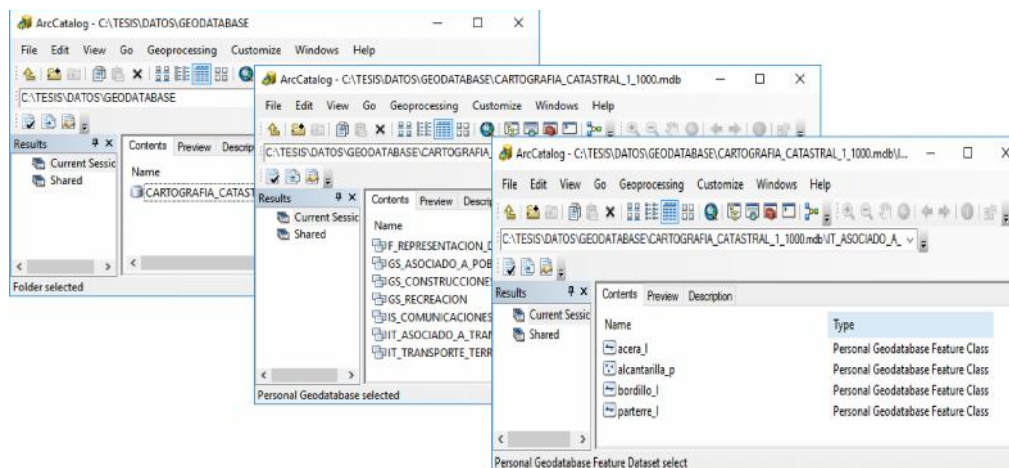


Figura 54. Generación de Geodatabase
Fuente: ArcCatalog 10.3.1

3.7.2 Proceso de Digitalización

Para el desarrollo de la digitalización se procede a dibujar los predios mediante su visibilidad en la Ortofoto y con la última actualización catastral del DMQ como referencia ya que no se realizó el trabajo de campo con encuestadores para levantar la información de linderos, de esta misma manera se dibuja todos los elementos mencionados en la tabla 10 que son apreciables en la Ortofoto, por último para el caso de construcciones se basa en las entregadas por el DMQ ya que para dibujarlas correctamente se debe realizar un trabajo de campo midiendo los volados y aleros, para descontar del elemento que es visible para el digitalizador sobre la Ortofoto que en este caso sería el techo o la loza de una construcción.

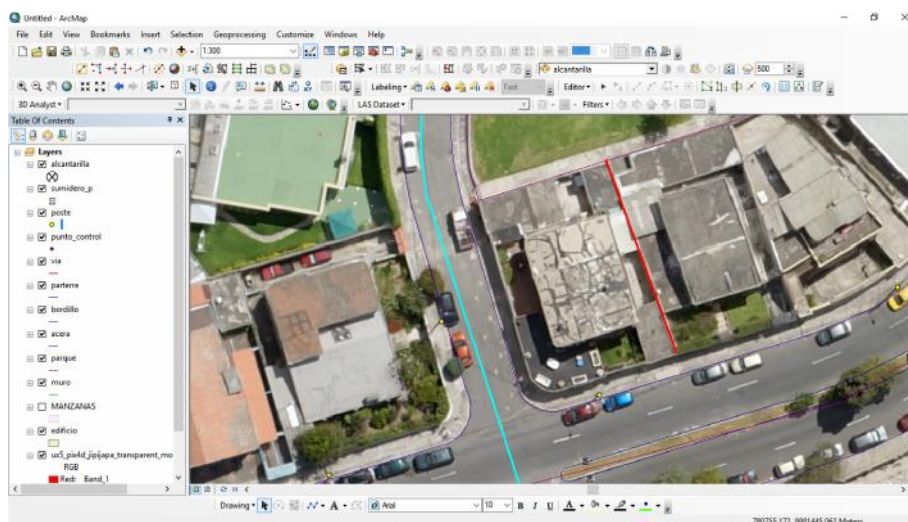


Figura 55 Digitalización sobre Ortofoto.
Fuente: ArcMap 10.3.1

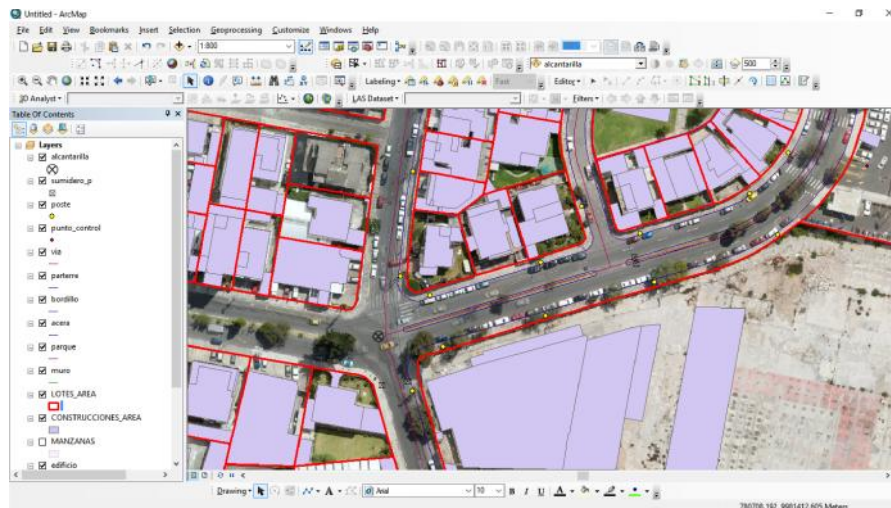


Figura 56. Información catastral DMQ e información cartografía básica generada sobre Ortofoto
Fuente: ArcMap 10.3.1

CAPITULO 4

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LOS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS CON FINES CATASTRALES GENERADOS EMPLEANDO UAV

4.1 PRODUCTOS OBTENIDOS

Ortofotos

Se procesó los fotogramas obtenidos a partir del UX5 en UASmaster con 4, 6, 8 y 10 GCP's observando que la ortogonalidad aumenta y la cantidad de deformaciones disminuye a mayor cantidad de puntos de control.



