



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Pedraza Santos, Aurelio (ORCID: 0000-0002-8051-951X)

ASESOR:

Dr. Córdova Salcedo, Felimón (ORCID: 0000-0003-0338-5156)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi hija Jung Suh Luana por ser mi fortaleza y motivación para salir adelante, por ser mi ejemplo de fuerza, lucha y aguante ante la adversidad. A mi esposa Magdalena Durand por su gran apoyo y amor incondicional.

AGREDECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Jehová Dios por darme la vida para compartir con las personas que amamos y por estar en todo momento a mi lado.

A mis padres, Reyna y Rivelino, quienes me brindaron su ayuda, su comprensión, su apoyo moral y fuerzas para ser la persona que soy.

A mis abuelos y suegros por estar presentes en cada momento importante de mi vida y aprender de sus experiencias.

Al Dr. Felimón Domingo Córdova Salcedo, quién me guio y asesoró durante todo el proceso de mi investigación.

De igual manera agradezco a la Universidad César Vallejo por brindarme la formación académica profesional de excelencia.

A todos ellos mi más sincero agradecimiento y aprecio.

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)

..... Pedraza Santos, Aurelio

(Apellidos, Nombres)

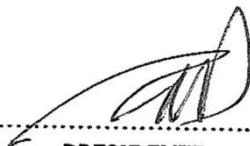
Cuyo título es:

" Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional
y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio,
Los Olivos - 2019
....."

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 16 (número) B. C. (letras).

Lugar y fecha Los Olivos, 12 de Julio del 2019



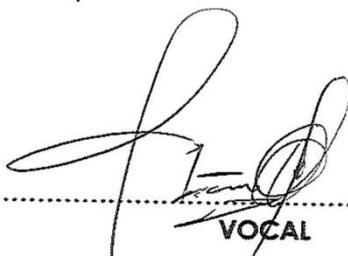
PRESIDENTE

Mg. Ing. Villegas Martínez, Carlos Alberto
(Grado Apellidos, Nombre)



SECRETARIO

Mg. Ing. Benites Zuñiga, José Luis
(Grado Apellidos, Nombre)



VOCAL

Dr. Ing. Córdova Salcedo, Felimón Domingo
(Grado Apellidos, Nombre)

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Aurelio Pedraza Santos con DNI N° 44413522, he cumplido con todos los requerimientos, normas y decretos de la Universidad César Vallejo, soy de la facultad de Ingeniería, pertenezco a la escuela profesional de Ingeniería Civil, doy mi palabra que la información documentaria es auténtica.

También declaro que los datos extraídos de otros autores, se respetó su privacidad citándolos conforme a la norma.

Después de lo mencionado asumo la responsabilidad de cualquier observación de falsedad o información que no corresponda con sus autores de acuerdo con las normativas decretadas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 12 de Julio del 2019



Aurelio Pedraza Santos

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGREDECIMIENTO	iii
ÍNDICE	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRAC	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	27
2.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	28
2.2. Variables y operacionalización	29
2.3. Población, Muestra, Muestreo y Unidad de Análisis.	32
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	33
2.5. Métodos de análisis de datos.....	35
2.6. Aspectos éticos.....	35
III. RESULTADOS	36
IV. DISCUSIONES.....	85
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS.....	97
ANEXOS	106

RESUMEN

La presente tesis titulada “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019”; dicho análisis se realizó en la huaca Aznapuquio, ubicado entre las avenidas Las Palmeras con Los Alisos en el Distrito de Los Olivos, Provincia de Lima y Departamento de Lima.

Se consideró establecer la colocación de 02 puntos de control geodésicos de orden C enlazados a la Estación GNSS de Rastreo Permanente LI01 como Base Geodésica para las coordenadas del área de trabajo, referida al elipsoide WGS-84 y la nivelación geométrica ajustada a un BM oficial para el cálculo vertical de las cotas de los puntos de la poligonal.

Se estableció como objetivo principal determinar la diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio. Para el levantamiento topográfico tradicional se utilizó una Estación Total Leica Flexline TS06 5” PLUS y para el levantamiento topográfico con RPAS, se utilizó el Dron DJI Phantom 4 Pro v 2.0 con puntos fotocontrol sobre el terreno.

El tipo de investigación es aplicada, de diseño no experimental, del tipo transversal, de nivel descriptivo-explicativo y de enfoque cuantitativo. La muestra estuvo conformada por los levantamientos topográficos de la Huaca Aznapuquio empleándose equipos de última generación para asegurar óptimos resultados de precisión y realizar las comparaciones técnicas sobre tiempo de trabajo y costo de operaciones en ambas metodologías de trabajo.

Como resultado se obtuvieron los planos topográficos georreferenciados y de cotas ajustadas al BM CUC-6, Ortomosaico y DEM además de las comparaciones de ambas metodologías, así como sus respectivas variaciones de precisión y tiempo de trabajo como las diferencias de costos de operación que conllevaron realizar todas las actividades de campo y gabinete.

Palabras Clave: Levantamiento topográfico, drone RPAS, GPS diferencial.

ABSTRAC

This thesis entitled " Comparative analysis of the traditional topographic survey and the topographic survey with RPAS in Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019"; this analysis was carried out inside the huaca Aznapuquio, which is located between Las Palmeras and Los Alisos avenues in the District of Los Olivos, Lima Province and Lima Department.

It was considered to establish the placement of 02 geodetic control points of order C linked to the GNSS Permanent Tracking Station LI01 as Geodetic Base for the coordinates of the work area, referring to the WGS-84 ellipsoid and the geometric leveling adjusted to an official BM for the vertical calculation of the coordinates of the points of the polygonal.

The main objective was to determine the difference between the traditional topographic survey and the topographic survey with RPAS in Huaca Aznapuquio. Leica Flexline TS06 5" PLUS Total Station was used for the traditional topographic survey, and the Dron DJI Phantom 4 Pro v 2. 0 with photocontrol points on the ground was used for the topographic survey with RPAS.

The type of research is applied, non-experimental design, transverse type, descriptive-explicative level and quantitative approach. The sample consisted of the topographic surveys of the Huaca Aznapuquio using the latest generation equipment to ensure optimal precision results and make technical comparisons on work time and cost of their operations both work methodologies.

As a result, the georeferenced and BM CUC-6, Ortomosaico and DEM topographic plans were obtained, in addition to the comparisons of both methodologies, as well as their respective variations in precision and working time, as well as the differences in operating costs involved in all field and cabinet activities.

Keywords: Topographic survey, drone RPAS, differential GPS.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

Antiguamente en el mundo, la Topografía permitió plasmar en el terreno grandes construcciones como las Pirámides de Egipto. Además, facilitó el cálculo de pendientes del terreno y los drenes requeridos para la construcción de canales y acueductos para lograr la máxima eficiencia hidráulica como el Acueducto de Segovia.

Con la topografía clásica, se conocía de los métodos tradicionales y sus terribles limitaciones del área de cobertura y sus posibles zonas inaccesibles. Uno de los instrumentos de medición era el teodolito mecánico, cuyos trabajos no era posible hacerlo en cualquier época del año.

Debido a que la precisión era limitada y los costos relativos eran muy altos por la falta de equipos de precisión, aparecieron nuevos instrumentos como el teodolito electrónico, que facilita las lecturas angulares para la toma de datos y alcanzando mejores precisiones, además de distanciómetros para la medida de distancias de poca extensión.

Posteriormente con el avance de la tecnología en equipos topográficos, apareció la Estación Total, instrumento que permite realizar trabajos de forma automatizada, con una memoria colectora de datos y un distanciómetro incorporado en su interior, esto facilita realizar controles a las edificaciones tanto antes como después de construida.

En la actualidad la tecnología de drones está transformando el campo de la Topografía, como una alternativa para mediciones y procesamientos de datos, para obtener información topográfica, mediante imágenes y aplicando técnicas fotogramétricas, reflejado en levantamientos topográficos con RPAS.

Según la OACI (2015, p.43) menciona: “El funcionamiento de un RPAS [Sistema de aeronave pilotada a distancia] requiere un piloto a distancia y que tenga capacidad para dirigir el vuelo en tiempo real[...]”, lo que implica que el piloto debe poseer conocimientos técnicos en manejo de drones y su correcto manejo.

En el plano internacional, se hace uso de aplicaciones útiles de los drones en el levantamiento topográfico respecto a las técnicas convencionales, permitiendo realizar la medición de muchos puntos de apoyo y procesar las imágenes aéreas a través de un software aplicativo.

En el plano local, recientemente se aplica el uso de drones como alternativa de trabajo en levantamientos topográficos de grandes extensiones y de zonas inaccesibles, con la aplicación de la tecnología y de los conocimientos topográficos se pueden alcanzar mejores precisiones de trabajo.

En base a este contexto, se presenta como proyecto “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019”, realizando un análisis en precisión, tiempo y costo en el levantamiento topográfico.

Trabajos Previos

En la elaboración del proyecto se recolectó información de distintas investigaciones, internacionales como nacionales evidenciándose lo siguiente:

Antecedentes Internacionales

LEÓN, Diego (2018) en la investigación “Uso de cuatro métodos topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. Caso real taludes de la vía E35 Colibrí – Pifo, sector km 20 – km 24”, tesis sustentada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Tuvo como objetivo general reconocer cual es el mejor proceso para conseguir a precisión datos tomados trabajos de movimiento de tierra considerando en ello el precio y la rapidez. Posee metodología descriptiva además se realizó varios levantamientos topográficos, en el mismo lugar (vía E35) con diferentes equipos topográficos como estación total, GPS (RTK), scanner Laser y drone.

En el caso del levantamiento con drone se procederá a bajar las fotografías a ingresarlas a un programa especializado, en este se creará una nube de puntos y con los puntos de control colocados se comenzará a alinear y georreferenciar la nube de puntos. Se llegó a la conclusión: a) Existen diferencias entre todos los levantamientos sin embargo el de mayor se da en el levantamiento con drone, esto se puede dar por la faja, por la densidad de la nube y todos los ruidos que se provocan en el momento de levantar la información. b) Hay varios parámetros a tomar en cuenta para realizar un levantamiento y en este caso en los taludes existía ya vegetación lo cual puede producir al momento de procesar la información que esta no sea la real y estos ruidos o datos no necesarios se filtren en las superficies y cambien totalmente los volúmenes.

De la investigación se desprende que, de los diferentes métodos de levantamientos topográficos, la recolección de datos con el uso de drones es ventajosa si el terreno se encuentra con escasa vegetación, esto facilita la disminución de errores en el procesamiento de la data y al momento de elaborar los planos topográficos.

