

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO**

**APLICACIÓN DE TEST PARA CONTROL DE CALIDAD POSICIONAL AL
PRODUCTO CARTOGRÁFICO OBTENIDO MEDIANTE VUELO
AEROFOTOGRAMÉTRICO CON VANT**

**TESIS PARA OPTAR
TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO GEOGRAFO**

AUTOR

GUIZADO MENA YULIANA MILAGROS

ASESOR

ZUÑIGA DÍAZ WALTER BENJAMIN

JURADO

DR. GALARZA ZAPATA EDWIN JAIME

DR. ZAMORA TALAVERANO NOÉ SABINO

ING. GLADYS ROJAS LEÓN

MAG. ROGELIA GUILLÉN LEÓN

LIMA - PERU

2018

“No es lo que te pasa lo que determina lo lejos que llegarás en la vida; es la forma de manejar lo que te pasa.”

Zig Ziglar

Escritor, vendedor y orador motivacional.

(1926-2012)

DEDICATORIA

A mi querido esposo Wilson y mi hija
Lucianita quienes son mi fortaleza y apoyo
constante, y a mis padres por estar a mi lado
incondicionalmente y no dejarme flaquear en
los obstáculos de la vida.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios quien bendice mi vida, por haber puesto en mi camino a las personas indicadas, quienes me ayudan a seguir siendo una mejor persona cada día, superando obstáculos en el día a día.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos para ser un profesional y una gran persona.

Agradecer a mi asesor de Tesis de Titulación, Mg. Walter B. Zúñiga Díaz por su tiempo y dedicación, sus consejos y críticas para formar a un profesional.

A mis docentes informantes Mg. Rogelia Guillen, Mg. Gladys Rojas, Dr. Edwin Galarza y Dr. Noé Zamora quienes con sus ideas y sugerencias permitieron el correcto desarrollo de esta tesis y a la vez, reforzó los conocimientos adquiridos en la etapa de pre-grado.

A mi esposo e ingeniero Wilson López Tunque, por las enseñanzas respecto a las nuevas geotecnologías como el empleo de los VANT's en el campo cartográfico.

Reiterar mis agradecimientos a mis maestros de pre-grado Mg. Gladys Rojas León e Ing. Carlos Ballardo Reyes por sus enseñanzas, por su rectitud, por su visión crítica en muchos aspectos cotidianos de la vida y por su amistad.

Por último, agradecer a todas las personas que han formado parte en mi vida profesional, que me brindaron su amistad, sabiduría, consejos y críticas.

RESUMEN

Se tiene una desconfianza respecto a calidad del producto cartográfico obtenido mediante VANT (UAV). En esta tesis, el objetivo es determinar el nivel de precisión del producto cartográfico obtenido mediante un levantamiento aerofotogramétrico con VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) como lo es una ortofoto, para lo cual empleé 3 test de control de calidad posicional: Test NMAS (National Map Accuracy Standard), Test EMAS (Engineering Map Accuracy Standard) y el Test NSSDA (National Estándar for Spatial Data Accuracy).

Se tomaron 5 puntos de apoyo para georreferenciar la ortofoto y 20 puntos de chequeo distribuidos de acuerdo a una metodología específica. Los resultados de nuestra georreferenciación son superados para el primer Test NMAS ampliamente. Para el segundo Test EMAS, indica que no existen errores sistemáticos ni aleatorios en los puntos de chequeo, siendo también superado. Para el tercer test NSSDA, mucho más riguroso, nos da una aceptabilidad para trabajos a escala 1/1,000. Todos los test empleados han sido verificados para un 95% de nivel de confianza.

Los resultados fueron óptimos, por lo cual se concluyó seguir un diagrama de flujo de trabajo propuesto de la siguiente forma: (1) Reconocimiento de Campo para el área de trabajo, (2) Elaboración del Plan de Vuelo en Gabinete, (3) Monumentación y lectura de Datos en los puntos de Control y Chequeo, (4) Ejecución del Vuelo Aerofotogramétrico, (5) Procesamiento de los datos geoespaciales (imágenes aéreas y data de los GPS diferencial), (6) Generación de los productos cartográficos (Ortofotos, Modelo de Elevación Digital, Curvas de Nivel, entre otros), (7) Aplicación del test de Control Posicional (NMAS, EMAS y NSSDA) y, (8) Distribución Confiable del producto al usuario final.

Palabras Claves: Levantamiento Aerofotogramétrico, VANT (UAV), Test de Control Posicional, NMAS, EMAS, NSSDA, Plan de Vuelo, Ortomosaico.

ABSTRACT

There is a distrust regarding the quality of the cartographic product obtained through UAV (UAV). In this thesis, the objective is to determine the level of precision of the cartographic product obtained by an aerial photogrammetric survey with UAV (Unmanned Aerial Vehicle) as it is an orthophoto, for which I used 3 positional quality control tests: NMAS Test (National Map Accuracy Standard), EMAS Test (Engineering Map Accuracy Standard) and the NSSDA Test (National Standard for Spatial Data Accuracy).

Five support points were taken to georeference the orthophoto and 20 check points distributed according to a specific methodology. The results of our georeferencing are exceeded for the first NMAS test widely. For the second EMAS Test, it indicates that there are no systematic or random errors in the checkpoints, which is also exceeded. For the third, much more rigorous NSSDA test, it gives us an acceptability for jobs at a scale of 1 / 1,000. All the tests used have been verified for a 95% confidence level.

The results were optimal, so it was concluded to follow a workflow diagram proposed as follows: (1) Field Recognition for the work area, (2) Preparation of the Cabinet Flight Plan, (3) Monumentation and reading of Data in the Control and Check points, (4) Execution of the Aerial Photogrammetric Flight, (5) Processing of the geospatial data (aerial images and data of the differential GPS), (6) Generation of the cartographic products (Orthophotos, Digital Elevation Model, Level Curves, among others), (7) Application of the Positional Control test (NMAS, EMAS and NSSDA) and, (8) Reliable distribution of the product to the end user.

Key Words: Aerial Photogrammetric Survey, UAV (UAV), Positional Control Test, NMAS, EMAS, NSSDA, Flight Plan, Ortomosaic.

PENSAMIENTO.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPITULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	15
1. ANTECEDENTES.....	15
1.1. EN EL MUNDO.....	15
1.1.1. RESPECTO AL EMPLEO DE LOS VANT's	15
1.1.2. EMPLEO Y EXPERIENCIA DE LAS FFAA EN MANTA - ECUADOR 2016	16
1.1.3. RESPECTO A LA CALIDAD POSICIONAL EN CARTOGRAFÍA.	17
1.2. EN EL PAÍS	18
1.2.1. RESPECTO AL EMPLEO DE LOS VANT's	18
1.2.2. CONTEXTO DE EMPLEO DE RPA - DRONE EN EL ESTADO PERUANO.....	19
1.2.3. EMPLEO Y EXPERIENCIA DE LAS FFAA EN MADRE DE DIOS 2017	20
1.2.4. RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	21
1.3. ESTUDIOS ANTERIORES	22
1.3.1. “CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA”	22
1.3.2. “CASOS PRÁCTICOS DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA”	22
1.3.3. “PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS: MDT Y ORTOFOTO A PARTIR DE IMÁGENES CAPTURADAS POR UN VEHÍCULO UAV”	23
1.3.4. TRABAJO FIN DE GRADO “CONTROL POSICIONAL ESTADÍSTICO DE PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DE LA PARRILLA”	24
1.3.5. ARTÍCULO “POSITIONAL QUALITY ASSESSMENT OF ORTHOPHOTOS OBTAINED FROM SENSORS ONBOARD MULTI-ROTOR UAV PLATFORMS”	27

1.3.6.	APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA EN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICOS MEDIANTE EL USO DE VEHICULOS AÉREOS NO TRIPULADOS.....	29
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
2.1.	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	31
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	31
2.2.1.	PROBLEMA PRINCIPAL	31
3.	OBJETIVOS.....	32
3.1.	OBJETIVO GENERAL	32
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
4.	HIPÓTESIS.....	33
5.	VARIABLES.....	34
5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	34
5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	34
6.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	34
6.1.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
6.2.	IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....		36
2.1.	BASES TEORICAS	36
2.1.1.	APLICACIONES FOTOGRAMÉTRICAS	36
2.1.2.	VANT (UAV) - VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO	38
2.1.3.	COMPONENTE POSICIONAL	41
2.2.	DEFINICION DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	47
2.3.	MARCO TÉCNICO-LEGAL.....	54
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS		57
3.1.	MATERIALES	57
3.1.1.	INSTRUMENTOS.....	57
3.1.2.	EQUIPOS.....	57
3.2.	RECURSOS HUMANOS	60
3.3.	MÉTODOS.....	60
3.3.1	DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACION	60
3.3.2	MUESTRA	60
3.3.3.	MÉTODO	60
3.4.	METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD POSICIONAL	63
CAPITULO IV: CARACTERISTICAS FISICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO		66
4.1.	DATOS GENERALES DEL DISTRITO	66

4.1.1.	LÍMITES.....	66
4.1.2.	DIVISIÓN POLÍTICA	66
4.1.3.	ACCESIBILIDAD.....	67
4.1.4.	CLIMA.....	68
4.1.5.	SUELOS	68
4.1.6.	HIDROGRAFÍA.....	68
4.2.	AREA DE TRABAJO	69
CAPITULO V: RESULTADOS		70
5.1.	DISCUSION DE RESULTADOS	117
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		124
6.1.	CONCLUSIONES.....	124
6.2.	RECOMENDACIONES	127
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		128
ACRÓNIMOS		131

INDICE DE TABLAS

Nº	DESCRIPCIÓN	PAG
01:	Resultado del Ajuste	25
02:	Resumen del Test NMAS	25
03:	Resumen del Test EMAS	25
04:	Resumen del Test de ASPRS	26
05:	Resumen del Test NSSDA	26
06:	Resultados de los test Aplicados en el Articulo	28
07:	Ventajas y Desventajas del VANT (UAV) según el tipo de ala.	40
08:	Comparación entre Plataformas para captura de imágenes.	40
09:	Escala típica del Producto según su RMSE limite (metros)	43
10:	Posición y orientación de la Cámara.....	83
11:	Características internas de la Cámara	85
12:	Valores Estadísticos de las Imágenes	86
13:	Cantidad de números de puntos en 3D	87
14:	Posición Relativa de la Cámara e incertidumbre de las orientaciones.....	88
15:	Puntos de enlace manual, el error de proyección (pixel) y el número de imágenes en el que se han marcado dichos puntos de enlace	89
16:	Precisión de los Puntos de Control en X, Y, Z y la calidad de la precisión.....	90
17:	Número de imágenes geolocalizadas con su respectivo en X, Y y Z	90
18:	Precisión de los Puntos de Control en X, Y, Z y la calidad de la precisión.....	91
19:	Variación de Geolocalización Relativa.....	91
20:	Precisión de los Puntos de Control en X, Y, Z y la calidad de la precisión.....	91
21:	Puntos de Control para la georreferenciación	99
22:	Puntos de Chequeo para la aplicación de los Test del Control de Calidad	99
23:	Coordenadas de la Ortofoto y del Terreno del Conjunto de puntos a Analizar .	100
24:	Diferencia entre las coordenadas de la Ortofoto y las Coordenadas del Terreno y su respectiva distribución por punto de Chequeo	102
25:	Error en la componente Horizontal	104
26:	Diferencia entre las coordenadas de la ortofoto y Coordenadas del Terreno ...	106
27:	Error medio en X e Y	106
28:	Desviación típica muestral en X e Y	107
29:	Distribución de t de Student.....	108
30:	Test de Cumplimiento del estándar en la planimetría.....	108
31:	Variabilidad de los errores aleatorios.....	109
32:	Distribución de X^2	110
33:	Error medio cuadrático en la componente X e Y (planimétrica)	111
34:	Resultado del coeficiente de exactitud posicional	112
35:	Resultado del test NMAS considerando 22 puntos de chequeo.....	119
36:	Resultado del test EMAS considerando 22 puntos de chequeo	120
37:	Resultado del test NSSDA considerando 22 puntos de chequeo	120
38:	Resumen de resultado para cada prueba de calidad Espacial.	123

INDICE DE FIGURAS

N°	DESCRIPCIÓN	PAG
01:	Ejemplo de fotografía tomada con RPA a la escala 1:800.....	19
02:	VANT modelo eBee.....	57
03:	GPS diferencial modelo GCX2 de la marca Sokkia.	57
04:	Diagrama de Plan de Trabajo.....	61
05:	Distribución de los Puntos de Control.	64
06:	Recepción de Información Satelital.	65
07:	División Política del distrito de Puente Piedra.....	67
08:	Identificación del área de Investigación.....	69
09:	Recubrimiento de las imágenes. (Figura Referencial).....	72
10:	Entorno del Software eMotion2 para el Plan y Seguimiento de Vuelo.	73
11:	Ubicación y marca del Punto de Control.	75
12:	Características de las imágenes.....	79
13:	Verificación de la calidad en Pix4D.	80
14:	Vista Previa de Modelo Digital de Superficie.	81
15:	Vista Previa de la Ortofoto.....	81
16:	Posición inicial del VANT (UAV).	82
17:	Emparejamiento de los Puntos.....	83
18:	Cantidad de imágenes Superpuestas en el área de trabajo.	84
19:	Ajuste en bloque 2D y 3D y el promedio del error de reproyección en pixeles. .	84
20:	Correlación entre los parámetros internos de la cámara con el ajuste del bloque.....	85
21:	Keypoint 2D emparejados.....	88
22:	Sistema de coordenadas de las imágenes de ingreso y salida.	92
23:	Opciones en el procesamiento de las imágenes	92
24:	Opciones en el procesamiento la nube de puntos	93
25:	Número del clúster procesados, el número de azulejos generados y el número de puntos densificados 3D y la densidad media (por m ³).....	93
26:	Vista de la Nube de Puntos 3D densificada a diferentes niveles de Zoom, dentro del área de estudio.....	94
27:	Vista General de la Nube de Puntos 3D del Área Total del Proyecto	95
28:	Características de la resolución del DSM y Ortomosaico.....	96
29:	Modelo Digital de Superficie (MDS) del Proyecto Piloto.....	97
30:	Distribución de los Puntos de Control (05) y Puntos de Chequeo (20).....	98
31:	Distribución de la Normal.....	103
32:	Porción de Ortomosaico (Sin Editar).....	113
33:	Porción de Ortomosaico (Editado).....	114
34:	Ortomosaico Final del Proyecto Piloto (5 cm/px)	115
35:	Nivel de detalle de la Alta Resolución Espacial del Ortomosaico Final según diversos niveles de Zoom.....	116
36:	Plantilla para el apoyo y distribución del apoyo fotogramétrico	118
37:	Puntos de apoyo	121
38:	Distribución de Puntos de Control en Tierra y Puntos de Chequeo	122

INDICE DE MAPAS

N°	DESCRIPCIÓN	PAG
01:	Mapa de ubicación de los puntos de control y los puntos de chequeo sobre la ortofoto.....	178

INDICE DE ECUACIONES

N°	DESCRIPCIÓN	PAG
Ecuación 01:	Calculo del error para la componente X e Y.....	105
Ecuación 02:	Calculo del error medio para la componente X e Y.....	106
Ecuación 03:	Calculo de la Desviación.....	107
Ecuación 04:	Calculo del error estadístico.....	107
Ecuación 05:	Calculo del grado de variabilidad	109
Ecuación 06:	Calculo RMSE en la componente horizontal.....	112
Ecuación 07:	Calculo del coeficiente de exactitud posicional al 95% en la componente Horizontal	112

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A:		
Diagrama de flujo de trabajo		132
ANEXO B:		
Características Técnicas del VANT (UAV).....		133
ANEXO C:		
Características Técnicas del GPS diferencial del modelo GCX2 de la marca Sokkia.....		134
ANEXO D:		
Parámetros del GPS diferencial del modelo GCX2 de la marca Sokkia.....		135
ANEXO E:		
Ficha Técnica de la Estación de Rastreo Permanente LI02		136

ANEXO F:	
Ficha Técnica de los Puntos de Control	140
ANEXO G:	
Fotografías de campo	165

INTRODUCCIÓN

El presente tema de investigación fue elegido debido al gran crecimiento de servicios de levantamientos fotogramétricos con VANT's, por ahora de áreas relativamente pequeñas, y al propio desarrollo de los VANT's o UAV (Unmanned Aerial Vehicle) que cada vez tienen mayor capacidad de carga, autonomía de vuelo, velocidad, entre otras más características.

Sabemos que todo proyecto de ingeniería necesita como primer trabajo un levantamiento cartográfico para obtener un mapa base sobre el cual apoyar los futuros trabajos. También sabemos que la mayoría de empresas que solicitan este tipo de servicios prefieren o tienen mayor confiabilidad en los levantamientos tradicionales, como fotogrametría aérea con avioneta tripulada. Siendo más reacios al uso de los productos cartográficos mediante métodos no convencionales (levantamiento con vehículo aéreo no tripulado), debido a que tienen una metodología algo diferente y unos costos muy por debajo al levantamiento tradicional, lo que les causa cierta desconfianza.

En este trabajo de investigación realizaremos un levantamiento fotogramétrico de un pequeño sector en la zona de Cercado, en el distrito de Puente Piedra, en Lima Metropolitana, mediante el empleo de un VANT Profesional (de altas capacidades técnicas), mediante el cual obtendremos un producto cartográfico (Ortofotografía) georreferenciado gracias al apoyo de puntos colocados en campo (mediante uso de GPS diferencial) para posteriormente aplicar los principales test de control posicional y determinar el grado de confiabilidad de los resultados mediante el uso de estas nuevas plataformas de vuelo.

CAPITULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS

1. ANTECEDENTES

1.1. EN EL MUNDO

1.1.1. RESPECTO AL EMPLEO DE LOS VANT's

El uso de los VANT's no es nuevo, pues ya en 1917, hace ya un siglo, el controvertido ingeniero inglés Archibald Low (1888 - 1956) demostró ser capaz de controlar un pequeño y novedoso prototipo de biplano guiado por radio, cuando menos al punto de hacerlo emprender el vuelo. Sin embargo, las averías del motor de explosión utilizado en aquel entonces, con las consiguientes caídas de los prototipos, hizo que la Real Fuerza Aérea Británica perdiera interés en el tema, a pesar del innegable éxito desde el punto de vista de control automático o electrónico.

Posteriormente, en la década de los años 60, durante la Guerra del Vietnam, se utilizaron por el ejército estadounidense vehículos controlados por radio para volar, repetidamente y en trayectorias circulares definidas previamente, sobre el campo enemigo captando imágenes, es en esta época cuando se populariza la palabra *drone* en inglés, cuyas traducciones al español son: zángano – macho de la abeja melera – o algo repetitivo o monótono.

Hoy en día, los VANT's se pueden considerar como robots no antropomorfos con una inmensa autonomía de vuelo y una gran gama de posibilidades de aplicación.

Gracias al uso de procesadores electrónicos, de software especializado y del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), las capacidades de control automático en base a la información procedente de los sensores instalados en las aeronaves, y la rápida reacción correctiva como consecuencia del procesamiento local de la información del estado de vuelo, hacen posible que la retroalimentación aporte un inmenso potencial, minimizando para estos artefactos las posibles desviaciones entre el comportamiento real y el esperado.

Actualmente, y dejando a un lado los conflictos bélicos tanto defensivos como ofensivos, estos equipos ofrecen amplias posibilidades de aplicación al sector de la ingeniería civil: inspecciones de infraestructuras, investigación atmosférica,

levantamientos topográficos, filmación de películas y fotografía deportiva, cultivos de precisión, control de caza, localización de bancos de pesca, mantenimiento de parques eólicos e infraestructuras energéticas, control medioambiental, gestión de riesgos y desastres naturales, exploración geológico-minera, etc.

Por otro lado, en los países más avanzados se están impulsando diferentes proyectos de investigación con este tipo de aeronaves no tripuladas, que abarcan desde el ensayo de material aeronáutico en condiciones peligrosas de hielo, viento, lluvia intensa, etc., evitando la exposición a riesgo de los equipos humanos en vuelos tripulados, pasando por el desplazamiento y reparto de grandes cargas e incluso personas en vuelos comerciales en vuelos no tripulados, hasta el desarrollo de tecnologías concretas como son las pilas de combustible de hidrógeno que permitirían triplicar la duración de los vuelos , etc.

1.1.2. EMPLEO Y EXPERIENCIA DE LAS FFAA EN MANTA - ECUADOR 2016

En el ámbito externo, el día 16 de abril de 2016, se produjo un terremoto de magnitud 7.8 en la República del Ecuador, lo cual obligó a la activación de diversos canales de coordinación binacionales: presidencial, ministerio de relaciones exteriores, ministerio de defensa, sistema de cooperación entre Fuerzas Aéreas Americanas y organismos internacionales para la ayuda internacional.

Ante ello y dentro de la ayuda desplegada por el Ejército del Perú, se implementó un equipo al mando de un (01) Mayor, para la operación de dos (02) RPA con el fin de generar información rápida y precisa en el mismo lugar y con los siguientes requerimientos:

- a. Tener una evaluación preliminar y visual de los daños presentados en diversas estructuras afectadas.
- b. Reducir la exposición a peligros de los rescatistas y/o evaluadores que ingresarían a las estructuras antes mencionadas
- c. Imágenes georreferenciadas con coordenadas y escalas.
- d. Levantamiento de productos 2d y 3d.
- e. Facilitar la toma de decisiones.

Dicho apoyo fue llevado a cabo por espacio de un mes ampliándose así mismo en los levantamientos de imágenes en aquellos terrenos en donde el Ejército del Perú realizó el nivelado y acondicionamiento para la instalación de albergues temporales para la población afectada.

1.1.3. RESPECTO A LA CALIDAD POSICIONAL EN CARTOGRAFÍA

En la última década del milenio, la competitividad ha dado un salto cualitativo con la apertura de los mercados internacionales y el avance imparable de las telecomunicaciones. En éste ámbito, serán los productos con mejor relación CALIDAD – PRECIO los que obtengan mayores beneficios y reconocimiento. Así, como no podía ser de otra manera, se tendrán que reducir costes y aumentar la calidad de los productos que se realicen si se quieren mantener en el mercado.

Uno de los factores esenciales en el funcionamiento una organización es la calidad de sus productos o servicios. Existe una tendencia mundial por parte de los clientes, hacia requisitos más exigentes respecto a la calidad. Al mismo tiempo se está produciendo una creciente toma de conciencia de que, para obtener de forma continuada unos buenos rendimientos económicos, es necesario, con frecuencia, mejorar la calidad de forma continua. Para que una organización sea reconocida por la calidad de sus productos o servicios, tiene que funcionar con eficacia, con método y con sistema, dentro de una norma que dé garantía al usuario de los productos o servicios.

Un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) es aquella parte del sistema de gestión de la organización que está enfocada al logro de los resultados en relación a los objetivos de la calidad, para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos de las partes interesadas (ISO 9000:2000). Para que exista una clientela, es necesario hacer una prospección del mercado, saber lo que las personas necesitan, y diseñar un producto o servicio acorde a esas expectativas. La satisfacción del cliente garantiza la continuidad de la organización.

Los SGC quedan establecidos como estándar a nivel mundial, desarrollado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y que se describe en las normas

adoptadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN), como Normas Europeas EN 29000.

1.2. EN EL PAÍS

1.2.1. RESPECTO AL EMPLEO DE LOS VANT's

Las particulares características del Valle del Río Apurímac y ene – VRAE, han despertado de nuevo el interés de esta nación en el desarrollo y adquisición de VANT's como herramienta para la lucha que se libra en esta zona, en contra de los reductos de la agrupación insurgente “sendero luminoso”.

En este sentido, el Ejército Peruano debe concentrar sus esfuerzos en el despliegue de vehículos tácticos, que en misiones de carácter focalizado, recopilen información aérea del tipo ISR, para y con base en ella realizar operaciones aéreas y terrestres, rápidas y contundentes.

Sin embargo el interés peruano se remonta a mediados de la década de los años 90, justo después del conflicto con el Ecuador, momentos a partir de los cuales comienza el trabajo conjunto con la Oficina de Investigación y Desarrollo del Ejército.

Producto de este trabajo surge a principios del año de 1999 un prototipo denominado RT-1 con el cual se realizan algunos vuelos de prueba.

Años después, surgen tres prototipos, siendo el primero de ellos uno conocido como el “Eléctrico” prototipo portátil (7.5 kg y 10 km de alcance) ideado para ser transportado y desplegado por un solo hombre y para ser utilizado por unidades de infantería directamente en el teatro de operaciones.

De manera simultánea al desarrollo de prototipos nacionales, para el 2009 este país adquirió dos modelos de VANT's israelí Orbiter II. Vehículo compacto y ligero (1.5 kg) diseñado para misiones particularmente del tipo Homeland y de reconocimiento. El modelo posee un motor eléctrico que le brinda una velocidad de hasta los 130 km/h, durante 4 horas y a una altura máxima de 5500 metros.

Pero y debido a las prestaciones del modelo anterior, para el 2010 se anunció la compra de tres unidades del también Israelí Micro-Falcon, por montos tasados en alrededor de los 550.000 dólares. Vehículo impulsado por un motor eléctrico

silencioso y con una autonomía de 2 horas de funcionamiento, el Halcón Micro cuenta con una envergadura de 2 m (6.5 pies) y un máximo peso de despegue de 6 kg (13,2 libras), incluyendo una carga de 1 kg.

1.2.2. CONTEXTO DE EMPLEO DE RPA - DRONE EN EL ESTADO PERUANO

Como sabemos, el Perú no es ajeno a los desastres de origen natural, ya que en él se presentan, tanto de manera cíclica como de manera imprevista, diversos eventos climáticos como los fenómenos de “El niño”, “La niña”.

Ante ello el Instituto Geográfico Nacional (IGN) consiente de la importancia de explotar las herramientas Geotecnológicas, implementó en el año 2016, la Oficina de Cartografía Especial de Emergencia del IGN, la cual tiene como misión constituirse como primera respuesta, ante la ocurrencia de un desastre de origen natural o antropogénico, haciendo uso de Aviones Tripulados Remotamente (RPA), para documentar y generar productos cartográficos de emergencia: Claros, completos, y rápidos. Ver Figura N° 01.

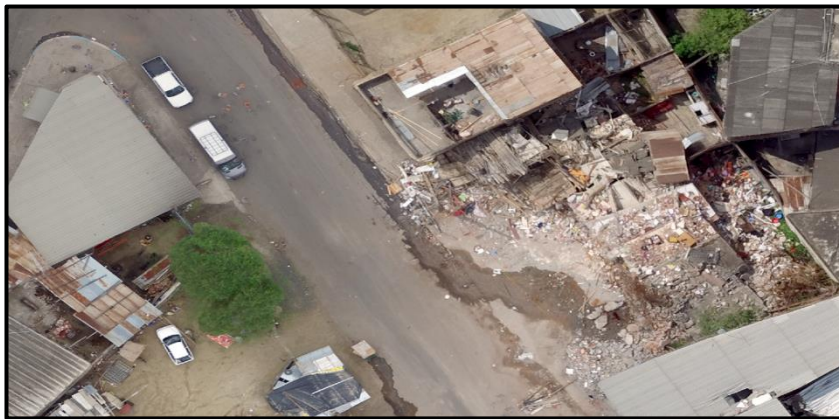


Figura N° 01: Ejemplo de fotografía tomada con RPA a la escala 1:800
Fuente: UAV del Perú

1.2.3. EMPLEO Y EXPERIENCIA DE LAS FFAA EN MADRE DE DIOS 2017

Por otro lado, siendo una necesidad vital para el país erradicar aquellas fuentes de potenciales riesgos o amenazas que amenacen a las poblaciones, dentro de las cuales la minería ilegal en la región Madre de Dios, podría configurar y conjugarse con eventos de la naturaleza que desencadenen desastres como desertificación y/o contaminación de reservas de agua para consumo humano, han obligado a que el estado a través de las FFAA, se encuentren ejecutando acciones, en donde los RPAS son una herramienta fundamental para llevar a cabo las misiones de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento en estas áreas, realizando las siguientes tareas:

- a. Constituir una avanzada rápida, altamente móvil y secreta en la zona.
- b. Posibilidad de transmitir imágenes y video en tiempo real desde el punto de aplicación hacia cualquier lugar del planeta; y esto en razón de que es posible conectar la transmisión de los *RPAS* con equipos de comunicación satelital (VSAT-MERC).
- c. Brindar información georreferenciada y telemetría en tiempo real.
- d. No depende de reconocimientos con helicópteros u otro tipo de medios de transporte.
- e. Mantener en seguridad a la avanzada, identificando oportunamente presencia hostil, reduciendo la exposición al peligro del personal.
- f. A partir de imágenes aéreas, producir cartografías, modelos de elevación digital, curvas de nivel, entre otros; siendo este tipo de información de suma importancia para las tareas de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento.

En dicho contexto se han llevado a cabo diversas operaciones en estas zonas, con el empleo de estos sistemas de vuelo, durante los meses de setiembre y octubre del 2017.

1.2.4. RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS

Según las Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica (Escala 1:1,000 y 1:5,000) del IGN-PERÚ, en el proceso de Control de Calidad, gráfico y digital, consiste en comprobar que los productos generados cumplan con las Normas y Especificaciones Técnicas establecidas.

La revisión es la fase más importante en el proceso de elaboración cartográfica; consiste en comprobar la exactitud de los parámetros empleados; es someter a un examen para corregir fallas en el proceso de elaboración cartográfica; es la manera de verificar que la cartografía elaborada sea correcta, completa y sin fallas.

En el control de calidad planimétrica se menciona que debe hacerse una comprobación en la que no se supere los errores establecidos. Datos de campo superpuesto al ráster – vector.

En el control de calidad altimétrica se debe comprobar que no se superan los errores establecidos a través de los datos de campo con los modelos de elevación.

Respecto a las tolerancias de los puntos de apoyo estos deberían ser menor o igual a 0,05 m / 0,10 m (en planimetría) y $\pm 12 \text{ mm } \sqrt{K}$ / menor o igual a 0.15 m (en altimetría) respecto al RMSE, para escala 1:1,000 y 1:5,000 respectivamente.

La precisión final del producto cartográfico, en planimetría, la posición del 90% de los puntos bien definidos no diferirá de la verdadera en más de 0.20 mm / 0.25 mm y el 10% restante no diferirá en más de 0.25 mm / 0.30 mm, a la escala del plano impreso, para escalas 1:1,000 y 1:5,000 respectivamente. Mientras que en altimetría, las elevaciones del 95% de los puntos acotados en el mapa digital, no diferirá de la verdadera en más de $\frac{1}{4}$ del valor del intervalo de curva de nivel, el 5% restante nunca excederá del valor de $\frac{1}{2}$ del intervalo de curva de nivel.

1.3. ESTUDIOS ANTERIORES

1.3.1. “CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA”

F.J. Ariza L. RA-MA EDITORIAL.

En este libro el objetivo es la calidad en la producción cartográfica. Para ello se describe los conocimientos, técnicas y procedimientos al uso; pero también se incluyen casos que permiten la profundización y que pueden servir como ejemplos de cómo utilizar herramientas avanzadas, abriendo un amplio abanico de posibilidades.

Los cuatros primeros capítulos del libro se consagra en presentar el concepto de calidad, los sistemas de gestión de la calidad (ISO 9000 y EFQM), el control y la mejora de la calidad, todo ellos con ejemplos en el ámbito de la cartografía. Como base previa y fundamento de los estudios posteriores, se tiene un capítulo dedicado a los modelos de propagación de la incertidumbre; la simulación ocupa gran parte del mismo debido a su utilidad. El análisis de las componentes de la calidad del dato geográfico se realiza en tres capítulos específicos, y se dedica mayor atención a las componentes más clásica: posición y temática. Los procesos cartográficos ocupan el interés del último capítulo del manual. Entre los procesos contemplados están: la digitalización, la conversión vector-ráster, la generalización, las interpolaciones, superposiciones, etc.