Figura 57. Comparación ortofotos UX5

En la siguiente figura se realiza una comparación visual de la ortofoto obtenida mediante los 2 software distintos, en la que claramente se puede observar que el UASmaster tiene una mejor nitidez, sin embargo la del Pix4d tiene mejor geometría, se representa visiblemente en los edificios de la parte inferior que tienen una altura aproximada de 35 m.

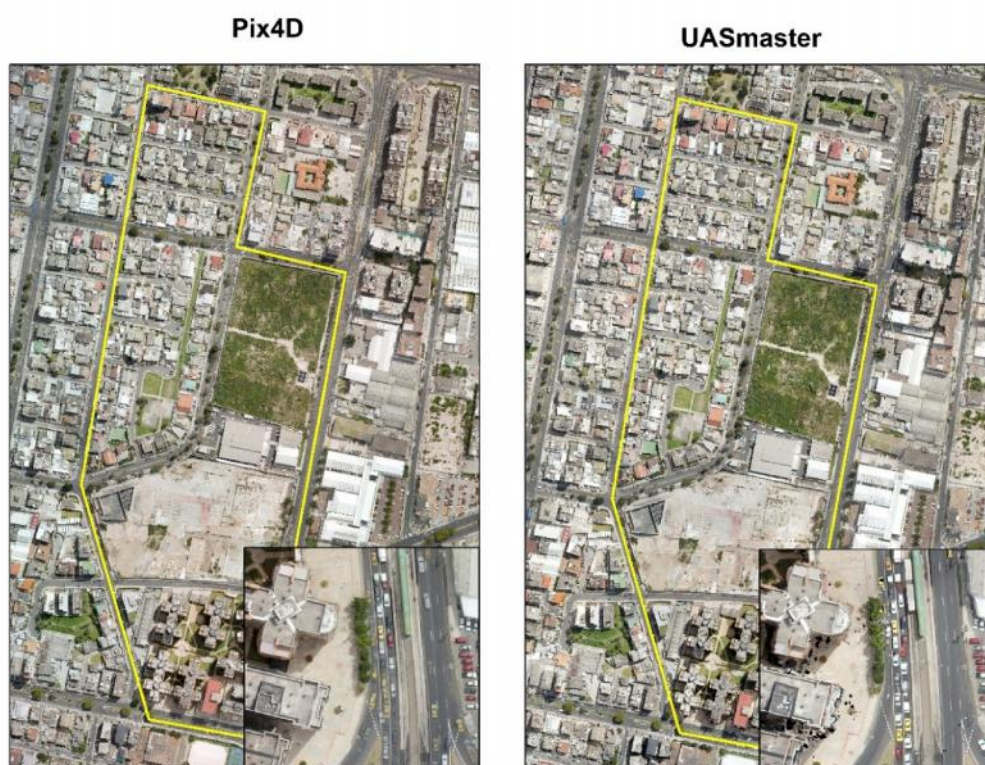


Figura 58. Comparación de ortofoto

MDS

Respecto a los MDS observados en la siguiente figura se puede decir que el generado por el Phantom 3 es más claro sin embargo esto sería una conclusión errónea ya que tienen diferentes superficies y alturas de vuelo.




Figura 59. Comparación MDS


Cartografía Catastral




Se generó la cartografía catastral para las 4 zonas de estudio, cabe recalcar que no se valoró las construcciones debido a la falta de información que se debe generar en campo como es la medida de aleros, retiros y volados:

Tabla 11.
Cartografía catastral de las zonas de estudio

Zona de Estudio	Densidad Constructiva	Área (Ha)
Zona 1 (ANEXO 14)	Baja	7.20



CONTINUA 

Zona 2 (ANEXO 15)	Media	3.71	
Zona 3 (ANEXO 16)	Alta	2.57	
Zona 4 (ANEXO 17)	Alta propiedad horizontal	3.30	

4.2 CONTROL DE CALIDAD DE LA ORTOFOTO

4.2.1 Determinación y planificación de método de muestreo

Para este tipo de proyectos la calidad de posicionamiento es de alta importancia. Como se mencionó anteriormente la materia prima para el trazado de lotes, es la ortofoto que se ha generado mediante los UAV's, por lo que es primordial verificar la calidad de este insumo.

Debido al área de estudio se realizó un muestreo aleatorio simple tomando en cuenta sitios claramente foto identificables para poderlos dibujar en la ortofoto. (ANEXO 12)

Se tomaron un total de 9 muestras mediante equipo GPS (con el método estático) a cargo de personal del IGM con equipos L1/L2 descritos en la figura 16. (ANEXO 11)

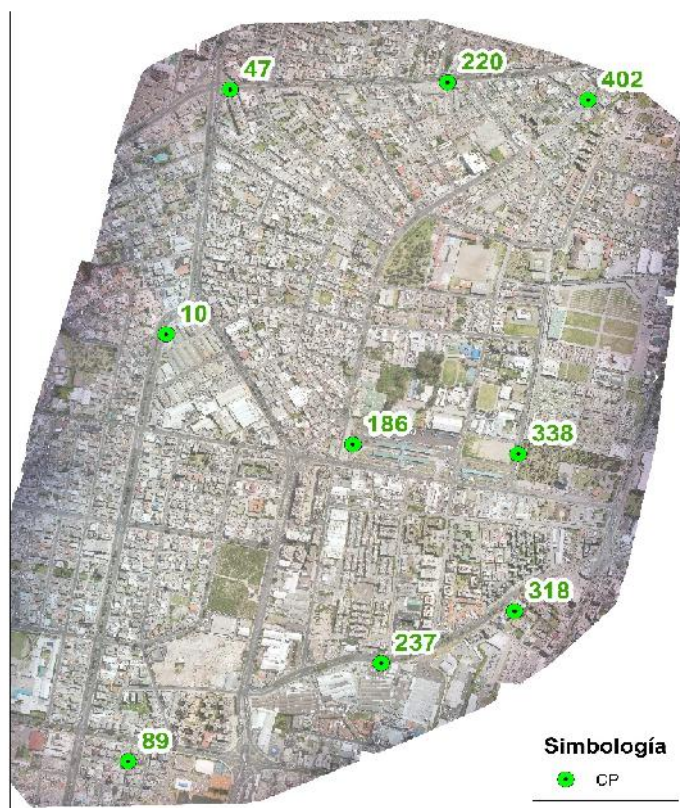


Figura 60. Puntos de muestreo obtenidos a partir del levantamiento geodésico del IGM