JIMENEZ, Wilson y PRADO, José (2017) en la investigación “Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado”, tesis sustentada en la Escuela Politécnica Nacional. Tuvo como objetivo general emplear dos métodos topográficos, una de la forma tradicional y la otra con UVA de esta manera obtener toda la topografía del lugar de estudio y reflexión Latitud 0°, posteriormente comparar técnicas y encontrar las ventajas y sus desventajas, la veracidad y la calidad de los resultados en cada uno de los métodos. La metodología fue mediante el uso de la estación total y GPS para la recopilación de información y con el UAV Phantom 4 se tomó de fotografías aéreas para luego mediante el posprocesamiento de las fotos aéreas realizadas con el programa Agisoft Photoscan realizar la nube de puntos para finalmente completar los trabajos topográficos del método tradicional para la edición de las curvas de nivel en el AutoCAD civil 3D.

Se llegó a la conclusión: a) Al hacer la comparación técnica entre los métodos tradicionales y aerofotogramétricos, se encontró una mayor diferencia de cotas en lugares donde existe una vegetación muy tupida. b) Los mejores resultados se hallan en lugares sin vegetación, logrando una precisión alta y un gran detalle, incluso mayores que en algunos lugares levantados por métodos tradicionales debido a la gran densidad de nube de puntos que genera la aerofotogrametría.

A través de esta investigación se evidencia que el levantamiento topográfico usando un vehículo aéreo no tripulado logra precisiones altas en zona llanas por la toma de fotografías aéreas que genera una gran densidad de nube de puntos muchas veces superando al método tradicional.

CARRETERO, Soledad. (2015). En la investigación “Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado”, tesis sustentada en la Universidad Politécnica de Madrid cuyo objetivo general fue elaborar un modelo digital de terreno mediante vuelos y que se utilicen para el estudio como el desarrollo de un proyecto a futuro.

Su metodología utilizó dos softwares: Mission Planner para la programar la misión de vuelo del drone, para la toma de fotografías digitales y PhotoModeler para obtener un modelo digital en 3D del área tratada con las mismas fotografías. Se llegó a la conclusión: a) La fotogrametría fue posible con el uso de un vehículo aéreo no tripulado frente a un levantamiento topográfico. Las técnicas aplicadas establecieron un bajo costo, mejor precisión al momento de elaborar modelos digitales basadas en los datos recogidos. b) Respecto a los programas utilizados, la ventaja del software Mission Planner es de libre acceso y utilización. El PhotoModeler se destacó por la capacidad del posproceso de las fotografías digitales, así como a la obtención de resultados y múltiples aplicativos. Dinámico en el aprendizaje, es necesaria comprar la licencia para su uso, su precio es asequible.

VILLAREAL, Joffre (2015) en la investigación “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control”, tesis sustentada en la Universidad Técnica Particular de Loja. Tuvo como objetivo general hacer un análisis de la precisión alcanzada en los levantamientos topográficos usando drones con el uso de puntos de control realizándose mediciones en la misma universidad. Su metodología se basó en recoger toda la información posible sobre drones con un enfoque científico. Se establecieron los puntos de control de terreno para proceder a establecer las líneas de vuelo en el planeamiento de vuelo para ejecutarse de forma automática.

Se llegó a la conclusión: a) En levantamientos topográficos usando UAVs, la precisión cambió en relación con la densidad de la nube de puntos y con la localización de puntos para realizar el control, se toma en consideración la claridad del lugar a estudiar. b) Se estableció tres puntos como la mínima cantidad de puntos de control en el levantamiento topográfico usando UAV.

Ante ello, se observa que la investigación ha realizado el levantamiento topográfico usando un drone, ejecutando vuelos aéreos por toda la zona y que para alcanzar una mejor precisión se debería considerar la toma de tres (03) puntos de control como mínimo para poder georreferenciarlo en el plano topográfico.

Antecedentes Nacionales

SANCHEZ, Irvin (2017) en la investigación “Determinar el grado de confiabilidad del levanto topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017”, tesis sustentada en la Universidad César Vallejo cuyo objetivo general fue determinar el grado de confiabilidad de un levantamiento topográfico con Dron en la Plaza Mayor de San Luis. Su metodología fue una investigación cuantitativa, de diseño no experimental, descriptiva de corte transversal.

Concluyó lo siguiente: a) Se estipuló que en un levantamiento topográfico usando dron, el grado de confiabilidad están basados en la precisión y exactitud de los trabajos. b) Se determinó los datos Norte, Este y Cota de todos los puntos que se levantaron incluidos los puntos de control, además se realizó un levantamiento topográfico con estación total de los mismos puntos, en el cual se evaluó a través de fórmulas y se realizó la respectiva comparación de acuerdo a las tolerancias para levantamiento topográficos, concluyendo que es confiable.

Por ello, la investigación determinó muchos factores para lograr obtener la confiabilidad a través de la precisión como también de la exactitud en la toma de datos a registrar, basándose en los criterios y procedimientos topográficos.

VILCAS, Gloria (2017) en la investigación “Seguridad Operacional de las aeronaves pilotadas a distancia en el Perú, 2017: Propuesta de mejora de la Norma técnica complementaria 001-2015”, tesis sustentada en la Universidad César Vallejo cuyo objetivo general fue determinar el nivel de Seguridad Operacional de las Aeronaves Pilotadas a Distancia. El tipo de investigación fue básica, nivel de estudio descriptiva, de diseño no experimental transversal.

Se llegó a la conclusión: a) la principal aplicación de esta tecnología está destinado a estudios y exploración de terrenos ejecutadas en el campo de la ingeniería civil, agrónoma, agrícola como en arquitectura. b) Se justificó implementar la propuesta de mejora a la Norma Técnica complementaria para proteger y evitar accidentes a terceras personas y propiedades en tierra como en vuelo. Estos Drones Cuando no son operados por un profesional competente, pueden ser potencial causante de riesgos y daños a la integridad física de las personas.

En esta investigación menciona que los trabajos con drone pueden realizar controles de seguridad por su versatilidad y manejo sencillo, además se indicó que era necesario que el operador esté capacitado en manejo de drones y programación de vuelo.

TACCA, Hilario (2015) en la investigación “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”, tesis sustentada en la Universidad Nacional del Altiplano cuyo objetivo general establecer comparaciones de los resultados del método de medición con drone y del software Pix4D Mapper, y el método directo. Su metodología fue registrar datos tomados en campo con vuelos aéreos del drone y estación total en el registro de puntos topográficos.

Se llegó a la conclusión: a) Se determinó que la data recogida en campo con instrumentos de medición georreferenciados como el drone y la estación total, estos arrojaron resultados parecidos en precisión, de ello se afirma que resulta más económico el método con drone por lo versátil del equipo con un nivel de confianza de 95%. b) Los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso del drone se realizó en menor tiempo que realizarlo con la estación total, además se requirió menor personal de trabajo que en el método clásico.

En la investigación se evidencia la realización de los trabajos del levantamiento topográfico con drone en menor tiempo comparado con el equipo topográfico de la estación total, además se indicó la poca cantidad de personal en su ejecución con respecto a la metodología tradicional.

RABANAL, Danna (2011) en la investigación “Integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión”, tesis sustentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú cuyo objetivo general fue implementar un sistema UAV con control autónomo, a bajo costo, en base a un equipo aéreo ya existente para mejorar su eficiencia en adquisición de información para agricultura de precisión. Su metodología fue realizada por medio del vuelo de un dron para recolectar información de los detalles de campo, luego procesar e interpretar la información y su posterior aplicación.

Concluyó en lo siguiente: a) La pre programación concerniente al planeamiento de vuelo se puede observar la trayectoria, demostrando la ventaja del sistema en comparación con la metodología convencional de control por radio. b) Se confirma que haciendo uso del

modo estabilización de vuelo la aeronave es más estable reduciendo considerablemente errores de rotación captadas en las fotografías digitales y obtener mayor información.

Por ello, la planificación de los vuelos cumple un papel importante al momento de la toma de datos y su posterior procesamiento, interpretación para llevar un control de la superficie, así como también de todos los detalles que se puedan visualizar en la zona a estudiar o investigar.

De todas las investigaciones recolectadas anteriormente se desprende la aplicación de una nueva tecnología como es el caso de los drones RPAS en el campo de la Topografía para realizar múltiples trabajos topográficos y sirve como antecedentes y apoyo para la elaboración del proyecto de investigación académico.

Teorías relacionadas al tema

Topografía

La ejecución de múltiples proyectos se realiza a través de la topografía, por ello Rincón, Vargas y González (2017, p.1), mencionan que las mediciones de ángulos, distancias y elevaciones es mediante la Topografía, ciencia que establece las posiciones de detalles sobre la superficie terrestre

En esta cita textual, menciona que la Topografía permite plasmar en un plano detalles de terreno que se requiera medir, acotar y ubicarlo en su posición real, además sirve de ayuda para poder realizar estudios de futuros proyectos y tener la posibilidad de llevar un control de parcelas y terrenos productivos.

La ejecución de los proyectos se apoya en la Topografía y en sus métodos para la ejecución del levantamiento topográfico, en la toma de datos de todos los detalles que pudieran registrarse en la superficie terrestre determinada y aplicada constantemente en obras de infraestructuras y de estudios de proyectos en la ingeniería civil.

Levantamiento Topográfico Tradicional

Los desarrollos de los trabajos de levantamiento topográficos se realizaban convencionalmente a través de pasos y operaciones para el registro de datos de todos los detalles de la configuración de terreno, por ello, Rincón, Vargas y González afirman lo siguiente:

Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye Selección del método de levantamiento. Elección del equipo a utilizar. Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo. Realización de mediciones en terreno (2017, p. 3).

En la cita textual menciona que el levantamiento topográfico se le atribuye como conjunto de operaciones de trabajo para la toma de datos y representarlo en el plano topográfico con curvas a nivel y detalles de puntos de superficie de terreno, prácticas que son realizadas en todo proyecto de ingeniería civil.

El método tradicional del levantamiento topográfico se realizaba con mediciones de ángulos y distancias además la aplicación del método de la poligonal cerrada y la radiación para abarcar toda la zona de trabajo y realizar los ajustes de posproceso de los puntos registrados para la elaboración de los planos.

Para realizar levantamientos topográficos se hace uso de una estación total, según El Meouchea, Hijazib, Ponceta, Abunemeha, y Rezoug (2016, p. 108) este instrumento cuenta con un microprocesador y colectora electrónica de datos que permite realizar mediciones de ángulos horizontales y verticales, así como distancias y pendientes.

Métodos de levantamiento topográfico tradicional

Método de Radiación

Con el uso del equipo topográfico y la aplicación de la metodología de trabajo se puede tomar lectura de puntos como distancias, ángulos elevaciones y anotarse en la libreta de campo incluyendo la descripción numeración y observación de los mismos puntos si se requiera, por ello, Casanova menciona que:

El método de radiación es el método comúnmente empleando en levantamientos de superficies de mediana y gran extensión, en zonas de topografía accidentada, con vegetación espesa. Este método se apoya en una poligonal base previamente levantada a partir de cuyos vértices se hacen radiaciones a fin de determinar la ubicación de los puntos de relleno y de detalles (2002, p. 222).