El autor es profesor del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, donde es responsable de la asignatura Producción Cartográfica de la titulación de Ingeniería Geodésica y Cartografía en la que, junto a otros contenidos, se imparten los que presenta este manual.

1.3.2. “CASOS PRÁCTICOS DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA”

F.J. Ariza L., J.L. García B., Raúl Amor P. Universidad de Jaén. España.

El presente libro es un manual de carácter práctico orientado al control de calidad en cartografía. En la cual plantea casos de gran interés y actualidad sobre: mejora de la calidad, tamaños muestrales, control de procesos, control de las

componentes posicional y temática, simulación y control de bases de datos geográficas.

1.3.3. “PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS: MDT Y ORTOFOTO A PARTIR DE IMÁGENES CAPTURADAS POR UN VEHÍCULO UAV”

R.M. Fernández de C. Master el Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura.

El proyecto nace del acuerdo de colaboración entre la Universidad de Salamanca y la empresa Aurensis, vanguardista en el sector de nuevas tecnologías aplicadas al territorio, para control de líneas eléctricas, para situaciones de emergencia forestal, etc.

Aurensis está investigando la posibilidad de obtener cartografía a partir de fotografías tomadas con elementos UAV, por lo que se han hecho varios vuelos de prueba y se ha trabajado con ellos de modo similar a como se trabaja con imágenes del PNOA, obteniendo unos resultados bastante acertados. La característica fundamental de un vuelo UAV es que la cámara que lleva a bordo es una cámara normal, es decir no es de gran formato ni va fijada de manera especial al vehículo, por lo que los giros de las fotografías pueden ser bastante mayores y por tanto los errores incrementarse. La ventaja de estos sistemas es que no es necesario un avión o helicóptero (y por lo tanto no se necesita un piloto) y que su manejo puede hacerse desde tierra con mandos teledirigidos sin necesitar permiso de vuelo. Además, al volar a una altura mucho menor que los vuelos normales, la resolución de las fotografías es mucho mejor.

El principal objetivo que se pretende alcanzar con este proyecto es demostrar que la calibración de la cámara mejora los resultados de los MDT y las Ortofotos que se obtengan a partir de estas fotografías. Además de ello, un segundo objetivo que nos hemos propuesto alcanzar es crear MDT y Ortofotos a partir de las fotografías tomadas con UAV.

1.3.4. TRABAJO FIN DE GRADO “CONTROL POSICIONAL ESTADÍSTICO DE PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DE LA PARRILLA”

José Manuel Galván Rangel, Universidad de Extremadura

Lo que se pretendió demostrar en este proyecto de tesis es, si los productos obtenidos mediante un VANT tienen la precisión suficiente para generar una Ortofoto y Modelo Digital del Terreno de calidad.

Para ello se llevó a cabo el proceso fotogramétrico completo con un VANT (Dron), desde la realización del vuelo hasta la obtención del Modelo Digital del Terreno y la Ortofotografía.

La ubicación del proyecto fue sobre la explotación minera de La Parrilla y el software de procesamiento empleado en gabinete fue el Agisoft Photoscan.

Como se menciona en el objetivo principal de la presente tesis, se analizó las coordenadas de una serie de puntos de control repartidos por la zona de trabajo para realizar el control estadístico de la componente posicional.

Para ello se realizaron varios test cartográficos, que compararon las coordenadas planimétricas de la ortofoto con las coordenadas obtenidas GPS Geodésico durante la labor de campo.

Estos test posicionales empleados para el control de la calidad posicional final de los productos cartográficos fueron:

- NMAS (National Map Accuracy Standard).
- EMAS (Engineering Map Accuracy Standard).
- ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing).
- NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy).

El resultado de uno de los casos en el que se consideró 22 puntos de chequeo fue el siguiente. Ver Tabla N° 01.

Tabla N° 01:

Resultado del Ajuste

Marcadores	Este err (m)	Norte err (m)	Alt. err (m)	error(m)	Proyecciones	Error (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> 5004	-0.010946	-0.020618	0.029591	0.037690	4	0.569
<input checked="" type="checkbox"/> 5009	0.031820	-0.022173	-0.236567	0.239725	2	0.293
<input checked="" type="checkbox"/> 5010	0.007922	0.010490	-0.015253	0.020136	8	0.959
<input checked="" type="checkbox"/> 5011	-0.041325	-0.025416	0.071587	0.086478	4	0.384
<input checked="" type="checkbox"/> 5020	0.025127	-0.004561	-0.003772	0.025814	4	1.054
<input checked="" type="checkbox"/> 5030	-0.007566	-0.008061	0.001829	0.011206	8	0.555
<input checked="" type="checkbox"/> 5031	0.011103	-0.008594	0.015880	0.021197	4	0.185
<input checked="" type="checkbox"/> 5034	-0.000030	0.011198	0.001578	0.011309	4	0.676
<input checked="" type="checkbox"/> 5046	-0.006851	-0.012293	-0.005285	0.015033	6	0.198
<input checked="" type="checkbox"/> 5049	-0.026941	0.020150	0.000615	0.033648	9	0.575
<input checked="" type="checkbox"/> 5056	0.018173	0.012545	-0.007287	0.023254	3	0.174
<input checked="" type="checkbox"/> 5062	0.003048	0.019684	0.005941	0.020786	3	0.394
<input checked="" type="checkbox"/> 5065	0.009904	0.012484	-0.010810	0.019256	6	0.666
<input checked="" type="checkbox"/> 5085	-0.010557	0.013413	0.015418	0.023002	3	0.558
<input checked="" type="checkbox"/> 5127	-0.053718	0.004585	-0.005018	0.054147	6	1.171
<input checked="" type="checkbox"/> 5130	0.064741	0.040106	-0.007211	0.076498	4	0.195
<input checked="" type="checkbox"/> 5132	0.006087	-0.016302	0.003220	0.017696	8	0.943
<input checked="" type="checkbox"/> 5164	0.014913	-0.033187	0.004469	0.036657	3	0.563
<input checked="" type="checkbox"/> 5180	0.034605	0.000547	-0.024265	0.042268	4	0.206
<input checked="" type="checkbox"/> 5188	-0.071680	-0.094396	0.015226	0.119501	4	0.591
<input checked="" type="checkbox"/> 5194	-0.031009	0.022936	0.037380	0.053711	4	0.322
<input checked="" type="checkbox"/> 5203	0.057088	0.034673	-0.052411	0.084901	3	0.307
Error total	0.032284	0.027824	0.055601	0.070056		0.653

Tabla N° 02:

Resumen del Test NMAS

Escala	Planimetría	Altimetría
1/500	Si	No
1/1000	Si	No
1/2000	Si	Si
1/2500	Si	Si
1/3000	Si	Si
1/5000	Si	Si

En la Tabla N° 02, se puede interpretar que la cartografía se puede emplear para todas las escalas en evaluación respecto a planimetría. Para el caso de altimetría no se supera el test para las escalas 1/1000 y 1/500.

Tabla N° 03:

Resumen del Test EMAS

Intervalo de confianza	X	Y	Z
90%	No	Si	No
95%	No	Si	No
99%	Si	Si	No
99.5%	Si	Si	No
99.75%	Si	Si	No
99.9%	Si	Si	No

De igual manera en la Tabla N° 03, podemos concluir que los resultados pueden ser empleados hasta en un 99.9% de confiabilidad en planimetría mas no en altimetría para ningún intervalo de confiabilidad.

Tabla N° 04:

Resumen del Test de ASPRS

Escala	X	Y	Z
1/500	2H	2H	3V
1/1000	1H	1H	3V
1/2000	1H	1H	2V
1/2500	1H	1H	1V
1/3000	1H	1H	1V
1/5000	1H	1H	1V

En la Tabla N° 04, se interpreta que para todas las escalas de evaluación el error medio cuadrático es de 1 píxel a excepción de la máxima escala 1/500 que tiene un error medio cuadrático de 2 píxeles, esto respecto a la planimetría. Para la escala 1/2000 se obtiene una precisión vertical al 95% de nivel de confianza y para las escalas 1/1000 y 1/500 una baja confiabilidad, respecto a la altimetría.

Tabla N° 05:

Resumen del Test NSSDA

Escala	Planimetría	Altimetría
1/500	No	No
1/1000	No	No
1/2000	Si	No
1/2500	Si	Si
1/3000	Si	Si
1/5000	Si	Si

En la Tabla N° 05, para el test NSSDA se ha evaluado las coordenadas para un nivel de confianza de 95% con 0.072 m de exactitud posicional, donde podemos apreciar que para las escalas 1/1000 y 1/500 no se supera el test en planimetría ni en altimetría, mientras que para la escala 1/2000 solo se supera el test respecto a la altimetría.

Se llega a la conclusión que con los resultados obtenidos no se satisface el control de calidad, a pesar de obtener error medios aceptables en planimetría, ya que en altimetría el error medio no disminuye de 7 veces el tamaño del píxel.

1.3.5. ARTÍCULO “POSITIONAL QUALITY ASSESSMENT OF ORTHOPHOTOS OBTAINED FROM SENSORS ONBOARD MULTI-ROTOR UAV PLATFORMS”

Francisco Javier Mesas-Carrascosa, Inmaculada Clavero Rumbao, Alfonso García-Ferrer Porras (Universidad de Córdoba, España) y Juan Alberto Barrera Berrocal (Universidad de Concepción, Chile)

En este estudio se determina la calidad de los productos obtenidos mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV), empleándose específicamente un multirotor para obtener las imágenes aéreas. Se siguió un flujo de trabajo en el que se realizó una aerotriangulación aérea, para posteriormente generar un model digital de superficie georreferenciando los puntos mediante las coordenadas obtenidas en campo para ciertos puntos conocidos. La ortofoto final se evaluó con diversas pruebas de calidad espacial empleadas por las principales agencias nacionales de cartografía (NMA).

De antemano podemos mencionar que las principales ventajas de los UAV's es la alta resolución espacial y temporal.

El área de estudio fue Mairena del Aljarafe, provincia de Sevilla. Las características del lugar son una suave pendiente y longitud de 1,6 km entre 2 cascos urbanos.

Los resultados esperados fueron de 5 cm/px volando a una altura de 200 m sobre el nivel medio del terreno.

Respecto a los puntos de control, se midieron 8 puntos para el apoyo fotogramétrico y 50 puntos para el chequeo.

Los test de control posicional aplicados fueron los siguientes. Ver Tabla N° 06.

- **National Map Accuracy Standards (NMAS).** Utilizado principalmente para gran y pequeña escala. Como máximo el 10% del total de puntos de chequeo podría tener un error mayor a 0.850 m.

- **Engineering Map Accuracy Standard (EMAS).** Este test se realiza en 2 etapas, la primera usando la prueba de t-Student para evaluar la presencia de sesgo y la segunda usando la prueba de Chi-cuadrado para determinar si los errores aleatorios son adecuados. Estas pruebas deben realizarse tanto para la componente X como Y, y se acepta la coordenada como satisfactoria siempre y cuando se hayan superado ambos test.
- **Accuracy Standards for Large-Scale Maps (ASLSM).** Este test se realiza para mapas a gran escala. Se emplea el error medio cuadrático (RMSE) tanto para X como para Y. Aquí se definen 3 clases de productos (C1, C2 y C3) que van de mejor a dos veces y tres veces peor, respectivamente. Para una escala 1:500 el límite RMSE es C1 = 0.125 m, C2 = 0.250 m y C3 = 0.375 m.
- **National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA).** Este test nos da una medida de usabilidad recomendada para cierta escala ya que quien decide si se acepta o no dicha tolerancia espacial será el usuario. Se calcula el RMSE para X e Y, y posteriormente se aplican unas fórmulas determinadas que nos darán el umbral de uso para el producto en evaluación.
- **Standardization Agreement (STANAG).** En este test se definen diferentes clasificaciones de precisión, clasificándose desde la A hasta la E, que va de mejor a peor precisión geométrica. Se realiza un cálculo del estándar de mapa circular (CMAC). El valor de CMAC se compara con el error de medición máximo para un error y escala dados, siendo válido el producto cartográfico si el valor de CMAC es menor.

Tabla N° 06:

Resultados de los test Aplicados en el Artículo

Test	Result Quality Test
NMAS	1:250
EMAS	1:1000
ASLSM	1:500
NSSDA	0.144 m
STANAG	1:500 RATE A

En el test NMAS, para una escala de trabajo de 1:250, hubo un 0% de puntos que tuvieron un error superior a 0.213 m.

En el Test EMAS, para la prueba t-Student, las coordenadas pasaron la prueba para las componentes X e Y con valores de 1.479 y 1.845, por ende, no hubo errores sistemáticos. Para la prueba Chi-cuadrado se obtuvieron valores de 24.9 y 23.1 para X e Y, siendo la escala 1:1,000 la más alta en superarse.

Para el Test ASLSM, se evaluó la ortofoto para Clase 1 (la norma establece un valor de 0.125 m como requisito de precisión). La desviación estándar para cada componente X e Y, resultó menor que este límite, por tanto la ortofoto puede trabajarse para una escala 1:500.

Para el Test NSSDA, se obtuvo un resultado de 0.144 m para una escala 1:500, siendo este valor inadecuado, por lo que se considera trabajar a escala 1:1,000.

Para el Test STANAG, el estándar de precisión para 49 grados de libertad del mapa circular fue de 0.134 m. Para una escala 1:500 y una tasa A, el límite es de 0.250 m, por lo que el producto superó este test para dicha escala.

1.3.6. APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA EN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICOS MEDIANTE EL USO DE VEHICULOS AÉREOS NO TRIPULADOS

René Alberto Claros Zelaya, Alex Enrique Guevara Aguilar y Nelson Ricardo Pacas Cruz. – Universidad de El Salvador

En este trabajo de investigación se aplicó la fotogrametría aérea a baja altura sobre la facultad Multidisciplinaria Oriental para el levantamiento topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados con fines ingenieriles (Multirotor).

A su vez integró la tecnología RTK en la recolección de puntos que permitieron mejorar la precisión de la georreferenciación del modelo digital de superficie.

Uno de sus resultados fue generar los productos fotogramétricos básicos de la técnica digital tales como el modelo digitalizado tridimensional de la superficie, curvas de nivel, mallas 3D texturizados y ortomosaicos.

El levantamiento fotogramétrico tuvo una resolución espacial por pixel de 4.34 cm, las curvas de nivel de la superficie en las zonas descubiertas de vegetación y un ortomosaico actualizado del terreno del área de investigación, cubriendo aproximadamente 100 metros alrededor del perímetro de la misma.

Esta tesis fue predominantemente descriptiva, en donde se hizo una descripción de todos los procesos para la obtención de cartografía mediante vuelos no tripulados (VANT o Drones).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En la actualidad existe una gama de empresas e instituciones que realizan levantamientos fotogramétricos convencionales con avionetas tripulados que por el hecho de ser tradicionales se da por asumido la buena calidad del producto cartográfico.

Recientemente en el mercado se empezó a tocar el tema de levantamiento fotogramétrico ya no con sensores tradicionales, esta vez es algo más innovador, los VANT'S pero de los que se tiene un recelo sobre el nivel de calidad del producto cartográfico que se obtiene a partir de ellos, ya que dudan mucho de sus ventajas en las cuales destacan la alta resolución espacial y temporal de sus productos en menor tiempo y coste que los levantamientos fotogramétricos tradicionales.

Según mi opinión, esto es debido a la evolución de las geotecnologías que hace que los procesos se acorten y por ende sea más “rápido” la obtención de los resultados fotogramétricos.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La desconfianza en el uso de este producto que, en cuanto a los tiempos de obtención y costes serían muy convenientes, viene dado por la duda en su calidad posicional, por ello, en el presente trabajo trataremos de mostrar el nivel de la calidad posicional del producto obtenido mediante estos equipos no convencionales.

2.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿Resulta apropiado la utilización de drones (VANT's) fotogramétricos, debido a que hasta la fecha sigue en fase de investigación y desarrollo, y por tanto no cuentan con sustento técnico para determinar la calidad posicional de los productos cartográficos?

2.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

Desconocimiento de la Topografía de la Zona de Cercado del Distrito de Puente Piedra.

El área de estudio presenta diversas altitudes por lo que el VANT debe volar a una altura constante respecto al suelo debajo de él.

La falta de precisión de las imágenes del VANT (GPS Navegador) y la calidad posicional del producto cartográfico.

Localizar un área plana y libre de obstrucciones de aproximadamente 25 x25 metros para el despegue y aterrizaje del VANT.

Existe una alta desconfianza por parte del usuario final respecto a la componente de la calidad posicional de los productos cartográficos obtenidos mediante Fotogrametría con VANT (Dron).

Muchos especialistas en levantamientos cartográficos emplean un flujo de trabajo tradicional para obtener sus productos siendo ésta una forma inadecuada al trabajar con imágenes de VANT (Dron).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de precisión de un levantamiento cartográfico con VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) empleando diversos test para el control de calidad posicional como el Test NMAS (National Map Accuracy Standard), Test EMAS (Engineering Map Accuracy Standard) y el Test NSSDA (National Estándar for Spatial Data Accuracy).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un plan de vuelo fotogramétrico usando el programa eMotion2.
- Monumentar y tomar datos de los puntos de apoyo y puntos de chequeo.
- Ejecutar el vuelo aerofotogramétrico y su respectivo procesamiento en gabinete.

- Evaluar los diversos test de control de la componente posicional (NMAS, EMAS, NSSDA).
- Proponer un flujo de trabajo para levantamiento con VANT'S en el que se incluye como buenas practicas la inclusión de algún test de control posicional.

4. HIPÓTESIS

La aplicación de los test de control de calidad posicional tales como el NMAS (National Map Accuracy Standard), EMAS (Engineering Map Accuracy Standard) y NSSDA (National Estándar for Spatial Data Accuracy) aplicados a los productos resultantes de los vuelos Fotogramétricos con VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) permitirá determinar el nivel de confianza para su empleo a una escala determinada, lo cual a su vez redundará en una mayor difusión del empleo de este tipo de nuevas geotecnologías en los levantamientos cartográficos.

Podemos mencionar el tipo de componente, ya sea horizontal o vertical a ser analizado mediante los test a emplear:

Test NMAS (National Map Accuracy Standard): Este test analiza si nuestra cartografía se encuentra dentro de los límites de error predefinidos para la componentes X e Y, según una escala mínima dada.

Test EMAS (Engineering Map Accuracy Standard): Determina los valores aceptables de error y nivel de confianza en las componentes X e Y.

Test NSSDA (National Estándar for Spatial Data Accuracy): Este test se aplica tanto a la componente X, Y y Z (para este estudio solo se aplicó para la parte planimétrica). Se obtiene un RMSE para X e Y, y se calcula el error real de la muestra analizada en función de un determinado nivel de confianza impuesto por el usuario (generalmente del 95%).

5. VARIABLES

5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La precisión posicional (resultado del test de control posicional).

5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

La calidad del producto cartográfico (Ortofotografía).

6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

6.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de los VANT'S en los últimos años se ha diversificado, se le ha dado muchas aplicaciones, pero aún no se encuentra bien asentado en el campo de la cartografía. Es por ello que, el presente trabajo pretende aumentar la fiabilidad en los productos obtenidos por este tipo de vehículos autónomos no tripulados.

En la actualidad, tenemos problemas como los desastres naturales ocasionados por el Fenómeno El Niño, lo cual exige a la autoridades competentes la obtención de cartografía rápida y de calidad, con el fin de obtener mediante interpretación de dichas imágenes, una delimitación bastante precisa de los daños ocasionados y la toma de medidas de acción.

6.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Principalmente, su uso debe estar enfocado en la prevención, mediante el mapeo de zonas de alto riesgo, ya que con el uso de VANT'S (UAV) aerofotogramétricos podemos obtener ortofotografías y modelos de elevación digital georreferenciados, a partir de los cuales podemos determinar la distancia de las viviendas a las zonas de mayor riesgo, el número de pisos de los mismos, mapas de pendientes, entre otros, los cuales son insumos importantes en la Gestión del Riesgo de Desastres.

El uso de los VANT'S (UAV) es reciente para en el tema cartográfico ya que cuenta con ciertos beneficios como el bajo coste económico en sobrevolar un determinada área de investigación a comparación de un vuelo convencional con avioneta, la resolución espacial y temporal son mejores en contrastes de una aerofotogrametría convencional, facilidad en el empleo de los VANT'S (UAV) y la reducción de los tiempos y en el personal de trabajo para elaborar los productos cartográficos con los VANT'S (UAV) hace que sea un trabajo rentable y con buena precisión en su elaboración.

Los vehículos Aéreos No Tripulados (VANT o Drones), desde el punto de vista medioambiental lo podemos considerar como una tecnología que reduce la contaminación en trabajos de Fotogrametría Aérea. En este caso podemos hacer mención a dos tipos de contaminación reducida frente al levantamiento Fotogramétrico Convencional (con avioneta tripulada):

- **Contaminación Sonora:** Los VANT's provocan menos ruido, ya que contiene una hélice con la suficiente potencia para lograr hacer avanzar un equipo de menos de 1 kg, y a 70 metros aproximadamente de altura respecto al terreno, el sonido es prácticamente imperceptible. Sin embargo, las avionetas tripuladas a pesar de volar a alturas de entre 1500 a 2000 metros sobre el terreno, emiten ruido que es normalmente escuchado por cualquier persona en tierra, no pasando desapercibido.
- **Contaminación Ambiental:** Los VANT's funcionan con baterías de LiPo (Litio y Polímero) y son recargables, además no emiten ningún tipo de gas de efecto invernadero que aporte al calentamiento global. Mientras las avionetas tripuladas necesitan combustible (queroseno) y emiten gases tales como el Dióxido de Carbono, Óxido Nítrico y Dióxido de Nitrógeno, que ayudan al calentamiento global.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. BASES TEORICAS

2.1.1. APLICACIONES FOTOGRAMÉTRICAS

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

Los levantamientos fotogramétricos comprenden la obtención de datos y mediciones precisas a partir de fotografías aéreas de la superficie terrestre tomadas con cámaras aéreas métricas.

La fotogrametría es un procedimiento de medida general que puede ser utilizada en multitud de ciencias y técnicas para aplicaciones de todo tipo, pero es en las aplicaciones topográficas y en la elaboración de mapas y planos donde se encuentra su principal interés.

Hablaremos de aplicaciones topográficas en el caso terrestre y aéreo.

Las primeras aplicaciones fotogramétricas fueron efectuadas en el caso terrestre; frente a la fotogrametría aérea presenta grandes inconvenientes como son el hecho de que la precisión obtenida no es homogénea (pueden variar mucho la distancia a los puntos en una misma fotografía y el error es función directa de la distancia) y puede llevar a realizar levantamientos incompletos, puesto que los detalles anteriores tapan a los posteriores. Sin embargo, y a pesar de estos inconvenientes, es muy valiosa para levantamientos de pequeña extensión teniendo, además, la ventaja de posibilitar la toma de los parámetros externos directamente y, en segundo lugar, encontramos que los restituidores y programas de cálculo con los que se trabajan son más sencillos.

La fotogrametría aérea permite obtener imágenes de zonas muy amplias sin que se produzca, como en el caso de la fotogrametría terrestre, la ocultación de elementos (a excepción de aquellas que están tapadas por elementos como árboles, cornisas, balcones...); además, al mantenerse la altura de vuelo constante en todos los puntos,

el levantamiento resulta homogéneo. El caso fotogramétrico aéreo se caracteriza por ser el único procedimiento posible para el levantamiento de grandes extensiones, características que pueden compartir en un futuro próximo con nuevas técnicas de medición como es el uso del láser escáner aéreo. Como única desventaja tenemos que la determinación de los parámetros externos de orientación se ha de realizar en la mayoría de los casos de forma indirecta, mediante el empleo de puntos de apoyo.

En la actualidad se empiezan a utilizar cámaras aéreas de formato digital junto a dispositivos que permiten obtener los parámetros de orientación.

A. Cartografía

Bosque y Zamora (2002), es una Ciencia que basa su objeto de estudio en la descripción y representación de los fenómenos espaciales, a partir de modelos (representaciones simplificadas de los hechos estudiados) que permiten una mejor comprensión de estos fenómenos. Es decir, a partir de la construcción de una serie de elementos espaciales se modela la realidad, a fin de lograr una representación simbólica de la misma.

Según la Asociación Cartográfica Internacional (ICA), “Es una combinación de arte, ciencia y tecnología, responsable por la elaboración de los mapas donde son asentadas las informaciones geográficas, base sobre las cuales se construyen decisiones y soluciones para los problemas socioeconómicos y técnicos presentados”.

B. Geodesia

Zúñiga (2010), La Geodesia se define como la ciencia que se ocupa de la determinación matemática de la forma y dimensiones de la tierra o de una parte de ella, incluido su campo gravitacional. Dicha determinación matemática se efectúa en cuatro dimensiones espacio-tiempo. (p.12)

Según el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN), “La Geodesia es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio”.

2.1.2. VANT (UAV) - VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO

A. Reseña Histórica:

Los VANT'S, sus inicios se remonta en el siglo XIX, para ser exactos en el año 1849 se le atribuye al ejército austriaco la utilización de 200 globos aerostáticos no tripulados que se cargaron de bombas sobre la ciudad italiana de Venecia, uno de los primeros antecedentes del uso de aeronaves no tripuladas.

En 1896 Samuel P. Langley desarrolló una serie de aeronaves a vapor, aviones sin piloto que fueron trasladados con éxito a lo largo del río Potomac, cerca de Washington DC. La práctica de la vigilancia aérea más tarde surgió en la Guerra Hispano-Americana de 1898, cuando los militares de EE.UU. equiparon una cámara a una cometa, dando lugar a una de las primeras fotografías de reconocimiento aéreo.

En la Primera Guerra Mundial, se utilizó ampliamente la vigilancia aérea. Los militares utilizaban estas cometas para obtener fotografías aéreas y seguir los movimientos del enemigo formando mapas de situación. Así, este sería uno de los pasos en la evolución de los aviones no tripulados en Estados Unidos.

En sus inicio los VANT'S fueron utilizados con fines bélicos y militares para la vigilancia del enemigo, estrategia de seguridad nacional y transporte de bombas pero al transcurrir los años se le dio un nuevos usos civiles.

B. Definición:

Un dron es un vehículo aéreo no tripulado, por eso también se le puede llamar VANT abreviatura de vehículo aéreo no tripulado en español, UAV por siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle).

La palabra dron viene del inglés cuya traducción literal es “zángano”, Se puede llamar dron o drone.

Las VANTS tienen la capacidad de ser autónomos y pueden despegar, volar y aterrizar automáticamente pero en ocasiones, se comportan en forma dual, es decir, puede ser intervenido y controlado por un operador desde tierra. Permiten obtener información de lugares inaccesibles.

Cuenta con una diversidad de tipos, modelos y sus usos son muy variados para cualquier campo:

- Publicidad, cine documental, eventos.
- Seguridad, vigilancia de Fronteras, Monitoreo.
- Mantenimiento de Redes Eléctricas, Refinerías.
- Usos Militares, cartografía, Topografía y Geodesia.
- Agronomía, Minería, Catastros, Control de Obras, GIS.
- Y demás.

C. La clasificación de los UAV

C.1 Según el tipo de control del UAV:

- Autónomo: Modo de control de un UAV donde se espera que el vehículo realice su misión dentro del ámbito programado, con sólo un monitoreo desde tierra. El modo de control incluye la operación automática completa, funciones autónomas (despegue, aterrizaje, evitación de colisiones, etc.) y operación inteligente.
- Semi-autónomo: En el cual el operador realiza cambios y conduce la misión a través de una interfaz de administración del vuelo. Sin esta información el UAV realizará operaciones automáticas preprogramadas.
- Remoto. La totalidad del control del vehículo se realiza remotamente.

C.2 Según el tipo de alas:

- Ala Fija:

Similares a los aviones ejemplo: Ebee, Mavinci, Predator, etc.

- Ala Rotatoria:

En esta clasificación se encuentra los drones que tienen una cierta cantidad de hélices Helicópteros, Cuadrópteros, Sextópteros, Octópteros.

– Ala Multirotoros:

Se considera como una derivación de los helicópteros. Ver Tabla N° 07

Tabla N° 07:

Ventajas y Desventajas del VANT (UAV) según el tipo de ala.

	Ventaja	Desventaja
Ala Fijas	Mayor tiempo de vuelo y mayor capacidad de carga.	Necesidad de pista de aterrizaje.
Ala Rotatoria	Facilidad de despegue y aterrizaje en poco espacio.	Autonomía de vuelo más limitada
Ala Multirotoros	Estabilidad de vuelo y poco espacio requerido para despegue y aterrizaje	Inconvenientes de autonomía de vuelo más limitada que los aviones.

Otras ventajas de las VANT'S en comparación a otras tecnologías. Ver Tabla N° 08

Tabla N° 08:

Comparación entre Plataformas para captura de imágenes.

Sistema	Sensor	Altitud	Resolución Temporal	Resolución Espacial	Franja	#Bandas
Satélite	QuickBird (27)	601 Km	1-5 días	0,61m	22km	4
	Ikonos (28)	681km	3 días 1,5 días	1,00m 1,50m	11km	4
	Cosmos (29)	200km	45 días	2,00m	40km	-
	IRS-1C (30)	817km	5 días	5,80m	70km	3
Aeronave	Cámara 90MP	500m	1 día	46,2 cm- 2,0cm	414m- 47,5m	1
VANT'S	Cámara 16MP	300m	Tiempo Real	27,7cm- 1,2cm	250m- 10,5m	2

2.1.3. COMPONENTE POSICIONAL

Ariaza (2002), La exactitud posicional es una propiedad tradicional y emblemática de las producciones cartográficas, por lo que existen un gran número de referencias respecto al tema. Esta componente de la calidad hace referencia a exactitud planimétrica y altimétrica de la misma. En la actualidad, los criterios de exactitud posicional suelen estar referidos al terreno. Debido a su uso en trabajos de ingeniería, la exactitud posicional es requisito indispensable para los mapas topográficos.

La exactitud posicional de un producto se puede determinar mediante el análisis de lo que ocurre en una muestra significativa de puntos. En esta línea existen numerosas aportaciones que se han conformado como pruebas o test de comprobación de la componente posicional. (p.139).

2.1.4. EXACTITUD POSICIONAL

Ariaza (2002), La exactitud posicional, es decir, la propia de los elementos desde un punto de vista cero dimensional es la componente más tradicional de los estudios de calidad en cartografía. Esta exactitud posicional es el grado de conformidad con que se presentan las posiciones horizontales y verticales de los objetos de una BDG en relación a la posición verdadera de los mismos sobre el terreno.

Existen dos parámetros asociados a la exactitud posicional y que nos ayudan a medirla, estos son: el desplazamiento y la precisión. El desplazamiento es una discrepancia sistemática media entre las posiciones representadas en la BGD y las verdaderas. Normalmente se determina calculando el error medio posicional de una muestra de puntos. La precisión se refiere a la dispersión en los errores, por lo que describe el grado de conformidad intrínseco de unos datos. (p.141).

2.1.5. TEST PARA EL CONTROL DE LA EXACTITUD POSICIONAL

Ariaza (2002), El control de calidad posicional es una labor indispensable en la producción cartográfica por los perjuicios que se pueden derivar de un mapa de mala calidad, es por ello que todas las instituciones generadoras de cartografía deben disponer de métodos adecuados para estos fines. Según Blakney (1968) “Este tipo de normas también tienen que tener en consideración el coste económico, el cual, en el

fondo va ligado a las exigencias del uso (por ejemplo, investigación, ingeniería, planificación o inventario)”. Otros autores, como Thompson y Rosenfield (1971) “Este tipo de test debe de ser como las leyes, en el sentido de que admiten interpretaciones, y lo que ante un juez puede ser punible frente a otro poder ser lo contrario”.

A continuación se recogen algunos test (NMAS, EMAS, ASPRS, NSSDA, Formula de Koppe y Test del USGS para categorías de MDE) que pueden ser aplicados en el control de la componente posicional de BDG en el ámbito de la ingeniería cartográfica. Nos centraremos en el ámbito estadounidense por su gran dinamismo, una orientación muy clara a lo que ellos denominan *practical mapping* y una abundancia de fuentes públicas y privadas, accesibles, que no existe en ningún otro caso. Cada uno de ellos aporta ideas y pueden ser de utilidad a administraciones y empresas del sector cartográfico.