4.2.2 Generación y toma de muestras

Muestra GPS IGM

Se levantaron 9 puntos con GPS de doble frecuencia marca Trimble medidos durante 30 min por el método estático rápido y procesados por personal del IGM, quienes entregaron las coordenadas de los puntos y estos a su vez se digitalizaron sobre la ortofoto para realizar la comparación.



Figura 61. Medición GPS IGM

4.2.3 Procesamiento muestral

Con los datos obtenidos de los vértices medidos por el IGM se realizó una comparación de su posicionamiento respecto a los puntos de la ortofoto obtenida con el UX5 generados por proceso de digitalización en el software ArcGis 10.3.1. Las coordenadas de los vértices digitalizados se obtuvieron mediante el mismo software. Posterior a este proceso se introdujo los datos a Excel para obtener las diferencias y el desplazamiento en horizontal.

Tabla 12.
Diferencia levantamiento GPS IGM y ortofoto

Id	Catastro		Ortofoto		Diferencia		
	X	Y	X	Y	dX	dY	dHz
47	780886.107	9982904.561	780886.071	9982904.560	0.036	0.001	0.036
89	780635.522	9981086.323	780635.537	9981086.292	-0.015	0.031	0.034
100	780729.534	9982242.790	780729.589	9982242.854	-0.055	-0.064	0.084
186	781186.501	9981944.205	781186.583	9981944.238	-0.082	-0.033	0.088
220	781419.138	9982924.061	781419.152	9982924.051	-0.014	0.010	0.016
237	781256.181	9981352.360	781256.204	9981352.285	-0.023	0.075	0.078
318	781582.596	9981492.798	781582.509	9981492.770	0.087	0.028	0.091
338	781591.494	9981918.694	781591.493	9981918.722	0.001	-0.028	0.027
402	781762.639	9982876.688	781762.570	9982876.925	0.069	-0.237	0.246

4.2.4 Prueba de Hipótesis

Se utiliza la prueba de hipótesis para determinar el comportamiento de los datos respecto a una muestra del total de la población por lo cual es un procedimiento estadístico valedero para la determinación de la calidad de la ortofoto.

Media muestral

Como su nombre lo indica es el promedio del desplazamiento Horizontal donde:

μ = Media muestral

n = Número datos

$$\mu = \frac{[IGN_{dHz} - Crtofot_{dHz}]}{n}$$

$$\mu = 0.078$$

Desviación Estándar

S = Desviación estándar

x = Dato

μ = Media muestral

n = Número de datos

$$S = \sqrt{\frac{(x - \mu)^2}{n - 1}}$$

$$S = 0.069$$

Hipótesis nula y alternativa

Lo que se busca mediante la prueba de hipótesis nula es evaluar si el error medio del total de los datos es menor o igual a la precisión exigida por el IGM, para lo cual se fija que el valor de la precisión en Horizontal permitida que es 0,106 m. La hipótesis alternativa esta defina por el caso contrario lo que quiere decir que el error será mayor a 0,106 m como se expresa a continuación:

$$H_0 = \mu \leq 0,106 \text{ m}$$

$$H_1 = \mu > 0,106 \text{ m}$$

Se utilizó el tipo de decisión unilateral ya que no se busca establecer que el error medio está dentro de un intervalo menor y que no es estrictamente igual.

Nivel de confianza

La selección del nivel de significancia se hace en base al nivel de confianza de los datos del 95%, es decir que el nivel de significancia es igual a 0,05, representando el límite de la región de tano de rechazo como de aceptación.

Estadístico de prueba

Con la suposición de que la distribución de la población sea normal y en base al número de muestreos y la distribución aleatoria realizada se procede a seleccionar el estadístico t Student, el cual se define por la siguiente fórmula:

t = Estadístico de prueba.

\bar{x} = Media muestral.

μ = Media poblacional hipotética.

n = Número de datos.

S = Desviación estándar.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = -2.568$$

Se ubica el nivel según los grados de confianza y el nivel de significancia como se observa en la siguiente figura.

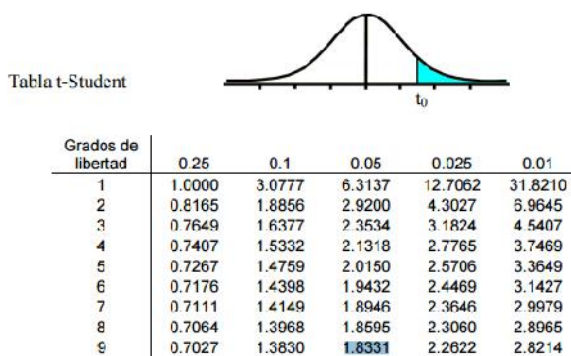


Figura 62 Grados de libertad y nivel de significancia

Fuente: Departamento de Matemática facultad de ciencias exactas y naturales de la universidad de Buenos Aires

Toma de decisión

Se ubica el valor estadístico en la distribución sobre el gráfico como se aprecia en la figura a continuación, el cual tiene de límite al valor identificado en la tabla t student, dejando como conclusión que se da por aceptada la hipótesis nula.