En la cita textual menciona que el método de radiación, de simple manejo sirve de apoyo para realizar un levantamiento topográfico, se toma todos los puntos de relleno que conforma las características de la zona a trabajar. Uno de los equipos topográficos que aprovecha esta metodología se realizaba con el teodolito.

Para este método, el personal técnico y profesional hace uso de la tecnología aplicándose en equipos topográficos como las estaciones totales que facilita notablemente en el registro de los datos de forma automática, lo que no sucedía con un teodolito convencional ya que se realizaba el registro de forma manual.

En la actualidad, debido a grandes extensiones de terreno, se requiere registrar innumerables puntos topográfico siendo tedioso anotar en la libreta de campo, por ello se utiliza la Estación Total ya que cuenta con una colectora de datos que permite el registro de muchos puntos y que puede ser llevados al computador para su posproceso.

Método Poligonal

Casanova con respecto a este método usado en levantamientos topográficos afirma que:

La poligonación es uno de los procedimientos topográficos más comunes. Las poligonales se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y elaboración de planos, para el replanteo de proyectos y para el control de ejecución de obras. Una poligonal es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices (2002, p. 139).

En la cita textual, el autor señala a la poligonal como la aplicación más conocida para la elaboración de planos topográficos. La metodología de trabajo facilita su ejecución ya que a través de este procedimiento se logra la correcta precisión y ajuste de todos los puntos medidos, se tiene el control del avance de trabajo y su cobertura para grandes dimensiones.

La aplicación de la poligonal de apoyo en los levantamientos topográficos, resulta de gran ayuda al momento de realizar la compensación de error angular, error lineal y el ajuste de coordenadas de cada uno de los puntos registrados, todo es posible por medio de la poligonal cerrada.

Medición de puntos de detalles del terreno

Rincón, Mario, Vargas, Wilson y Gonzáles, Carlos mencionan sobre este tema que:

Los levantamientos topográficos se basan en la medición de distancias y ángulos. Las distancias pueden ser: horizontales, que son las medidas principales en planimetría; verticales, que se utilizan para establecer las diferencias de nivel; y las inclinadas, mediciones sobre la superficie terrestre (2017 p. 4).

En la cita textual, los autores mencionan que la medición de todos los puntos de detalles de una superficie de terreno se realiza con lecturas angulares y medición de distancias con un instrumento topográfico automatizado, esto facilitará la toma de datos y su posterior procesamiento y ajuste de error.

La estación total guarda el registro de las mediciones de todos los puntos de detalles del terreno de manera rápida, su procesador y distanciómetro digital hallan rápidamente las distancias y elevaciones de los mismos puntos, los detalles de la superficie se efectúan con cálculos trigonométricos programados.

Georreferenciación de puntos de control

Un levantamiento topográfico debe contener puntos de control georreferenciados, esto garantizará la correcta ubicación de todos los componentes y detalles del plano topográfico para garantizar una buena precisión de los trabajos realizados por ello, Dávila y Camacho mencionan que:

La georreferenciación o rectificación es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra[...]. Este proceso es determinado con una relación de posiciones entre elementos espaciales en ambos sistemas, de manera que, conociendo la posición en uno de los sistemas de coordenadas es posible obtener la posición homóloga en el otro sistema (2012, p. 1).

En la cita textual, los autores mencionan que la georreferenciación de puntos de control, a partir de un conjunto de puntos identificados correctamente en la imagen y con conocimiento de sus coordenadas se calcula las funciones de transformación (lineales, cuadráticas) que mejor se ajustan a estos puntos.

La georreferenciación de puntos de control cumple un papel importante para lograr una alta precisión del levantamiento topográfico, ello garantiza que la metodología de trabajo y los procedimientos tomados en campo para la toma de datos sean los más precisos y brindar un producto de calidad.

Curvas de nivel

En los planos topográficos se caracteriza por tener curvas de nivel, ante esto la Universidad de Almería (2018, p.2) define que la curva nivel establece las mismas cotas al unir puntos en un plano respecto a una referencia, como el nivel del mar, y representar el relieve del terreno.

Según la cita textual define las características que posee la curva de nivel en dónde tienen igual cota y representa gráficamente el relieve de la superficie terrestre por medio de una referencia, en la actualidad se considera nivel base teniendo como referencia el nivel del mar.

Las curvas de nivel establecen cotas y elevaciones en un plano topográfico uniendo dos dimensiones planimetría y altimetría, contiene información necesaria del relieve terrestre y de zonas que se encuentran con elevaciones altitudinales.

Fotogrametría

Una de las técnicas utilizadas en los vuelos de aeronaves no tripuladas según Quiroz (2014, p.46), menciona que la para establecer la forma dimensiones y posición de un objeto de estudio en el espacio con precisión haciendo uso de fotografías aéreas se da por medio de la aplicación de Fotogrametría.

En esta cita textual, el autor menciona que la Fotogrametría dimensiona con precisión formas y posiciones a base de imágenes aéreas, con esta técnica se puede tener detalles de todos los objetos de un área determinada y la realización de capturas de imagen en movimiento, siendo una técnica muy usada en levantamientos topográficos con drone.

La utilización de la técnica fotogramétrica en los levantamientos topográficos a través de imágenes aéreas se define estereoscópicamente con la aplicación de un software, esto permite establecer sus formas, posiciones y dimensiones de todos los detalles de registrados en las fotografías.

Teledetección

Según Bravo (2017, p.7), para que se identifique todas las características del objeto de estudio y realizar mediciones sin contacto directo haciendo uso de la energía que emana de la superficie terrestre, es por medio de la tecnología de la Teledetección.

El citado autor menciona que se puede obtener información de objetos en la superficie terrestre a través de imágenes satelitales por medio de la energía que todo cuerpo emite y esto se capta a través de sensores para dar conocimiento de la firma espectral, usados para hacer catastro y mediciones de terrenos.

Esta tecnología se ve aplicado en las imágenes satelitales tomadas por aparatos artificiales que se encuentran orbitando fuera del planeta, desde el espacio las ondas de calor y la energía que disipa cada cuerpo permite medir y establecer las dimensiones de los cuerpos del relieve terrestre.

GNSS Sistema Global de Posicionamiento por Satélite

Según Pachas (2009, p. 31), define para dar posicionamiento a puntos o áreas de trabajo, se realiza mediante señales GNSS, este conjunto de satélites está conformado por el sistema Navstar de origen americano, Glonass de origen ruso y Galileo de origen europeo.

De acuerdo a la cita textual, este sistema GPS puede trabajar con medida directa de distancias, este sistema tiene cobertura en cualquier parte del mundo y a cualquier hora, ya sea por el día o por la noche. Para la toma de datos durante el levantamiento topográficos, se georreferencian a través de coordenadas geográficas.

El GNSS tienen múltiples aplicaciones, una de ellas para la ubicación y posición de cuerpos o zonas de interés para estudios, proyectos, construcción de carreteras, represas, puertos, aeropuerto y de toda obra civil que beneficie a la sociedad, ya que todos los datos deben tener ubicación, tiempo y espacio.

Según Correa y Cerón (2018, p. 53) establece realizar mediciones GNSS estáticas mínimos dos, estación de control y receptor, estos garantizan mayor precisión en levantamientos topográficos y geodésicos permitiendo realizar un posprocesamiento y correcciones de errores en la toma de datos y lecturas observadas por los receptores GNSS.

Los instrumentos GNSS por método RTK según Chen (2018, p. 1038) señala que el sistema utiliza la antena para obtener posiciones precisas durante el tiempo en que registra la toma de datos, mediante esta medición y su posprocesamiento se alcanza grandes precisiones en los levantamientos topográficos.

Mediante medición GNSS por método RTK, según Aykut, Güral y Akpınar (2015, p. 136) menciona que debería establecerse una distancia mínima de 100 km entre la base y rover, esto permite realizar correcciones de red de todas las observaciones de las estaciones de referencia enviadas al usuario.

Dron

Según el boletín Vehículos Aéreos No Tripulados, Drones y sus Sistemas de Comunicación (2015), mencionan que: “UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o, en español, vehículos aéreos no tripulados, [dron] es una aeronave que no cuenta con tripulación humana y puede ser totalmente autónomo u operado por control remoto” (p. 10).

El citado hace hincapié que el dron tiene múltiples denominaciones y que el término comúnmente denominado era UAV, ahora las instituciones competentes en temas de aviación las nombran dron RPAS y su manejo resulta más dinámico ya que cuenta con enlaces de comunicación con el control.

La tecnología de los drones RPAS ha mejorado notablemente muchos sectores de la ingeniería civil, como áreas relativos a la seguridad, observación, control y estudios de zonas, control de trabajadores, levantamientos topográficos y elaboración de fotografías y filmaciones aéreas.

El uso de drones según Bailey (2017, p. 37) puede tener múltiples aplicaciones aprovechando las tomas aéreas con precisión para la solución de problemas de ubicación, monitoreo en tiempo real, mediciones de grandes extensiones de terreno, así como en temas medio ambientales.

Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS)

La Organización de Aviación Civil Internacional (2015, p. 19), afirma que RPAS es un sistema de aeronave pilotada distancia mediante la comunicación de un control remoto externo considerado base o estación de control, además de cualquier otro control adicional al tipo de diseño.

En la cita textual menciona que el sistema RPAS, a parte del propio vehículo de vuelo también se incluye al dispositivo o control externo, diferenciándose de drones autónomos que tienen vuelos programados, los RPAS tienen controles de vuelos a través de un operador puesta en tierra.

En la actualidad este sistema tiene uso civil, permitiendo realizar múltiples trabajos ingenieriles como levantamientos topográficos a través de drones RPAS con una serie de componentes que facilitan la toma de datos y control de vuelo a través de una estación de mando que monitorea el desarrollo del trabajo.

Además, la denominación que se da a estos drones según Stuart (2018, p. 166) expresa RPAS como sistema de aeronave pilotada a distancia y que este dispositivo trabaja de forma autónoma controlado a través de un piloto fuera de la aeronave y por ende se facilita su control en los trabajos establecidos.

Levantamiento Topográfico con RPAS

Planificación de Vuelo

Un vuelo realizado por drones debe tener una planificación, anticiparse a los posibles acontecimientos que podrían ocurrir, por ello el Manual de dron aplicado a la Ingeniería mencionan que:

Para volar el dron se debe tener en cuenta diferentes factores que involucran el criterio del operador para tener un correcto trabajo de campo tales como ver el cielo despejado, viento en calma, ausencia de precipitaciones, polvo y niebla, visibilidad adecuada, espacios abiertos y evitar el vuelo por estructuras metálicas (2018, p. 17).

El citado manual menciona que el planeamiento de vuelo debe ser asistido por una persona con nociones y criterios para realizar trabajo con aeronaves pilotadas a distancia, esto permite realizar los procedimientos bajo todos los requerimientos del cliente y los factores medioambientales que podrían suscitar durante el tiempo de vuelo.