Debido a la importancia de este tipo de controles existe y ha existido una gran controversia sobre los mismos siendo cada uno de ellos hijo de su época. En el Test NMAS pertenece a las corrientes normalizadoras y de control de calidad desarrolladas durante y tras la segunda guerra mundial. A pesar de su larga aplicación en el tiempo, han existido notables controversias sobre su cumplimiento, sobre su grado de exigencia, etc. (ver Blakney, 1968).

En los años ochenta la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCI, 1983) propuso el EMAS (*Engineering Map Accuracy Standard*) como alternativa al NMAS para grandes escalas, dando una gran flexibilidad para su uso en cualquier tipo de aplicación.

En un principio, la Sociedad Americana de Fotogrametría (ASP, 1985) hizo suya la idea del EMAS con ligeras variaciones, como son la inclusión de tres clases de mapas con niveles de exactitud ya preestablecidos, y adopto las tolerancias del NMAS en el componente vertical e introduciendo un mayor grado de exigencia en la componente horizontal. (p.147).

Tabla N° 09:

Escala típica del Producto según su RMSE límite (metros)

Requerimientos de exactitud planimétrica en coordenadas X o Y para puntos bien definidos en mapas de Clase I	
Escala típica del producto	RMSE límite (metros)
1:50	0,0125
1:100	0,025
1:200	0,050
1:500	0,125
1:1000	0,25
1:2000	0,50
1:4000	1
1:5000	1,25
1:10000	2,50
1:20000	5

En el foro de la ASPRS (Merchant, 1987; ASPRS, 1989) se mantienen las tres clases de mapas y las tolerancias, pero se decide simplificar el método, se propone el uso del error medio cuadrático en lugar del error estándar y se eliminan las hipótesis sobre las distribuciones del error. Ver Tabla N° 09.

El NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) por parte de FGDC (1998) que toma sus bases de los trabajos de la ASPRS extendiendo la validez de la aplicación a escalas menores del 1/20000, y con la vocación de aplicación clara sobre productos digitales. En el ámbito de los modelos digitales del terreno, el USGS ha desarrollado un estándar que permite clasificar los productos según su comportamiento estadístico del error.

Independientemente del test que se aplique, dada la importancia de este aspecto, los métodos deberán ser siempre de carácter estadístico. Estos son los únicos que permiten establecer niveles de confianza. Para el desarrollo de los métodos estadísticos se toma como premisa base la normalidad de la distribución de los errores. Esta hipótesis es bastante asumible en la práctica cuando el número de datos es suficiente; no obstante, si existe duda, siempre es recomendable el estudio estadístico que corrobore o no dicho

ajuste a la normal. El proceso de control se basará en la comparación de los valores derivados del modelo (BDG) con los del terreno, u otra fuente de mayor exactitud.

A. TEST NMAS

1. Aplicaciones corrientes:

El NMAS (*National Map Accuracy Standard*) está en el uso de la cartografía del USGS desde 1947 y su filosofía ha sido adoptada por muchas instituciones cartográficas.

2. Método de Comparación:

Fuentes de mayor exactitud

3. Componente Posicional:

Horizontal y vertical. No subdivide en X e Y. Interdependencia vertical horizontal.

4. Clases de Elementos:

Puntos

5. Correspondencia con un estándar de exactitud predefinida:

Se indica marcando si cumple o no cumple.

6. Descripción:

El test establece si la BDG analizada está dentro de los límites de error predefinidos para las componentes horizontal y vertical del error posicional. El error se establece comparando las coordenadas de una muestra de puntos sobre el producto con las coordenadas de los mismos puntos sobre una fuente de mayor exactitud.

B. TEST EMAS

1. Aplicaciones corrientes:

El Test EMAS (*Engineering Map Accuracy Standard*) especifica la exactitud de los mapas topográficos a gran escala. Esta norma fue desarrollada por la American Society of Civil Engineers, el American Congress on Surveying and Mapping y la American Society of Photogrammetry (Veregin y Giordano, 1994).

2. Método de Comparación:

Con fuentes de mayor exactitud.

3. Componente posicional:

Horizontal y vertical. Componentes X e Y separadamente. El error vertical y el horizontal separadamente.

4. Clases de elementos:

Puntos

5. Correspondencia con un estándar de exactitud predeterminado:

Basado en hipótesis sobre límites aceptables para los errores aleatorios y sistemáticos. El estándar puede marcar los valores aceptables de error y nivel de confianza.

6. Descripción:

Se calculan estadísticos para estudiar la existencia de desplazamiento (errores sistemáticos) y la variabilidad de la muestra. Para ello se utilizan independientemente las componentes X, Y y Z de una muestra de, al menos, 20 puntos de fácil determinación. La localización de los puntos sobre la BDG se compara con la localización de los mismos puntos en las fuentes de mayor exactitud.

C. TEST NSSDA

1. Aplicaciones corrientes:

Las agencias federales de los Estados Unidos que realicen labores de producción de datos cartográficos analógicos y/o digitales han de cumplir con estándares del FGDC de acuerdo con el NSSDA (*National Estándar for Spatial Data Accuracy*).

2. Método de comparación:

Emplea fuentes de mayor exactitud.

3. Componente posicional:

Analiza tanto la componente horizontal (XY de forma conjunta), como la componente vertical (Z).

4. Clases de elementos:

Puntos

5. Correspondencia con un estándar de exactitud predefinida:

Basado en el RMSE de la muestra. El propio usuario, o agencia que solicita la cartografía, es quien decide los umbrales de aceptación. Este test viene a sustituir al NMAS y al ASPRS.

6. Descripción:

Con la obtención del RMSE para XY por un lado, y para Z por otro, calcula el error real de la muestra analizada en función de un determinado nivel de confianza impuesto por el usuario (generalmente el 95%). Este test nos muestra un índice de calidad de la cartografía en unidades reales sobre el terreno.

2.2. DEFINICION DE TÉRMINOS BÁSICOS

Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de fotogrametría y cartografía:

- Según Walter B. Zúñiga Díaz (2010) Geomática I. Grupo Universitario S.A.C. Lima.
- **Alturas Ortométricas:** Distancia entre el punto de la superficie terrestre y la superficie del geoide, medida a lo largo de la línea de la plomada vertical del lugar, llamada también altura sobre el nivel del mar.
- **Datum geodésico:** Es un sistema de coordenadas que expresa ubicaciones de puntos sobre la superficie sobre la tierra. El sistema incluye la latitud (φ) y la longitud (λ) basadas en un elipsoide específico. Por lo tanto, el Datum se especifica según el elipsoide escogido y su asociación con uno o más puntos sobre la superficie terrestre.
- Según Fco. Javier Ariza (2002). Calidad en la producción cartográfica. Ra-Ma editorial. Jaén-España. Pág. 364, 365, 366 y 382.
- **Calidad:** Conjunto de características de una entidad que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades explícitas y las implícitas.
- **Control de Calidad:** Las técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad.
- **Exactitud:** Grado de concordancia entre el resultado de un ensayo y el valor de referencia aceptado. La exactitud se refiere a la calidad de un resultado y se diferencia del concepto de precisión en que es relativa a la calidad de la operación más que al propio resultado.

- **Exactitud Posicional:** Grado de exactitud/ fiabilidad del procedimiento de adquisición de los atributos posicionales del dato geográfico. Parámetro de calidad que describe la exactitud (X, Y y Z) de las posiciones geográficas en un conjunto de datos geográficos.
- **Modelo Digital de Elevación (MDE, DEM):** Es un MDT en el que el valor de Z se refiere a las elevaciones o cotas topográficas del terreno.
- **Modelo Digital del Terreno (MDT, DTM):** Modelo Cuantitativo digital que para cada posición (x, y) del espacio almacena un valor Z correspondiente a cualquier variable de interés (por ejemplo, elevaciones, temperatura, etc.).
- **Modelo Raster:** Modelo de Datos para la codificación de información geográfica que utiliza como elemento base una rejilla de celdas de forma regular, generalmente cuadradas.
- **Modelo Vectorial:** Modelo de datos para la codificación de la información geográfica que utiliza como elemento base los segmentos orientados o vectores.
- **Normalización:** Conjunto de actividades consistentes en la elaboración, difusión y aplicación de normas como forma de establecer soluciones productivas a situaciones repetitivas.
- **Precisión:** Calidad asociada al grado de refinamiento de los instrumentos de medida al que determina el grado de uniformidad o coherencia de sucesivas mediciones del mismo fenómeno. La precisión también se refiere al número de cifras decimales con las que se aproxima una medición.

- Según La Norma Técnica para la Producción Cartográfica Básica Escala. 1:1000 (IGN) V1.0 .Se define:
 - **Coordenadas Geográficas.-** Son los Valores de Latitud y de Longitud que indican la posición horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra en un mapa.
 - **Coordenadas UTM.-** Valores numéricos Norte y Este que permiten representar la posición horizontal de un punto en una Zona de la Proyección.
 - **EGM 2008:** Modelo matemático de geoide a escala global desarrollado por la National Geospatial Intelligence Agency (NGA) de los estado Unidos de America en el año 2008. Se trata de un modelo establecido para la transformación entre las alturas.
 - **Escala.-** Relación entre una distancia cualquiera medida sobre el mapa o fotografía y la correspondiente medida sobre el terreno.
 - **Estaciones de rastreo permanente (ERP).-** Se define como el conjunto de estaciones de monitoreo continuo de datos de GNSS, distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico Nacional.
 - **Norma Técnica.-** Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que se establece para un uso común y repetitivo. Reglas, directivas o características para actividades, procesos o resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.
 - **Puntos de Apoyo:** Estos son puntos geodésicos característicos de los puntos geodésicos de orden “C”, no son monumentados y se destinarán a los puntos de fotocontrol de trabajos básicos de ingeniería en áreas urbanas, rurales y de

desarrollo urbano – rural, el nivel de precisión de estos puntos no serán mayores a 10.00 mm.

- **Red Geodésica.-** Es el conjunto de puntos, físicamente establecidos mediante marcas, hitos o señales sobre el terreno, comúnmente denominados vértices geodésicos, medidos con gran precisión, que proporcionan las coordenadas geodésicas: Latitud, Longitud y Altitud. Se encuentran enlazados y ajustados a marcos geodésicos nacionales o mundiales, constituyen la infraestructura fundamental para proporcionar alta precisión a la cartografía.

- Según Carlos Pinilla (1995). Elementos de Teledetección. Ra-Ma Editorial. Jaén-España. Pág. 287 y292 .Se define:

- **Banda:** Intervalo de longitud de onda dentro del espectro electromagnético. Por extensión, se denomina banda a cada uno de los canales de adquisición de datos de un sistema de sensor.
- **Georreferenciación:** Procedimiento mediante el cual se dota de validez cartográfica a una imagen digital corrigiendo geoméricamente la posición de las celdillas y atribuyéndolas coordenadas en algún sistema de referencia.
- **Rectificación:** Enderezamiento de la imagen que transforma una perspectiva en un documento métrico. Relación perspectiva entre la imagen fotográfica y el mapa o el plano.

- Según Emilio Chuvieco (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. Ra-Ma editorial. Jaén-España. Pág. 562 .Se define:

- **Espectro Electromagnético:** Se trata de la agrupación de la radiación electromagnética en distintas bandas, definidas por la longitud de onda o la frecuencia, que representan un comportamiento radiométrico similar.

- **LÍDAR:** Se trata de un sensor activo que trabaja con luz polarizada o láser.
- **Mosaico:** Se trata de un ensamblaje de distintas imágenes aéreas o espaciales que cubren parte, del mismo territorio.
- **Pixel:** Derivado del inglés picture element. Es el elemento pictórico más pequeño de las imágenes que es susceptible de ser procesado.
- **Puntos de Control:** Se trata de elementos geográficos que pueden ser localizados precisamente en una imagen y en un mapa para ser empleados en la corrección cartográfica de dicha imagen.
- **Resolución:** Es la medida de la habilidad de un sistema sensor para discriminar información dentro de la imagen. Refiere al tamaño de la mínima unidad de información en el terreno (espacial), al número de bandas disponibles (espectral), a los niveles de codificación (radiometría) o a la frecuencia de cobertura (temporal).
- **Sensor:** Cualquier instrumento que detecta energía electromagnética, la convierte en una señal y la presenta en forma susceptible de ser aprovechada para su estudio.
 - Según René Claros Z., Alex Guevara A. y Nelson Pacas C. (2016). Aplicación de Fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados. San Miguel-El Salvador. Pág. 65 .Se define:
- **Fotogrametría:** Es la técnica que consigue información métrica fiable a partir de fotogramas, y cuya principal característica proviene, pues, de su fuente de información, la fotografía.

- **VANT:** Es un vehículo capaz de volar y de ser comandado a distancia, sin que requiera de la participación de un piloto. Por sus siglas en inglés es UAV.

- **Vuelo Fotogramétrico:** Procedimiento de sobrevolar con sensores un determinado espacio geográfico para recabar información a una determinada altura y velocidad constante. Dentro de una trayectoria, la cámara irá tomando fotografías de terreno con cadencia tal, que la distancia asegure un recubrimiento longitudinal prefijado entre fotografías adyacentes.

- **Alturas Elipsoidales:** Son aquellas alturas referidas a una superficie de referencia adoptada (Elipsoide). Cuando se trata de alturas elipsoidales nos ubicamos inmediatamente en las alturas proporcionadas por el Sistema de Posicionamiento Geodésico (GPS).

- **Aerotriangulación:** Proceso fotogramétrico para aumentar el número de puntos de apoyo, en el que las medidas de coordenadas hechas sobre los fotogramas se utilizan con la finalidad de obtener los parámetros externos de todos los haces y las coordenadas terrestres de nuevos puntos.

- **Correlación:** Término con el que se indica la falta de independencia estadística entre dos variables aleatorias. En fotogrametría se refiere al proceso que permite encontrar parejas de puntos homólogos en un par fotogramétrico.

- **Exactitud Absoluta:** La exactitud absoluta se define como el estadístico que da la incertidumbre de un punto respecto a un Datum. Esta definición implica la necesidad de considerar los efectos de todas las fuentes de error tanto sistemáticas como aleatorias. La exactitud absoluta se establece en términos de dos componentes: horizontal y vertical.

- **Exactitud Relativa:** La exactitud relativa se define como el estadístico que da la incertidumbre de la posición de dos puntos después de haber eliminado los efectos de los errores comunes a ambos. Esta exactitud relativa puede verse como independiente del datum del producto en tanto que se define como el error en las componentes del vector entre los dos puntos. Al igual que la absoluta se establece en términos de componente horizontal y vertical.

- **Nube de Puntos:** Es un conjunto de puntos 3D que reconstruyen un modelo (pares de imágenes estéreas, datos LIDAR, entre otros). Tiene la particularidad de almacenar el color para cada punto en una determinada coordenada X, Y, Z).

- **Ortomosaico:** Un ortomosaico es un producto de imagen georreferenciado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes en el que la distorsión geométrica se ha corregido y ortorrectificadas.

- **Recubrimiento:** Zona de solape entre fotogramas contiguos, bien en una misma pasada (recubrimiento longitudinal) o entre pasadas diferentes (recubrimiento transversal).

2.3. MARCO TÉCNICO-LEGAL

2.3.1. Norma Técnica – Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000.

Establece Lineamientos técnicos para definir los estándares y las actividades mínimas que se debe cumplir en todo levantamiento cartográfico permitiendo a las entidades productoras conformar un sistema estructurado, compatible con los sistemas catastrales.

Estos lineamientos se han establecido usando como referencia las especificaciones técnicas del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), pliegos de normas, especificaciones técnicas, diccionarios y demás textos descriptivos de las bases cartográficas de diversas Instituciones generadoras de Cartografía Nacional e Internacional.

En la generación de este documento se ha tenido en cuenta pliegos de normas, especificaciones técnicas, diccionarios y demás textos descriptivos de las bases cartográficas de diversas Instituciones generadoras de cartografía, utilizado como material de referencia: normas, borradores o documentos de trabajo del Comité Técnico 211 de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), cuya estructura y contenido de este documento se basa en la norma ISO19131 “Geographic information- Data product specifications”. Información Geográfica, representación, y Especificaciones de Productos de Datos.

2.3.2. NTC 001-2015. Norma Técnica Complementaria – Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia.

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es la entidad que ejerce la autoridad aeronáutica civil en el país y como tal regula, supervisa, controla, fiscaliza y sanciona todas las actividades aeronáuticas civiles, es decir, las actividades vinculadas al empleo de aeronaves civiles.

Esta Norma Técnica Complementaria (NTC) establece los requisitos y limitaciones para la operación de RPAS de uso civil, con el objeto de garantizar la seguridad operacional de todos los demás usuarios del espacio aéreo así como la seguridad de las personas y bienes en tierra.

Esta NTC es aplicable a las personas u organizaciones que pretendan hacer uso de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) para cualquier actividad civil. No aplica a las aeronaves de Estado, es decir a aquellas que sean utilizadas en servicios militares, de policía o de aduanas.

2.3.3. Ley que regula el sistema de aeronaves pilotadas a distancia

La presente ley tiene por objetivo desarrollar el artículo 8 del Convenio de Chicago, sobre aeronaves sin piloto, para establecer el marco normativo que regule la operación de aeronaves civiles pilotadas a distancia.

Por su parte La Dirección General de Aeronáutica civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones otorga, a través de los procedimientos que para ello establece, el permiso a las personas naturales o jurídicas que operen o piloteen aeronaves pilotadas a distancia para realizar cualquier actividad comercial o no comercial en merito a las condiciones, las características y el lugar donde se vaya a operar, los requisitos son proporcionales en razón del riesgo y según se trate de vehículos aéreos o Remotely Piloted Aircraft (RPA), con peso máximo de despegue de hasta 2 kilogramos, de más de 2 kilogramos y de hasta 25 kilogramos.

2.3.4. Convenio de Aviación Civil Internacional

El Perú está adscrito al Convenio de Aviación Civil Internacional, trataremos específicamente el artículo 8 la cual menciona sobre las Aeronaves sin piloto. Ninguna aeronave capaz de volar sin piloto volará sin él sobre el territorio de un Estado contratante, a menos que se cuente con autorización especial de tal Estado y de conformidad con los términos de dicha autorización. Cada Estado

contratante se compromete a asegurar que los vuelos de tales aeronaves sin piloto en las regiones abiertas a la navegación de las aeronaves civiles sean controlados de forma que se evite todo peligro a las aeronaves civiles.

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. INSTRUMENTOS

- **VANT (UAV)**

Para el presente trabajo de investigación se realizó el vuelo aerofotogramétrico con un dron modelo eBee de la empresa Suiza Sensefly. Ver Figura N° 02.



Figura N° 02: VANT modelo eBee.

Fuente: Internet

- **RECEPTORES GEODÉSICOS**

Para el presente trabajo de investigación se realizó colocación de puntos de control, receptores geodésicos modelo GCX2 de la marca Sokkia. Ver Figura N° 03.



Figura N° 03: GPS diferencial modelo GCX2 de la marca Sokkia.

Fuente: Internet

3.1.2. EQUIPOS

Los materiales para el presente trabajo de investigación, principalmente para la etapa de recolección de datos, serán los siguientes:

- Laptop Toshiba(Core i7-4700MQ 2.40 Ghz 12 GB RAM)
- Útiles de escritorio (Hojas, cuaderno, hojas bond, tabla, lapicero, impresora, etc.)
- Libros y textos.
- Cámara fotográfica Digital Canon (16 MPX).
- Camioneta

3.1.3. SOFTWARES EMPLEADOS

A. PROGRAMA DE PROCESAMIENTO DEL PLAN DE VUELO

- **EMOTION 2, v2.4.13, fabricación Sensefly**

EMotion-Sensefly es un software muy eficiente para la planificación del vuelo y una gestión de los datos reduciendo el tiempo de planificación de las misiones.

Uno de los beneficios es simular y controlar con más precisión la trayectoria del dron para lograr vuelos más seguros, un rendimiento mayor y una mejor calidad de datos.

Este software se utilizará en la fase inicial (plan de vuelo) y la fase de campo (Monitoreo del dron en el área de estudio).

B. PROGRAMA DE POST-PROCESAMIENTO DE PUNTOS DE CONTROL

- **MAGNET TOOLS, v3.3.0, fabricación Topcon**

MAGNET Office es un software desarrollado por Topcon-Sokkia que posee respecto a su antecesor Topcon Tools. Además de las herramientas clásicas de post-proceso cuenta con una aplicación CAD que permite diseñar, visualizar y analizar levantamientos cartográficos.

Cuenta con herramientas que nos ahorran tiempo y permiten leer diversos formatos, ya que es compatible con la mayoría de otros programas como

AutoCAD y MicroStation. Permite visualizar el trabajo de campo en Google Earth, vista en CAD entre otros. Genera y personaliza informes de trabajo de campo.

C. PROGRAMA DE PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO UAV

- **PIX4DMAPPER, v4.3.4, fabricación Pix4d**

Este software de escritorio genera a partir de imágenes obtenidas desde aire o tierra, ortomosaicos de alta resolución con calidad métrica, DSM (modelo digital de superficie) y nubes de puntos, con un flujo de trabajo completamente automático.

Se puede evaluar, modificar y mejorar los resultados directamente en el software utilizando el módulo rayCloud, y el módulo Mosaic Editor para la edición de las líneas de unión del ortomosaico y mejorar la estética del producto final.

El costo de la licencia perpetua es de \$ 8,700 y se puede emplear hasta en 2 ordenadores.

D. PROGRAMA PARA ANÁLISIS GEOGRÁFICOS Y CREACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS

- **ARCGIS, v10.5, fabricación Esri**

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica. Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada

La aplicación de ArcMap es el lugar donde podemos visualizar y explorar los dataset SIG de nuestra área de estudio, donde asignamos simbología y creamos los diseños de mapa para imprimir o publicar. Dentro de él podemos realizar análisis geoespaciales de la información a la que se hace referencia espacialmente gracias a la caja de herramientas con diversas herramientas de geoprocésamiento.

3.2. RECURSOS HUMANOS

- 01 Especialista en Fotogrametría con drones
- 03 Topógrafos
- 01 Chofer
- 02 Seguridad

3.3. MÉTODOS

3.3.1 DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACION

El diseño de la investigación es **Experimental**, ya que mediante técnicas estadísticas podremos identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental.

3.3.2 MUESTRA

Para determinar los niveles de confianza según los test de control posicional, requeriremos en promedio 20 puntos de chequeo de precisión (levantados con GPS diferencial), los cuales tendrán las coordenadas de mayor precisión respecto a los del producto obtenido con el vuelo del VANT y, estarán distribuidos homogéneamente sobre todo el área de trabajo.

3.3.3. MÉTODO

Universo

- En la presente investigación se tiene como universo la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN) que está a cargo del Instituto Geográfica Nacional del Perú (IGN).

Espacio Espacial

- Abarca 13 hectáreas de área urbana perteneciente al Sector Cercado, en el distrito de Puente Piedra, en Lima Metropolitana.

Espacio Temporal

- El vuelo aerofotogramétrico con el VANT (UAV), se realizó en el mes de Marzo del 2017.
- La monumentación y la toma de datos de los puntos de apoyo y puntos de chequeo se realizaron los días 22, 26 y 28 de Febrero del 2018.

Unidad de Análisis

- El Punto de Chequeo que está distribuido homogéneamente en toda el área de investigación según lo requerido por los Test de Control Posicional respecto a sus demás puntos homólogos (20 Puntos de Chequeo en total).

El levantamiento topográfico mediante fotogrametría con VANT (UAV), se realizó mediante las siguientes fases. Ver Figura N° 04.

Elaboración del plan de trabajo para llevar un control interno de las actividades y las metodologías que se aplicarán para la obtención de la información in situ (vuelo aerofotogramétrico con el VANT, la colocación de los puntos de control con el GPS diferencial).

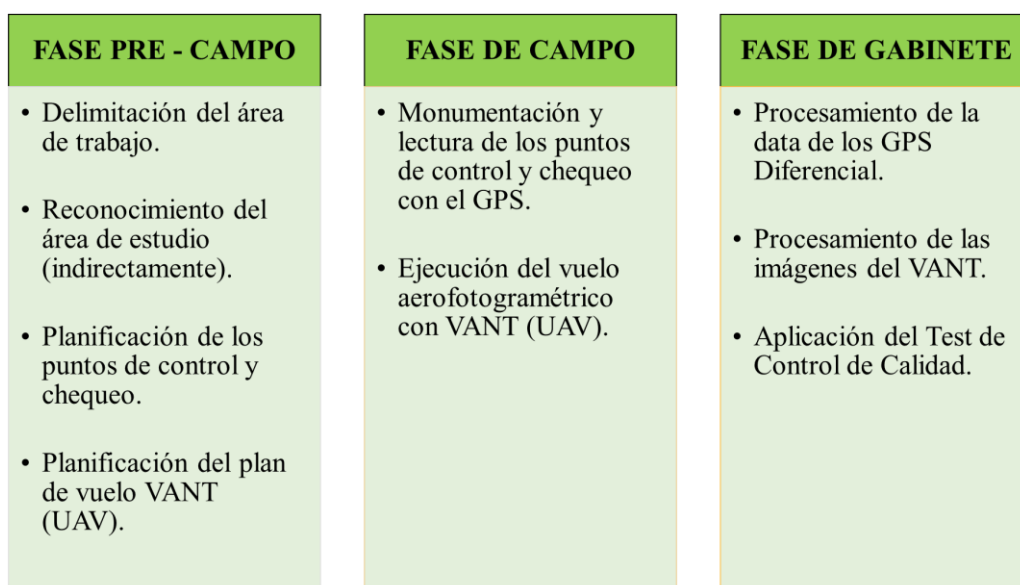


Figura N° 04: Diagrama de Plan de Trabajo.

Fuente: Elaboración Propia.

A. Fase de Pre-Campo:

En esta fase se realizará la delimitación, el reconocimiento del área de interés utilizando el software del Google Earth para cuantificar el área y cualificar en el aspecto de accesibilidad a la zona de estudio y las características de la superficie terrestre para saber el nivel de dificultad del vuelo aerofotogramétrico con VANT (UAV).

La planificación de los puntos de control y chequeo se realiza de igual manera en el Google Earth empleando la metodología de la colocación de puntos pero esto puede ser modificado a medida que se vaya a campo y se tenga algunas restricciones.

B. Fase de Campo:

Reconocimiento in situ del área del proyecto, monumentación de los puntos de control y de chequeo con sus respectivas lecturas de GPS y también se fijó los puntos. Cada lectura tuvo una duración de una hora para tener mayor precisión en las coordenadas.

Se desarrolló el plan de Vuelo del VANT (UAV) con el software eMotion2. El vuelo duró 20 minutos, tiempo en el cual se cubrió 13 hectáreas.

C. Fase de Gabinete:

Se realizó el procesamiento de la data de los GPS Diferencial y la corrección de las coordenadas mediante un método diferencial con ayuda del punto de base de la Estación de Rastreo Permanente (ERP-LI02) con la finalidad de enlazarnos a la red geodésica.

El procesamiento de las imágenes se realizó a través del programa Pix4D, en el cual nos genera el MDE y la ortofoto. A su vez este programa nos proporciona un reporte de calidad de todo el procesamiento de las imágenes hasta obtener los productos finales.

La aplicación de los Test de Control de Calidad como el Test NMAS (National Map Accuracy Standard), Test EMAS (Engineering Map Accuracy Standard) y el Test NSSDA (National Estándar for Spatial Data Accuracy), se realizó con la metodología que se mencionará en un posterior capítulo.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD POSICIONAL

- **Distribución de los Puntos de control (PFCH)**

Uno de los aspectos más controvertidos de los test es el punto de control.

Los aspectos que requieren atención son el tamaño de la muestra, la distribución espacial y la exactitud de los mismos.

Respecto al número, siempre se ha de tomar lo suficientemente grande como para que se cumplan las hipótesis de normalidad, lo cual viene determinado por el teorema de los grandes números en estadística. Por ello, las recomendaciones siempre hablan de, al menos, 20 puntos, independiente del tamaño del área a controlar o del tamaño de la base de datos (MPLMIC, 1999).

Estos son puntos geodésicos característicos de los puntos geodésicos de orden "C", no son monumentados y se destinarán a los puntos de fotocontrol de trabajos básicos de ingeniería en áreas urbanas, rurales y de desarrollo urbano-rural, el nivel de precisión de estos puntos no será mayores a 10 mm.

La distribución de los mismos deberá ser lo más homogénea posible en toda la zona del área de investigación, existiendo un espaciado entre ellos equivalente, al menos, a la décima parte (1/10) de la diagonal mayor. Ver Figura N° 05.

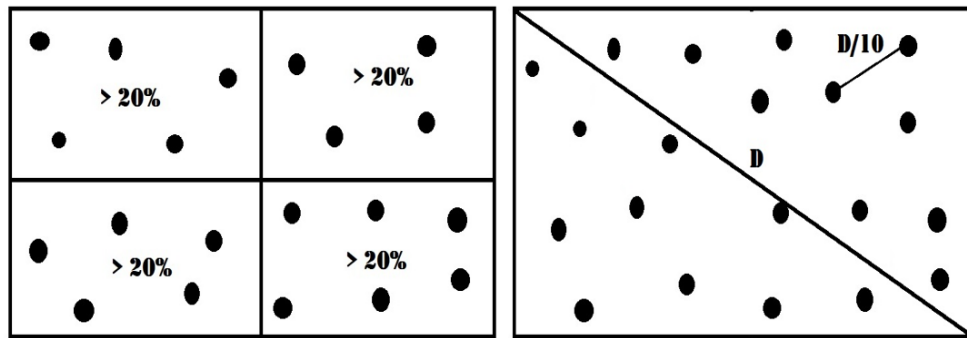


Figura N° 05: Distribución de los Puntos de Control.

Fuente: Fco. Javier Ariaza – Calidad en la Producción Cartográfica.

Cabe mencionar que se tuvieron que mover algunos puntos planificados, debido:

- A que se encontraban muy cerca de edificaciones elevadas o postes de alta tensión, lográndose finalmente reubicar aquellos puntos a otra ubicación también de fácil identificación.
- La existencia de superficies reflectantes a menos de 70 metros del punto geodésico a establecer (como espejos de agua, techos metálicos o cubiertos de materiales reflectantes).
- Difícil acceso e inapropiado para su estacionamiento sin provocar perturbaciones.

- **Lectura de señales GPS en simultáneo**

El receptor Base (Estación de Rastreo Permanente) y Rover (Receptores Geodésicos) reciben señales de satélite en simultáneo. En donde nuestra base debe ser un punto de coordenadas conocidas y el rover un punto de coordenadas a determinar.

Las señales de satélite recibidas son almacenadas en las tarjetas de memoria de los receptores y posteriormente descargadas a un ordenador en gabinete, en donde empleamos el software MAGNET TOOLS para el post-procesamiento de la información.

Se determinan los vectores de posición (Punto BASE a Puntos ROVER) ingresando para ello las coordenadas de nuestro punto Base y calculando los valores de las coordenadas de nuestros puntos Rover.

Los receptores GPS diferenciales (móviles) almacenan la información recibida de los satélites de la constelación NAVSTAR & GLONASS en sus respectivas tarjetas de memoria. Dicha información incluye la lectura en intervalos de tiempo breve de los vectores de posición a un mínimo de 4 satélites, generalmente de 6 a más, en forma simultánea. Ver Figura N° 06.

Además, el operador del equipo configura diversos parámetros de la antena (intervalo de toma de datos, elevación de la máscara, entre otros) y toma nota en su libreta de campo de datos de interés (código del punto, hora de inicio y término de lectura, altura de instrumento, entre otros).