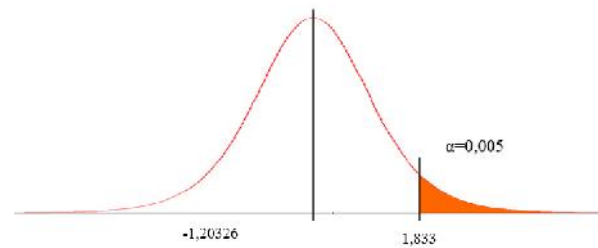


Figura 63. Gráfico prueba de hipótesis

Fuente: Departamento de Matemática facultad de ciencias exactas y naturales de la universidad de Buenos Aires

Al dar por aceptada la H_0 se concluye que el error en las mediciones son menores que la precisión exigida por el IGM.

4.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MDS

El modelo digital de superficie es un raster que contiene la información de la altura del área de vuelo este se obtiene también por el proceso fotogramétrico y es un producto generado por el UAV, de aquí la necesidad de evaluar su calidad, dada su importancia en la determinación de pendientes que serán usadas para la valoración de los predios.

Para la evaluación de su calidad se han tomado en cuenta los puntos obtenidos mediante levantamiento estático tanto del IGM como los puntos de apoyo fotogramétrico, como se observa en la siguiente figura se han sobrepuesto los puntos para realizar un análisis de la variación de alturas.

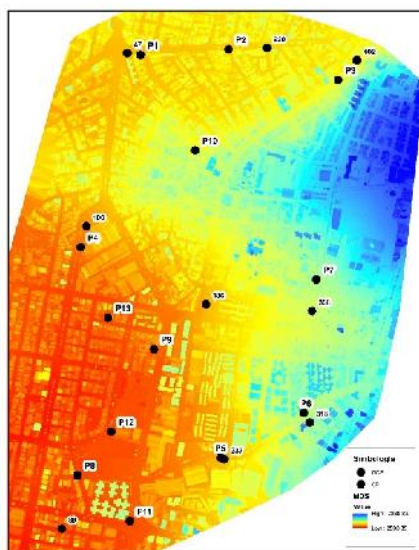


Figura 64. Distribución de puntos GPS sobre el MDS

Se obtuvo la altura elipsoidal de los puntos a partir del DSM en el software ArcGis10.3.1 a través de la función extraer, ubicada en caja de herramientas de análisis espacial y se la compara con la altura obtenida mediante el levantamiento estático de los puntos GPS.

Tabla 13.
Comparación alturas GCP's respecto al MDS

ID	TIPO	Z Levantamiento GPS	Z DSM	dZ
P1	GCP	2821.562	2821.593	-0.031
P2	GCP	2823.110	2823.195	-0.085
P3	GCP	2830.007	2830.087	-0.080
P4	GCP	2812.767	2812.812	-0.045
P5	GCP	2820.187	2820.196	-0.009
P6	GCP	2838.992	2838.997	-0.005
P7	GCP	2840.192	2840.191	0.001
P8	GCP	2808.102	2808.124	-0.022
P9	GCP	2810.417	2810.433	-0.016

CONTINUA 

P10	GCP	2831.632	2831.675	-0.043
P13	GCP	2808.217	2808.313	-0.096
P12	GCP	2807.496	2807.513	-0.017
P11	GCP	2809.231	2809.220	0.011
100	CP IGM	2815.764	2816.154	-0.390
47	CP IGM	2821.439	2821.320	0.119
89	CP IGM	2805.808	2807.709	-1.901
186	CP IGM	2821.149	2824.380	-3.231
220	CP IGM	2823.986	2826.097	-2.111
237	CP IGM	2821.500	2821.886	-0.386
318	CP IGM	2840.460	2841.456	-0.996
338	CP IGM	2835.620	2835.941	-0.321
402	CP IGM	2829.787	2831.876	-2.089

Se observa que las coordenadas obtenidas por el IGM tienen una variación alta, lo cual llama la atención y al revisar las mediciones son realizadas en esquinas sobre construcciones como se puede observar en la figura 61 por lo que al generar el MDS este las pudo tomar como coordenadas al piso por lo cual no se tomara en cuenta estos datos sin embargo al compararlo con los GCP's que se midieron sobre el suelo, podemos decir que todos los valores son bastante cercanos.

Tabla 14.
Estadística descriptiva al relizar la diferencia DSM Y DATOS GPS

DSM-DATOS GPSS'	
Media	0.0985
Mediana	0.0430
Desviación estándar	0.1327
Mínimo	0.0008
Máximo	0.3895

4.4 COMPARACIÓN VISUAL CATASTRO DEL DMQ - ORTOFOTO

El catastro de Quito con el que se compara la ortofoto fue generado 5 años atrás, por este motivo no se han tomado en cuenta las construcciones para el tema de valoración ya que estas pudieron ser modificadas en el lapso de tiempo mencionado, adicional se sobrepuso el catastro generado mediante el método de restitución sobre en la ortofoto obtenida por el UAV, observando así varias diferencia en los linderos de los lotes como se observa en la siguiente figura.



Figura 65. Diferencias visuales Catastro DMQ – Ortofotografía UAV

4.4 COMPARACIÓN CATASTRO DMQ, DIGITALIZACIÓN ORTOFOTO VS MEDIDAS REALES.

Para realizar la comparación de las medidas de frente de lotes, digitalizadas sobre la ortofoto obtenidas a través de cada uno de los UAV y el catastro del DMQ, se efectuó la medición con flexómetro de todos los frentes de una manzana de cada una de las 4 zonas de estudio como se observa en la siguiente figura.