Por ende, la planificación de vuelo para realizar un levantamiento topográfico tiene mucha importancia porque en ella se verifica todos los factores meteorológicos, definición de pixeles de imágenes aéreas como las líneas de vuelos dependiendo de las dimensiones del terreno, así como el traslape que deberían tener entre cada imagen aérea.

Para realizar la planificación de vuelo de drones RPAS para un levantamiento topográfico, Jiménez (2017, párr. 1) considera lo siguientes factores:

a) Distancia focal de la cámara

Los drones RPAS cuentan con cámaras digitales, además de estabilizadores ensamblados para reducir los errores de enfoque, solo se tiene que calibrar la cámara realizando una serie de movimientos cuyos parámetros de distancia foca se activen al igual que sus sensores.

b) Altura de vuelo

Después de haber realizado la calibración de la cámara, la altura de vuelo está relacionada con la resolución que se pretenda alcanzar además del terreno. Para el levantamiento topográfico con RPAS, el ángulo de la cámara será 90° para las tomas verticales en las misiones programadas.

c) Traslapes o solapes (overlap)

Según Pix4D mapper el overlap también llamando traslape está en función del tipo de terreno que se requiera mapear para poder determinar la velocidad para las tomas de las fotografías aéreas. Es decir, cubrir un área común entre dos fotografías tomadas de manera instantánea y consecutiva (2015, p. 11).

También Pix4D mapper recomienda en la guía de inicio, el porcentaje de traslapes que se debe considerar entre cada fotografía:

Para la mayoría de los casos es aconsejable adquirir las imágenes con un patrón regular de cuadrícula. El traslape recomendado es por lo menos 75% frontal se superponen (con respecto a la dirección del vuelo) y por lo menos traslape lateral de 60% (entre las pistas de vuelo) (2015, p. 11).

d) Tiempo

El tiempo total del recorrido del dron RPAS está en función de la longitud total del vuelo y de la velocidad de su desplazamiento. El recubrimiento transversal indicará el intervalo de total de tiempo y la distancia en que se tomarán las fotografías.

e) Orientación del vuelo

Se determina de acuerdo a la dimensión y forma del terreno a mapear, considerando el menor recorrido de línea de vuelo y un eficiente control de la orientación, además la línea de vuelo debe ser paralela al lado mayor del terreno, esto definirá de alguna manera el tiempo total de vuelo.

Control de ejecución de Vuelo

Como todo trabajo de campo, en el caso de drones se considerará llevar un control de la ejecución de vuelo, por ello Campo menciona:

Análisis de vuelo realizado, puntos de apoyo para poder realizar el proceso de aereotriangulación se distribuyen dianas con coordenadas GPS para utilizarlas como puntos de apoyo. Estas dianas junto con las bases topográficas, van a definir el sistema de referencia de representación y ejecución de la obra. Cada dato (fotografía, datos medioambientales, etc.) está referido a los datos de vuelo (posición, velocidad, inclinaciones, etc.) en el momento de la toma (2015, p. 1).

En la cita textual menciona que la ejecución de vuelo establece cumplir una serie de requisitos de registro y toma de fotografías para realizar el levantamiento topográfico, una de ellas es definir las dianas o marcas en el terreno y utilizarlas para georreferenciarlos posteriormente en gabinete.

Para tener la seguridad de que se está realizando un correcto levantamiento topográfico con drones se requiere el control de ejecución de vuelo, por el operador deberá estar atento a todas las situaciones que podrían suscitar como choques con aves, pérdida de señal de comunicación con el mando y descarga de la batería.

El control de los drones, según establece Mottola y Whitehouse (2018, p. 96) menciona que el vuelo de drones operados con motores eléctricos realiza una configuración 3D para que este dispositivo se oriente permitiendo realizar tomas aéreas con excelente resolución.

Puntos de control de tierra - GCP

Conocidos como GCP (Ground Control Points), estos puntos de control del terreno permiten obtener mapas geospaciales de precisión, dado que poseen coordenadas conocidas y que pueden ser utilizados para encontrar las coordenadas del resto de puntos topográficos (Kakaes, 2015, p. 48) .

A mayores puntos de control, más preciso será el resultado del levantamiento topográfico. Por ello, dado que los puntos de control no se pueden agrupar, por el contrario, deben ser esparcidos alrededor del área para ser mapeados por los drones RPAS.

Los puntos de fotocontrol según Ridolfi, Buffi, Venturi y Manciola (2017, p. 15) mencionan que son de vital importancia para realizar controles, la georreferenciación del área de trabajo, así como la precisión, esto permite obtener una densa nube de puntos con valores de errores mínimos en cuanto a la elevación.

Los puntos de control, según Kurz, Krauß, Runge, Rosenbaum y D'Angelo (2019, p. 65) mencionan que pueden ser medidos con sistemas GNSS y verificar el error RMS que se obtiene con el posprocesamiento de las imágenes verificando su error en coordenadas X, Y, Z para el mapeo de la zona de estudio.

Modelamientos Digitales

La Universidad de Almería menciona con respecto al modelamiento digital:

Uno de los elementos básicos de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Terreno (MDT). Se denomina MDT al conjunto de capas (generalmente raster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE) (2018, p. 2).

En el citado se menciona que un Modelo Digital de Terreno contiene información de la extensión terrestre obtenida a través de las imágenes que se generan resoluciones para diferentes proyectos incluyendo animaciones tridimensionales de terreno. Además, el Modelo Digital de Elevación incluye al modelo digital de superficie. (Ver Anexo 04, *figuras 1 y 2*)

Por ello, se establece la siguiente estructura de los modelos digitales que puede realizar con el procesamiento del levantamiento topográfico estableciéndose modelos entre los más utilizados en la actualidad:

a) Modelo digital de elevación (DEM, Digital Elevation Model)

Este modelamiento digital representa gráficamente de forma tridimensional a la superficie del terreno con datos que tienen como referencia la elevación de los puntos de superficie con respecto al nivel medio del mar.

b) Modelo digital de superficie (DSM, Digital Surface Model)

Este modelamiento digital representa la superficie terrestre en la cual se incluye objetos y detalles sobre ella misma, definidos también como los puntos más altos de la superficie.

c) Modelo digital de terreno (DTM, Digital Terrain Model)

Este modelamiento digital representa la superficie del suelo limpio sin ningún objeto o detalle como vegetación, estructuras, ruinas, etc, sobre ella misma.

En conclusión, el modelo digital de elevación (DEM) describe a los modelos digitales de superficie y de terreno, además sirve para representar a la superficie topográfica del planeta, dividida en celdas georreferenciadas de una grilla ordenada asignado con un valor de altura respecto al nivel medio del mar.

Con respecto a los DEM, los autores Xiao-Ping, Xue-Tao, Lu y Ashraf (2016, p. 3) hacen mención que la generación de estos modelos de elevación digital debe considerarse las características del terreno y de la configuración del relieve para ser procesados en gabinete.

Un modelo digital de elevaciones según Florinsky, Kurkov y Bliakharskii (2018, p. 59) menciona que se ve afectado por la gradiente de pendiente, curvatura de la superficie del terreno, así como demás variables morfológicas que se perciben en mapas de elevación permitiendo suprimir errores en los trabajos fotogramétricos.

El modelo digital de superficie según Kyewon, Byong-Hee, Hojin, Sungduk y Wonjun (2018, p. 812) señala que es fabricado por medio de la nube de puntos que permite crear un modelamiento 3D basadas en las imágenes tomadas con el dron por medio de un planeamiento de vuelo y toma de fotografías digitales.

Fotografía Aérea

Según el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2014, párr. 2) menciona que las fotografías aéreas son tomadas simultáneamente con aeronaves sobrevolando una determinada zona de estudio o interés, aplicando técnicas fotogramétricas para confeccionar y configurar la superficie del terreno.

Esta fotografía es una representación de la realidad afectada por muchas limitaciones como del relieve del terreno, la carencia de verticalidad de las tomas aéreas y las distorsiones del objetivo de las propias cámaras fotográficos que el dron RPAS realiza en el levantamiento topográfico.

En un vehículo aéreo no tripulado, Ozawa y Chaumette (2013, p. 13) señalan que para obtener buenas tomas de fotografía aéreas dependerá mucho del movimiento de vuelo del dron, la postura que debe mantener con respecto a su verticalidad y de la configuración de la cámara para no generar errores de imagen al movimiento lateral.

Rectificación de imágenes

Según Quiroz (2014, p. 110) menciona que “la rectificación es una técnica fotogramétrica en la cual se cambia la proyección cónica de una fotografía a una proyección ortogonal. Su principal ventaja es la obtención de una escala uniforme, con la consiguiente posibilidad de medición”.

Esto significa que se tiene que conseguir una escala uniforme para realizar las mediciones de los detalles de las fotografías, trasladar de una proyección a otra, de esta manera una proyección ortogonal garantiza una correcta medición de las mismas y realizar todos los requerimientos de trabajo establecidos.

Las posiciones de las imágenes tomadas mediante fotogrametría según Yung-Chuan, Yi-Hsing (2018, p. 199) son georreferenciadas en base a mediciones GNSS por el método RTK siendo estas de gran precisión para su sistema de referencia, estos realizados en determinadas áreas de trabajo.

Ortofotografías

Según la universidad de Almeira señala a través de su portal lo siguiente:

La ortofotografía es un producto cartográfico georreferenciado y corregido de deformaciones, generado a partir de fotografía aérea. Mantiene toda la información de la fotografía y permite además la medición a escala tanto de distancias como de superficies, lo que garantiza el ajuste con los mapas existentes sobre la zona de referencia (2018, párr. 3).

De acuerdo con el autor, la ortografía representa fotográficamente la zona de la superficie, en donde sus deformaciones de proyección están corregidas además posee escala uniforme, homogénea incorporada en ella información geográfica para realizar mediciones de áreas, ángulos y distancias.

Para obtener una ortofotografía, la fotografía aérea recorre una serie de fases como la configuración de la orientación, la elaboración de modelo digital de elevaciones, las

ortorectificaciones, debido a la deformación de proyección por la toma de la cámara, relieve del terreno, la curvatura de la superficie.

Ortoproyección

Según Quiroz menciona que:

La ortoproyección es el método fotogramétrico de obtener fotomapas precisos, corregidos de las deformaciones producidas en la imagen fotográfica por el relieve y la inclinación de la fotografía, mediante la rectificación diferencial de la fotografía original. Para ello se hace necesaria la utilización del MDE (2014, p. 110).

El autor define a la ortoproyección como el medio para obtener los fotomapas, en dónde se realizan correcciones a las fotografías tomadas en cuanto a sus deformaciones, inclinaciones y rectificaciones, este método permite obtener una ortofotografía para poder realizar representaciones cartográficas y topográficas

Este método permite corregir la proyección cónica y transformarla en una proyección ortogonal, debido a la curvatura del terreno donde se realizará el levantamiento topográfico además de la inestabilidad del dron para las tomas de fotografías aéreas como la propia cámara forman parte de las deformaciones de la proyección.