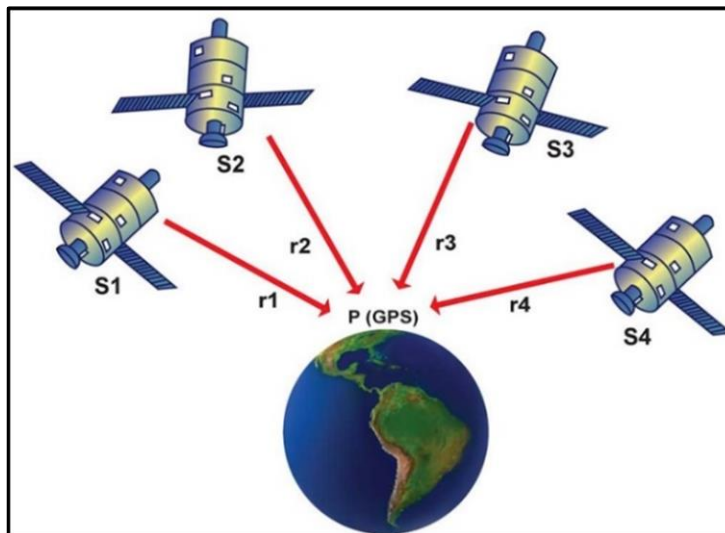


Figura N° 06: Recepción de Información Satelital.

Fuente: Extraído de la página web:

https://multimedia.uned.ac.cr/pem/montanismo/1navegacion/sistema_navegacion_satelite.html

CAPITULO IV: CARACTERISTICAS FISICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. DATOS GENERALES DEL DISTRITO

El distrito de Puente Piedra es uno de los 43 Distritos de la Provincia de Lima. Se encuentra asentado en la costa central de Perú, localizándose en la zona norte de Lima Metropolitana, está ubicado entre los kilómetros 22 y 35 de la Panamericana Norte.

Se encuentra en una zona baja de la Cuenca del Río Chillón a una altura de 184 m.s.n.m. y cuenta con una superficie de 71.18 Km²

4.1.1. LÍMITES

- El Distrito de Puente Piedra tiene los siguientes límites:
- Por el Norte: El Distrito de Ancón.
- Por el Sur: El Distrito de los Olivos y Comas.
- Por el Oeste: El Distrito de Ventanilla.
- Por el Este: El Distrito de Carabaylo.

4.1.2. DIVISIÓN POLÍTICA

El Distrito de Puente Piedra, ha sido dividido estratégicamente en 3 zonas y 17 sectores, basado en su geografía y características socioeconómicas. Ver Figura N° 07.

N°	ZONA	SECTOR
1	SUR	CHILLON
2		ENSENADA
3		LADERAS
4		SANGRI-LA
5	CENTRO	TAMBO INGA OESTE
6		TAMBO INGA ESTE
7		PAMPA LIBRE
8		GALLINAZOS
9		SANTA ROSA
10		CERCADO
11		LAS VEGAS
12		LA GRAMA
13		COPACABANA
14	NORTE	EL DORADO
15		LEONCIO PRADO
16		JERUSALEN
17		LOMAS

Figura N° 07: División Política del distrito de Puente Piedra.

Fuente: Internet

4.1.3. ACCESIBILIDAD

Al distrito de Puente Piedra se ingresa usando las siguientes vías:

- La vía principal de accesibilidad al distrito es la Panamericana Norte, que cruza el distrito en toda su extensión de Sur a Norte y viceversa. Este trayecto comienza sobre el Puente Chillón, que cruza el río del mismo nombre en el km. 24 de la Panamericana Norte y finaliza a la altura del km. 39.5 de la misma vía. En esta vía, se cruza la principal avenida de ingreso al Cercado de Puente Piedra, como es la Av. Lecaros, así como, el ingreso a otras zonas del distrito.
- Una primera vía de accesibilidad auxiliar, es la Carretera Ventanilla, que termina en el paso a desnivel, en la zona de Zapallal. Desde allí se conecta a la Panamericana Norte, en la zona norte del distrito.
- Una segunda vía de accesibilidad auxiliar, es desviándose de la Panamericana Norte en la Av. Los Próceres (Los Olivos) y doblar por la Av. La Cordialidad, para

cruzar el Puente sobre el Río Chillón. Esta vía, comunica directamente con la zona de La Ensenada.

- Una tercera vía de accesibilidad auxiliar, es la que interconecta la Panamericana Norte en el llamado “Ovalo Shangrila”, que a través de la Av. Los Pinos y Av. Malecón Chillón que permite el ingreso a la zona de Laderas de Chillón y Shangrila.

4.1.4. CLIMA

La temperatura de Puente Piedra tiene características de los climas de la región central (templado) y una temperatura no mayor a 28°C. En verano los vientos dominantes provienen del sur-oeste.

4.1.5. SUELOS

Los suelos de Puente Piedra se han formado por sedimentos aluviónicos. Asentados sobre basamentos rocosos, de material liviano poco permeable compuesto por limos, arcillas, arena fina, gruesa y piedra menuda (correspondiente a las zonas de San Lorenzo, Pancha Paula, Copacabana, El Gramadal, Las Vegas hasta Tambo Inga). Permeable compuesto por arcillas, arena fina y gruesa correspondiente a las zonas de (La Esperanza, Fortín, Choque, Gallinazo, Shangrila y Chillón).

4.1.6. HIDROGRAFÍA

Puente Piedra forma parte de la cuenca baja del río Chillón, se ubica en la margen derecha y presenta características de valle agrícola. La napa freática se encuentra a 2 metros en promedio en las zonas más próximas a la faja marginal del río Chillón.

4.2. AREA DE TRABAJO

En la presente investigación tiene una extensión alrededor de 13 hectáreas. Abarca la Municipalidad del Distrito, la comisaria, Centro educativos, Institutos de Educación Superior, comercios, zonas recreativas, zonas residenciales, etc. Ver Figura N° 08.

Se pretende obtener una ortofoto para ser trabajada como máximo a escala 1/500 y con una resolución espacial de 5cm/px (equivale a decir que 5cm equivale al tamaño del lado de un píxel en el terreno).



Figura N° 08: Identificación del área de Investigación

Fuente: Google Earth

CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. FASE PRE-CAMPO

A. Delimitación del Área del Proyecto

Se realizó la delimitación del área de investigación, apoyándonos con el software del Google Earth dibujando sobre dicha plataforma nuestro polígono.

B. Reconocimiento del Área del Proyecto

Se recorrió por toda la extensión del área del proyecto in situ (reconocimiento de campo). Opcionalmente, si es que no se puede hacer dicha labor, se puede reconocer dicha área de interés a través del Google Earth y la opción del Street View. Esto principalmente para determinar la topografía del terreno (los desniveles o pendientes que puedan existir), a fin de conocer los detalles existentes alrededor de la ubicación de los puntos, y así poder determinar obstáculos, tales como árboles, edificaciones altas o zonas de acceso restringido, que puedan afectar el correcto levantamiento de información o el acceso a los mismos.

C. Planificación de los Puntos de Control y Chequeo

Estando en campo o mediante el aplicativo Google Earth se puede estimar la distribución de los puntos de control y de chequeo siguiendo la metodología de distribución de puntos.

D. Planificación del plan de vuelo VANT (UAV)

En la planificación de un vuelo existe una serie de decisiones previas tales como la escala del mapa, sistema de coordenadas, elipsoide de referencia, etc., que han de tenerse en cuenta en el planeamiento, ya que afecta las condiciones del vuelo.

La ejecución exitosa de cualquier proyecto fotogramétrico requiere una planificación elaborada al detalle, para ello, previamente es importante reconocer in situ el área de levantamiento, principalmente para localizar el área de despegue y aterrizaje del VANT (UAV), tomando en cuenta la logística, posibles contingencias y

el alcance de la señal de la radio al dron. Para ello es importante reconocer, a grosso modo, la orografía del terreno y asegurarnos de que no haya ninguna interferencia entre nuestra Estación en Tierra y nuestro Sistema Aéreo No Tripulado.

Contamos con varios instrumentos de cálculo, sobre la cual determinamos los parámetros de vuelo según la escala y resolución espacial requerida. Posteriormente obtenemos los datos de vuelo (tales como Altura de Vuelo, Recubrimiento Longitudinal y Lateral, Velocidad de Vuelo, intervalos de toma, entre otros), los cuales volcamos a nuestro software de planificación y monitoreo (eMotion2), donde procedemos a cargar el área a sobrevolar (archivo kml) y seguidamente se nos traza las líneas de vuelo de forma automática, determinadas según los parámetros anteriormente establecidos.

Por último, generamos un vuelo simulado en el software (EMotion-Sensefly), estimando el tiempo que sobrevolaría el VANT (UAV) en 20 minutos. Una vez finalizado no debe presentar ningún inconveniente para su posterior uso en campo.

Cabe mencionar que para realizar el plan de vuelo, nos apoyamos en Cartas Nacionales y Topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escalas 1:100,000 y 1:5,000 así como en modelos digitales de elevación de nuestro software de planificación.

Los valores de recubrimiento estimados para este proyecto fueron de 80% longitudinal y 70% lateral, ya que durante el postprocesamiento se trabajará mediante correlación automática de píxeles, siendo óptimo en este tipo de cálculos las grandes superposiciones entre fotogramas para densificar la cantidad de puntos que formarán el DEM, producto de la alta redundancia de píxeles entre imágenes contiguas. Ver Figura N° 09.

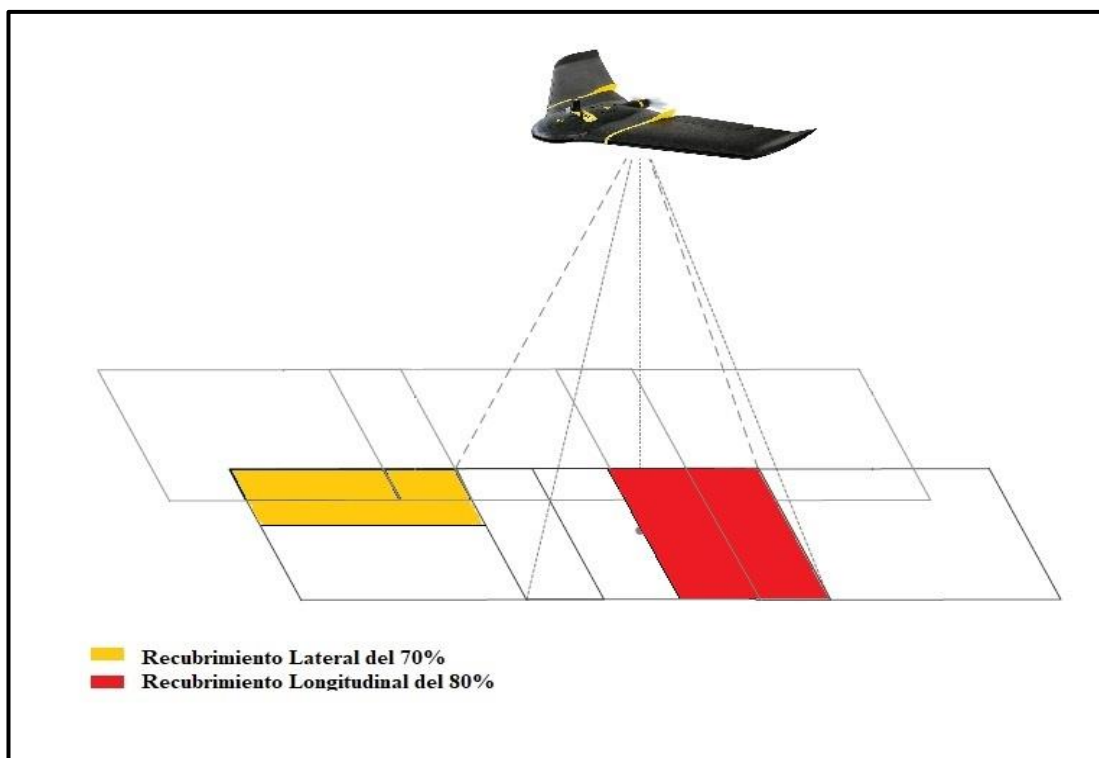


Figura N° 09: Recubrimiento de las imágenes. (Figura Referencial)

Fuente: Elaboración Propia

- **Consideraciones**

- Condiciones meteorológicas._ Los vuelos deberán realizarse cuando el cielo esté despejado, de modo que las imágenes fotográficas sean obtenidas con una buena definición. Es importante recalcar que como el VANT (UAV) sobrevuela el terreno a una altura considerablemente menor que los vuelos fotogramétricos convencionales con avioneta tripulada, tenemos cierta flexibilidad respecto a los parámetros meteorológicos necesarios para realizar la captura de datos durante el vuelo, ya que a la baja altura en que vuela nuestro VANT con respecto al terreno, las condiciones de vuelo son mejores y a su vez la calidad de los fotogramas tienen mayores probabilidades de obtenerse con una radiometría óptima.
- Lo que debemos evitar en la obtención de las fotografías es que se vean oscurecidas por niebla, bruma, humo o polvo, o cuando las nubes o sus sombras puedan ocupar más del 5% de la superficie del fotograma. Por lo tanto, siempre se buscarán las mejores condiciones meteorológicas posibles.

- El rango de horas óptimas de trabajo es entre las 10 y 15 horas, para evitar la mayor inclinación solar y por ende el alargamiento de las sombras. Cuando se trabaje sobre área urbana se reducirá el rango de horas óptimas para realizar el vuelo ya que la presencia de edificaciones generaría sombras si es que el sol no está cercana al cenit.
- Para este trabajo, según la topografía y condiciones meteorológicas de la zona, el vuelo se pudo realizar con un nivel bajo de dificultad.
- Identificar y evaluar el funcionamiento actual de la Estación de Rastreo Permanente (ERP-IGN) más próxima al proyecto y revisión de su ficha técnica.
- Realizar un reconocimiento de los lugares a medir para tomar medidas necesarias ante cualquier situación.
- Realizar el plan de vuelo en su respectivo software para determinar que los solapes sean lo suficientemente grandes, determinar la cantidad de imágenes y que la máxima distancia entre el VANT (UAV) y la estación en tierra no sea mayor a 5 km. Ver Figura N° 10.

Determinar los grados de precisión que requiere el trabajo de acuerdo a las características y necesidades del proyecto.

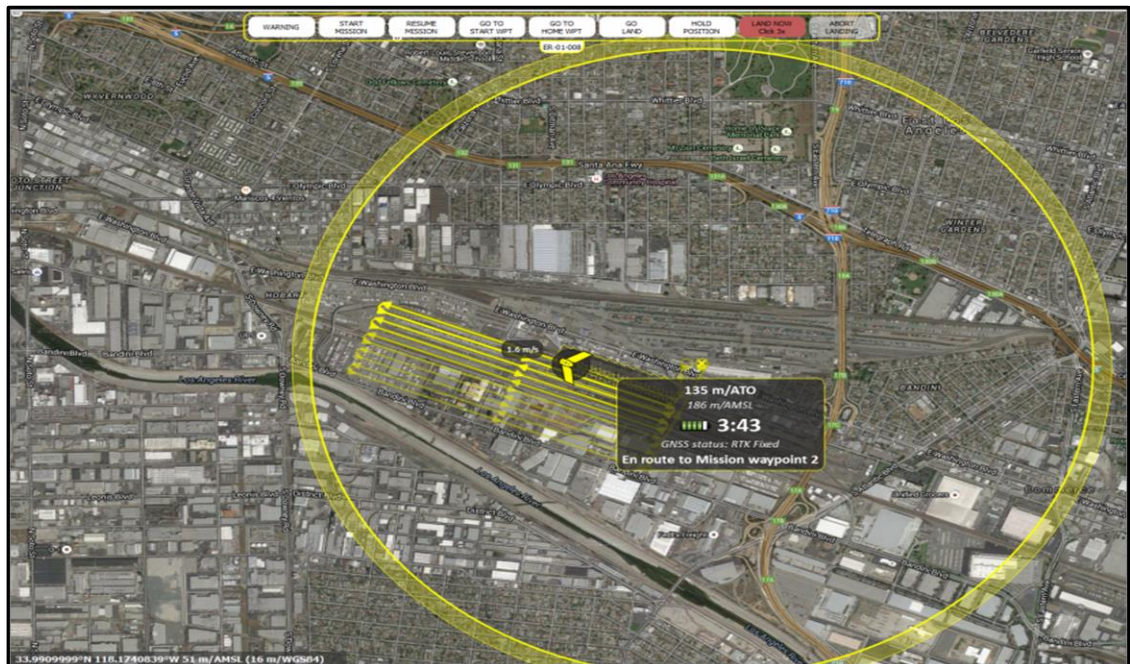


Figura N° 10: Entorno del Software eMotion2 para el Plan y Seguimiento de Vuelo.

Fuente: Programa de Procesamiento eMotion 2, v2.4.13

5.2. FASE DE CAMPO

A. Monumentación y Lectura con GPS diferencial.

Una vez planificados los puntos se procede a ir a campo con los equipos (GPS's diferenciales, trípodes, radios, entre otros) para ubicar los puntos planificados en el punto anterior y monumentarlos tan solo mediante una marca con corrector (al ser puntos que solo servirán para este proyecto en específico, no es necesario monumentarlos con bloques de cemento y su respectiva placa). Seguidamente, se procede a estacionar los Receptores Geodésicos (GPS Diferencial de doble frecuencia) sobre los puntos planificados y se registrarán datos del satélite por el lapso de una hora en promedio por punto, para asegurar altas precisiones (punto de orden C, error máximo de 10 mm).

- **Actividades de campo para los puntos de apoyo**

Para la toma de datos de todos los puntos geodésicos de apoyo (PFCH), se obtuvo por técnicas diferenciales del Sistema Satelital de Navegación Global anteriormente descritas, estos se obtendrán con apoyo mínimo de un (1) punto geodésico de orden "0", o un (1) punto geodésico de orden "A" o un (1) punto geodésico de orden "B" a nivel nacional, que estén separados equidistantemente a una distancia no mayor de 100 km al punto geodésico que se quiere apoyar. Considerando el tiempo de observación igual que los puntos geodésicos de orden "C".

Para los puntos de control establecidos durante la etapa de campo, se consideró que estos no se encuentren a más de 20 km de la Base (ERP-LI02). Además, las horas de levantamiento de dichos puntos se hicieron en función a la visibilidad de los satélites según las horas del día, desde la ubicación de nuestra área de trabajo. Esto, con el fin de captar información de un mayor número de satélites posibles.

- **Control de Medición de las señales**

El registro de señales satelitales en los puntos de control, tuvo como tiempo promedio de lectura 1 hora continua. Tiempo suficiente para que los puntos medidos

tengan soluciones óptimas para su uso durante el procesamiento de nuestra información fotogramétrica.

Para que los puntos de control tengan soluciones correctas, durante el tiempo en que los GPS's registran las señales satelitales, se controla en la colectora de nuestro receptor que los valores del factor PDOP estén por debajo de 4, para asegurar que las mediciones tengan buenos resultados.

La alta precisión de esta técnica de medición, así como la poca influencia de las condiciones climáticas adversas, permitió que esta labor se pueda efectuar en forma eficiente y precisa.

- **Monumentación**

Debido a que los puntos geodésicos que se calcularán en este levantamiento, servirán solo como apoyo al vuelo fotogramétrico del Dron, y al ubicarse estos puntos en zona urbana, no fueron monumentados empleando varillas de fierro ni bloques de concreto, ya que nuestros puntos fueron ubicados en centro de buzones, esquinas de martillo de vereda, esquina de sardinel de parques, entre otros, lo que los hace fotoidentificables puntualmente según el nivel de resolución de imagen con la que trabajamos. Ver Figura N° 11.

Una vez identificado cada punto de control, lo que se hizo fue escribir con un corrector y lo más cercano al mismo, su código correspondiente.



Figura N° 11: Ubicación y marca del Punto de Control.

Fuente: Elaboración del autor, 2018

- **Consideraciones**

Para los puntos de control establecidos durante la etapa de campo, se consideró que estos no se encuentren a más de 20 km de la Base (ERP-LI02). Además, las horas de levantamiento de dichos puntos se hicieron en función a la visibilidad de los satélites según las horas del día, desde la ubicación de nuestra área de trabajo. Esto, con el fin de captar información de un mayor número de satélites posibles.

- **Efemérides:** Para los puntos geodésicos de orden “C” o Puntos de Apoyo (PFCH), se utilizaron las efemérides precisas ultra rápidas (de 3 horas). Se utilizaron las efemérides transmitidas y se calcularon con un software comercial.
- **Precisión:** Horizontal: hasta 10 mm; Vertical: hasta 15 mm

B. Ejecución del Vuelo Fotogramétrico con VANT (UAV).

Para la ejecución del vuelo se ubicó una superficie plana, que en este caso fue el estadio de la Institución Educativa Augusto B. Leguía, en donde se solicitaron los permisos correspondientes con anticipación para acceder al lugar.

Estando en el punto, lanzamos nuestro VANT (UAV) y según lo planificado el vuelo estaba programado para un tiempo de 20 minutos de vuelo, lo cual se cumplió según el vuelo simulado Al término de la misión de vuelo, el VANT (UAV) regresó al mismo punto de despegue para hacer un aterrizaje automático exitoso.

5.3. FASE DE GABINETE

A. Post-Procesamiento de la Data de los GPS Diferenciales.

Estando en gabinete se procede a realizar una corrección de las coordenadas obtenidas en cada punto por los receptores geodésicos, mediante un método diferencial en el cual se toma como punto base la Estación de Rastre Permanente, en este caso, de

Ancón que es el más cercano a nuestra área de estudio (ERP-LI02). Cabe recalcar que la data de esta ERP la vende el Instituto Geográfico Nacional (IGN), ente rector de la cartografía.

Una vez corregida todas nuestras coordenadas (de los puntos de control y de chequeo), se obtendrá una lista de coordenadas del terreno con una estimación de su error.

- **Cálculo de coordenadas de puntos de control (post-proceso)**

Una vez terminadas las lecturas correspondientes a cada punto, se procede a descargar la información generada en un computador portátil para su posterior proceso con el software de post-procesamiento MAGNET TOOLS, el mismo que permite la resolución de los vectores de línea base. Una línea base es un vector de posición relativa de un punto (rover) respecto a otro (base).

El cálculo de las coordenadas finales de los puntos se hizo en diferido (post-proceso) una vez obtenida la data del punto Base.

En la etapa de post-proceso se establece la condición de Base o Rover para los puntos, así como el sistema de coordenadas del punto Base. Con esta información se determina las coordenadas de los puntos Rover.

Debemos tomar en cuenta que los sistemas GPS emplean como sistema nativo de coordenadas el WGS84 a partir del cual, las coordenadas son transformadas al Sistema Local mediante los parámetros de transformación correspondientes. Además, estos puntos de control geodésicos tienen alturas elipsoidales calculadas a partir de la medición con los receptores, los cuales son corregidos empleando el modelo geoidal EGM-2008 para obtener alturas ortométricas (cotas).

Una vez procesada toda la información de los puntos en nuestro software de post-proceso y apoyado en nuestra estación permanente LI02 del IGN, entidad de la cual obtenemos su ficha técnica y data en formato Rinex, generamos el reporte de coordenadas geográficas, coordenadas UTM en WGS84, alturas elipsoidales y ortométricas según modelo geoidal EGM-2008, para cada uno de nuestros puntos.

B. Procesamiento de las imágenes del VANT (UAV).

Se empleó el software de procesamiento de imágenes VANT (UAV) (Pix4D) y se procede a descargar las imágenes geolocalizadas (gracias al GPS navegador que lleva a bordo el VANT). A continuación se explica de forma resumida las etapas del procesamiento hasta la obtención de los productos cartográficos.

- **Ajuste automático y generación del DEM y ortomosaico**

La Rectificación y Ajuste de las imágenes se realizará de forma automática, identificándose “Tie Points” o “Puntos de Enlace” por comparación de píxeles, asegurándonos de la correcta identificación de los puntos debido a la redundancia de datos, producto de la alta superposición entre imágenes (80% longitudinal y 70% transversal), identificándose los homólogos de un píxel en varias fotografías.

La correlación anterior generará una nube de puntos similar a un levantamiento LiDAR (archivo LAS), y en función a ella se generará el Modelo Digital de Elevación (DEM), el Modelo Digital del Terreno (MDT) opcionalmente y seguidamente el Ortomosaico.

Antes de obtener los productos cartográficos, subdividimos el procesamiento de gabinete en 3 partes:

Procesamiento inicial

Consiste en determinar la calibración de la cámara en función a las imágenes del VANT (UAV). Así mismo, nos genera una visualización previa del ortomosaico y del modelo digital de superficie (MDS). Nos muestra los recubrimientos entre las imágenes, para determinar cuántas fotos capturaron cada parte de toda el área de interés, esto es importante para ubicar algunos sectores que pudieron ser poco recubiertos y que en el siguiente procesamiento nos pueden causar conflictos por falta de datos.

Aquí también agregamos nuestros puntos de control (que serán los que georreferenciarán y ajustarán el modelo fotogramétrico) y los puntos de chequeo (que

nos hará una comparación haciendo una diferencia entre el punto de chequeo de campo y ese mismo punto ubicado en el procesamiento).

Por último, nos mostrará un reporte indicándonos todos estos detalles.

Chequeo Rápido. Consiste en procesar las imágenes en campo, inmediatamente terminado el vuelo, para asegurarnos que los datos han sido correctamente obtenidos.

Procesamiento Completo. Este procesamiento se realiza en gabinete, una vez que se está seguro de la calidad de los datos capturados.

Una vez finalizado este proceso, el software nos arroja un reporte acerca de la calidad de todos los datos ingresados al procesamiento inicial.

- **Resumen del Reporte de Calidad**

En la Figura N° 12, nos muestra información básica de nuestro proyecto, a su vez, reconoce el tipo de cámara empleada para la captura de imágenes una estimación previa de la resolución espacial y el área recubierta.

Project	RPA Puente Piedra
Processed	2018-04-12 12:33:43
Camera Model Name(s)	CanonPowerShotELPH110HS_4.3_4608x3456 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	4.30 cm / 1.69 in
Area Covered	0.259 km ² / 25.8709 ha / 0.10 sq. mi. / 63.9615 acres

Figura N° 12: Características de las imágenes

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

- **Chequeo de la Calidad**

Nos muestra la mediana de los puntos clave por imagen, es decir, píxeles que fueron tomados para ajustar posteriormente toda la nube de puntos.

Nos indica el número de imágenes habilitadas que se han calibrado, es decir, el número de imágenes que se han utilizado para la reconstrucción del modelo. En este caso, se calibraron el 100% de las imágenes.

Nos muestra la optimización de la cámara mostrándonos un porcentaje de diferencia entre la distancia focal inicial y la optimizada. El porcentaje de diferencia relativa en este caso es de 1.06%.

Nos muestra la mediana del emparejamiento por imágenes calibradas. En este caso se emparejaron 9,984.27 píxeles claves.

Nos indica si el proyecto está georreferenciado o no. Si está calibrado nos indica el número de puntos de control empleado para el proyecto y el RMSE en X, Y, Z. En este caso, el RMSE es de 0.023 m. Ver Figura N° 13.

?	Images	median of 50589 keypoints per image	✓
?	Dataset	155 out of 155 images calibrated (100%), all images enabled	✓
?	Camera Optimization	1.06% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
?	Matching	median of 9984.27 matches per calibrated image	✓
?	Georeferencing	yes, 5 GCPs (5 3D), mean RMS error = 0.023 m	✓

Figura N° 13: Verificación de la calidad en Pix4D.

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

- **Visualizaciones previas**

Nos muestra una imagen previa de cómo se visualizará nuestro producto final, en este caso, nos muestra una imagen del Modelo Digital de Superficie (DSM) Ver Figura N° 14. Y la Ortofoto. Ver Figura N° 15.

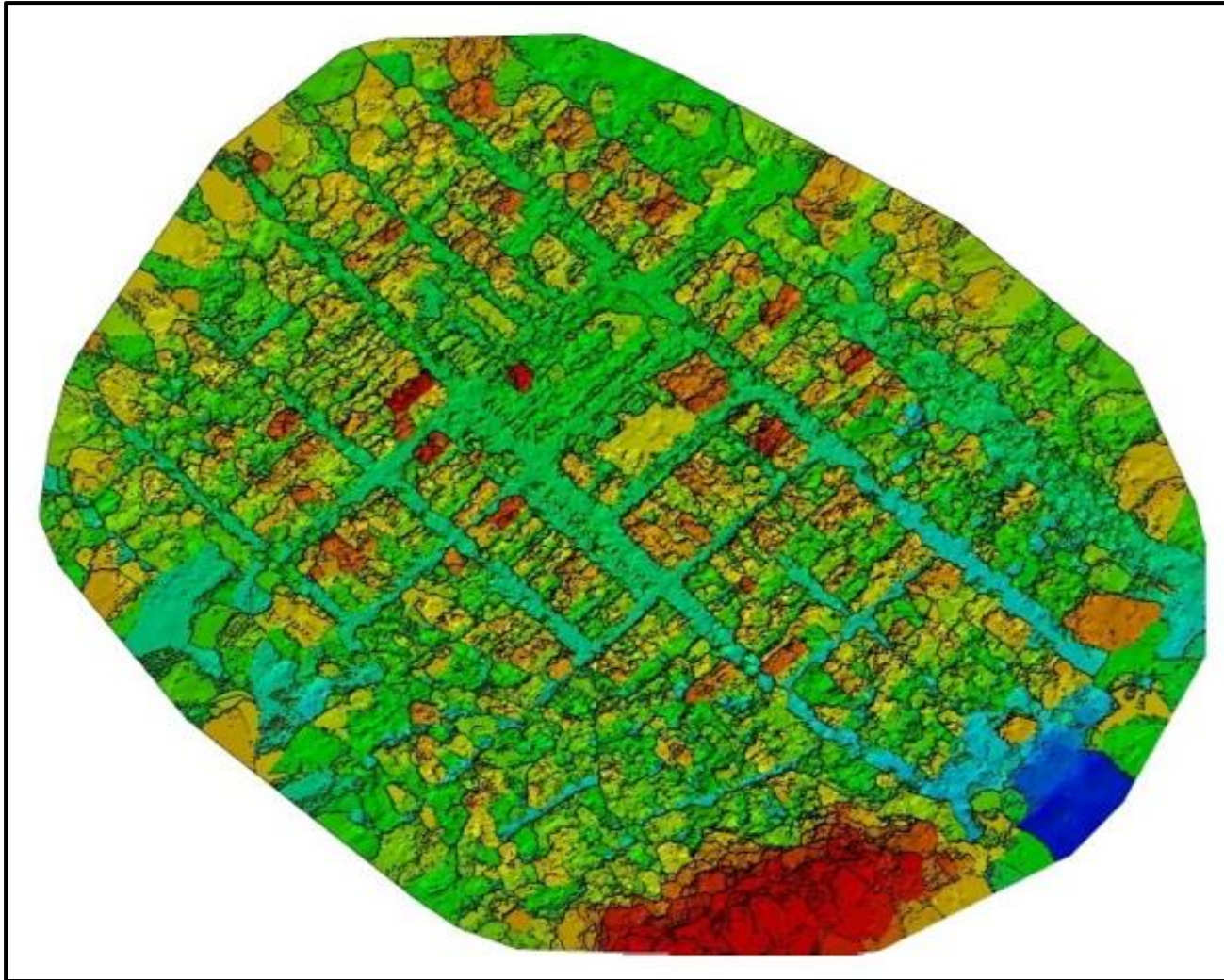


Figura N° 14: Vista Previa del Modelo Digital de Superficie
Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.



Figura N° 15: Vista Previa de la Ortofoto
Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

- **Detalles de la Calibración**

Nos muestra las posiciones iniciales de las imágenes según las coordenadas del GPS a bordo del VANT (UAV). Ver Figura N° 16.