Figura 66. Medición de frente en campo



Figura 67. Medidas de frente de lotes digitalizados

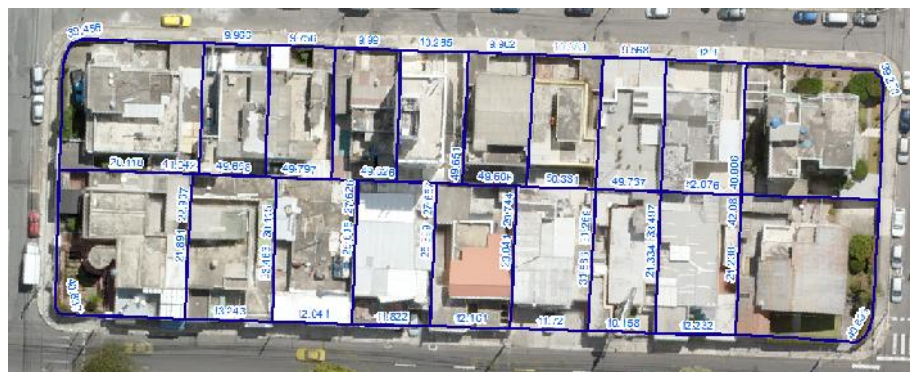


Figura 68. Medidas de frente de lotes catastro DMQ

Se obtuvo la medida de la digitalización con la herramienta calcular geometría de Arcgis 10.3.1 y se procede a realizar un comparación sencilla entre de las 3 fuentes como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 15.
Comparaciones medidas sobre digitalización, catastro y medidas en campo

ID	Ortofoto	Catastro	Medida en campo	Diferencia Ortofoto – Medida en campo	Diferencia Catastro – Medida en campo
1	40.556	39.271	40.5	0.056	1.229
2	41.405	40.693	41.42	0.015	0.727
3	12.203	12.232	12.2	0.003	0.032
4	10.096	10.158	10	0.096	0.158
5	11.83	11.72	11.75	0.08	0.03
6	11.967	12.161	11.9	0.067	0.261
7	11.967	11.822	12.02	0.053	0.198
8	11.895	12.041	11.85	0.045	0.191
9	13.166	13.243	13.05	0.116	0.193
10	40.862	40.837	40.82	0.042	0.017
11	39.756	39.456	39.74	0.016	0.284
12	9.884	9.966	9.75	0.134	0.216
13	10.03	9.756	10	0.03	0.244
14	9.887	9.99	10	0.113	0.01
15	10.028	10.265	10	0.028	0.265
16	10.022	9.962	10	0.022	0.038
17	10.42	10.383	10.45	0.03	0.067
18	9.0744	9.568	9.1	0.0256	0.468
19	11.688	12.1	11.65	0.038	0.45
20	14.97	15.073	15.1	0.13	0.027
21	18.057	17.661	18.03	0.027	0.369
22	17.982	18.246	18.15	0.168	0.096
23	17.911	17.987	17.82	0.091	0.167
24	29.656	29.534	29.8	0.144	0.266
25	14.918	14.986	14.97	0.052	0.016
26	14.031	13.827	14.2	0.169	0.373
27	16.092	16.19	16	0.092	0.19
28	14.933	14.942	14.85	0.083	0.092
29	15.941	16.075	16	0.059	0.075
30	15.345	15.234	15.2	0.145	0.034

CONTINUA 

31	13.731	13.952	13.6	0.131	0.352
32	14.882	14.6	14.8	0.082	0.2
33	15.103	15.333	15.2	0.097	0.133
34	15.284	15.216	15.25	0.034	0.034
35	39.877	39.807	39.76	0.117	0.047
36	20.389	20.26	20.5	0.111	0.24
37	11.932	12.177	12	0.068	0.177
38	12.024	12.067	12	0.024	0.067
39	11.905	11.92	12	0.095	0.08
40	12.175	12.117	12.05	0.125	0.067
41	23.032	23.102	23	0.032	0.102
42	22.715	23.189	22.7	0.015	0.489
43	11.849	12.162	12	0.151	0.162
44	12.494	12.163	12.2	0.294	0.037
45	12.045	12.021	12.1	0.055	0.079
46	11.68	11.893	11.75	0.07	0.143

Se realizó un análisis estadístico de los resultados para definir si los valores son aceptables según la norma del IGM. “La posición en el mapa digital del 95% de los puntos bien definidos, no diferirá de la verdadera en más de 0.3 mm por el denominador de la escala.” (IGM Ecuador, 2006), por lo tanto en el caso del proyecto será 30 cm. (ANEXO 13)

Tabla 16.
Estadística descriptiva al relizar la diferencia entre el catastro, ortofoto y medidas en campo

	Ortofoto – Medida en Campo	Catastro – Medida en campo
Media	0.079	0.199
Mediana	0.069	0.165
Desviación estándar	0.056	0.217
Mínimo	0.003	0.014
Máximo	0.294	1.229

4.5 COMPARACIÓN DIGITALIZACIÓN VS TOPOGRAFÍA

Se realiza la comparación de un lote ubicado en la calle de las Hiedras generado mediante digitalización respecto a un levantamiento topográfico existente, analizando las medidas de los linderos, coordenadas de los vértices, no se lo puedo comparar con el catastro del DMQ debido a que el lote de estaba desactualizado.(ANEXO 18)