Un dispositivo dron según Piech y Ruzyczka (2019, p. 10) menciona que tiene limitaciones, una de ellas referido a la ubicación del objeto y a la toma de imágenes aéreas respecto a su altura, así como también de edificaciones y áreas verdes que dificultan capturar fotografías sin distorsión para luego obtener ortoproyecciones sin errores.

Digitalización

Delgado con respecto a la digitalización señala lo siguiente:

Es el proceso de obtención de imágenes digitales. Consiste en la descomposición de la imagen real en una matriz discreta de puntos de un determinado tamaño, tomando un valor denominado número o nivel digital, que puede representar información de diversa naturaleza (2015, p. 6).

De acuerdo con el autor, la digitalización descompone la imagen verdadera en muchos puntos para ser llevados al nivel digital y tener una representación de su naturaleza, tamaños predeterminados a través de una información discreta para poder realizar los modelados digitales.

Los dispositivos de capturas como las cámaras fotográficas permiten tomar fotografías digitales con distintas resoluciones formado por los pixeles, esto permite llevar a distintos formatos para generar un archivo con representación de datos de la imagen además del tamaño de memoria.

Píxel

Delgado (2015) define que “[Pixel] es cada uno de los elementos de la matriz que forman la imagen digital y le corresponde uno o más valores digitales” (p. 6).

La resolución de las fotografías digitales se compone por la mínima unidad denominada pixel, ya que esta contiene valores digitales para su posterior ampliación de la imagen y realizar todas las mediciones y configuraciones que lleva editar una imagen digital.

La dimensión del pixel proyectado sobre el terreno se le denomina GSD del vocablo inglés ground sample distance referido también a la resolución espacial y que, a través de los softwares, la visualización y control de la resolución de la imagen, se evidencian de manera automática.

Ground Sampling Distance (GSD)

Según Pix4D (2018, párr. 1) señala que GSD “es la medida entre dos pixeles consecutivos con referencia al suelo es decir el valor de cada pixel mide la distancia que representa en el terreno, dado que la resolución es proporcionalmente directa al número de pixeles.

El Ground Sampling Distance o resolución espacial indica cuanto mide un pixel en la imagen final, además depende del tamaño de la digitalización y de la escala, es decir depende de la altitud del vuelo ya que cuanto más grande sea la altitud del vuelo, el GSD se incrementará.

Por ello se concluye que una fotografía se mide en cm/píxel, además define cuanto mide un pixel en la imagen final y determina la resolución del mapa, esto permite obtener una resolución que facilite la ubicación de los detalles y puntos de interés en una determinada zona de estudio.

Normativa Vigente NTC-001-2015 de la DGAC

De acuerdo a la normativa peruana vigente NTC-001-2015 de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), establece la definición del RPAS y requisitos para sus operaciones de vuelo, menciona que:

SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (RPAS). Conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo. (NTC-001-2015).

En concordancia con la entidad, se refiere a un conjunto dron y la estación control puesta en tierra para el manejo y desempeño de vuelo, no se trata solamente del equipo sino también de la metodología y maniobrabilidad que pueda desempeñar el operador al momento de realizar trabajos topográficos.

El manejo de las naves no tripuladas, deben ser pilotadas por operadores calificados y que cuenten con una acreditación y licencia de vuelo de esta clase de aparatos, para ello en el Perú se cuenta con una normativa que debe ser acatada en todos los niveles y campos de trabajo.

Estas aeronaves deben aferrarse a la normativa que la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) establece por medio de NTC-001-2015 que estipula lo siguiente:

Las **aeronaves pilotadas a distancia (RPA)**, al ser aeronaves están sujetas a la legislación aeronáutica vigente en el Perú. En consecuencia, la DGAC es responsable de controlar que el uso de dichas aeronaves en el Perú se realice en el ámbito de la ley y la seguridad (NTC-001-2015).

Por ello, todas las aeronaves pilotadas a distancia deben someterse al cumplimiento de la legislación peruana y garantizar su correcto uso, esto de alguna manera garantiza la seguridad del equipo como de terceros, en efecto puede ser responsable de accidentes y pérdidas nefastas.

Además, estas aeronaves deben garantizar la seguridad del personal en alrededores de la operación y que tienen que seguir el cumplimiento de los parámetros y procedimientos de vuelo, estableciéndose medidas para la correcta operación de los drones RPAS, ante esto se puntualiza lo siguiente:

Estableciendo en la medida de lo posible una separación en el ámbito de operación entre las aeronaves tripuladas y las aeronaves pilotadas a distancia. En tal sentido la presente NTC solo pretende establecer limitaciones que permitan una operación restringida de las aeronaves pilotadas a distancia con el objetivo de garantizar la seguridad operacional de los demás usuarios del espacio aéreo así como minimizar los factores que puedan causar daños a las personas y a la propiedad (NTC-001-2015).

Gracias a la normativa técnica complementaria NTC 001-2015, el uso de los drones RPAS tienen que brindar las garantías necesarias en temas de seguridad y minimizar los riesgos que lleva volar aquellas aeronaves no tripuladas ya sea para trabajos de topografía como hobbies y pasatiempos en la realización de videos y documentales.

Operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia

Los ambientes aéreos de los aeropuertos y sus alrededores como en el caso del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, la administración de Lima Airport Partners (LAP), estipula una restricción en los manejos y operaciones de vuelo de las aeronaves no tripuladas, a través del sistema de gestión de seguridad ocupacional, el cuál incide en lo siguiente:

De acuerdo con la NTC-001-2015 “Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia”, están prohibidas las operaciones de drones que pongan en peligro la seguridad y la regularidad de las operaciones aéreas tripuladas en ese sentido indica que: Ninguna persona podrá operar un RPA (DRONE) a menos de 4 km de un aeródromo.

Por ello, siendo el Aeropuerto internacional Jorge Chávez el mejor aeropuerto del país, debe de garantizar la seguridad de sus vuelos y de sus tripulantes, evitar la interrupción de las aeronaves no tripuladas, LAP a través de su gestión de seguridad establece claramente 4 km como distancia mínima que debe volar un drone RPAS cerca al aeropuerto.

Formulación del problema

La formulación del problema señala de forma clara y concisa de lo que se pretende investigar además resume el asunto problemático plasmado en una interrogante como problema general del porqué de la investigación (Valderrama 2015, p. 78)

Problema general

¿Cuál es la diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?

Problemas específicos

¿Cuál es la diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?

¿Cuál es la diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?

¿Cuál es la diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?

Justificación del Estudio

Este estudio se realiza con la finalidad de conocer el mejor método entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS y adentrarse en el manejo de drones para la realización de trabajos topográficos por medio de vuelos aéreos y toma de datos por imágenes fotográficas.

Metodológicamente se justifica porque se basa en métodos analíticos y estadísticos de acuerdo con los diversos autores de la investigación científica, lo cual permite establecer el tipo de investigación de carácter aplicada, posee un diseño no experimental, se enmarca en un nivel de estudio descriptivo-comparativo, además de todo el desarrollo de la investigación,

Teóricamente se justifica porque se basa en documentos, libros, tesis y otros estudios e informes relacionados al planteamiento del problema, además el levantamiento topográfico y sus implicancias en el método tradicional, así como el levantamiento topográfico con RPAS, permiten hacer uso de la tecnología aplicado en el área de la Topografía.

Socialmente se justifica porque la investigación servirá de ayuda a profesionales y técnicos, ingenieros y topógrafos para determinar el análisis comparativo de un levantamiento topográfico tradicional y un levantamiento topográfico con RPAS para lograr determinar el costo, tiempo y precisión que implica realizar los trabajos topográficos.

Económicamente se justifica porque la investigación servirá para dar a conocer una nueva alternativa de metodología de trabajo en levantamientos topográficos, por medio de los drones RPAS hace posible que la ejecución de los proyectos tenga un efecto positivo en materia de costo, tiempo y precisión, cumpliendo con todos los requerimientos de técnicos, profesionales y público interesado.

Por ello que se necesita la total veracidad de los datos recolectados en campo a través de los diferentes métodos para realizar la comparación y emitir las conclusiones y recomendaciones necesarias para satisfacer este proyecto de investigación y que resulte de vital importancia para la sociedad y entidades afines con la carrera de Ingeniería Civil.

Hipótesis

La hipótesis señala como posible respuesta a las preguntas de investigación, proponen una respuesta aseverativa al problema formulado, es decir se establece como una alternativa de solución de la formulación del problema (Baena, 2014, p. 80).

Hipótesis General

Existe diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.

Hipótesis Específicos

Existe diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019.

Existe diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019.

Existe diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019.

Objetivos

Los objetivos expresan manifiestan los logros que se quiere conseguir en la investigación, se establece como alcances de la investigación, además permiten guiar el trabajo para alcanzar las metas en la cual, el autor hace uso de estos para tomar medidas en el desenvolvimiento completo del estudio (Durán, Gómez y Sánchez, 2017 p. 26).

Objetivo General

Determinar la diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.

Objetivos Específicos

Definir la diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019.

Determinar la diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019.

Calcular la diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019.

II. MÉTODO

2.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

Tipo de investigación

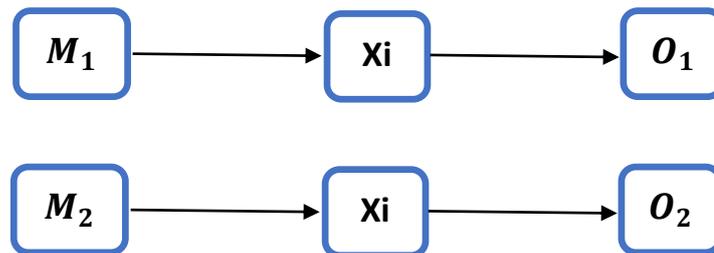
Se enmarca como investigación APLICADA, ya que hace uso de los conocimientos adquiridos para aplicarlos y lograr establecer la solución de problemas de manera práctica e inmediata (Behar, 2008, p. 20).

Diseño de investigación

Según el estudio a investigar, tiene diseño NO EXPERIMENTAL, porque se realiza sin intervención del investigador en las variables, tal como se observa en la realidad (Hernández *et al*, 2010, p. 149).

Este trabajo pertenece al tipo Transversal, ya que en un tiempo determinado se recogen todos los datos, además se describen variables y se analizan las incidencias entre ellas (Valderrama, 2015, p. 68).

El diseño empleado responde al siguiente esquema:



Dónde:

M₁: Método Tradicional.

Xi: Levantamiento Topográfico.

O₁: Resultado.

M₂: RPAS - Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia

Xi: Levantamiento Topográfico.

O₂: Resultado.

Nivel de investigación

Este trabajo corresponde al nivel DESCRIPTIVO-EXPLICATIVO, ya que la investigación recoge información y describe características de un fenómeno, acontecimientos, personas o grupos, en una situación determinada estableciendo su comportamiento (Arias, 2012, p.21).