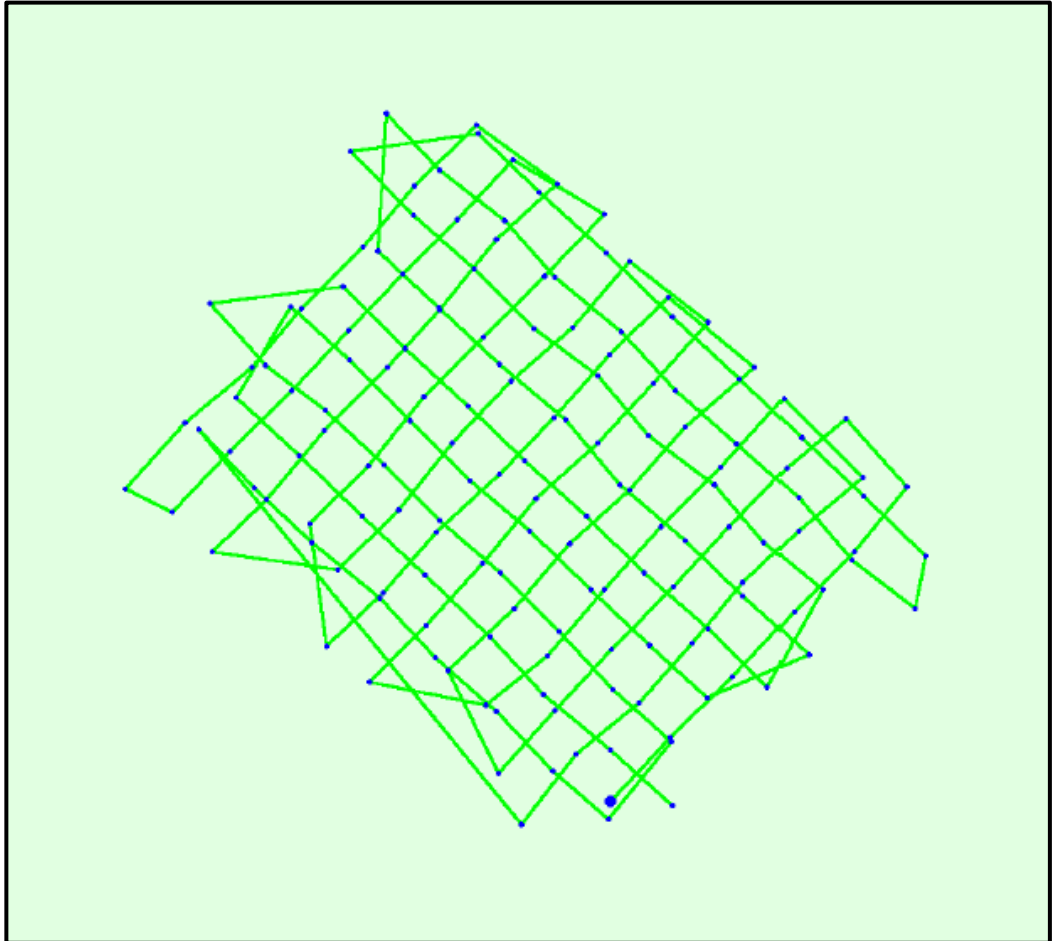


Figura N° 16: Posición inicial del VANT (UAV).

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

En la Figura N° 17, nos muestra información de la posición de los puntos emparejados manualmente (en este caso se incluyeron 25 puntos adicionales ingresados como puntos de enlace), y de los puntos de control (fueron 5 los puntos empleados para georreferenciar nuestra ortofoto).

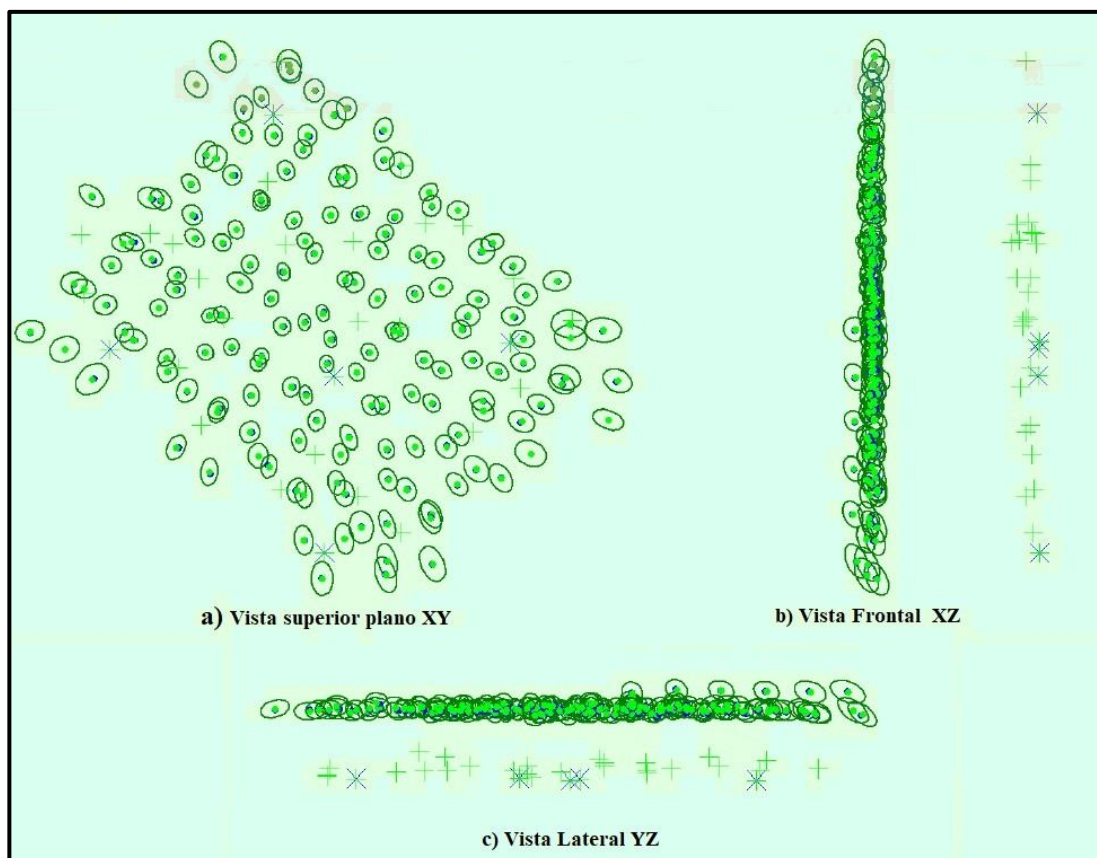


Figura N° 17: Emparejamiento de los Puntos.

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

De igual manera en la Tabla N° 10, nos muestra la posición de la cámara e incertidumbres en el proceso de orientación absoluta.

Tabla N° 10:

Posición y orientación de la Cámara

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.018	0.019	0.017	0.007	0.007	0.002
Sigma	0.004	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001

En la Figura N° 18, nos muestra el número de imágenes calculadas superpuestas recubriendo la superficie o área de trabajo. Esto nos da un indicio de la buena, regular o mala redundancia de datos que tendremos para la generación de la nube de puntos.

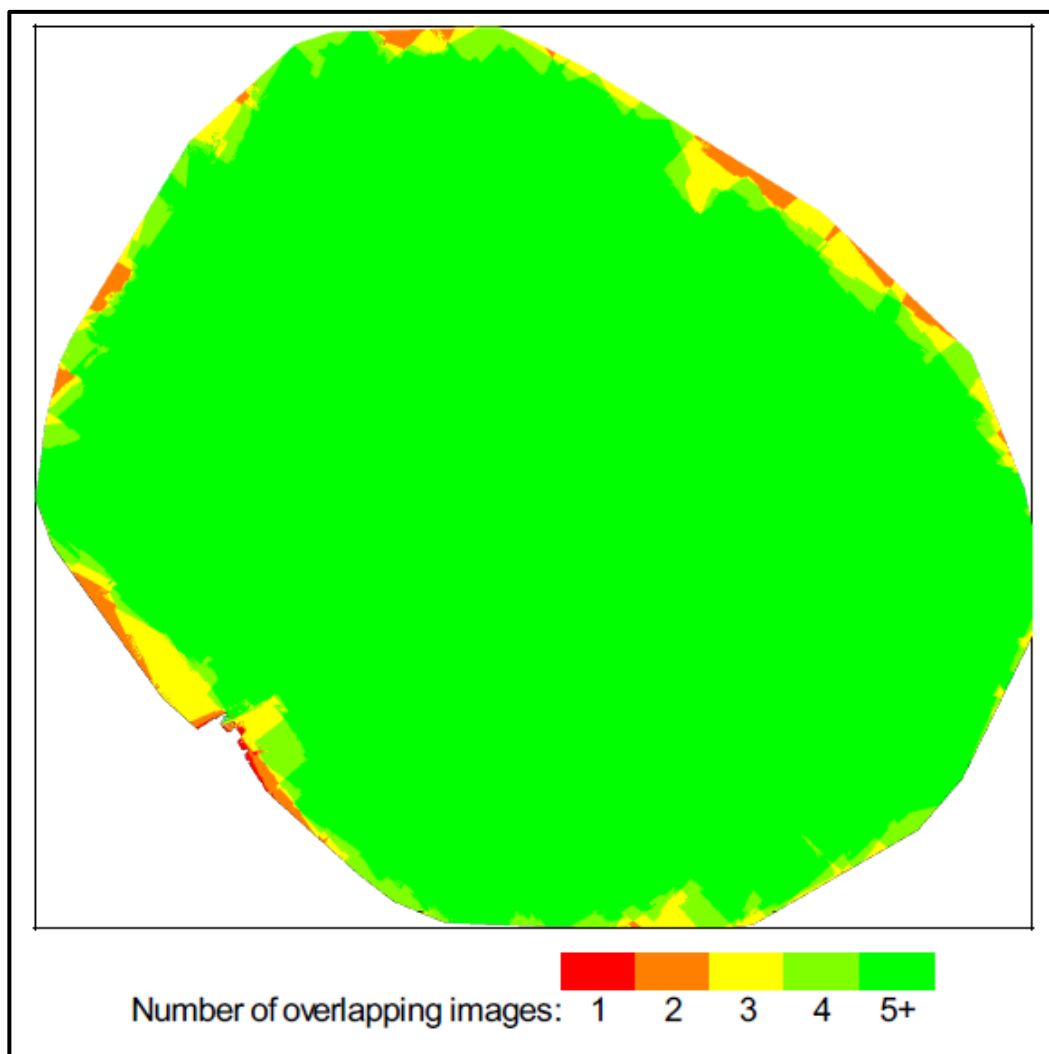


Figura N° 18: Cantidad de imágenes Superpuestas en el área de trabajo.

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

- **Detalles del Ajuste del Bloque**

Por otro lado la Figura N° 19, nos muestra información del número de observaciones de keypoint 2D para el ajuste del bloque, el número de puntos 3D para el ajuste del bloque y el promedio del error de reproyección en píxeles.

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1531831
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	635333
Mean Reprojection Error [pixels]	0.266

Figura N° 19: Ajuste en bloque 2D y 3D y el promedio del error de reproyección en píxeles.

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

En la Tabla N° 11, nos muestra la información de los parámetros internos de la cámara, de la calibración de la misma, mostrándonos los valores optimizados y el de las incertidumbres.

Tabla N° 11:

Características internas de la Cámara

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3263.377 [pixel] 4.371 [mm]	2324.394 [pixel] 3.113 [mm]	1793.154 [pixel] 2.402 [mm]	-0.049	0.056	-0.034	0.005	0.002
Optimized Values	3298.165 [pixel] 4.418 [mm]	2317.085 [pixel] 3.104 [mm]	1838.055 [pixel] 2.462 [mm]	-0.041	0.037	-0.014	0.007	0.002
Uncertainties (Sigma)	0.298 [pixel] 0.000 [mm]	0.087 [pixel] 0.000 [mm]	0.081 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

El siguiente gráfico nos muestra la correlación entre los parámetros internos de la cámara determinada por el ajuste del bloque. La matriz de correlación muestra cuánto se compensan los parámetros internos entre sí. Ver Figura N° 20.

El blanco indica una correlación completa entre los parámetros, es decir, cualquier cambio en uno puede ser completamente compensado por el otro. El negro indica que el parámetro es completamente independiente y no se ve afectado por otros parámetros.

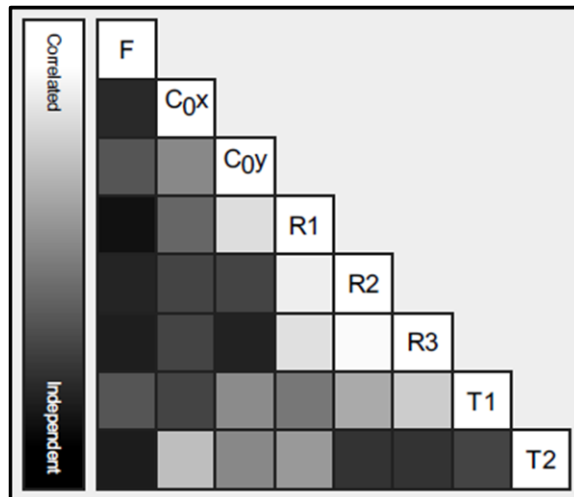


Figura N° 20: Correlación entre los parámetros internos de la cámara con el ajuste del bloque.

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

En la Tabla N° 12, se nos presenta una tabla de keypoint 2D con valores estadísticos como la mediana, el mínimo, el máximo y la media.

Tabla N° 12:

Valores Estadísticos de las Imágenes

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	50589	9984
Mn	26238	2209
Max	71683	19148
Mean	50465	9883

En la Tabla N° 13, se presenta el número de puntos 3D emparejados desde keypoint 2D. Cada punto 3D se genera a partir de puntos clave que se han observado al menos en dos imágenes. Cada fila de esta Tabla nos presenta el número de puntos 3D que se han observado en una cierta cantidad de imágenes. Cuanto mayor sea el número de imágenes en el que un punto 3D es visible, mayor será su precisión.

Tabla N° 13:

Cantidad de números de puntos en 3D

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	501483
In 3 Images	83275
In 4 Images	25009
In 5 Images	10538
In 6 Images	5301
In 7 Images	3019
In 8 Images	1893
In 9 Images	1263
In 10 Images	907
In 11 Images	603
In 12 Images	466
In 13 Images	381
In 14 Images	266
In 15 Images	214
In 16 Images	171
In 17 Images	123
In 18 Images	95
In 19 Images	63
In 20 Images	69
In 21 Images	41
In 22 Images	38
In 23 Images	33
In 24 Images	30
In 25 Images	16
In 26 Images	15
In 27 Images	8
In 28 Images	5
In 29 Images	2
In 30 Images	1
In 31 Images	4
In 34 Images	1

Nos muestra un gráfico respecto a los keypoint 2D emparejados. Ver Figura N° 21. Se puede apreciar una vista superior de las posiciones calculadas de las imágenes con enlaces entre imágenes coincidentes. La oscuridad de los enlaces indica el número de puntos clave 2D coincidentes entre las imágenes. Los enlaces brillantes indican enlaces débiles y son las zonas que requieren de puntos de enlace manual o más imágenes. Las elipses que se muestran en el horizonte y la vertical, indican la incertidumbre relativa de la posición de la cámara del resultado del ajuste del bloque.

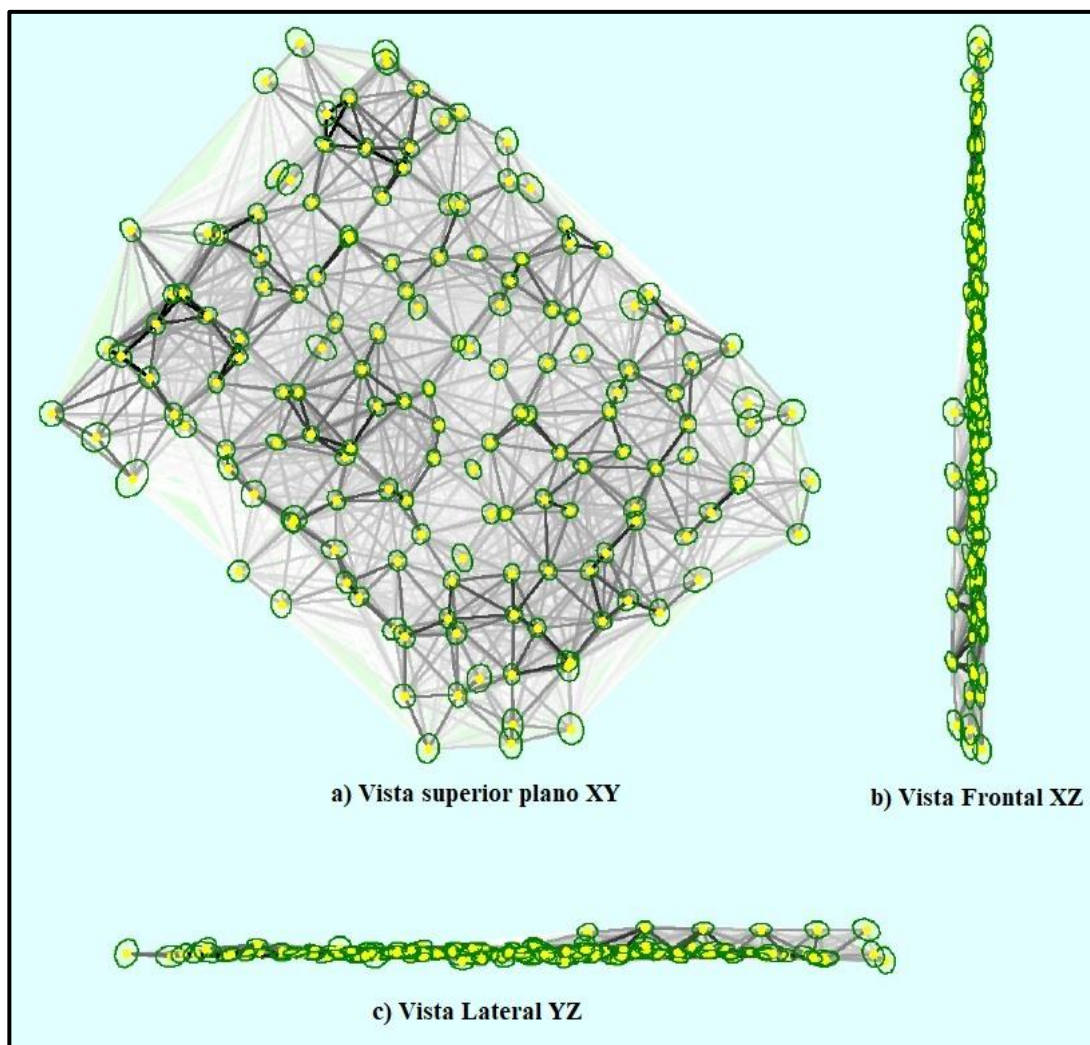


Figura N° 21: Keypoint 2D emparejados.
 Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

En la Tabla 14, se muestra las descripciones de la cámara como la posición Relativa de la cámara e incertidumbre de las orientaciones.

Tabla N° 14:

Posición Relativa de la Cámara e incertidumbre de las orientaciones

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.013	0.014	0.008	0.007	0.007	0.002
Sigma	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001

En la Tabla N° 15, se muestra los puntos de empate manual y el número de imágenes en las que se ha marcado el Punto de enlace manual y se tienen en cuenta para la reconstrucción.

Tabla N° 15:

Puntos de enlace manual, el error de proyección (pixel) y el número de imágenes en el que se han marcado dichos puntos de enlace

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
mtp01	0.511	5/5
mtp02	0.501	5/5
mtp03	0.435	7/7
mtp04	0.448	5/5
mtp05	0.642	6/6
mtp06	0.494	6/6
mtp07	0.546	5/5
mtp08	0.469	6/6
mtp09	0.371	8/8
mtp10	0.441	7/7
mtp11	0.366	7/7
mtp12	0.484	7/7
mtp13	0.590	7/7
mtp14	0.344	7/7
mtp15	0.621	6/6
mtp16	0.596	6/6
mtp17	0.650	5/5
mtp18	0.698	7/7
mtp19	0.425	8/8
mtp20	0.388	5/5
mtp21	0.593	8/8
mtp22	0.525	6/6
mtp23	0.650	6/6
mtp24	0.223	5/5
mtp25	0.514	5/5

- **Detalles de la Geolocalización**

En la tabla N°16, se presenta la información de nuestros cinco puntos de control obtenidos en campo, tal como la precisión de dichos puntos de control en X, Y, Z y el número de imágenes en el que se han marcado.

En la Tabla N° 16, se presenta el error de los componentes X, Y y Z en unidades del terreno (metros) y unidades de imagen (pixel).

Tabla N° 16:

Precisión de los Puntos de Control en X, Y, Z y la calidad de la precisión

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P-03 (3D)	0.010/ 0.010	-0.004	0.008	-0.012	0.798	7 / 7
P-04 (3D)	0.020/ 0.050	0.017	0.005	0.026	0.479	6 / 6
P-15 (3D)	0.010/ 0.011	-0.009	-0.015	-0.045	0.733	9 / 9
P-17 (3D)	0.010/ 0.012	-0.006	-0.012	0.111	1.027	3 / 3
P-21 (3D)	0.010/ 0.011	0.003	0.003	0.042	0.587	6 / 6
Mean [m]		0.000023	-0.002205	0.024436		
Sigma [m]		0.009351	0.009441	0.052944		
RMS Error [m]		0.009351	0.009695	0.058311		

En la Tabla N° 17, se muestra la Precisión de localización por Puntos de Chequeo y errores medios en las tres direcciones de coordenadas. La última columna cuenta el número de imágenes calibradas.

Tabla N° 17:

Número de imágenes geolocalizadas con su respectivo en X, Y y Z

Check Point Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P-01		0.2062	-0.3267	0.1873	0.5674	7 / 7
P-02		0.0501	0.0861	-0.1118	0.6880	10 / 10
P-05		0.0717	0.1027	0.0040	0.4894	8 / 8
P-06		0.0213	-0.0185	0.0304	0.6311	7 / 7
P-07		0.1619	0.0942	-0.0792	0.5420	7 / 7
P-08		-0.0980	-0.0454	-0.1161	0.6403	7 / 7
P-09		-0.1172	-0.0245	-0.0268	0.6794	8 / 8
P-10		0.0277	0.0423	-0.1726	0.4186	8 / 8
P-11		-0.0394	0.0356	-0.1248	0.4013	8 / 8
P-12		-0.0826	0.0142	-0.1269	0.6442	5 / 5
P-13		-0.0530	-0.0149	-0.0658	0.2611	6 / 6
P-14		-0.0441	0.0008	0.1068	0.7967	8 / 8
P-16		-0.0795	-0.0376	-0.1051	0.4649	8 / 8
P-18		0.0151	0.0793	-0.2107	0.6405	8 / 8
P-19		0.0076	0.0940	-0.1469	0.6260	6 / 6
P-20		-0.0418	0.0219	0.1122	0.6340	7 / 7
P-22		0.0035	0.0720	0.3405	0.4175	5 / 5
P-23		-0.0236	0.0887	0.1540	0.4711	5 / 5
P-24		-0.0622	-0.0119	-0.0251	0.8158	7 / 7
P-25		-0.0166	0.1482	0.1552	0.5782	7 / 7
Mean [m]		-0.004646	0.020027	-0.011080		
Sigma [m]		0.079602	0.095963	0.141012		
RMS Error [m]		0.079737	0.098031	0.141447		

En la Tabla N° 18, se nos muestra el sesgo de geolocalización, es decir, define el sesgo entre la imagen inicial y la geolocalización calculada dada en el sistema de coordenadas de salida.

Tabla N° 18:

Precisión de los Puntos de Control en X, Y, Z y la calidad de la precisión

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.038015	-0.092246	-0.589535

En la Tabla N° 19, nos presenta la variación relativa de la geolocalización, es decir, el porcentaje de imágenes geolocalizadas y calibradas con un error de geolocalización relativo tanto en X, Y, Z de una, dos y tres veces la precisión de geolocalización de la imagen.

Tabla N° 19:

Variación de Geolocalización Relativa

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.564658	5.564658	4.576303
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.286363	0.286363	0.329900

En la Tabla N° 20, nos muestra el valor RMSE de geolocalización de los ángulos de orientación dados por la diferencia entre los valores iniciales y calculados.

Tabla N° 20:

Precisión de los Puntos de Control en X, Y, Z y la calidad de la precisión

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	3.953
Phi	3.683
Kappa	6.130

- **Detalles del Sistema de Coordenadas**

En la figura N°22, nos muestra el sistema de coordenadas de las imágenes, de los puntos de control y del proyecto en la cual se está trabajando.

Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S (egm2008)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S (egm2008)

Figura N° 22: Sistema de coordenadas de las imágenes de ingreso y salida.

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

De tal manera en la Figura N° 23, nos muestra un resumen de las opciones del procesamiento, tales como la plantilla detectada, la escala de la imagen de los keypoints, los pares de imágenes coincidentes, estrategia de emparejamiento, extracción de keypoint y la calibración.

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Custom, Image Scale: 2
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Figura N° 23: Opciones en el procesamiento de las imágenes

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

Densificación de la Nube de Puntos

Este paso es el más tiempo toma y el que mayores recursos de ordenador consume. Genera una nube de puntos 3D generadas a partir de la correlación de la redundancia de puntos homólogos en más de una fotografía, he aquí la importancia de los altos recubrimientos entre imágenes.

- **Detalles de la densificación de la nube de puntos**

En la Figura N° 24, se nos presenta una figura informativa acerca de los parámetros iniciales para la generación de la nube de puntos, tales como, la *escala de la imagen* utilizada para la densificación de la nube de puntos, *densidad del punto* de la nube de puntos densificada, *número mínimo de coincidencias* por punto 3D que representa el número mínimo de reproyecciones válidas de este punto 3D en las

imágenes, *generación de malla texturizada* que nos indica si ésta se ha generado o no, *ajuste de malla 3D texturizada* que muestra la configuración de procesamiento para la generación de malla 3D texturizada, *LOD* que indica si fue generado o no, *grupo de imágenes* para los que se ha generado una nube de puntos densificada, *usar área de procesamiento* que muestra si se tiene en cuenta o no, *use anotaciones* si se tienen en cuenta o no y *tiempo para la densificación de la nube de puntos*.

Image Scale	multiscale, 1 (Original image size, Slow)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	no
LOD	Generated: no
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	02h:43m:02s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	NA

Figura N° 24: Opciones en el procesamiento la nube de puntos

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

- **Resultados de los detalles de la nube de puntos**

Nos muestra el *número de clúster procesados*, el *número de azulejos generados*, el *número de puntos densificados 3D* que es **44 989 226** y la *densidad media* (por m³). Ver Figura N° 25.

Number of Generated Tiles	4
Number of 3D Densified Points	44989226
Average Density (per m ³)	103.13

Figura N° 25: Número del clúster procesados, el número de azulejos generados y el número de puntos densificados 3D y la densidad media (por m³)

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

Por lo que podemos apreciar claramente la reconstrucción de las edificaciones de la zona, ver el color de las entidades y más aún que se disponen en forma tridimensional. Ver Figura N°26.

En la Figura N° 27, podemos apreciar la nube de puntos densificada que nos permitirá a partir de ello, generar el Modelo Digital de Superficie (DSM).

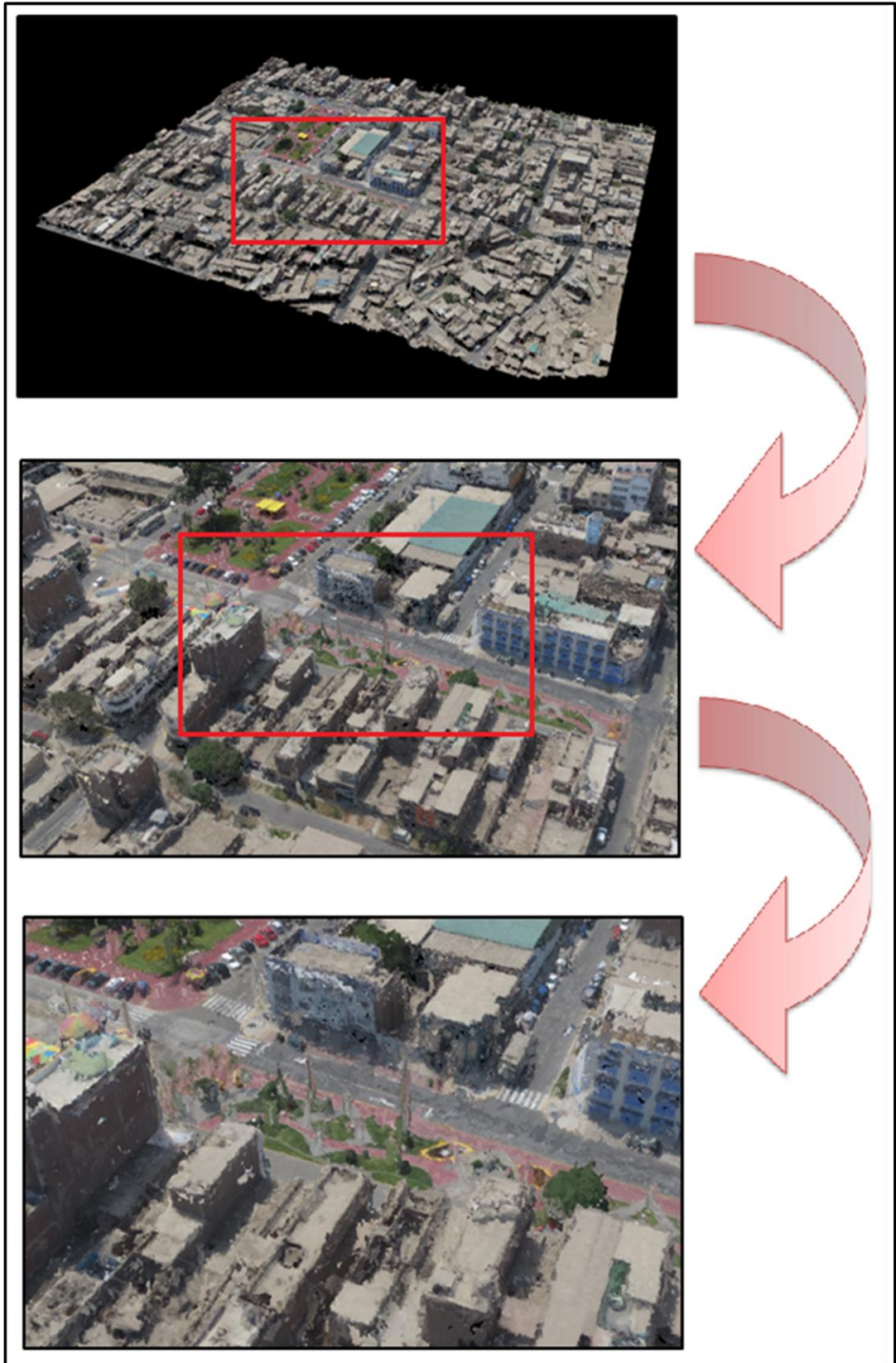


Figura N° 26: Vista de la Nube de Puntos 3D densificada a diferentes niveles de Zoom, dentro del área de estudio

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

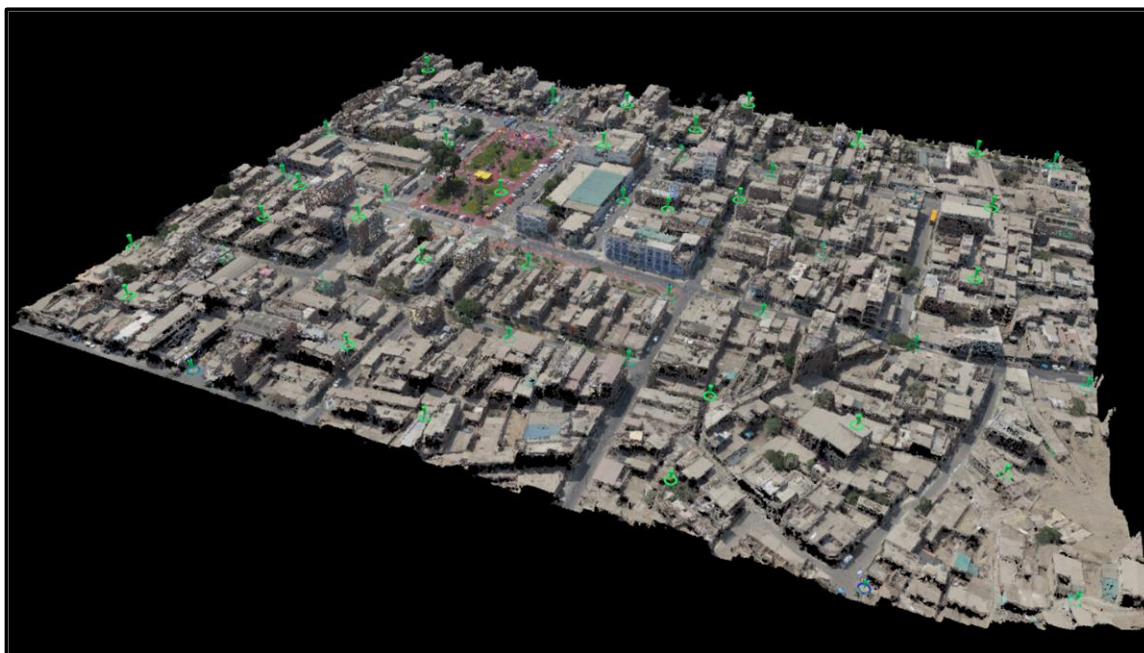


Figura N° 27: Vista General de la Nube de Puntos 3D del Área Total del Proyecto
Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

Generación del Modelo Digital de Superficie (MDS) y el Ortomosaico

En esta etapa, se genera un MDS (específicamente, un Modelo Digital de Superficie) a partir del cual se ortorrectificará el mosaico de imágenes que componen el área total de estudio. A continuación, obtendremos un ortomosaico el cual tiene una proyección ortogonal y sobre el cual se puede hacer mediciones reales que corresponden al terreno.