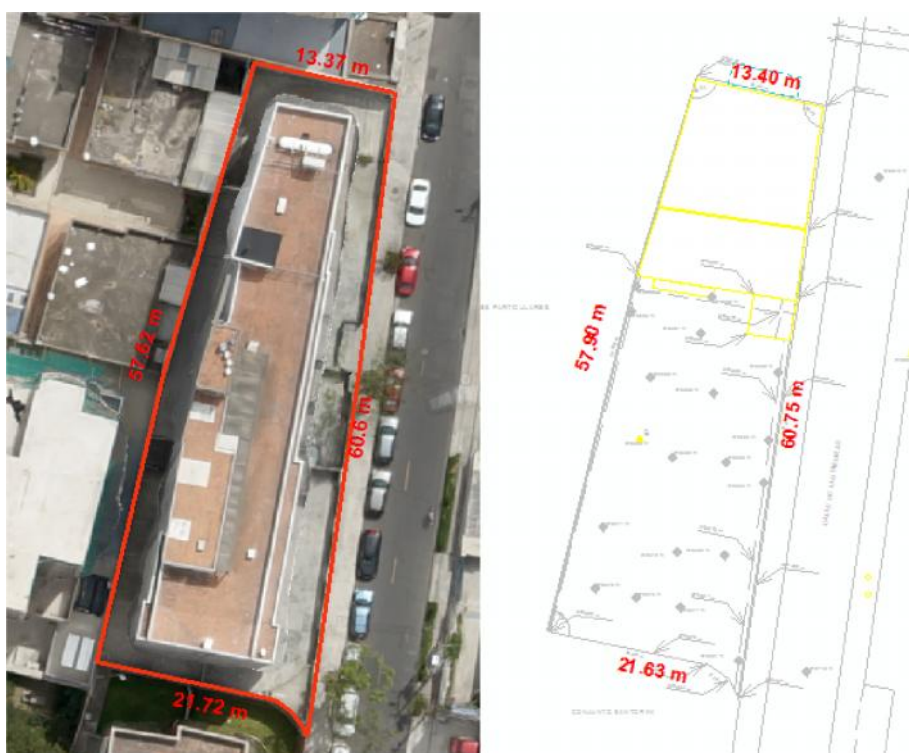


Figura 69 Digitalización vs Topografía

Fuente: Levantamiento topográfico Ing Alexander Robayo

Al obtener la diferencia de la topografía y la digitalización se observa que ninguna medida de los linderos excede la precisión máxima permisible por el IGM de 0,30m.

Tabla 17.
Comparación medidas de linderos en digitalización y topografía

Lindero	Digitalización	Topografía	Diferencia
1	21.72	21.63	0.09
2	60.6	60.75	0.15
3	13.27	13.4	0.13
4	57.62	57.88	0.26

Comparando los 4 vértices como se observa en la tabla a continuación se puede concluir que están dentro de la precisión, ya que la mínima en horizontal permitida por el IGM es de 0,3mm x el denominador de la escala.

Tabla 18.
Comparación de posición de vértices en digitalización y topografía

ID	Digitalización		Topografía		Diferencia		
	X	y	x	y	dX	dY	dHZ
1	781082.105	9981676.579	781082.140	9981676.573	-0.035	0.005	0.035
2	781101.715	9981669.547	781101.505	9981669.382	0.210	0.164	0.266
3	781109.951	9981729.579	781110.209	9981729.511	-0.258	0.068	0.266
4	781097.004	9981732.490	781097.145	9981732.498	-0.141	-0.008	0.141

CAPITULO 5

NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA CATASTRAL DE ESCALA 1:1000, EMPLEANDO UAV

5.1 CAMPO DE APLICACIÓN

Se aplicara en la elaboración de cartografía catastral a escala 1: 1000 obtenida mediante UAV.

5.2 DOCUMENTOS RELACIONADOS

- PROTOCOLO DE FISCALIZACIÓN PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES ESCALA 1:1 000, OBTENIDA A TRAVÉS DE MÉTODO AEROFOTOGRAMÉTRICO U ORTOFOTO CON DIGITALIZACIÓN 2D. (IGM 2016)
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA A CUALQUIER ESCALA. (PRIMER BORRADOR),(IGM 2006)
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ORTOFOTOS DIGITALES (PRIMER BORRADOR), (IGM 2008)
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA A ESCALA 1:5000 (Primera edición, IGM 2016)

5.3 GLOSARIO

Cartografía base con fines catastrales: Es cartografía que contiene elementos fundamentales con la precisión necesaria para la elaboración e implementación de catastros multifinalitarios de áreas urbanas. Como referencia opcional, se puede incluir a lo anterior, ortofotografía con la misma referencia espacial y exactitud de la cartografía. Se considerarán objetos fundamentales mínimos los correspondientes a edificaciones, demarcación, equipamiento, vialidad, hidrografía y relieve.

Catálogo de objetos geográficos: Catálogo que contiene definiciones y descripciones de los tipos de objetos, atributos, y asociaciones que ocurren en uno o más conjuntos de datos geográficos, junto con cualquier operación de objetos que se pueda aplicar.

Calidad: Grado con el que un conjunto de características inherentes cumplen los requisitos.

Exactitud: Grado de concordancia entre el resultado de una prueba y el valor de referencia aceptado.

Exactitud posicional: Proximidad del valor de la coordenada respecto al valor verdadero o aceptado en un sistema de referencia especificado.

Georeferenciación: Geoposicionamiento de un objeto utilizando un modelo de correspondencia derivado de un conjunto de puntos para los cuales las coordenadas tanto del terreno como de la imagen son conocidas.

Ortofototo: es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico, se obtiene a partir de las perspectivas de la imagen y se ha rectificado la imagen del terreno según una proyección ortogonal vertical.

Posicionamiento estático: Método de medición caracterizado por la ocupación simultánea de dos o más puntos durante un tiempo suficientemente prolongado mientras los receptores se mantienen estacionarios en tanto registran los datos.

Precisión: Medida de la repetitividad de un conjunto de mediciones, se expresa generalmente como un valor estadístico basado en un conjunto de mediciones repetidas, tales como la desviación estándar de la media de la muestra.

Punto de control en el terreno: Punto de la tierra que tiene una posición conocida con precisión geográfica.