Enfoque de investigación

La investigación tiene un enfoque CUANTITATIVA, ya que este enfoque prueba la hipótesis con el uso de los datos recogidos, establece la base para medir y analizar de forma numérica y estadístico, además de proponer patrones en su comportamiento y pruebas de teorías (Hernández *et al*, 2014, p.4).

2.2. Variables y operacionalización

Variables

Las variables se refieren a propiedades, atributos o características del objeto de estudio que puede tomar distintos valores, en ellas se establecen las causales como variable independiente y los efectos como variable dependiente en la investigación (Monje, 2011, p. 80).

Variable independiente

La presente investigación tiene como variables independientes el Levantamiento Topográfico Tradicional y el Levantamiento Topográfico con RPAS.

Variable dependiente

La presente investigación tiene como variable dependiente el Levantamiento Topográfico en la Huaca Aznapuquio.

Operacionalización de la variable

Tabla 1. Operacionalización de la variable.

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento medición
Levantamiento topográfico tradicional	“Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, [...]incluye selección del método de levantamiento, elección del equipo [topográfico] a utilizar, [...] (Rincón, Vargas y Gonzáles , 2017, p. 3).	La ejecución del levantamiento topográfico se realizará con la Estación Total Leica Flexline TS 06 5” alcance de medición sin prisma de 500m, abarcando en temas de precisión del trabajo, tiempo de ejecución y costo de operación.	Precisión de trabajo	-Radiación	-Estación Total
				-Poligonal	-Estación Total
				-Medición RTK	-GPS Diferencial
			Tiempo de trabajo	-Equipos	-Estación Total
				-Cuadrillas	-Formato control
				-Clima	-SENAMHI
			Costo de operación	- TIN	-AutoCAD Civil 3D
				-Modelo DTM	
				-Plano Curvas de nivel	
Levantamiento topográfico con RPAS	“Es un sistema de levantamiento topográfico Aéreo de precisión, compuesto por un Avión no tripulado que toma imágenes durante su vuelo y mediante un software permite el análisis y procesamiento digital de las imágenes” (Geo Systems, 2016, p.3).	La ejecución del levantamiento topográfico se realizará con el dron DJI Phantom 4 PRO con sensor CMOS de 1” y 20 MP de imágenes abarcando en temas de precisión del trabajo, tiempo de trabajo y costo de operación.	Precisión de trabajo	-Nube de punto	-Software Agisoft PhotoScan
				-Puntos de control	-Dianas
				-Georreferenciación	-GPS Diferencial
			Tiempo de trabajo	-Altura de vuelo	-Software DroneDeploy
				-Línea de vuelo	-DJI Phantom 4
				-Resolución de fotos aéreas	-Software DroneDeploy
			Costo de operación	-Modelo DTM	-Software Agisoft PhotoScan
				-Modelo DEM	-Software Agisoft PhotoScan
				-Plano Curvas de nivel	-AutoCAD Civil 3D

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento medición
Levantamiento topográfico en la Huaca Aznapuquio	“Es el proceso por el cual se realiza un conjunto de operaciones y métodos para representar gráficamente en un plano una porción de tierra, ubicando la posición de sus puntos[...]” (Mendoza, 2010, p. 13).	La ejecución del levantamiento topográfico en la Huaca Aznapuquio se realizará de acuerdo al proceso metodológico que establece la Topografía, considerando los temas de precisión del trabajo, tiempo de trabajo y costo de operación.	Precisión de trabajo	-Control Planimétrico	-Teodolito
				-Control Altimétrico	-Nivel de Ingeniero
			Tiempo de trabajo	-Dimensiones de terreno	-Cinta métrica de topografía
				-Morfología de terreno	-Carta Nacional
			Costo de operación	-Instrumentos y Equipos	-Teodolito y Nivel
				-Planos	-AutoCAD Civil 3D

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población, Muestra, Muestreo y Unidad de Análisis.

Tener definida la unidad de análisis como también la unidad de muestreo ya es posible delimitar la población de estudio con todas sus características, además de elegir la muestra que se analizará para el trabajo de investigación (Monje, 2011, p.122).

Población

Se refiere al universo de estudio, como conjunto total de casos o grupos de personas con similares características que satisfacen los criterios del estudio y que podrían ser incluido en la investigación (Arias, 2012p. 81).

Por ello, la población analizada se constituye por todos los levantamientos topográficos del distrito de Los Olivos.

Muestra

Se refiere a una parte de la población de estudio para recolectar datos, además se establece como subconjunto representativo de la población que contiene las mismas características (Hernández, *et al.* 2010, p.173).

Por ello, la muestra analizada está constituida por los levantamientos topográficos de la Huaca Aznapuquio.

Muestreo

Se refiere al procedimiento por el cual se extrae una parte de la población, es decir seleccionar la muestra, con criterio que permitan extender los resultados a toda la población de estudio (Valderrama, 2015, p.188).

La investigación pertenece al tipo NO PROBABILÍSTICO, dado que no depende de la probabilidad sino a un muestreo intencional, de conveniencia.

Unidad de Análisis

Se constituye como unidad de análisis al Levantamiento Topográfico.

2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica de recolección de datos

Se refiere a los procedimientos que el investigador estructura para realizar la recolección de todos los datos necesarios para realizar la investigación, valiéndose de instrumentos de medición que facilitará la correcta toma de los detalles y características de ellas (Cascante, 2011, 64).

La técnica seleccionada está determinada, para la ejecución de los trabajos, por la metodología de poligonal cerrada y del método de radiación efectuados en la toma de datos en el levantamiento topográfico tradicional con estación total y para el caso del levantamiento topográfico con RPAS, con el uso del dron DJI Phantom 4 PRO de vuelos aéreos y tomas de fotografías digitales para su posproceso.

Instrumentos de recolección de datos

Como lo va realizar

En este proyecto se realizará dos levantamientos topográficos, a través del método tradicional con equipo estación total y otro, aplicando dron RPAS en la Huaca Aznapuquio, ubicado entre las avenidas Las Palmeras con Los Alisos en el Distrito de Los Olivos. (Ver Anexo 04, *figura 3*)

En el levantamiento topográfico tradicional, en gabinete se tomarán en cuenta el plan de trabajo y en campo se realizará el método por radiación para la toma de datos a través de lecturas con prismas y protaprismas además de la construcción de la poligonal de apoyo para el control de todos los detalles a tomar y su posterior georreferenciación.

En el levantamiento topográfico con RPAS, se realizará en gabinete, la planificación de vuelo a través del software DroneDeploy y en campo se ejecutarán las líneas de vuelos para la toma de fotografías aéreas y además de puntos de fotocontrol DIANAS para su posterior georreferenciación. (Ver Anexo 04, *figura 4*)

Qué instrumentos va a utilizar

Para el levantamiento topográfico tradicional se utilizará como instrumentos de medición los siguientes equipos topográficos:

- Estación Total Leica Flexline TS06 PLUS 5”
- Nivel automático Topcon ATB4

Para el levantamiento topográfico con RPAS, se utilizará como instrumento de medición y lo siguiente:

- Drone DJI Phantom 4 Pro V 2.0
- Puntos de fotocontrol – DIANAS

Confiabilidad

Se procederá con la presentación del certificado de calibración de los instrumentos topográficos de la Estación Total y Nivel Automático. (Ver Anexo 03)

Par el caso de la aeronave RPAS se presentará una tarjeta de registro en la Dirección General de Aeronáutica Civil del MTC, además de sus especificaciones técnicas. (Ver Anexo 03)

Validez

Se empleará metodología de trabajo apropiado con personal técnico capacitado en el Área de Topografía, así como del operador en el manejo de vuelo de dron RPAS. Además, la firma de un ingeniero civil para los planos topográficos y la firma de un ingeniero especialista con licencia de vuelo registrado en DGAC para los trabajos de posproceso.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para realizar el análisis de los datos se necesitan dividir los componentes básicos de la información para ser examinados por medio de resultados que respondan las discusiones planteadas en el trabajo de investigación (Rojas, 2013, p. 333).

Los datos obtenidos en el levantamiento topográfico con RPAS serán insertados al software de Agisoft PhotoScan Professional para generar los modelados digitales y Ortofotos, en el caso del levantamiento topográfico tradicional se hará uso del programa AutoCAD Civil 3D para la elaboración de la superficie TIN y el plano topográfico con curvas de nivel.

2.6. Aspectos éticos

El investigador demuestra que se está realizando un estudio con una total transparencia y veracidad en los contenidos que recopiló durante el tiempo del proyecto, además el compromiso de respeto a la veracidad de los resultados obtenidos, el compromiso de respeto a la propiedad intelectual de los autores, en donde sus informaciones fueron utilizadas en la elaboración de la investigación.

III. RESULTADOS

En este trabajo de investigación “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019” se busca realizar dos levantamientos topográficos una de la forma tradicional y otra utilizando un dron RPAS.

Posteriormente realizar comparaciones técnicas de la precisión de los trabajos, el tiempo en la ejecución y costos de operación que demanda la realización de los trabajos topográficos mencionados tanto en campo como en gabinete.

Para que el trabajo de investigación tome mayor valor se consideró establecer y certificar 02 puntos control geodésico para georreferenciar todos los trabajos involucrados y realizar una nivelación geométrica cerrada a partir de un BM oficial establecido por el Instituto Geográfico Nacional para las elevaciones correspondientes.

Por ende, con los dos trabajos adicionales a este proyecto, se da un mayor realce a esta investigación ya que se asemeja, en escala menor, a proyectos reales del mundo laboral con los componentes que implica realizar un estudio topográfico en el campo de la ingeniería civil.

Los trabajos efectuados en esta investigación consistieron en:

1. Medición estática de (02) dos puntos geodésicos de orden C.
2. Levantamiento topográfico con Estación Total
3. Nivelación Geométrica con nivel automático
4. Levantamiento topográfico con Dron RPAS

Medición Estática de Puntos de Control Geodésicos

Conforme a la Norma Técnica Geodésica “Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global” establecida por el ente rector de la cartografía nacional el Instituto Geográfico Nacional, se han ejecutado las mediciones de campo en la Huaca Aznapuquio.

Para la medición estática de DOS (02) Puntos de Control Geodésicos de orden C en la Huaca Aznapuquio, se realizó el reconocimiento y definición del emplazamiento de la zona de estudio para ejecutar los respectivos trabajos topográficos necesarios para el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con dron.

A continuación, se procede a detallar todo lo concerniente a la medición estática de los dos puntos de control geodésicos.