Adicionalmente podemos editar nuestro ortomosaico para depurar algunos elementos móviles (como vehículos, mototaxis, entre otros y así poder dejar más limpia nuestra imagen final).

- **Opciones del procesamiento**

Se aprecia en la siguiente figura la información de la resolución del DSM y Ortomosaico, Tipo de filtro usado para tratar los ruidos en el DSM, Trama del DSM que muestra el método empleado para la generación del DSM (puede ser ponderación de distancia inversa o triangulación), formatos disponibles en que se presenta el ortomosaico, muestra si se han generado el DSM en cuadrantes, en caso se haya generado un MDT y Curvas de Nivel también muestra información al

respecto, Tiempo para la generación del DSM y el Ortomosaico, entre otros. Ver Figura N° 28.

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (4.3 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: no GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: no
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 10
Time for DSM Generation	02h:09m:54s
Time for Orthomosaic Generation	13m:13s
Time for DTM Generation	00s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

Figura N° 28: Características de la resolución del DSM y Ortomosaico

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

En la última etapa del procesamiento se genera el Modelo Digital de Superficie (MDS o DEM) a partir del cual se ortorrectificarán el mosaico de imágenes para obtener la ortofoto de nuestro proyecto piloto. Ver Figura N° 29.

Cabe mencionar que la resolución de este ráster es al igual que la ortofoto final, de 5 cm/px, lo que equivale a decir que nos da información de altura por cada 25 cm² en el terreno.

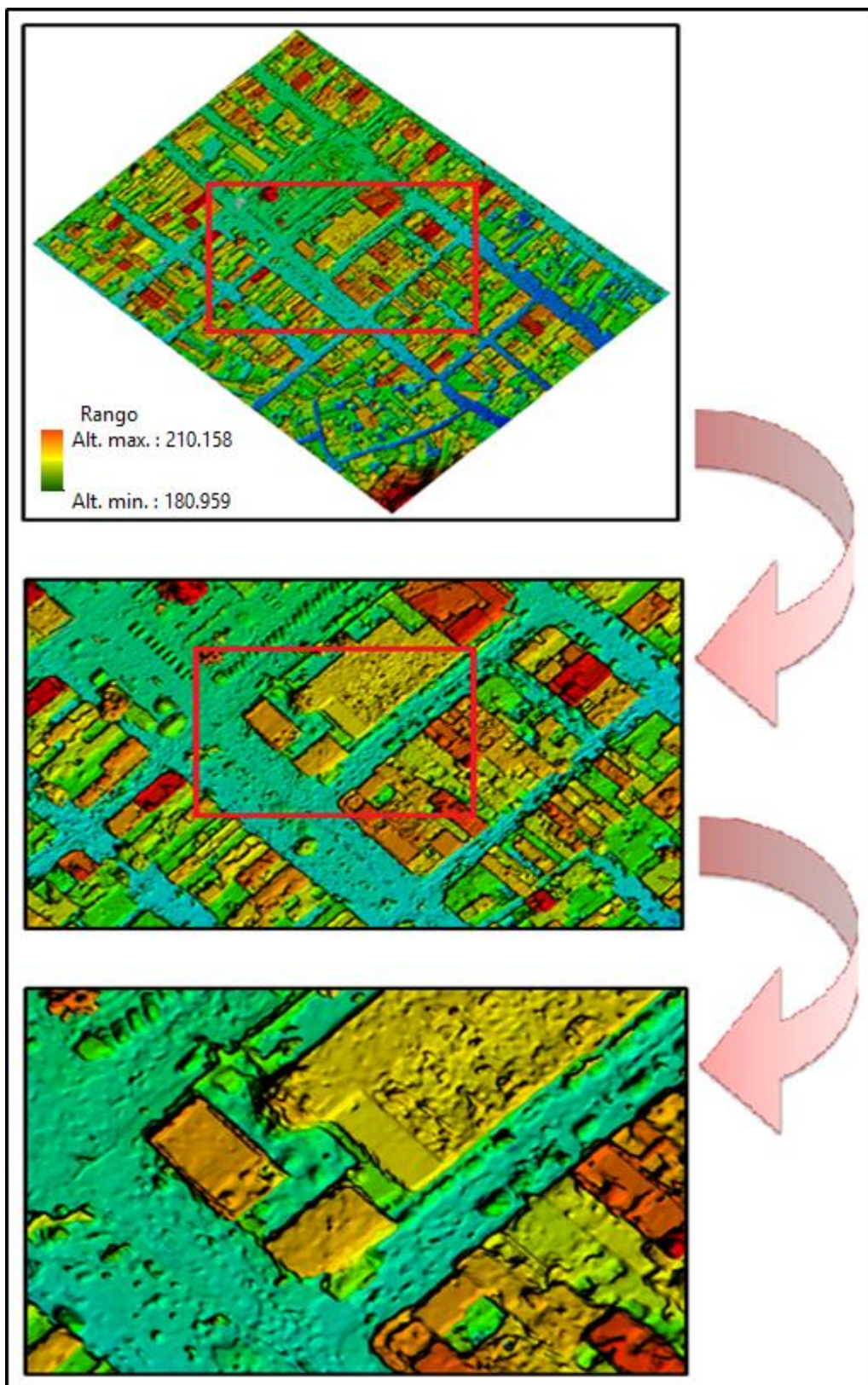


Figura N° 29: Modelo Digital de Superficie (MDS) del Proyecto Piloto
Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

C. Aplicación de los Test de Control de Calidad.

Para ello se debió tomar en cuenta la metodología para la colocación de puntos de chequeo que recomienda como mínimo 20 (espaciados a no menor de una determinada distancia equivalente a 1/10 de la diagonal del área del proyecto y teniendo cada uno de los cuatro cuadrantes como mínimo un 20% del total de puntos de control). Ver Figura N° 30. En esta investigación se colocaron 5 puntos de control (PFCH) y 20 puntos de chequeo.

Luego, se procede a desarrollar y comprobar que nuestro ortomosaico según las coordenadas de los puntos de control en campo (del GPS diferencial) y ortomosaico superan los test de control de calidad posicional (NMAS, EMAS y NSSDA).



Figura N° 30: Distribución de los Puntos de Control (05) y Puntos de Chequeo (20)

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 21, se muestra la cantidad de puntos de control (PFCH) y sus respectivas coordenadas tomadas por el GPS diferencial que serán utilizadas para la georreferencia la ortomosaico.

Tabla N° 21:

Puntos de Control para la georreferenciación

Puntos de control (PFCH)	X terreno [m]	Y terreno [m]
P-03	273657.7023	8687425.5319
P-04	273518.2256	8687223.1026
P-15	273710.2127	8687200.0646
P-17	273701.9222	8687048.0083
P-21	273861.9441	8687229.6118

En la Tabla N° 22, se manifiesta la cantidad de puntos de chequeo y sus respectivas coordenadas tomadas por el GPS diferencial para la aplicación de los 3 Test de Control de Calidad.

Tabla N° 22:

Puntos de Chequeo para la aplicación de los Test del Control de Calidad

Punto de Chequeo	X terreno [m]	Y terreno [m]
P-01	273533.0868	8687300.7609
P-02	273565.2151	8687373.0322
P-05	273572.5133	8687263.0774
P-06	273612.5502	8687330.2416
P-07	273593.6634	8687417.9521
P-08	273711.1681	8687359.9038
P-09	273731.7103	8687415.1846
P-10	273638.0601	8687198.3878
P-11	273661.1700	8687244.9441
P-12	273724.4430	8687284.5979
P-13	273772.9926	8687316.6761
P-14	273677.7328	8687168.1852
P-16	273809.4855	8687280.9279
P-18	273741.9084	8687175.0807
P-19	273791.0612	8687205.3635
P-20	273788.4397	8687135.1689
P-22	273741.4880	8687015.3235
P-23	273833.8735	8687091.7351
P-24	273913.0107	8687179.8211
P-25	273958.5101	8687234.6251

En la Tabla N° 23, se muestra las coordenadas de los Puntos de chequeo en el terreno y las coordenadas de la ortofoto georreferenciada.

Tabla N° 23:

Coordenadas de la Ortofoto y del Terreno del Conjunto de puntos a Analizar

Coordenadas ortofoto y terreno del conjunto de puntos a analizar				
Punto	X terreno [m]	Y terreno [m]	X mapa [m]	Y mapa [m]
P-01	273533.0868	8687300.7609	273532.8806	8687301.0876
P-02	273565.2151	8687373.0322	273565.1650	8687372.9461
P-05	273572.5133	8687263.0774	273572.4416	8687262.9747
P-06	273612.5502	8687330.2416	273612.5289	8687330.2601
P-07	273593.6634	8687417.9521	273593.5015	8687417.8579
P-08	273711.1681	8687359.9038	273711.2661	8687359.9492
P-09	273731.7103	8687415.1846	273731.8275	8687415.2091
P-10	273638.0601	8687198.3878	273638.0324	8687198.3455
P-11	273661.1700	8687244.9441	273661.2094	8687244.9085
P-12	273724.4430	8687284.5979	273724.5256	8687284.5837
P-13	273772.9926	8687316.6761	273773.0456	8687316.6910
P-14	273677.7328	8687168.1852	273677.7769	8687168.1844
P-16	273809.4855	8687280.9279	273809.5650	8687280.9655
P-18	273741.9084	8687175.0807	273741.8933	8687175.0014
P-19	273791.0612	8687205.3635	273791.0536	8687205.2695
P-20	273788.4397	8687135.1689	273788.4815	8687135.1470
P-22	273741.4880	8687015.3235	273741.4845	8687015.2515
P-23	273833.8735	8687091.7351	273833.8971	8687091.6464
P-24	273913.0107	8687179.8211	273913.0729	8687179.8330
P-25	273958.5101	8687234.6251	273958.5267	8687234.4769

– TEST NMAS (National Map Accuracy Standard)

Procedimientos:

Se establecen cinco pasos:

1. Seleccionar sobre el producto una muestra de, al menos, 20 puntos de fácil determinación.
2. Determinar las coordenadas de los puntos sobre el producto.
3. Determinar las coordenadas de los puntos sobre una fuente mayor exactitud.
4. Determinar si el estándar predefinido de exactitud horizontal se ha alcanzado.

Por ejemplo, en el caso del USGS, el estándar especifica que, como máximo, el 10% de los puntos de la muestra pueden tener un error horizontal mayor de 0,08 cm (1/30 pulgadas) en mapas de escala mayor a 1:20000 o de 0,05 cm (1/50 pulgadas) en mapas de escala menor de 1:20000. El error se define como la diferencia entre la posición de los puntos en el mapa y en la fuente de mayor exactitud.

Aplicación del estándar NMAS:

Datos Iniciales:

- Escala Ortofoto = 1/500
- Error Max. Horiz. = 0.085 m (Para Escala > 1/20,000)
- Tolerancia Max. Horiz. = 42.5 cm = 0.425 m

Eliminación de Outliers

Se consideran outliers a aquellos datos extraños que presentan una probabilidad de ocurrencia muy pequeña.

La perspectiva tradicional considera que estos puntos se pueden eliminar de la muestra porque son datos extraños, seguramente obtenidos a partir de un error de medida.

Para este caso, podemos notar que ninguno de los valores de e_x y e_y muestran valores fuera de lo normal, por lo cual **NO SE EXCLUYE** ningún punto para la aplicación del test de control de calidad posicional.

Estudio de la Normalidad de los Datos

La muestra es aleatoria ya que se seleccionaron todos los puntos de control para formar parte de la muestra.

Tabla N° 24:

Diferencia entre las coordenadas de la Ortofoto y las Coordenadas del Terreno y su respectiva distribución por punto de Chequeo

e_i [m]	Distribución Normal
-0.3267	0.0046
-0.1172	1.6952
-0.098	2.2258
-0.0826	2.6799
-0.0795	2.7722
-0.0622	3.2766
-0.053	3.5279
-0.0454	3.7206
-0.0441	3.7520
-0.0418	3.8061
-0.0394	3.8608
-0.0376	3.9005
-0.0245	4.1518
-0.0236	4.1664
-0.0185	4.2422
-0.0166	4.2673
-0.0149	4.2883
-0.0119	4.3218
0.0008	4.4121
0.0035	4.4202
0.0076	4.4250
0.0142	4.4135
0.0151	4.4101
0.0213	4.3749
0.0219	4.3704
0.0277	4.3173

0.0356	4.2180
0.0423	4.1107
0.0501	3.9615
0.0717	3.4392
0.072	3.4310
0.0793	3.2279
0.0861	3.0315
0.0887	2.9552
0.094	2.7983
0.0942	2.7924
0.1027	2.5395
0.1482	1.3136
0.1619	1.0247
0.2062	0.3919

El $e_i[m]$ se desprende de la Tabla N°24 como la diferencia entre las coordenadas de terreno y las coordenadas de la ortofoto georreferenciada. Para hallar la distribución de la Normal, se tiene que la media es 0.0077 y la desviación estándar es de 0.091563.

El gráfico de la Distribución Normal nos muestra una figura bastante parecida a la campana de Gauss, aunque con un ligero sesgado hacia la derecha lo cual implicaría que la media es ligeramente mayor a la mediana de los valores. Ver Figura N° 31.

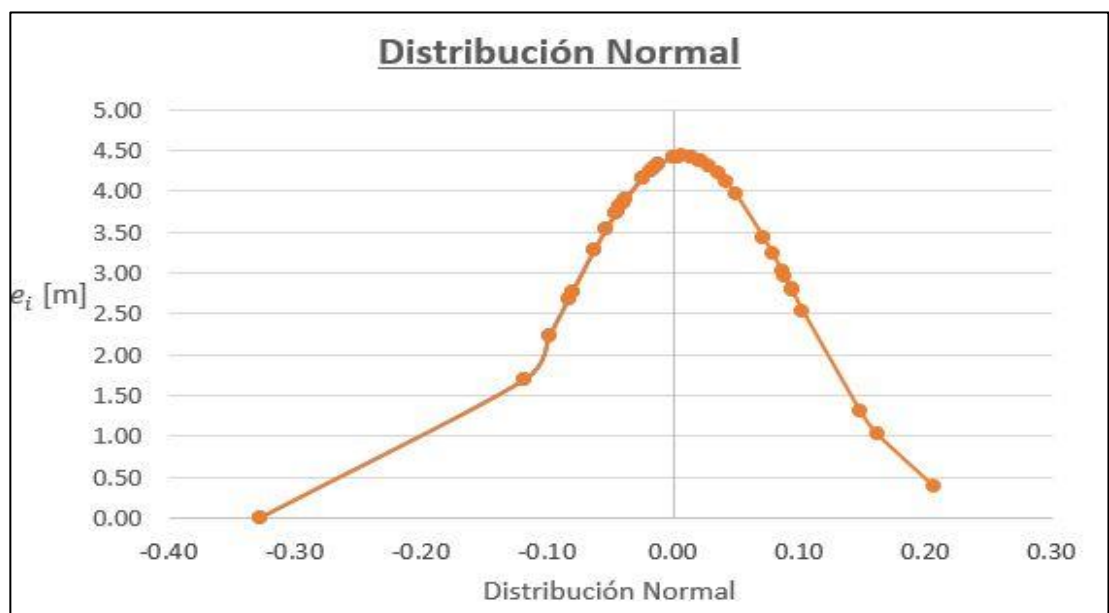


Figura N° 31: Distribución de la Normal
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 25:*Error en la componente Horizontal*

Diferencia entre coordenadas-ortofoto y coordenadas-terreno			
PUNTOS	e_x [m]	e_y [m]	e_H [m]
P-01	0.2062	-0.3267	0.3863
P-02	0.0501	0.0861	0.0996
P-05	0.0717	0.1027	0.1253
P-06	0.0213	-0.0185	0.0282
P-07	0.1619	0.0942	0.1873
P-08	-0.098	-0.0454	0.1080
P-09	-0.1172	-0.0245	0.1197
P-10	0.0277	0.0423	0.0506
P-11	-0.0394	0.0356	0.0531
P-12	-0.0826	0.0142	0.0838
P-13	-0.053	-0.0149	0.0551
P-14	-0.0441	0.0008	0.0441
P-16	-0.0795	-0.0376	0.0879
P-18	0.0151	0.0793	0.0807
P-19	0.0076	0.0940	0.0943
P-20	-0.0418	0.0219	0.0472
P-22	0.0035	0.0720	0.0721
P-23	-0.0236	0.0887	0.0918
P-24	-0.0622	-0.0119	0.0633
P-25	-0.0166	0.1482	0.1491

Teniendo en cuenta que el test se supera si como máximo un 10% de la muestra supera el error máximo permisible, podemos mencionar que el 0% de nuestras. Ver Tabla N° 25, muestras supera el error máximo permisible o, lo que es lo mismo, el 100% de los puntos de control de nuestra muestra **SUPERA** el test de exactitud posicional NMAS.

– **TEST EMAS (Engineering Map Accuracy Standard)**

Procedimientos:

Datos Iniciales:

- Escala Ortofoto = 1/500
- Número de la muestra (n) = 20
- Nivel de confianza (%) = 95
- Nivel de significación (α) = 0.05

El proceso consta de los siguientes pasos:

1. Seleccionar una muestra de n puntos, con $n \geq 20$. Ver Tabla N°23.
2. Calcular el error para cada punto en su componente. Se aplicó la Ecuación 01 para ambas componentes (X e Y).

Ecuación 01: Calculo del error para la componente X e Y

$$e_{xi} = xt_i - xm_i$$

Donde:

xt_i : Coordenada del punto i sobre el terreno o sobre la fuente de mayor precisión.

xm_i : Coordenada de punto i sobre la BDG

En la Tabla N° 26, se aprecia el error de cada punto de Chequeo con sus respectivas componentes (X e Y).

Tabla N° 26:

Diferencia entre las coordenadas de la ortofoto y Coordenadas del Terreno

Puntos	Diferencia entre coordenadas-ortofoto y coordenadas-terreno	
	e_x [m]	e_y [m]
P-01	0.2062	-0.3267
P-02	0.0501	0.0861
P-05	0.0717	0.1027
P-06	0.0213	-0.0185
P-07	0.1619	0.0942
P-08	-0.098	-0.0454
P-09	-0.1172	-0.0245
P-10	0.0277	0.0423
P-11	-0.0394	0.0356
P-12	-0.0826	0.0142
P-13	-0.053	-0.0149
P-14	-0.0441	0.0008
P-16	-0.0795	-0.0376
P-18	0.0151	0.0793
P-19	0.0076	0.0940
P-20	-0.0418	0.0219
P-22	0.0035	0.0720
P-23	-0.0236	0.0887
P-24	-0.0622	-0.0119
P-25	-0.0166	0.1482

3. Calcular el error medio en X e Y para los 20 puntos, se aplicó la Ecuación 02. Los Resultados se aprecia en la Tabla N° 27.

Ecuación 02: Calculo del error medio para la componente X e Y

$$\bar{e}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{xi}$$

Tabla N° 27:

Error medio en X e Y

Error medio en X e Y	
e_x [m]	e_y [m]
-0.0046	0.0200

4. Calcular la desviación en las componentes X e Y en la cual se aplicó la Ecuación 03. Y el resultado se refleja en la Tabla N° 28.

Ecuación 03: Calculo de la Desviación

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_{xi} - \bar{e}_x)^2}$$

Tabla N° 28:

Desviación típica muestral en X e Y

Desviación Típica muestral en X e Y	
S_x [m]	S_y [m]
0.0817	0.0985

5. Efectuar el test de cumplimiento del estándar utilizando los límites de error aceptables para los errores sistemáticos y aleatorios. Para determinar el error sistemático se utilizó la Ecuación 04 para ambas componentes.

Ecuación 04: Calculo del error estadístico

$$t_x = \frac{\bar{e}_x \sqrt{n}}{S_x}$$

Si se verifica que:

$$|t_x| \leq t_{n-1, \alpha/2}$$

La BGD cumple. La valor de $t_{n-1, \alpha/2}$ es una medida teórica, que puede derivarse de los textos de estadística.

En la Tabla N° 29, se muestra la Distribución de T-student, la cual nos facilitara para delimitar los rangos del error estadísticos para las componentes planimétricas.

Tabla N° 29:

Distribución de t de Student

TABLA DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT									
α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

En la Tabla N° 30, se aprecia el cumplimiento del test de sistematizamos en la componente X e Y.

Tabla N° 30:

Test de Cumplimiento del estándar en la planimetría

Test de cumplimiento del standar en X e Y	
T_x [m]	T_y [m]
-0.2544	0.9095
$ t_x \leq t_{n-1, \alpha/2} \rightarrow t_x \leq t_{19, 0.025} = 2,093$	
$ t_y \leq t_{n-1, \alpha/2} \rightarrow t_y \leq t_{19, 0.025} = 2,093$	
SE SUPERA el test de sistematismos en la componente X e Y	

6. Efectuar el test del χ^2 para determinar el grado de variabilidad de los errores aleatorios para lo cual se aplicó la Ecuación 05:

Ecuación 05: Calculo del grado de variabilidad

$$\chi_x^2 = \frac{S_x^2 (n - 1)}{\sigma_x^2}$$

Donde σ_x es la varianza máxima aceptable para el error en la dimensión X e Y. Si se verifica que:

$$|\chi_x^2| < |\chi_{n-1,\alpha}^2|$$

La BDG cumple con el estándar para esta componente.

En la Tabla N° 31, se aprecia la variabilidad de los errores aleatorios de las componentes planimétricas con la ayuda de la Tabla N°32.

Tabla N° 31:

Variabilidad de los errores aleatorios

Error radial máximo (m):	0.2
Factor de precisión horizontal (95% de nivel de confianza):	2.4477
$a_{x,y}$	0.0817
χ_x^2	χ_y^2
18.9781	27.5905
$\chi_x^2 > \chi_{n-1,\alpha}^2 \rightarrow \chi_x^2 > \chi_{19,0.05}^2 = 30,1$ $\chi_y^2 > \chi_{n-1,\alpha}^2 \rightarrow \chi_y^2 > \chi_{19,0.05}^2 = 30,1$	
SE SUPERA el test de errores aleatorios en la componente X e Y	

Para obtener el valor 30.1 nos basamos en la Tabla N° 32 de la Distribución χ^2 .

Tabla N° 32:

Distribución de X^2

ϕ \ χ^2	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	ϕ
1	3.93E-05	1.57E-04	9.82E-04	3.93E-03	1.58E-02	0.102	0.455	1.323	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88	1
2	1.00E-02	2.01E-02	5.06E-02	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60	2
3	7.17E-02	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84	3
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.36	5.39	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86	4
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.67	4.35	6.63	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75	5
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.20	3.45	5.35	7.84	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55	6
7	0.989	1.239	1.690	2.17	2.83	4.25	6.35	9.04	12.02	14.07	16.01	18.48	20.3	7
8	1.344	1.647	2.18	2.73	3.49	5.07	7.34	10.22	13.36	15.51	17.53	20.1	22.0	8
9	1.735	2.09	2.70	3.33	4.17	5.90	8.34	11.39	14.68	16.92	19.02	21.7	23.6	9
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	6.74	9.34	12.55	15.99	18.31	20.5	23.2	25.2	10
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	7.58	10.34	13.70	17.28	19.68	21.9	24.7	26.8	11
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	8.44	11.34	14.85	18.55	21.0	23.3	26.2	28.3	12
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	9.30	12.34	15.98	19.81	22.4	24.7	27.7	29.8	13
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	10.17	13.34	17.12	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3	14
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	11.04	14.34	18.25	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8	15
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	11.91	15.34	19.37	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3	16
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	12.79	16.34	20.5	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7	17
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	13.68	17.34	21.6	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2	18
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	14.56	18.34	22.7	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6	19
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	15.45	19.34	23.8	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0	20
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	16.34	20.3	24.9	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4	21
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	17.24	21.3	26.0	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8	22
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	18.14	22.3	27.1	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2	23
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	19.04	23.3	28.2	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6	24
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	19.94	24.3	29.3	34.4	37.7	40.6	44.3	46.9	25
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	20.8	25.3	30.4	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3	26
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	21.7	26.3	31.5	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6	27
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	22.7	27.3	32.6	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0	28
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	23.6	28.3	33.7	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3	29
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.6	24.5	29.3	34.8	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7	30
40	20.7	22.2	24.4	26.5	29.1	33.7	39.3	45.6	51.8	55.8	59.3	63.7	66.8	40
50	28.0	29.7	32.4	34.8	37.7	42.9	49.3	56.3	63.2	67.5	71.4	76.2	79.5	50
60	35.5	37.5	40.5	43.2	46.5	52.3	59.3	67.0	74.4	79.1	83.3	88.4	92.0	60
70	43.3	45.4	48.8	51.7	55.3	61.7	69.3	77.6	85.5	90.5	95.0	100.4	104.2	70
80	51.2	53.5	57.2	60.4	64.3	71.1	79.3	88.1	96.6	101.9	106.6	112.3	116.3	80
90	59.2	61.8	65.6	69.1	73.3	80.6	89.3	98.6	107.6	113.1	118.1	124.1	128.3	90
100	67.3	70.1	74.2	77.9	82.4	90.1	99.3	109.1	118.5	124.3	129.6	135.8	140.2	100
Z_{α}	-2.58	-2.33	-1.96	-1.64	-1.28	-0.674	0.000	0.674	1.282	1.645	1.96	2.33	2.58	Z_{α}

Según los límites permisibles tanto del estándar de error sistemático como del estándar de error aleatorio, se llega a la conclusión final que se **SUPERA** el test de exactitud posicional EMAS.

– **TEST NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy)**

Procedimientos:

1. Seleccionar una muestra de, al menos, 20 puntos perfectamente definidos sobre la cartografía y sobre la fuente de mayor exactitud. Ver Tabla N° 23.
2. Detectar los errores previos de inconsistencia, signos. Ver Tabla N° 24.
3. Calcular el RMSE, para las componentes X e Y.

De la Tabla N° 26, se discierne el error por cada Punto de Chequeo con la diferencia que se eleva al cuadrado para tener como resultado la Tabla N° 33.

Tabla N° 33:

Error medio cuadrático en la componente X e Y (planimétrica)

Error Medio Cuadrático en la componente X e Y		
Punto	X	Y
P-01	0.0425	0.1067
P-02	0.0025	0.0074
P-05	0.0051	0.0105
P-06	0.0005	0.0003
P-07	0.0262	0.0089
P-08	0.0096	0.0021
P-09	0.0137	0.0006
P-10	0.0008	0.0018
P-11	0.0016	0.0013
P-12	0.0068	0.0002
P-13	0.0028	0.0002
P-14	0.0019	0.0000
P-16	0.0063	0.0014
P-18	0.0002	0.0063
P-19	0.0001	0.0088
P-20	0.0017	0.0005
P-22	0.0000	0.0052
P-23	0.0006	0.0079
P-24	0.0039	0.0001
P-25	0.0003	0.0220
Promedio	0.0064	0.0096

4. Calcular el RMSE para la componente posicional (XY) se aplicó la Ecuación 06.

Ecuación 06: Calculo RMSE en la componente horizontal

$$RMSE_r = RMSE_X^2 + RMSE_Y^2$$

5. Calcular el coeficiente de exactitud posicional a un 95% de confianza dependiendo de dos opciones, aplicando la Ecuación 07.

Ecuación 07: Calculo del coeficiente de exactitud posicional al 95% en la componente Horizontal

a) Caso que $RMSE_X = RMSE_Y$:

$$Exactitud_r = 1.7308 * RMSE_r$$

b) Caso que $RMSE_X \neq RMSE_Y$:

$$Exactitud_r = 1.22385 * (RMSE_X + RMSE_Y)$$

En la Tabla N° 34, se muestra los resultados del coeficiente de la exactitud posicional, que se encuentra dentro del rango de aceptación.

Tabla N° 34:

Resultado del coeficiente de exactitud posicional

0.0797	0.0980
EMC_x	EMC_y
$EMC_x \neq EMC_y$ $EMC_{min}/EMC_{max} = 0,8133$ $0,6 < EMC_{min}/EMC_{max} < 1,0$	
NSSDA_H (m)	0.2176

6. Junto a la leyenda del mapa deberá aparecer alguno de los siguientes textos:

Comprobado para ___ metros de exactitud horizontal al 95% de nivel de confianza.

Comprobado para ___ metros de exactitud vertical al 95% de nivel de confianza.

Compilado para ___ metros de exactitud horizontal al 95% de nivel de confianza.

Compilado para ___ metros de exactitud vertical al 95% de nivel de confianza.

Este test, a diferencia de los dos anteriores, permite al usuario establecer el límite de aceptación en función a sus necesidades. En este caso, se ha calculado el error de la muestra en 0.2176 m según un nivel de confianza del 95%.

Según el valor del error, podríamos emplear nuestra ortofoto para una escala 1/1000, aunque también podríamos usar a escalas mayores, según el usuario del producto lo crea oportuno.

En la Figura N° 32, es el resultado del ortomosaico. Luego se realiza el proceso de edición para mejorar su visualización como en el ejemplo de las siguientes figuras, en donde se suprimieron los vehículos y otros objetos móviles para dejar lo más posible limpio el ortomosaico final. Ver Figura N° 33.

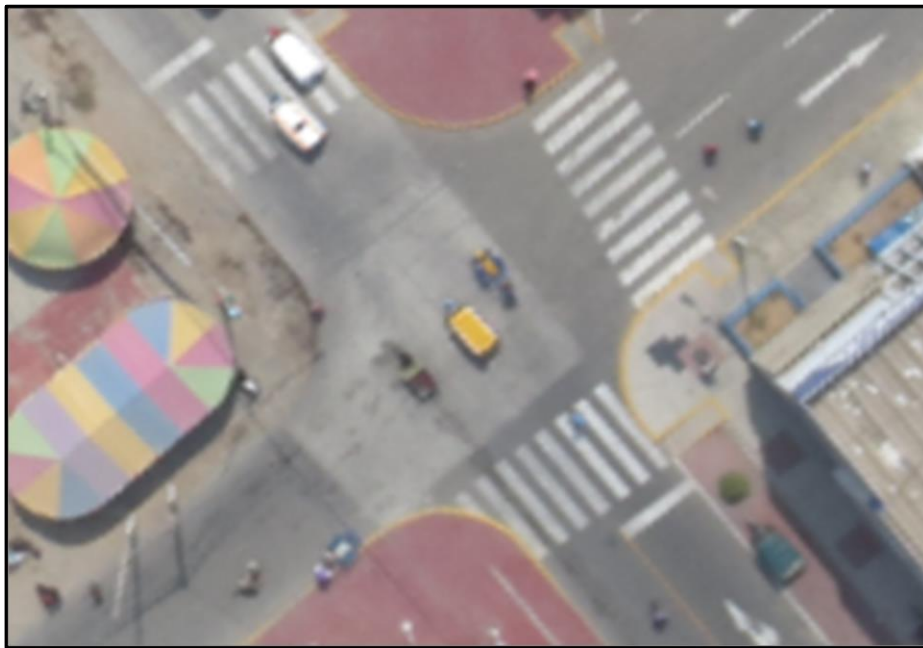


Figura N° 32: Porción de Ortomosaico (Sin Editar)

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D



Figura N° 33: Porción de Ortomosaico (Editado)

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

Por último, obtenemos nuestro ortomosaico final del área del Proyecto Piloto a una resolución espacial de **5 cm/px**, recortada según nuestra área efectiva de trabajo (área del proyecto piloto). Ver Figura N° 34.