GPS: sistema de posicionamiento global

UAV: vehículo aéreo no tripulado

Gimbal: estabilizador de cámara

GADM: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

5.4 GENERACIÓN DE ORTOFOTO Y MDS

Tabla 19
Especificaciones técnicas y consideraciones geodésicas

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Marco de Referencia	ITRF2008	Sistema de referencia actual o vigente en el IGM
b	Elipsoide de referencia	GRS80	Elipsoide vigente en IGM

CONTINUA 

c	Proyección cartográfica	UTM	Referido a la zona de huso correspondiente, si la zona de estudio está en 2 zonas se procede a adoptar el huso utilizada por el GADM.
----------	-------------------------	-----	---


Tabla 20
Especificaciones del UAV

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Autonomía de vuelo	≥15 minutos	Para que el UAV pueda cubrir un área considerable.
b	Geolocalización	GPS GLONASS	Deberá tener un sistema de posicionamiento ya que este va relacionado a las fotografías adquiridas, así como también para el seguimiento terrestre.
c	Estabilidad de la cámara	Plataforma de estabilización para la cámara	En el caso de los multirrotor se utiliza el sistema gimbal y en los de ala fija debe existir un compartimento para que la cámara quede fijada en el mismo.
d	Cámara	Cámara digital con sensor CCD o CMOS	La cámara deberá tener las características mínimas para poder generas fotografías de calidad respecto al GSD que se desea obtener, es recomendable que es lente sea lo más plano posible.

CONTINUA 

e	Sistema de navegación GNSS	Equipo GNSS Sincronizado con la cámara para registro de eventos	Debe permitir: <ul style="list-style-type: none"> • Planificar el vuelo. • Determina los centros de fotos • Navegación en tiempo real • Registro de eventos • Registro de datos de captura de cada imagen
f	Sistema Inercial IMU		Es obligatorio tener el sistema inercial

Tabla 21
Vuelos fotogramétricos

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Planificación del vuelo	Se entregara la planificación del vuelo en una tabla	Deberá Contener: <ul style="list-style-type: none"> • Área de vuelo • Tamaño de GSD \leq 10cm • Líneas de vuelo • Traslapo • Tiempo de vuelo
b	Condiciones Atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Sin nubes • Sin niebla • Sin lluvia • Sin exceso de luz 	Evitar cuando haya falta de claridad así como también exceso de la misma ya que producirá reflejos muy altos
c	Horario	Altura del Sol sobre el horizonte sea ≥ 40 grados	Se evita las horas en las que el sol genera mucha sombra de CONTINUA 

			los objetos o a su vez existe mucha luz y se genera hot spot en las fotografías
d	Tamaño de píxel y altura de vuelo	El tamaño de píxel medio para toda la pasada será ≤ 10 cm	Para cumplir con la precisión de escala 1
e	Traslapo longitudinal	$\geq 80\%$	
f	Traslapo transversal	$\geq 80\%$	
g	Zona a levantar	El área será entregada por cada GADM	Se deberá realiza un buffer de 50 m para el vuelo de esta manera se asegura la calidad de la ortofoto.

Tabla 22
Levantamiento de puntos de apoyo fotogramétrico GCP

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Ubicación GCP's	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la posición de los 5 puntos de apoyo fotogramétrico ≥ 5 	Estos puntos deben ser foto identificables.
b	Equipos geodésicos	Receptores GNSS geodésicos de una frecuencia L1 o de doble frecuencia L1/L2 C/A	Debido a la precisión necesaria para el ajuste fotogramétrico.

CONTINUA 

c	Atado a la REGME	≥ 1 estación	Se procesará y enlazará al menos a una estación de la REGME del IGM.
d	Distancia receptor base	$< 100\text{Km}$	Es la máxima permitida debido a la precisión necesaria en los puntos
e	Método de levantamiento	Estático diferencial	A partir de un a estación de la REGME, se podrá también levantar un vértice atado a la REGME y realizar el levantamiento por el método estático rápido de los demás puntos.
f	Precisión Post proceso de GCP en la Ortofoto	Precisión Horizontal $< 1\text{cm}$	Se post procesa tomando en cuenta las especificaciones técnicas y consideraciones geodésicas.

Tabla 23
Resultados y productos a entregar del proceso fotogramétrico

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Planificación de vuelo	<ul style="list-style-type: none"> • Área e Vuelo en formato .shp • Líneas de vuelo • Fotografías • Altura de vuelo • Tamaño de GSD 	Se proporcionará un informe detallado con el software utilizado y la planificación en el cual deberán constar todas las especificaciones
b	GNSS – IMU del vuelo original y procesado	Archivo GNSS-IMU obtenido del UAV	

CONTINUA 

c	Fotografías digitales RGB	Se entregará las fotografías originales en formato .tif o .jpg	
d	GNSS – GCPS Y CPS	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos en formato RINEX de los GCPS y CPS • Procesamiento de los GCPS y CP • Monografías de las bases REGME utilizadas para el pos proceso y de los GCP. • Listado de coordenadas corregidas y su RMS • Puntos GCPS Y CPS en formato .shp 	La información deberá constar de la fecha de toma de los puntos con el sistema geodésico utilizado y el archivo de post proceso, así como los datos crudos.
e	Especificaciones de los equipos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados de los equipos y sus especificaciones técnicas. • Respaldo fotográfico 	
f	Informe de procesamiento	Informe en formato .pdf	<ul style="list-style-type: none"> • Este informe contendrá los resultados del procesamiento de la ortofoto, • Nombre del proyecto • Fecha de procesamiento • Numero de fotografías • Líneas de vuelo

CONTINUA 

			<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de referencia • GCPS con sus RMS • Desviación estándar de la ortofoto
g	Ortofoto		<ul style="list-style-type: none"> • Escala 1:1000 • Formato .TIF
h	Modelo de Superficie	de	<ul style="list-style-type: none"> • Escala 1:1000 • Formato .TIF


5.5 GENERACIÓN DE GEODATABAE

La Geodatabase vendrá especificada según el “CATÓLOGO DE OBJETOS PARA CARTOGRAFÍA BASE CON FINES CATASTRALES ESCALA 1:1000 INICIAL.”, adicional a esta el Municipio o la entidad contratante para realizar el catastro puede agregar objetos que consideren necesarios, siempre y cuando estos sean visibles a la escala de trabajo.