Área del proyecto

Ubicación

La zona del estudio se encuentra ubicada sobre los 60.00 m.s.n.m., en el distrito de Los Olivos, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

Geográficamente el Área de trabajo se emplaza entre las coordenadas siguientes:

11° 59' 02" Latitud Sur - 77° 04' 23" Longitud Oeste

11° 59' 06" Latitud Sur - 77° 04' 20" Longitud Oeste

Medios de transporte

Dado que la zona de trabajo se localiza en zona urbana en el distrito de Los Olivos, el acceso a partir de la ciudad de Lima se realiza por dos rutas, la primera por la vía de Evitamiento – Panamericana Norte hasta la Av. Los Alisos siguiendo por la izquierda unos 800 metros hasta el cruce con la Av. Las Palmeras donde se encuentra la puerta de ingreso de la Huaca Aznapuquio.

La segunda vía es por la Panamericana Norte hasta la Av. Carlos A. Izaguirre siguiendo por la izquierda hasta llegar a la municipalidad de Los Olivos tomando hacia la derecha la Av. Las Palmeras hasta la cuadra 42 cruce con la Av. Los Alisos cuadra 07 hacia la derecha donde se encuentra la Huaca Aznapuquio.

Trabajos realizados

Recopilación y evaluación de información existente

A fin de identificar la zona de emplazamiento del Proyecto, se ha recopilado y evaluado la información concerniente básicamente en Cartografía y Estudios existentes.

- La información recopilada corresponde a la elaborada por el Instituto Geográfico Nacional "IGN", y la oficina de Catastro de la Municipalidad de Los Olivos.
- Carta Nacional: Hoja 24-i- Chancay, confeccionada por el Instituto Geográfico Nacional a través de métodos de restitución aerofotogramétricos con intervalos de curva cada 100 y 50 metros y elaboradas a escala 1:100 000.
- Información de la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN) del IGN: Estación GNSS de Rastreo Permanente LI01, de Orden "0" ubicado en la sede central del Instituto Geográfico Nacional - Surquillo.

Georreferenciación de 02 Puntos de Control Geodésicos de orden C

Los puntos de control geodésicos, han sido definidos considerando el esquema de emplazamiento del área a ser levantada y basadas en la Norma Técnica Geodésica, se realizó la planificación de trabajo, así como se identificó las zonas de ubicación de los puntos geodésicos, lográndose de esta forma un trabajo coordinado.

Planificación de los puntos de Estación GNSS

Para la georreferenciación y enlace de 02 puntos de control geodésicos al Sistema de Control Horizontal del IGN se tomó como punto "Base" la Estación GNSS de Rastreo Permanente LI01 de orden "0", establecido por el IGN ubicado en las instalaciones del Instituto Geográfico Nacional – Sede principal Surquillo. Ver figura 1.

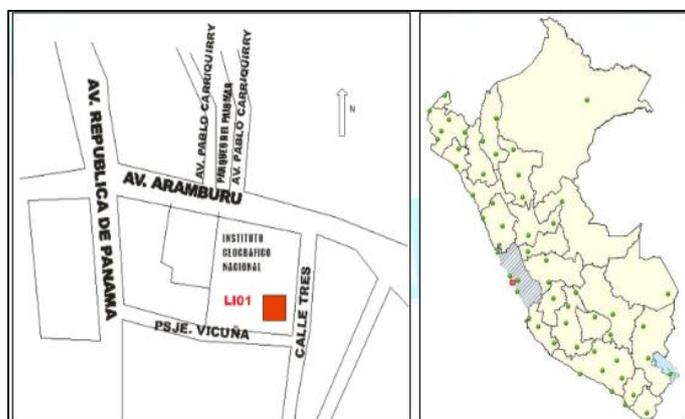


Figura 1. Croquis de ubicación.

Estación Geodésica Base – Apoyo Planimétrico

La Estación Geodésica Base, como punto de control y/o apoyo planimétrico, así como de trasloque de Coordenadas del Datum WGS-84 del Sistema de Control del IGN, al Sistema de coordenadas WGS-84 del Proyecto. Se ha elegido a la estación Geodésica de Orden “0” del IGN denominada LI01 ubicada en el techo del edificio o sede central del IGN, localizado en el distrito de Surquillo, provincia de Lima y departamento de Lima. El Formulario de la Estación GNSS de Rastreo Permanente se presenta al final de este capítulo (Ficha Estación IGN, ERP1.)

Apoyo Altimétrico

El Control Altimétrico del Proyecto, se ha realizado paralelamente al control planimétrico realizado por el método "GPS", se ha efectuado un trasloque de cotas que tiene como cota de partida la cota de la Estación IGN “Estación GNSS LI01”.

Definido el punto de control del IGN, así como los puntos de control y apoyo al nuevo sistema se procedió a la ubicación estratégica de estos puntos, así como a su monumentación. Se definieron DOS puntos que servirían para el control plano-altimétrico del Proyecto.

Método de Medición

El método de medición empleado es el estático, método recomendado para mediciones de control geodésico sobre grandes áreas, medición de redes nacionales y continentales, etc. donde según el fabricante de los equipos empleados el error medio cuadrático considerado es de 5 mm + ppm.

Asimismo, como metodología se ha considerado la toma de datos a manera de triangulación habiéndose empleado para tal caso 02 Receptores GNSS, marca TOPCON, modelo GR 5 de Doble Frecuencia, esto ha permitido un ajuste por trilateración, recreando de esta forma un polígono cerrado.

Este método consiste en tomar la data del Receptor GNSS en la Base (MASTER), LI01 del IGN de coordenadas conocidas, y 02 Receptores ROVER en dónde se ubicó en los puntos de control geodésicos por hallar sus coordenadas, alrededor de la Huaca Aznapuquio.

Trabajos de Campo

Materializados en el terreno, los 02 puntos de control geodésicos, fija con hitos de concreto, de forma cuadrangular de 40 cm de lado, la profundidad será según el terreno (no < de 60 cm.) y definidas la estación base y el método de medición, se procedió a la toma de datos GNSS, efectuados el día 12 de Mayo de 2019.

Como estación base se ha considerado la Estación GNSS LI01, por lo cual el IGN tiene estacionado un sensor satelital de manera permanente para la toma de datos GNSS “Epocas”, durante las 24 horas lo que permite todo proceso de georreferenciación. De igual manera se han estacionados los respectivos receptores GNSS en cada punto geodésico establecido.

Para efectuar el posicionamiento de estos puntos de control geodésicos, se han medido desde la Estación Base” LI01 en secciones constantes de toma de datos satelitales para cada punto con un promedio de 2:00 horas. Efectuándose de esta manera un vector en tres dimensiones entre la base y los rovers.

Los receptores Master y Rover recibieron simultáneamente las ondas de radio emitidas por los satélites, controlándose el número de satélites y el factor de dilución (PDOP), para el caso de alta precisión es de 4 o 5 satélites y PDOP menor o igual a 6 para equipos GNSS para este caso particular referidos a la marca TOPCON, modelo GR 5. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Datos de medición estática de los puntos.

FECHA	CÓDIGO	HORA DE INICIO	HORA FINAL	DURACIÓN
12-05-2019	LIM011315	02:45:00 p.m.	04:45:00p.m.	02:00:00
12-05-2019	LIM011316	02:49:00 p.m.	04:49:00p.m.	02:00:00

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente en el posproceso este valor es referida a las coordenadas de la Estación Base LI01, perteneciente a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), teniendo como marco de referencia el ITRF2000 y el sistema de referencia WGS84, además del modelo geoidal global EGM2008 para la transformación entre alturas.

Trabajos de Gabinete

Cálculos realizados

La información del acopio de la base de datos recogida en campo de los receptores geodésicos se exporta a una computadora para el posproceso mediante el empleo del software de procesamiento "Trimble Business Center TBC v3.5" dónde se procedió a realizar los cálculos y ajustes de cada uno de los vértices.

Para el cálculo de las coordenadas en gabinete, previamente se han eliminado las señales con mucho ruido (interferencias) y los picos de ciclo, habiéndose mantenido los valores constantes por defecto para el error medio cuadrático (RMS), de aquellos se están debajo de 0.015 m.

Se definió los valores de los puntos en el Sistema de Referencia WGS-84, definiendo primeramente aquellos puntos que servirían de base para los cálculos, considerando los triángulos formados. Para luego realizar el siguiente procesamiento:

- Convalidación de los valores del Datum Geodésico del IGN LI01 de Orden "0" ESTACION GNSS DE RASTREO PERMANENTE.
- Coordenadas geográficas de todos los puntos geodésicos en el Datum WGS-84

Después del posproceso se llegó a los siguientes resultados:

- Coordenadas UTM en WGS-84 en DOS (02) puntos conformantes de la red de Control. Los resultados se presentan en el anexo 08.
- Coordenadas Geográficas en el Datum WGS-84, de todos los puntos, cuyos valores se adjuntan en el anexo 08.

RESULTADOS DEL POSICIONAMIENTO SATELITAL DESDE LA BASE “LI01”

Tabla 3. *Coordenadas geodésicas WGS 84.*

BASE: LI01

PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
LI01	12°06'10.85979"S	77°01'00.98248"O	157.644m

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. *Coordenadas UTM - WGS 84.*

BASE: LI01

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
LI01	8661244.577m	280479.885m	134.003m

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. *Coordenadas geodésicas WGS 84.*

PUNTOS ROVER

PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
LIM011315	11°59'01.94407"S	77°04'21.87456"O	80.007m
LIM011316	11°59'04.63451"S	77°04'19.51803"O	80.305m

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. *Coordenadas UTM - WGS 84.*

PUNTOS ROVER

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
LIM011315	8674381.687m	274304.396m	56.200m
LIM011316	8674299.533m	274376.322m	56.493m

Fuente: elaboración propia.

Al final del trabajo en anexo 08 Resultados y cálculos justificativos se muestran los resultados de esta actividad referida al Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS.

Equipos empleados

Para la realización de esta actividad se ha empleado el siguiente equipo:

- 02 Receptores GNSS, marca TOPCON, modelo GR 5. N° Serie 1118-20606 y 1118-20617. De 216 canales frecuencia doble, GPS L1/L2, L2c, L5, Glonass L1,L2 & L5 Carrier, Galileo, Giove A, Giove-B (E&E5a), Sbas Waas/Egnos/Msas) Codigo L1 & Carrier para mediciones de alta precisión.

Precisión en Modo Estático Horizontal: $\pm 3 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$ y Vertical: $\pm 5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$. Precisión en Modo RTK (Real Time Kinematic): Horizontal: $\pm 2 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$ y Vertical: $\pm 2 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$

- 01 GPS Navegador marca Garmin modelo Etrex
- 01 Computadora Notebook marca HP modelo Pavilion dv4 –N° Serie 5CG2011DJ5
- 01 Camioneta Station Wagon.

Esquema de la línea base generado por el software de procesamiento.

El posicionamiento de los Puntos de Control, fueron enlazados a la señal del Estación de Rastreo Permanente LI01 de Orden “0”, con resultados óptimos y precisos (menos a 1 cm), obtenidos en el Post Proceso. Ver Figura 2.



Figura 2. Ajuste de red generado por el software de procesamiento.