Figura N° 34: Ortomosaico Final del Proyecto Piloto (5 cm/px)

Fuente: Reporte del procesamiento del proyecto en Pix4D.

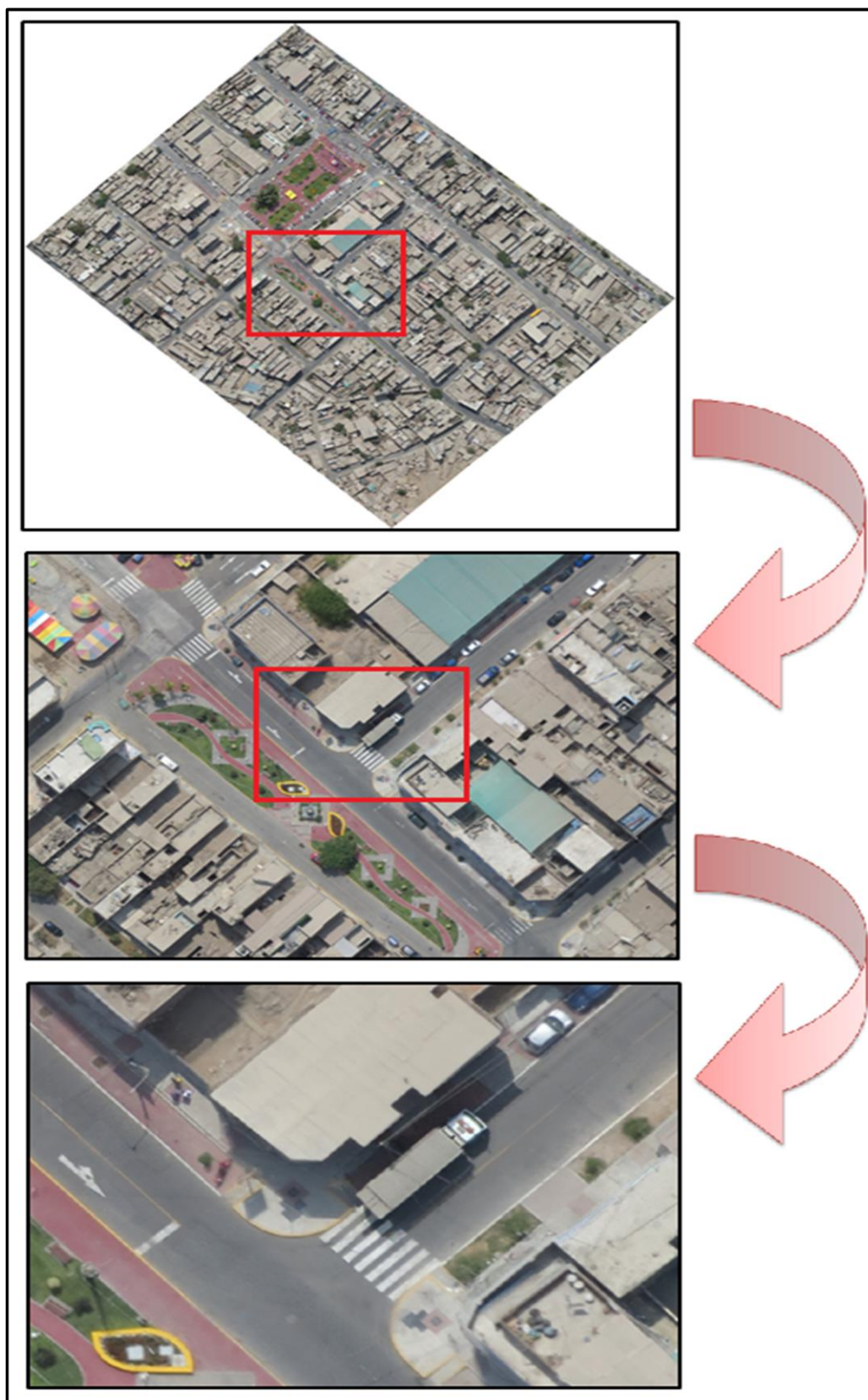


Figura N° 35: Nivel de detalle de la Alta Resolución Espacial del Ortomosaico Final según diversos niveles de Zoom

Fuente: Ortofoto Final obtenida en Pix4dMapper.

5.1. DISCUSION DE RESULTADOS

1. Según el Trabajo Fin de Grado “*Control Posicional estadístico de productos fotogramétricos de la explotación minera de La Parrilla*” de Galván Rangel, José Manuel, Universidad de Extremadura, España; podemos mencionar que nuestros resultados fueron satisfactorios en comparación a los resultados de esta tesis, ya que logramos superar los test NMAS y EMAS hasta una escala de 1/500 y el test NSSDA para una escala 1/1000. En la tesis de la Universidad de Extremadura no se lograron superar los test EMAS ni NSSDA en la componente X e Y (planimetría), según mi opinión, debido a diversos factores tales como:

- Haber utilizado unos recubrimientos bajos de superposición entre imágenes al momento de volar el VANT (UAV), los cuales fueron de 70% el longitudinal y 40% en lateral (3.3 *Planificación del vuelo fotogramétrico*, pag. 30), lo cual nos proporciona una menor redundancia de datos, es decir, que un mismo punto del terreno representado como un pixel, se vea solo en unas cuantas imágenes, lo cual disminuye la cantidad de datos para lograr una buena calidad posicional. Cabe mencionar que la resolución espacial de la ortofoto obtenida es igual al de la presente tesis, de 5 cm/px.
- En la presente tesis, el vuelo fotogramétrico con VANT se realizó con 80% y 70% de recubrimiento longitudinal y lateral, respectivamente, lo cual aporta mayor redundancia de datos al momento del procesamiento de las imágenes.
- Realizar una planificación de vuelo tradicional (similar a los vuelos con avioneta tripulada) (Figura N° 3-2, 3.3 *Planificación del vuelo fotogramétrico*), lo cual también no ayuda a redundar en la obtención de datos del terreno.
- En la presente tesis, se realizó un vuelo en forma cuadrangular, con lo que obtenemos mayor cantidad de imágenes desde distintos puntos de perspectiva para las mismas porciones del terreno.

- El hecho de haber utilizado placas metálicas con huecos en las diagonales, dejando un pequeño espacio en el centro, induce a aumentar el error. El modelo de la plantilla utilizada fue la siguiente, ver Figura N° 36.

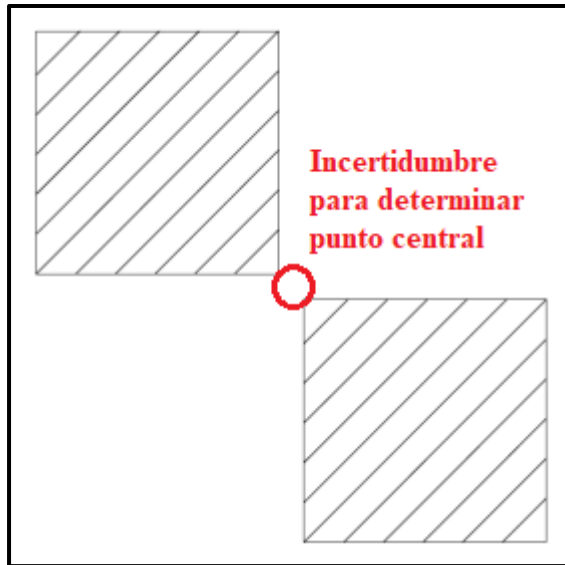


Figura N° 36: Plantilla para el apoyo y distribución del apoyo fotogramétrico

Fuente: Control Posicional estadístico de productos fotogramétricos de la explotación minera de La Parrilla” de Galván Rangel, José Manuel, Universidad de Extremadura, España, pag. 30.

- En el caso de la presente tesis se tomaron como puntos, zonas de intersecciones o esquinas de martillo de vereda lo cual disminuye la incertidumbre al ser un punto único en la fotoidentificación.
- Sumado a esto, está que los bloques fueron pintados de diversos colores, entre ellos, blanco, un color altamente reflectante, que según experiencia propia realizando vuelos con VANT, he podido determinar que no es un buen color para determinar un punto en concreto ya que combina a los píxeles contiguos y es difícil de notar su forma verdadera en la fotografía.
- El tiempo de lectura de sus puntos de control y chequeo fue de 20 minutos (*3.4 Distribución del Apoyo Fotogramétrico, pag. 31*), lo cual implica una menor precisión en la obtención de las coordenadas, ya que podríamos decir que al ser la resolución de la ortofoto 5 cm/px, lo cual nos da la misma tolerancia de error, que fácilmente superable por un GPS diferencial,

también debe considerarse que dichos puntos hayan estado ubicados en puntos sin obstrucciones y libres de superficies reflectantes que causan interferencia y el efecto multitrayectoria, así como la menor cantidad de satélites disponibles para la captura de información satelital.

- En el caso de la presente tesis, se realizó levantamiento con receptores geodésicos de última generación (GPS diferencial de doble frecuencia) durante el lapso de 1 hora, para obtener mayor cantidad de información satelital y así poder depurar la información que llega sucia (interferencia) y así obtener resultados óptimos.

En la Tabla N° 35, se observa que en cuanto a la planimetría se supera en presente Test en las escalas indicadas al igual que en el caso de la presente tesis.

Tabla N° 35:

Resultado del test NMAS considerando 22 puntos de chequeo

Escala	Planimetría	Altimetría
1/500	Si	No
1/1000	Si	No
1/2000	Si	Si
1/2500	Si	Si
1/3000	Si	Si
1/5000	Si	Si

En la Tabla N°36, podemos observar que al 95% de confianza, no se logra superar el presente test en la componente X. En el caso de la presente tesis sí se logra superar el test tanto en la componente X como Y.

Tabla N° 36:

Resultado del test EMAS considerando 22 puntos de chequeo

Intervalo de Confianza	X	Y	Z
90%	No	Si	No
95%	No	Si	No
99%	Si	Si	No
99.5%	Si	Si	No
99.75%	Si	Si	No
99.9%	Si	Si	No

En la Tabla N° 37, podemos apreciar que para escalas grandes de 1/500 y 1/1000 no se logra superar el presente test respecto a la planimetría. En el caso de la presente tesis, el test se logra superar para una escala de 1/1000 (más no para 1/500).

Tabla N° 37:

Resultado del test NSSDA considerando 22 puntos de chequeo

Escala	Planimetría	Altimetría
1/500	No	No
1/1000	No	No
1/2000	Si	No
1/2500	Si	Si
1/3000	Si	Si
1/5000	Si	Si

- Podríamos decir que obtuvimos mejores resultados respecto a la tesis en mención, debido a los factores explicados líneas arriba, y a esto podríamos agregarle que la metodología que sugieren estos test respecto a la distribución de puntos es que sea lo más equidistante posible, lo que se puede apreciar que no se cumplió del todo en la tesis discutida.



Figura N° 37: Puntos de apoyo

Fuente: Control Posicional estadístico de productos fotogramétricos de la explotación minera de La Parrilla” de Galván Rangel, José Manuel, Universidad de Extremadura, España, pag. 39.

2. Respecto al artículo “*Positional Quality Assessment of Orthophotos Obtained from Sensors Onboard Multi-Rotor UAV Platforms*” de Francisco Javier Mesas-Carrascosa, Inmaculada Clavero Rumbao, Alfonso García-Ferrer Porras (Universidad de Córdoba, España) y Juan Alberto Barrera Berrocal (Universidad de Concepción, Chile), los resultados de este trabajo superan todos los test de control posicional de las principales Agencias Nacionales de Cartografía al igual que en la presente tesis.

Esto es principalmente debido a los siguientes factores:

- Que su área de trabajo fue un terreno de baja dificultad de levantamiento ya que comprendía una carretera con una suave pendiente (2.1. *Descripción del sitio de estudio y campañas aerotransportadas, pag. 3*) en comparación al área de estudio de esta tesis que comprende netamente una zona urbana con edificaciones que generan mayores dificultades para obtener los resultados debido al desnivel de las diversas alturas de las viviendas respecto al suelo.

- Por otra parte, usaron una metodología de trabajo muy correcta y similar a este proyecto, planificando obtener una ortofoto con una resolución espacial de 5 cm/px y en cuanto a la planificación de vuelo, ésta fue de una sola línea y con un recubrimiento longitudinal de 70%.
- Respecto al levantamiento GPS, se utilizó el método estático rápido, dándole un tiempo de 15 minutos por cada punto, tiempo menor a la lectura GPS para esta tesis (1 hora por cada punto), pero lo compensaron colocando una mayor cantidad de puntos de control (8 puntos) y chequeo (50 puntos). Ver Figura N° 38. Utilizaron la correcta metodología para la disposición de los puntos de chequeo en campo para la aplicación de los test de calidad posicional (más de 20 puntos de chequeo, equidistancia entre los puntos aproximadamente de 10% de la diagonal del área de trabajo y que cada uno de los 4 cuadrantes contenga más del 20% del total de puntos).

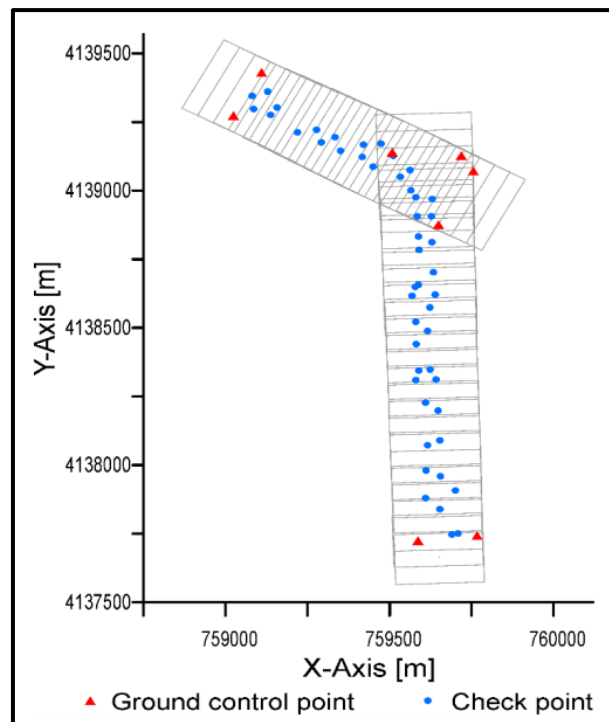


Figura N° 38: Distribución de Puntos de Control en Tierra y Puntos de Chequeo

Fuente: “Positional Quality Assessment of Orthophotos Obtained from Sensors Onboard Multi-Rotor UAV Platforms” de Francisco Javier Mesas-Carrascosa, Inmaculada Clavero Rumbao, Alfonso García-Ferrer Porras (Universidad de Córdoba, España) y Juan Alberto Barrera Berrocal (Universidad de Concepción, Chile), pag. 5.

- Finalmente, al realizar los test de control posicional, se superó ampliamente el test NMAS, logrando obtener una ortofoto para su uso hasta una escala máxima de 1/250.
- Para el test EMAS, a un 95% de confianza, la escala 1/1000 fue la más alta que cumplió los requisitos exigidos (prueba del Chi-cuadrado)
- Se puede mencionar que respecto al test NSSDA se logró superar el test para una escala mayor (1/500) respecto a la presente tesis debido principalmente a un factor muy importante que fue el empleo de una mayor cantidad puntos de control y chequeo. En esta tesis se tuvo que usar el mínimo de puntos de chequeo (20 puntos) para cumplir lo que recomienda la metodología de los test, por un tema netamente económico, ya que esto implicaba arrendar receptores geodésicos por más días.
- En cuanto al test EMAS solo se logró superar el test solo para una escala máxima de 1/1000 (en el caso de esta tesis se superó el test para una mayor escala, 1/500).
- Para el último test NSSDA, no se logra superar el test para el uso de la ortofoto a escala 1/500 por un pequeño margen de error, por lo que se recomienda usarlo a escala 1/1000, aunque quien finalmente decidirá su aprobación es el mismo usuario según sus necesidades y aplicaciones de dicho producto. Ver Tabla N° 38.

Tabla N° 38:

Resumen de resultado para cada prueba de Calidad Espacial.

Test	Result Quality Test
NMAS	1:250
EMAS	1:1000
NSSDA	0.144m



Para una escala 1/500 el error máximo debió ser 0.100m (No Supera).

- Por último cabe mencionar que en este artículo también se destaca los beneficios de los VANT (UAV) respecto a las alternativas convencionales en los costos de movilización, la flexibilidad, el número de días de vuelo operativos, su menor costo y el hecho de que se puede obtener una alta resolución temporal y espacial cuando sea necesario.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se elaboró el plan de vuelo en forma cuadricular y con altos porcentajes de recubrimiento entre fotos, lo que implicó un tiempo de vuelo total del VANT (UAV) de 20 minutos mediante la simulación de vuelo en el software eMotion2. Así mismo, nos permitió controlar con mayor precisión la trayectoria del VANT (UAV), y nos arrojó una bastante robusta para ajustar mejor el modelo una vez realizado el vuelo aerofotogramétrico.
- La monumentación y toma de datos de los puntos de control y chequeo se realizó sin interrupciones en la recepción de los GPS, obteniéndose coordenadas de alta precisión de dichos puntos, esto pudimos corroborar también en el reporte del post-proceso en el que se obtuvo valores de error muy bajos (milimétricos). En cuanto a la seguridad de los profesionales y los equipos no hubo inconveniente ya que se contó con personal de seguridad.
- La ejecución del vuelo se realizó a baja altitud (120 m respecto a la altimetría del terreno) por lo tanto, las imágenes no fueron afectadas por las condiciones climáticas como nubes o lluvias. El despegue y aterrizaje del VANT (UAV) se realizó dentro de las instalaciones de la Institución Educativa Augusto B. Leguía, específicamente en la cancha deportiva de grass por ser una zona de mayor seguridad y de amplio espacio, lo cual fue un factor determinante para el exitoso inicio y culminación del vuelo fotogramétrico. Al sobrevolar con el VANT se dedujo que el solape entre las imágenes fuera de un recubrimiento lateral del 70% y un recubrimiento Longitudinal del 80% con la finalidad de tener una alta redundancia de datos, lo cual se vio reflejado en el resultado final del ortomosaico, el cual

tiene una buena apariencia y no zonas de arrastre de la imagen que es debido a vacíos de información en la nube de puntos.

- **Test NMAS:** A la vista de los errores horizontales, se verifica que ninguno de los puntos de control empleados como muestras para el presente test superan el error máximo tolerable (0,4250 m), lo cual indica que la ortofoto puede ser empleado con alta fiabilidad para trabajos a escala 1/500.
Cabe mencionar que este test es más limitado ya que no dispone de una medida de la exactitud de la muestra de puntos en la ortofoto, solo es discriminativo (supera, no supera).
- **Test EMAS:** El límite de error aceptable es definido por el usuario (en este caso es un error del 5% o, lo que es lo mismo, un nivel de confianza del 95%), por lo que los estándares de exactitud pueden definirse en base a las exigencias de aplicación que tenga el usuario.
También podemos notar que estos resultados contrastan con el test NMAS, en donde se alcanza con mayor facilidad el estándar de exactitud. En este caso, el test es más restrictivo.
El resultado de aplicar este test también nos indica que nuestra ortofoto puede ser empleado para trabajos a escala 1/500.
- **Test NSDDA:** Este método permite obtener un índice de calidad posicional en unidades reales (en nuestro caso metros) sobre el terreno, no indicando si el mapa es aceptado o rechazado, dejando la decisión al usuario, cosa que no sucedía en los test anteriores.
Aquí obtuvimos un error medio cuadrático para la componente planimétrica de 0.2176 m.
Es el cliente o empresa de cartografía es quien establece el límite de aceptación en función a sus necesidades, lo cual constituye una ventaja de este test.
Para este Test, podemos emplear nuestra ortofoto para trabajos a escala 1/1,000.

- Se propone el siguiente flujo de trabajo para levantamiento aerofotogramétrico con VANT (UAV) en el que se incluye la aplicación de al menos uno de los test de Control Posicional:
 - Reconocimiento de Campo para el área de trabajo.
 - Elaboración del Plan de Vuelo en Gabinete.
 - Monumentación y lectura de Datos en los puntos de Control y Chequeo.
 - Ejecución del Vuelo Aerofotogramétrico.
 - Procesamiento de los datos geoespaciales (imágenes aéreas y data de los GPS diferencial).
 - Generación de los productos cartográficos (Ortofotos, Modelo de Elevación Digital, Curvas de Nivel, entre otros).
 - Aplicación del test de Control Posicional (NMAS, EMAS y NSSDA).
 - Distribución Confiable del producto al usuario final.

6.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario, para este tipo de trabajos, contar con ordenadores de mayores prestaciones ya que el procesamiento de la gran cantidad de imágenes obtenidas mediante VANT (UAV) consumen demasiados recursos, lo cual puede generar problemas con el uso de máximo de memoria RAM.
- Se recomienda una visita previa para reconocimiento de campo para establecer los puntos donde se hará la lectura con el GPS diferencial, ya que puede que el terreno haya cambiado respecto a nuestra imagen de referencia (sea Google Earth, Bing Maps o el propio Street View).
- Quizás al dar un recubrimiento mayor entre imágenes (por ejemplo, 90% longitudinal y 80% lateral) hubiéramos obtenidos valores aún más precisos, lo cual dejamos como un tema de tesis para una zona aún más complicada de levantar.
- Para mejorar aún más los resultados e incluso generar modelos virtuales del terreno sobrevolado es recomendable trabajar con 2 tipos de vehículos aéreos no tripulados (VANT), uno de tipo Ala Fija y otro de tipo Ala Rotatoria ya que de esa forma se pueden complementar en el proceso de obtención de imágenes aéreas. Mientras el primero hace un barrido rápido y continuo del terreno, el segundo puede tomar imágenes oblicuas de una misma estructura (lote, manzana, etc.) para que durante el procesamiento de los datos se tenga una suficiente redundancia de datos y se genere una nube de puntos altamente densa y sobre todo sin dejar vacíos que muchas veces es ocasionado por fotos tomados en un mismo ángulo (como en el caso del ala fija que hace tomas nadirales).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ariza F. (2002). *Calidad en la producción cartográfica*. Jaén - España: RA-MA EDITORIAL.
- Ariza F., García J., Amor R. (2004). *Casos prácticos de calidad en la producción cartográfica*. Jaén - España: Universidad de Jaén, servicio de publicaciones e intercambio.
- Ariza F., Atkinson A. (2006). *Metodologías de Control Posicional: Visión General y Análisis Crítico*. Jaén – España: Obtenido de http://coello.ujaen.es/investigacion/web_giic/SubWeb_Giic_PNCPos/Ficheros_WebPNCpos/INFORME_AENOR_MCP_VisionGenral_ACritico.pdf
- Atkinson A, (2003). *Estudio Teórico para el Control Posicional en Imágenes de Teledetección Georreferenciadas*. Cáceres – España: Universidad de Extremadura. Obtenido de <http://www.aet.org.es/congresos/x/cac51.pdf>
- Atkinson G., García J., Ariza F. *Los diferentes test para el control de calidad posicional en cartografía*. Cáceres – España: Universidad de Extremadura. Obtenido de: https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/483817/mod_resource/content/1/Calidad%20Cartogr%C3%A1fica.pdf
- Atkinson A. (2005). *Tesis Doctoral: Control de Calidad Posicional en Cartografía: Análisis de los principales estándares y propuestas de mejora*. Jaén - España: Universidad de Jaén.
- Consejería de Economía y Hacienda. (2015). *Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*. Madrid – España: Obtenido de: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Los-Drones-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieria-civil-fenercom-2015.pdf>
- Gallardo V. (2006). *Estudio de viabilidad de aplicaciones de observación aérea con UAVs y elaboración de un plan de empresa*. Catalunya – España: Obtenido de:

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3604/55726-1.pdf?sequence=1>

M. Sc. Ing. Fabián D. Barbato. *Control de Precisión Posicional de la Cartografía Base de la Intendencia Municipal de Montevideo – Uruguay*. Montevideo, Montevideo – Uruguay: Universidad de la República/UDELAR. Obtenido de:

http://intgis.montevideo.gub.uy/sit/data/otros_doc_y_proy/MRGMVD2004_barbato_qc_cartog.pdf

Márquez, Mora P. *Los drones en la Cartografía Automática y la generación de la nube de puntos II*. 1er Congreso Nacional de Geomática. Venezuela: Obtenido de:

<http://www.mecinca.net/Presentaciones/DronesFotoAutoNube.pdf>

Méndez R., López C. *Evaluación de exactitud posicional horizontal y vertical de la Cartografía Oficial a escala 1:50,000*. I Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales. Uruguay: Obtenido de: http://www.thedigitalmap.com/~carlos/papers/rep10_3/EvaluacionDeExactitudPosicionalHorizontalYVerticalDeLaCartografiaOficial.pdf

R. Mora Fernández de C. (2010). *Producción de productos cartográficos: MDT y ortofoto a partir de imágenes capturadas por un vehículo UAV*. Salamanca – España: Obtenido de: https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/119810/1/TFM_MoraFernandezdeCordobaR_Generacion.pdf

Sani J., Morillo A., Tierra A. (2014). *Vehículos aéreos no tripulados – UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia SIRGAS – Ecuador*. Simposio SIRGAS 2014. La Paz – Bolivia: Obtenido de:

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol19/62_Sani_et_al_2014_UAV.pdf

Sevilla M. (1991). *Criterios de precisión cartográfica*. Instituto de Astronomía y Geodesia (Centro Mixto C.S.I.C. – U.C.M.). Madrid – España: Obtenido de: http://digital.csic.es/bitstream/10261/24368/1/N182_1991.pdf

SenseFly Ltd. (2014). *Extended User Manual, eBee and eBee Ag*. Obtenido de: [http://95.110.228.56/documentUAV/drone%20manual/\[ENG\]_2014_Extended_User_Manual_eBee_and_eBee_Ag_v12_1.pdf](http://95.110.228.56/documentUAV/drone%20manual/[ENG]_2014_Extended_User_Manual_eBee_and_eBee_Ag_v12_1.pdf)

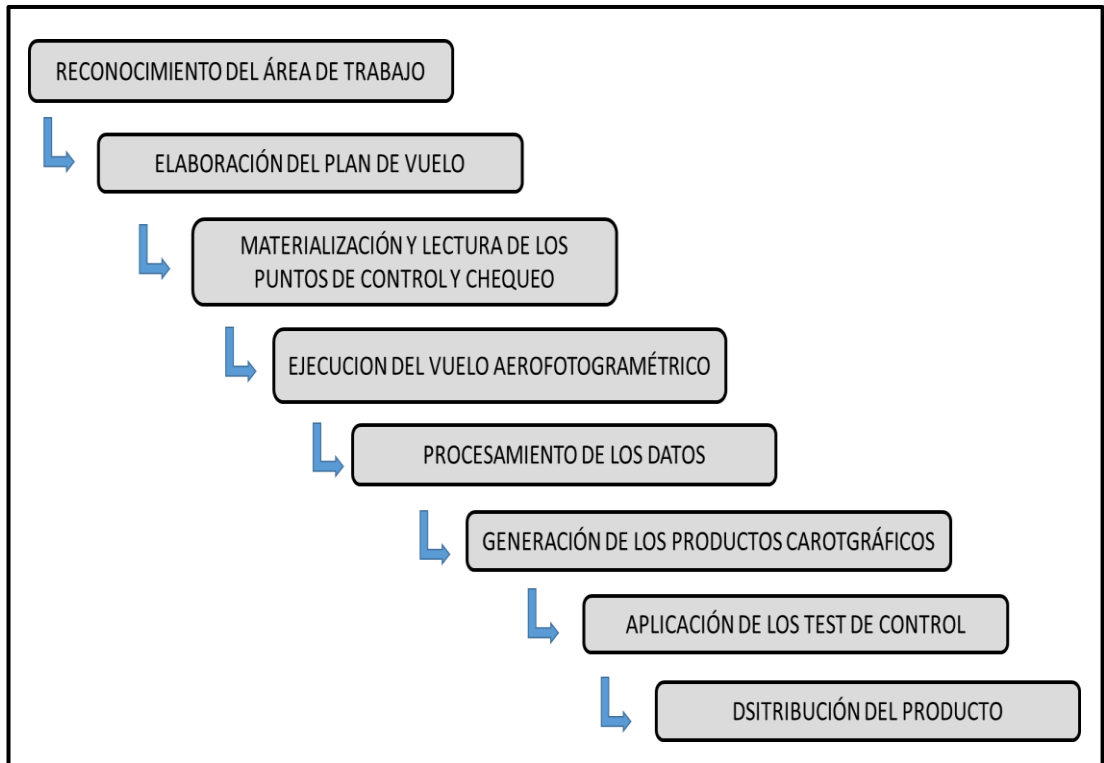
UAV BLACKBIRD S.L. *Aplicaciones Cartográficas*. Congreso sobre los drones aplicados a la ingeniería civil. Madrid – España: Obtenido de: https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/15-03-17%20Drones/06_Aplicaciones_cartograficas_UAV_BLACKBIRD

ACRÓNIMOS

ASCI	Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.
ASP	Sociedad Americana de Fotogrametría.
BDG	Base de datos geográficos, geoespacial, datos geográficos, datos SIG.
CEN	Comité Europeo de Normalización.
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil.
EMAS	Engineering Map Accuracy Standard.
ERP	Estación de Rastreo Permanente.
GNSS	Global Navigation Satellite System.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
ISO	Organización Internacional de Estandarización.
MDE	Modelo digital de elevación.
MDT	Modelo digital del terreno.
NGA	National Geospatial Intelligence Agency
NMAS	National Map Accuracy Standard.
NSSDA	National Standard for Spatial Data Accuracy
NTC	Norma Técnica Complementaria.
PFCH	Puntos de apoyo.
RMSE	Error Medio Cuadrático.
RPA	Remotely Piloted Aircraft.
SGC	Sistema de Gestión de la Calidad.
SIG	Sistema de Información Geográfico.
VANT	Vehículo Aéreo no tripulado.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle.
USGS	United States Geological Survey.
UTM	Universal transversal Mercator.
WGS84	World Geodetic System 1984.

ANEXOS

A. Diagrama de flujo de trabajo



B. Características Técnicas del VANT (UAV)

<u>CARACTERISTICAS DEL VANT</u>	
HARDWARE	
Envergadura:	96 cm
Material:	Espuma de polipropileno expandido (EPP)
Propulsión:	Hélice propulsora eléctrica
Peso:	700 g (incluida la cámara)
Cámara:	S110 12.1 MP
FUNCIONAMIENTO	
Autonomía de vuelo:	45 min
Alcance de señal de radio:	3 km
Velocidad de crucero:	40-80 km/h (11-23 m/s)
Tamaño de píxel:	Hasta 3 cm/px
Sistema de despegue y aterrizaje:	Lanzado con las manos (despegue) y Lineal o circular (aterrizaje).