Generación de cartografía

Con los productos obtenidos en el proceso fotogramétrico, se obtendrá la cartografía ya sea por restitución o por digitalización.

Tabla 24
Restitución

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Escala	1:1000	
b	Software de restitución	Software especializado para restitución	CONTINUA 

c	Modelos estereoscópicos	Generar el mejor modelo estereoscópico. No debe existir paralaje	Se recomienda saltar una foto para generar el mejor modelo estereoscopio, debido al alto porcentaje de traslapo existente entre los pares fotográficos.
d	Índice de modelos	Tabla con los modelos utilizados para la restitución	
e	Precisión planimétrica	>20cm	El error de trazo era máximo de 2 veces el pixel.

Tabla 25
Digitalización 2D

Ítem	Parámetro	Especificaciones	Detalles
a	Escala	1:1000	
b	Software restitución	de Software GIS	

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se generó la norma técnica para la obtención de productos con fines catastrales mediante UAV basándonos en las características tanto del UX5, como las del Phantom 3 profesional y de los dos software de procesamiento Pix4d v 2.2 y UASmaster v 7.1.

Se comprobó que los resultados obtenidos mediante el UX5 de Trimble, son de mejor calidad que los del Phantom 3, esto debido a que posee una cámara de características superiores y las prestaciones en cuanto a cobertura es sumamente amplia.

Se comprobó la calidad de la ortofoto una vez realizada la prueba estadística con 9 muestras a través de levantamientos geodésicos por parte del IGM, en un intervalo de confianza del 95% para una media muestral $\leq 0,10606m$.

Se concluye que tanto el proceso de digitalización sobre ortofoto generada por UAV como el proceso de restitución son aptos para la generación de cartografía con fines catastrales.

La obtención de los productos por distintos software, permite concluir que a pesar de que ambos son sumamente amigables, con el Pix4dmapper

se obtiene una mejor ortofoto en cuanto a geometría se refiere, mientras que con el UASmaster se tiene una ortofoto de mayor nitidez, pero con una mayor cantidad de distorsiones.

Al procesar la Ortofoto en el software UASmaster encontramos que su calidad depende del número de puntos de apoyo fotogramétrico, al realizar la comparación entre los procesamientos con 4, 6, 8 y 10 GCPS el valor de la desviación estándar del ajuste del procesamiento y el valor de RMS de los GCP's disminuye.

Se generaron exitosamente los planos para las 4 zonas de estudio, obteniendo resultados dentro de la precisión establecida por el IGM.

6.2 RECOMENDACIONES

Se hace necesario realizar pruebas con más modelos de UAV y a su vez distintas cámaras, para de esta manera tener más datos y mejorar las metodologías utilizadas para la generación de cartográfica con fines catastrales.

Se recomienda analizar el costo que tendría realizar el catastro para una ciudad de las dimensiones de Quito mediante UAV ya que se necesitaría una cantidad extensa de vuelos.

Es necesario identificar claramente el fin del producto a generar ya que su mala interpretación puede generar costos altos al contratante de servicios para obtención de fotografía o a su vez del levantamiento catastral.

Actualizar la Norma técnica para la obtención de productos cartográficos catastrales mediante UAV, para de esta manera dar lineamientos claros a consultores que emplean estos equipos en el levantamiento o actualización de catastros.

Al momento de utilizar los UAV se debe cumplir con las especificaciones de los equipos para evitar accidentes.

No volar cerca de antenas de retransmisión ya que con el UX5 al sobrevolar la zona donde se encuentra el canal GamaTv se perdió la señal del equipo dejando el vuelo a ciegas por un lapso de tiempo prolongado.

Bibliografía

- Acosta, M. H. (11 de Enero de 2011). Obtenido de Aprobación Operacional de vuelo para un UAS. Recuperado el 17 de febrero de 2017, de Universidad Politécnica de Catalunya: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/12465/1/memoria.pdf>
- Albarrán, G. (2004). *Levantamiento Catastral Multifinalitario, Sector San José-El Arenal Carmania. Santa Cruz de Mora, Municipio Antonio Pinto Salinas. Estado Mérida*. Mérida: Universidad de los Andes.
- Bonneval, H. (1972). *Photogrammétrie Générale*. París: Eyrolles.
- Erba, D. A. (2005). *Aplicaciones del Catastro Multifinalitario en la Definición de Políticas de Desarrollo Urbano*. Cambridge: Lincoln Institute for Land Policy.
- Hernández, D. (2006). *Introducción a la Fotometría Digital*. La Mancha : Universidad de Castilla.
- IGM, E. (17 de Mayo de 2006). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REALIZAR CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA A CUALQUIER ESCALA*. Recuperado el 17 de junio del 2017. Obtenido de www.inigemm.gob.ec
- Jauregui, I. (2010). *Introducción a la Fotometría*. Venezuela.
- Kaufmann, J. (1998). *Catastro 2014*. Federación Internacional de Agrimensores: Melbourne.
- Pérez, J. (2006). *Planificació y Control de Calidad de Vuelos Fotogramétricos*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Reinaldo. (2014). *Modelos Digitales del Terreno*. Obtenido de <http://sustentavel.geodesign.com.br/reinaldo/MP>
- Ruano, M. (2005). *Estándares de Evaluación para Productos Cartográficos Impresos*. Quito: Instituto Geográfico Militar.

Runco, R. (2014). *Avión no Tripulado UAV de Trimble, modelo UX5, una herramienta profesional para la adquisición de Imágenes*. Obtenido de <http://www.elagrimensor.com.ar/Notiarticulo.asp?N=820>

Trimble Business Center photogrammetry module (Vol. vol. 550). (2013). USA, Colorado: Westminster.