C. Características Técnicas del GPS diferencial del modelo GCX2 de la marca Sokkia

GENERAL	
Peso:	375 g
Dimensiones:	47 x 184.5 x 47 mm

CAPACIDAD DE SEGUIMIENTO	
Número de canales:	226 canales
Señales de satélites seguidas:	GPS (L1 C/A, L1C, L2P, L2C), GLONASS (L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P), SBASS (L1 C/A WAAS/MSAS/EGNOS), QZSS (L1 C/A, L1C, L2C) y GAGAN.
Tipo de antena:	Integrada

MANEJO DE DATOS	
Memoria:	Interna de 8 GB
Salida de datos en tiempo real:	TPS, RTCM SC104, CMR/CMR+
Salida ASCII:	NMEA 0183
Puertos de comunicación:	Bluetooth y dispositivo USB 2.0

RESULTADO DE MEDICIONES Y PRECISIONES	
Estático (L1 + L2):	H (3 mm + 0.5 ppm), V (5 mm + 0.5 ppm)
RTK (L1 + L2):	H (10 mm + 1.0 ppm), V (15 mm + 1.0 ppm)
DGPS:	H (0.4 m), V (0.6 m)
SBAS:	H (1 m), V (1.5 m)

FUENTE DE ALIMENTACIÓN	
Tipo de batería:	Interna (no extraíble)
Tiempo de funcionamiento:	Hasta 12 horas

D. Parámetros del GPS diferencial del modelo GCX2 de la marca Sokkia

PARAMETROS GPS	VALOR
<i>General</i>	
Ángulo de elevación de la máscara	10 °
Tipo de efemérides	Transmitidas
Tipo de solución	Automático
Tipo GNSS	Automático
Tiempo de captura de señal satelital	1 hora
Método de Levantamiento GPS	Diferencial Estático
<i>Estrategia</i>	
Frecuencia	Automático
Fijar ambigüedades hasta	110 km
Intervalo de muestreo	Usar todas
Modelo ionosféricos	Automático
Modelo estocástico	Sí
Distancia mínima	8 km
<i>Resultados avanzados</i>	
Valores DOP, Azimut/Elevación	Sí
Intervalo DOPs/Azimut/Elevación	2-4
<i>Procesamiento Automático</i>	
Intervalo de captura de datos	5 segundos
Longitud máxima de línea base	20 km
Modo de procesamiento	Todas las líneas base
Criterio de selección automática	Hora
Sesión por sesión	No
Calcular nuevamente líneas base ya calculadas	No

E. Ficha Técnica de la Estación de Rastreo Permanente LI02



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS PERMANENTE

0. FORMULARIO

Preparado por	Centro de Procesamiento Geodésico
Creado	12 de octubre de 2010
Actualizado	24 de febrero de 2016

1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS

Nombre de la estación	Ancón
Código de identificación	LI02
Código internacional	42243M001
Inscripción del monumento	Placa de Bronce
Área a cargo del mantenimiento	Centro de Procesamiento Geodésico
Orden de la estación	0
Información adicional	Esta estación forma parte de la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Centro de Procesamiento Geodésico, Dirección de Geodesia, Dirección General de Cartografía del Instituto Geográfico Nacional.

2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN

Distrito	Ancón
Provincia	Lima
Departamento	Lima
Información sobre el monumento	La antena del receptor está instalada en un monumento de concreto de 1.80 m de alto y 30 cm x 30 cm de ancho, de color blanco. Se encuentra en el techo del segundo piso de las instalaciones de la Escuela de Supervivencia de la Fuerza Aérea del Perú, Base de Ancón.
Información del receptor	El receptor se encuentra en la Oficina de Sistemas y Telecomunicaciones de la mencionada institución.




ENCUENTRO: ING CELYCIÓN RODRÍGUEZ, ROSSMERY



FECHA: 31/09/2017 11:55 a.m. FACTURA N° 001 -0152001



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN

Sistema de referencia: GRS80/ WGS84

Marco de referencia: ITRF2000

3.1. GEODÉSICAS



Latitud (S)	Longitud (O)
11° 46' 11.86835"	77° 10' 20.48498"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
36.43655	1.00029303

3.2. CARTESIANAS



X (m)	Y (m)	Z (m)
1386494.6993	-6089079.7139	-1292508.5224

3.3. UTM



Norte (m)	Este (m)
8697967.3875	263268.2247
Zona: 18 Sur	

4. DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN



CROQUIS	VISTA DEL MONUMENTO

ESDABHO ING CIACÓN RODRÍGUEZ, ROSSABRY

FECHA: 31-08-2017 11:55 am FACTURA N° 001-015204



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



5. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

5.1. RECEPTOR

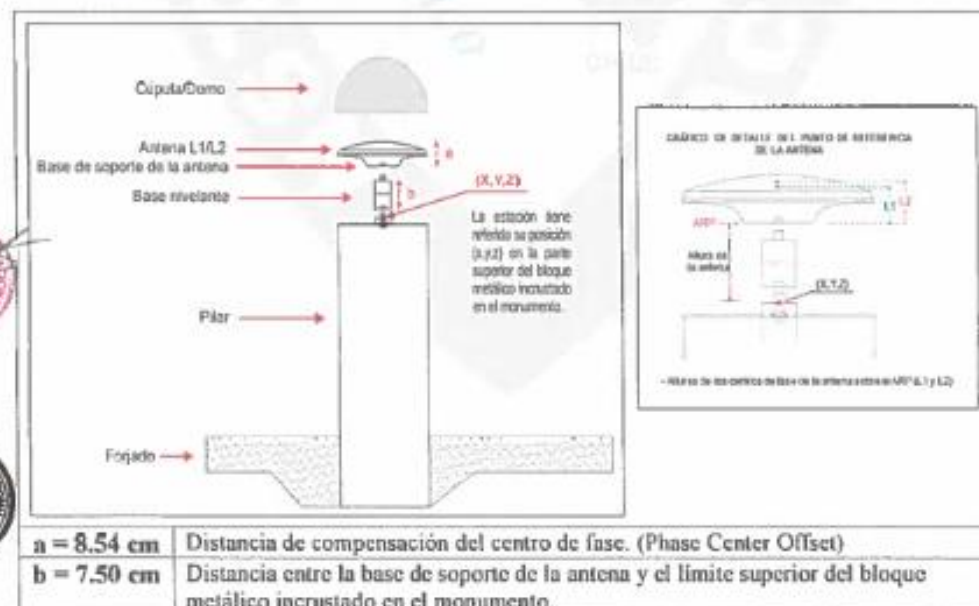
Tipo	Trimble NET R8
Nº de serie	4906K34477
Versión del firmware	4.85
Fecha de instalación	Diciembre de 2009

5.2. ANTENA

Tipo	Antena Zephyr Geodetic 2
Nº de serie	1440921021
Cubierta protectora	Con domo (TZGD)
Altura (m)	0.0750
Medición de la antena	Base de soporte de la antena (Punto de referencia de la antena - ARP)
Fecha de instalación	Diciembre de 2009

ESQUEMA DE LA ANTENA

6.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA

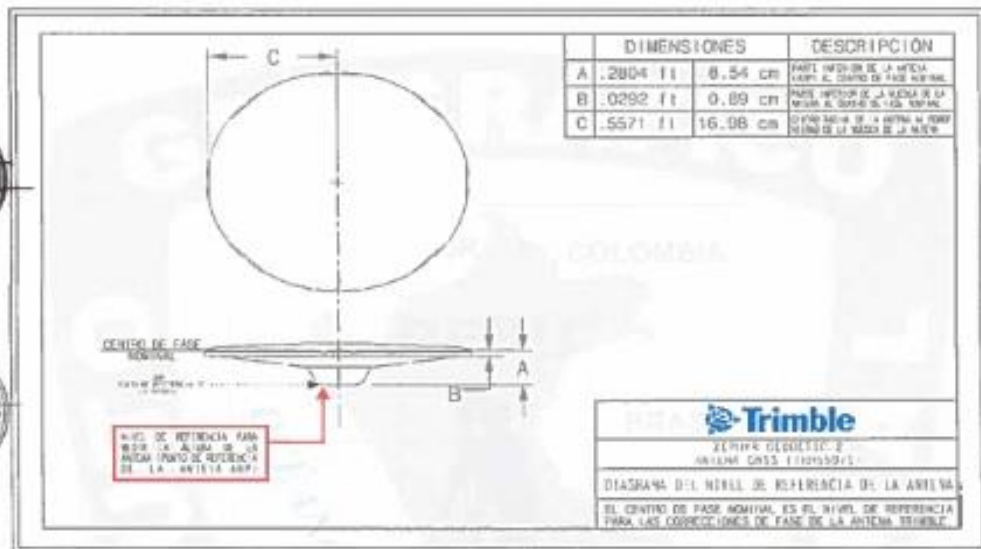




INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



6.2. ESQUEMA DE LA ANTENA



INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO



Observables	L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro	5 seg.
Mascara de elevación	5°
Archivo diario	Si
Formato de archivo nativo	*.T01, *.dat
Periodo de toma de datos para el procesamiento	07 al 20 de julio de 2015
Tipo de órbita (Efemérides)	Efemérides precisas
Formato de archivo procesado	Rinex V2.11
Software utilizado	Gami/Globk V 10.6
Autor	Fis. Mario César Mendoza del Aguila
Revisado por	Cap. José Ramón Chure Chira




8. CONTACTOS

Oficina	Centro de Procesamiento Geodésico
Dirección	Av. Aramburú 1190 Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono	4753030 / 4759960
Correo	cpg@ign.gob.pe




F. Ficha Técnica de los Puntos de Control




 Universidad Nacional Federico Villarreal	FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 001-2018
			V.01 (Marzo 2018)
IDENTIFICACION: P-01	PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT		
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:	LIMA LIMA PUENTE PIEDRA	ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN		PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO		ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S) <i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>	COORDENADAS UTM (Zona 18 S) <i>263268.2246 E</i> <i>8697967.3876 N</i>	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) <i>36.4366</i> ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) <i>13.009</i>
	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S) <i>Lat. 11°52'01.43576"</i> <i>Long. 77°04'44.16116"</i>	COORDENADAS UTM (Zona 18 S) <i>273533.0868 E</i> <i>8687300.7609 N</i>	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) <i>207.7024</i> ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) <i>183.328</i>
CROQUIS DE UBICACIÓN:		FOTOGRAFIA:	
			
UBICACIÓN: Calle J. Galvez 335			
DESCRIPCIÓN: Vértice del jardín, al costado de la rampa de Salida - Ingreso a la Chicharronería "Esencia". Lado izquierdo del frontis del establecimiento aproximadamente 10 m. de la Compañía de Bomberos Puente Piedra 150.			
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque	Fecha de medición: 22 de Febrero de 2018

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 002-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-02		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		36.4366
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	Lat. 11°51'59.09222" Long. 77°04'43.08207"		273565.2151 E 8687373.0322 N		207.6433
CROQUIS DE UBICACIÓN:					FOTOGRAFIA:
					
UBICACIÓN:					
Calle La Victoria en frente del Colegio Parroquial Sagrados Corazones					
DESCRIPCIÓN:					
Buzón de desague en la parte central de la pista.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		22 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 003-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-03		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 208.0829
	Lat. 11°51'57.40660" Long. 77°04'40.01408"		273657.7023 E 8687425.5319 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 183.6852
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Av. Buenos Aires 341 (Portón PNP-Puente Piedra)					
DESCRIPCIÓN: Vértice de área de jardín con rampa de ingreso-salida vehicular.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		22 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal	FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 004-2018
			V.01 (Marzo 2018)
IDENTIFICACION: P-04	PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT		
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:	LIMA LIMA PUENTE PIEDRA	ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN		PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO		ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>	263268.2246 E 8697967.3876 N	ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 207.2376
	<i>Lat. 11°52'03.95876"</i> <i>Long. 77°04'44.67121"</i>	273518.2256 E 8687223.1026 N	ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.8692
CROQUIS DE UBICACIÓN:		FOTOGRAFIA:	
			
UBICACIÓN: Av. Republica de Venezuela intersección con Jr. Castilla; al inicio de la cuadra 02.			
DESCRIPCIÓN: Vértice extremo de Martineo junto al inicio de la rampa peatonal.			
Operador:	Responsable de Campo:	Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance	Ing. Wilson Lopez Tunque	22 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 005-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-05		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 207.0722
	Lat. 11°52'02.67137" Long. 77°04'42.86810"		273572.5133 E 8687263.0774 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.6943
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Cruce de la Calle José Galvez con la Av. República Venezuela.					
DESCRIPCIÓN: A media cuadra de la plaza de Armas de puente Piedra.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 22 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 006-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-06		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		36.4366 ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	Lat. 11°52'00.49590" Long. 77°04'41.52903"		273612.5502 E 8687330.2416 N		207.7455 ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 183.3588
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Esquina Calle La Victoria con Calle Venezuela.					
DESCRIPCIÓN: En la esquina de la Parroquia (Santuario Divina Misericordia) -CEO (Sagrados Corazones).					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 22 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 007-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-07		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>		<i>263268.2246 E</i> <i>8697967.3876 N</i>		36.4366
				ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008)	
				13.009	
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	<i>Lat. 11°51'57.63766"</i> <i>Long. 77°04'42.13129"</i>		<i>273593.6634 E</i> <i>8687417.9521 N</i>		207.9316
				ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008)	
				183.5431	
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Calle Sucre N° 340.					
DESCRIPCIÓN: Vértice formado por pista y rampa de ingreso a la Portada de vivienda N° 340.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		22 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 008-2018
IDENTIFICACION: P-08		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT		
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA		
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"	263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 208.3234
	Lat. 11°51'59.55478" Long. 77°04'38.26415"	273711.1681 E 8687359.9038 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 183.9217
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:
				
UBICACIÓN: Plaza de Armas de la Municipalidad de Puente Piedra.				
DESCRIPCIÓN: Esquina del peldaño a la entrada a la plaza (por parábola de concreto) al frente de la entrada a la municipalidad. Terreno plano con piso, sin construcción.				
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		22 de Febrero de 2018




 Universidad Nacional Federico Villarreal	FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 009-2018
			V.01 (Marzo 2018)
IDENTIFICACION: P-09		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT	
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA	ORDEN DEL PUNTO CONTROL
TECNICA DE MEDICIÓN		PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO		ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>	263268.2246 E 8697967.3876 N	ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 208.9537
	<i>Lat. 11°51'57.76121"</i> <i>Long. 77°04'37.57198"</i>	273731.7103 E 8687415.1846 N	ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 184.5464
CROQUIS DE UBICACIÓN:		FOTOGRAFIA:	
			
UBICACIÓN: Av. Juan Lecaros (frente a la Pollería Mambos)			
DESCRIPCIÓN: Punto en esquina de Banco de la Vereda de la Av. Juan Lecaros.			
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque	
		Fecha de medición: 22 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 010-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-10		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366	
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>	263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009	
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.7382	
	<i>Lat. 11°52'04.79195"</i> <i>Long. 77°04'40.71888"</i>	273638.0601 E 8687198.3878 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.3546	
CROQUIS DE UBICACIÓN:			FOTOGRAFIA:		
					
UBICACIÓN: Jr. Jose Chavez N° 159					
DESCRIPCIÓN: Esquina de la berma del jardín colindante a la pista.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 26 de Febrero de 2018	


 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 011-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-11		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 207.2442
	Lat. 11°52'03.28286" Long. 77°04'39.94403"		273661.17 E 8687244.9441 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.8551
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Calle la Victoria N°375.					
DESCRIPCIÓN: Al frente de la Cooperacion Parroquial y la vivienda N° 375 en la berma central de la Calle La Victoria.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		22 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 012-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-12		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 207.3223
	Lat. 11°52'02.00808" Long. 77°04'37.84420"		273724.443 E 8687284.5979 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.9225
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Calle Leoncio Prado N° 145					
DESCRIPCIÓN: Frente al Restaurante "La Copa Vacía" y Portón del Colegio. Inicio de la esquina de rampa a entrada del colegio. .					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		26 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 013-2018 V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-13		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>		<i>263268.2246 E</i> <i>8697967.3876 N</i>		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 207.3821
	<i>Lat. 11°52'00.97620"</i> <i>Long. 77°04'36.23260"</i>		<i>273772.9926 E</i> <i>8687316.6761 N</i>		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.9741
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Esquina de la Av. Buenos Aires (Cuadra 02) con la Av. Leoncio Prado (Cuadra 01).					
DESCRIPCIÓN: Vértice de Martillo que está en la Av. Buenos Aires, frente a la vivienda N° 247.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 26 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 014-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-14		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>		<i>263268.2246 E</i> <i>8697967.3876 N</i>		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.6027
	<i>Lat. 11°52'05.78423"</i> <i>Long. 77°04'39.41584"</i>		<i>273677.7328 E</i> <i>8687168.1852 N</i>		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.2152
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Calle Alfonso Ugarte N° 251 intersección con la J. Galvez N° 103.					
DESCRIPCIÓN: Vértice de Pista con rampa para discapacitados.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		26 de Febrero de 2018	


 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 015-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-15		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 207.5743
	Lat. 11°52'04.75492" Long. 77°04'38.33509"		273710.2127 E 8687200.0646 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 183.1807
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Av. Victoria N° 301. Esquina CEPTRO Puente Piedra UGEL 04.					
DESCRIPCIÓN: Esquina de estación (elevado) de buzón de sedapal.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		26 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 016-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-16		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>		<i>263268.2246 E</i> <i>8697967.3876 N</i>		36.4366
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84)
	<i>Lat. 11°52'02.14812"</i> <i>Long. 77°04'35.03596"</i>		<i>273809.4855 E</i> <i>8687280.9279 N</i>		206.7462
CROQUIS DE UBICACIÓN:					FOTOGRAFIA:
					
UBICACIÓN:					
Intersección de Av. Buenos Aires (Cuadra 02) con la Calle A. Ugarte (Cuadra 01).					
DESCRIPCIÓN:					
Vértice de martillo que está en la Av. Buenos Aires, frente al Colegio Inicial Sarmiento.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		26 de Febrero de 2018	




 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 017-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-17		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.5743
	Lat. 11°52'09.70005" Long. 77°04'38.64642"		273701.9222 E 8687048.0083 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.1895
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Quiebre del Pasajes La Victoria					
DESCRIPCIÓN: Vértice interno de vereda de calle con vereda a ingreso de domicilio.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 28 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 018-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-18		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO:		LIMA		ORDEN DEL PUNTO	
PROVINCIA:		LIMA		CONTROL	
DISTRITO-LOCALIDAD:		PUENTE PIEDRA			
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.6189
	Lat. 11°52'05.57546" Long. 77°04'37.29426"		273741.9084 E 8687175.0807 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.2223
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Av. La Victoria N° 271.					
DESCRIPCIÓN: Intersección entre la vereda de paso y la pista de la Antigua Panamericana					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		26 de Febrero de 2018	



 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 019-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-19		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.8014
	<i>Lat. 11°52'04.60213"</i> <i>Long. 77°04'35.66317"</i>		273791.0612 E 8687205.3635 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 182.3965
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Pasaje La Vega frente al Lote N° 131,					
DESCRIPCIÓN: Esquina de la vereda colindante a la pista.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 28 de Febrero de 2018	



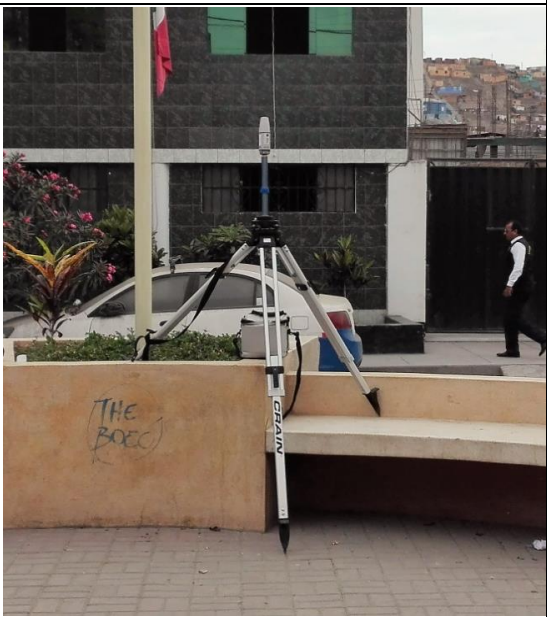
 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 020-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-20		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.3155
	Lat. 11°52'06.88528" Long. 77°04'35.76705"		273788.4397 E 8687135.1689 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 181.9145
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Calle Victoria N° 229 intersección con Jr. Progreso N° 180.					
DESCRIPCIÓN: Vértice externo de martillo en esquina de Calle La Victoria.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		28 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 021-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-21		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				PUNTO BASE ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366	
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>	263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009	
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.2165	
	<i>Lat. 11°52'03.83041"</i> <i>Long. 77°04'33.31576"</i>	273861.9441 E 8687229.6118 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 181.8007	
CROQUIS DE UBICACIÓN:			FOTOGRAFIA:		
					
UBICACIÓN: Av. Buenos Aires (Cuadra 01) intersección con la Calle Progreso					
DESCRIPCIÓN: Punto en la esquina de la curvatura de vereda colindante a la pista.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 26 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 022-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-22		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 224.0168
	Lat. 11°52'10.77305" Long. 77°04'37.34751"		273741.488 E 8687015.3235 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 199.6282
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Lado izquierdo de la escalera.					
DESCRIPCIÓN: El punto se encuentra en el AA.HH. Parada Alta.					
Operador:		Responsable de Campo:		Fecha de medición:	
Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Ing. Wilson Lopez Tunque		28 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal	FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 023-2018
			V.01 (Marzo 2018)
IDENTIFICACION: P-23		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT	
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA	ORDEN DEL PUNTO CONTROL
TECNICA DE MEDICIÓN		PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO		ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	<i>Lat. 11°46'11.86835"</i> <i>Long. 77°10'20.48498"</i>	263268.2246 E 8697967.3876 N	ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)	COORDENADAS UTM (Zona 18 S)	ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 205.9269
	<i>Lat. 11°52'08.30942"</i> <i>Long. 77°04'34.27696"</i>	273833.8735 E 8687091.7351 N	ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 181.5218
CROQUIS DE UBICACIÓN:		FOTOGRAFIA:	
			
UBICACIÓN: Av. La Victoria N° 113.			
DESCRIPCIÓN: Lado de la esquina externa del damero rojo de la vereda.			
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque	
		Fecha de medición: 28 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 024-2018 V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-24		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 206.1802
	Lat. 11°52'05.46274" Long. 77°04'31.64117"		273913.0107 E 8687179.8211 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 181.7599
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Av. Buenos Aires (Cuadra 01) frente a la casa de la Cultura Cesar Vallejo.					
DESCRIPCIÓN: Esquina de la vereda colindante a la pista.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 26 de Febrero de 2018	

 Universidad Nacional Federico Villarreal		FICHA TECNICA DE PUNTO DE CONTROL		N° 025-2018	
				V.01 (Marzo 2018)	
IDENTIFICACION: P-25		PROYECTO: Aplicación de test para control de calidad posicional al producto cartográfico obtenido mediante vuelo aerofotogramétrico con VANT			
DEPARTAMENTO: PROVINCIA: DISTRITO-LOCALIDAD:		LIMA LIMA PUENTE PIEDRA		ORDEN DEL PUNTO CONTROL	
TECNICA DE MEDICIÓN				PUNTO BASE	
LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL ESTÁTICO				ERP-LI02	
BASE (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 36.4366
	Lat. 11°46'11.86835" Long. 77°10'20.48498"		263268.2246 E 8697967.3876 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 13.009
CONTROL (WGS84)	COORDENADAS GEOGRAFICAS (Zona 18 S)		COORDENADAS UTM (Zona 18 S)		ALTURA ELIPSOIDAL (WGS84) 208.0035
	Lat. 11°52'03.69072" Long. 77°04'30.12472"		273958.5101 E 8687234.6251 N		ALTURA ORTOMÉTRICA (EGM2008) 183.5742
CROQUIS DE UBICACIÓN:				FOTOGRAFIA:	
					
UBICACIÓN: Berma Central de la Av. Saenz Peña, fernte a la PNP DIRINCRI Puente Piedra-Santa Rosa-Ancón.					
DESCRIPCIÓN: Vértice de muro decorativo de jardín.					
Operador: Bach. Juan Carlos Soto Ccance		Responsable de Campo: Ing. Wilson Lopez Tunque		Fecha de medición: 26 de Febrero de 2018	

G. Fotografías de campo



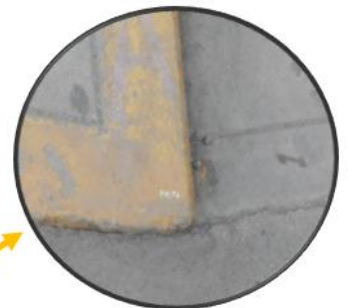
Fotografía 01: Punto de chequeo P-01



Fotografía 02: Punto de chequeo P-02



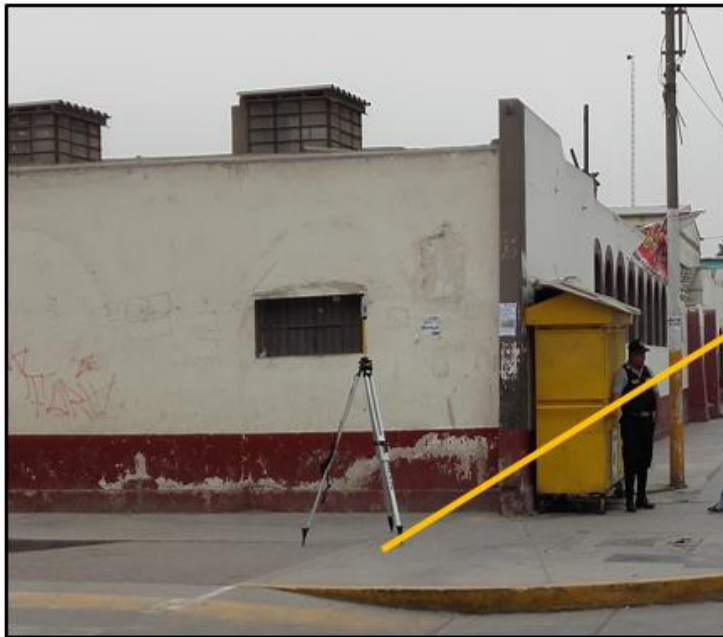
Fotografía 03: Punto de control P-03



Fotografía 04: Punto de control P-04



Fotografía 05: Punto de chequeo P-05



Fotografía 06: Punto de chequeo P-06



Fotografía 07: Punto de chequeo P-07



Fotografía 08: Punto de chequeo P-08



Fotografía 09: Punto de chequeo P-09



Fotografía 10: Punto de chequeo P-10



Fotografía 11: Punto de chequeo P-11



Fotografía 12: Punto de chequeo P-12



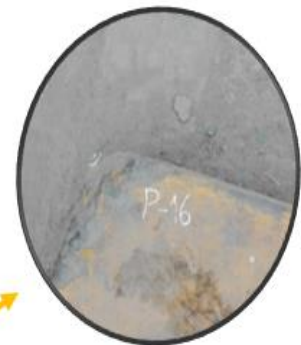
Fotografía 13: Punto de chequeo P-13



Fotografía 14: Punto de chequeo P-14



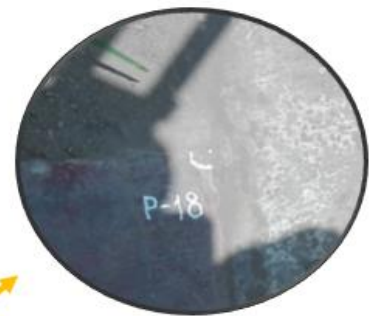
Fotografía 15: Punto de control P-15



Fotografía 16: Punto de chequeo P-16



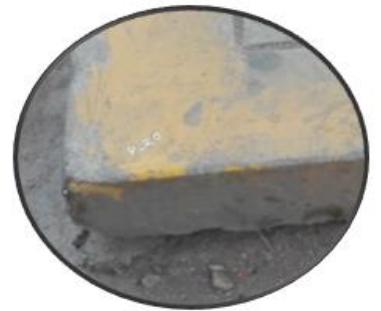
Fotografía 17: Punto de control P-17



Fotografía 18: Punto de chequeo P-18



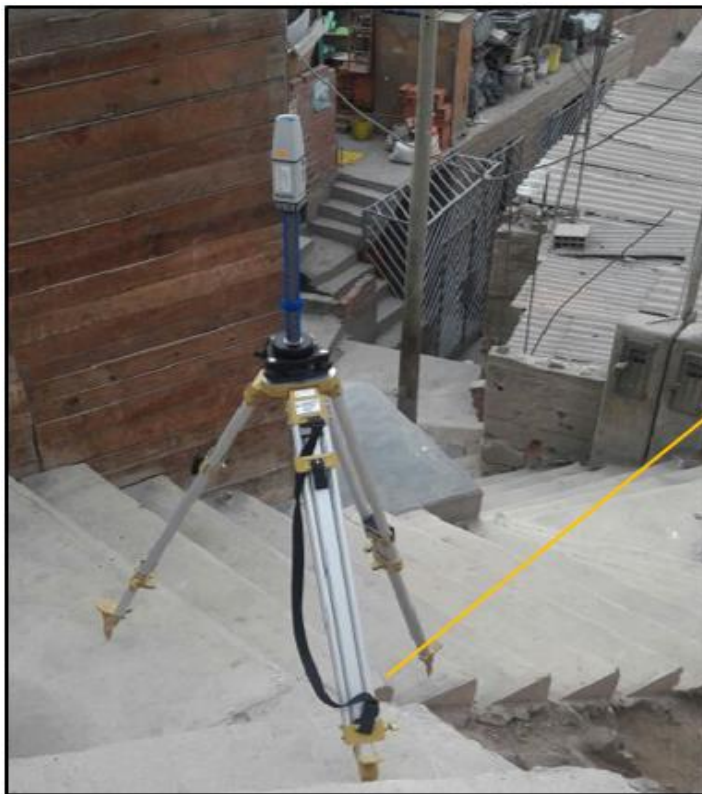
Fotografía 19: Punto de chequeo P-19



Fotografía 20: Punto de chequeo P-20



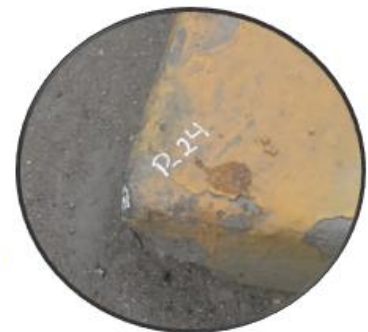
Fotografía 21: Punto de control P-21



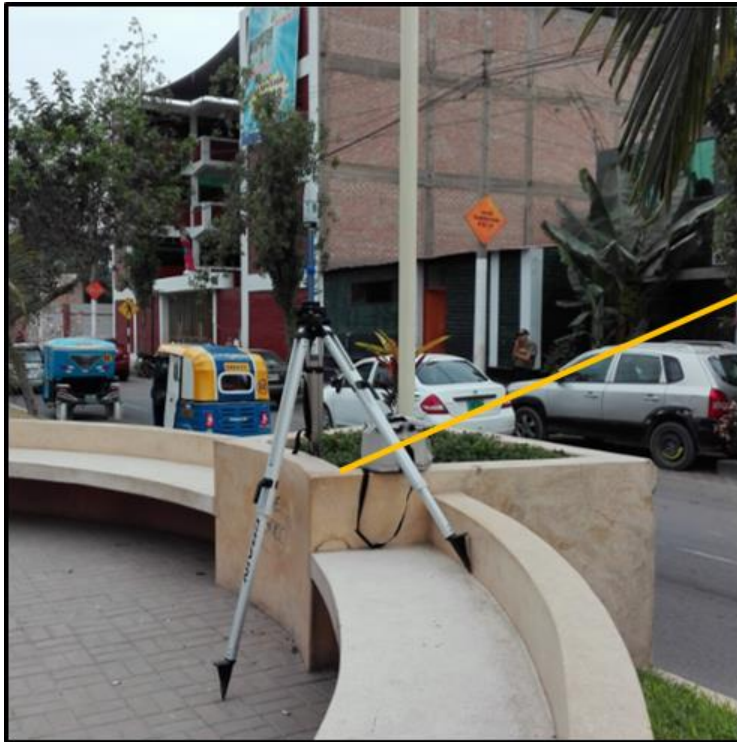
Fotografía 22: Punto de chequeo P-22



Fotografía 23: Punto de chequeo P-23



Fotografía 24: Punto de chequeo P-24



Fotografía 25: Punto de chequeo P-25