Línea Base de los puntos geodésicos

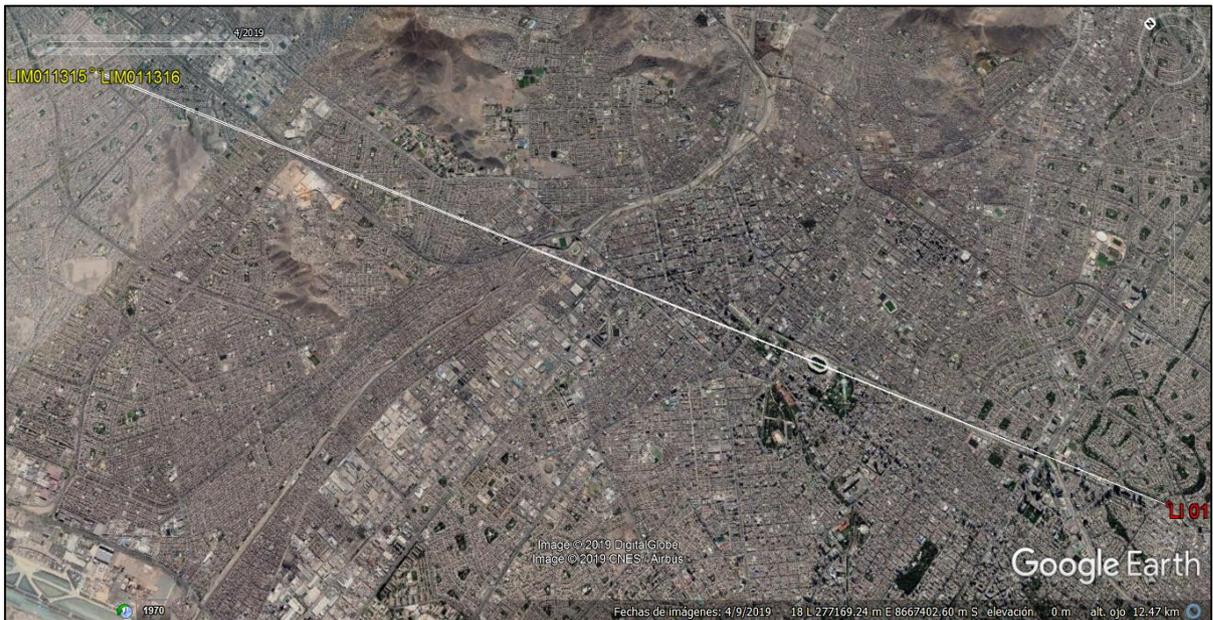


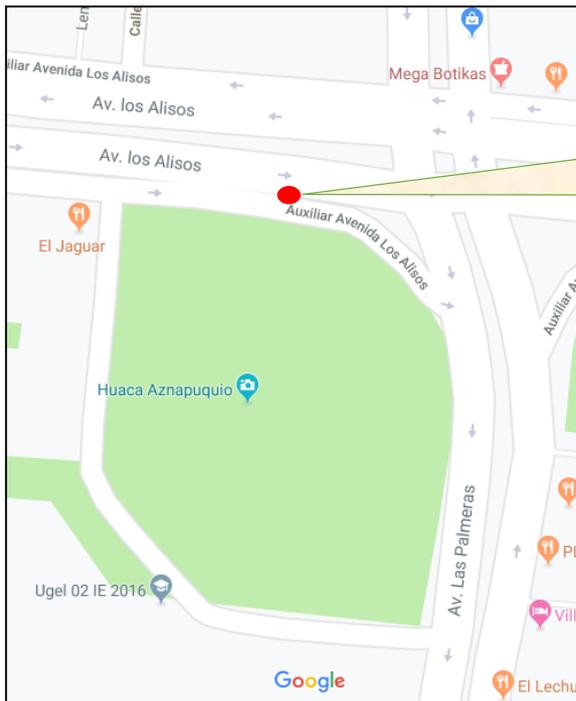
Figura 3. Línea Base LI01-LIM011315-LIM011316.

Ubicación de la Huaca Aznapuquio



Figura 4. Imagen satelital de área dónde se realizaron los trabajos.

UBICACIÓN DE PUNTO GEODÉSICO LIM011315



El punto geodésico LIM011315 se encuentra ubicado en la Av. Los Alisos, frente a la Huaca Aznapuquio



Figura 5. Mapa de ubicación de punto LIM011315.

Figura 6. Placa de bronce de punto LIM011315.

MONUMENTACIÓN DE PUNTO GEODÉSICO LIM011315

El Puntos de Control Geodésico LIM011315, fue ubicado estratégicamente con hitos de concreto, de forma cuadrangular y con un disco de bronce en la parte superior según la Norma Técnica Geodésica N° 139-2015-IGN/UCCN “Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global”. Ver Figuras 6 y 7.

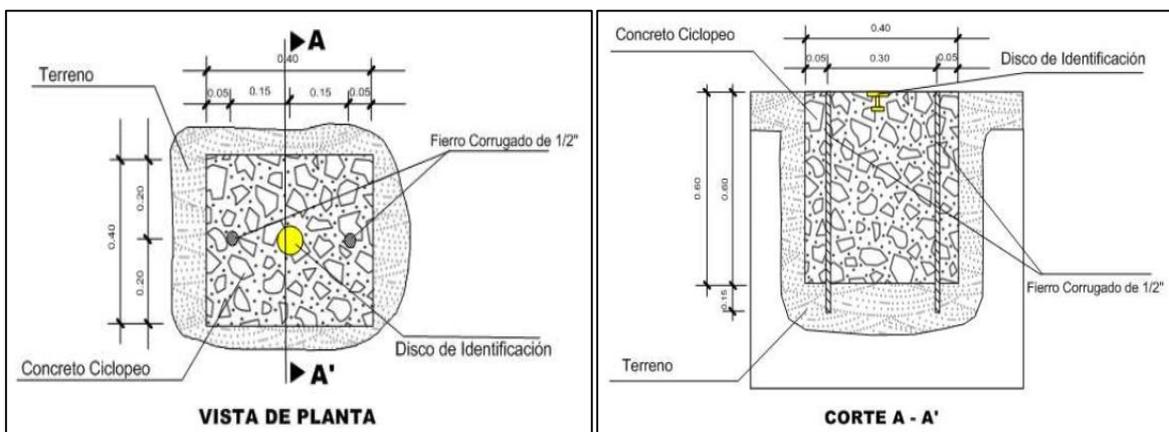


Figura 7. Dimensiones del hito de concreto.

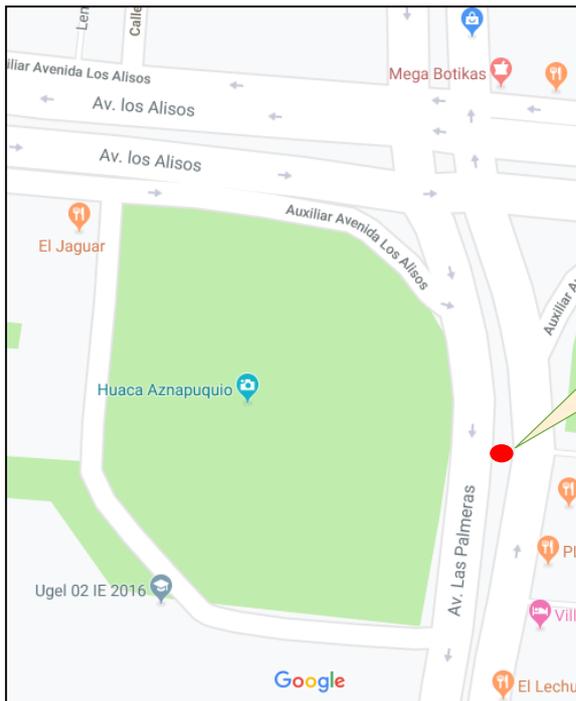


Figura 8. Colocación de molde y preparado de mezcla para hito de concreto.



Figura 9. Llenado de mezcla y colocación de placa de bronce en hito de concreto.

UBICACIÓN DE PUNTO GEODÉSICO LIM011316



El punto geodésico LIM011316 se encuentra ubicado en la Av. Las Palmeras, al costado de la Huaca Aznapuquio



Figura 10. Mapa de ubicación de punto LIM011316.

Figura 11. Placa de bronce de punto LIM011316.

MONUMENTACIÓN DE PUNTO GEODÉSICO LIM011316

El Puntos de Control Geodésico LIM011316, fue ubicado estratégicamente con hitos de concreto, de forma cuadrangular y con un disco de bronce en la parte superior según la Norma Técnica Geodésica N° 139-2015-IGN/UCCN “Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global”. Ver Figuras 11 y 12.

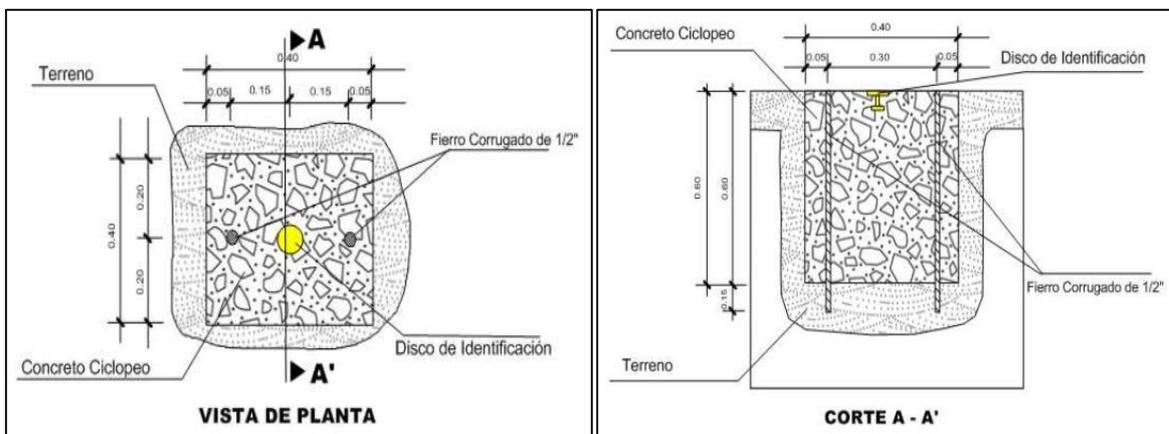


Figura 12. Dimensiones del hito de concreto.



Figura 13. Colocación de molde y preparado de mezcla para hito de concreto.



Figura 14. Llenado de mezcla y colocación de placa de bronce en hito de concreto.

PUNTO GEODÉSICO LIM011315



Figura 15. Medición estática de punto LIM011315.

PUNTO GEODÉSICO LIM011316



Figura 16. Medición estática de punto LIM011316.

Levantamiento topográfico con Estación Total

Para el levantamiento topográfico del área en donde se desarrollará el proyecto “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019”

El estudio topográfico del terreno donde se emplazará el proyecto se desarrolla en la Huaca Aznapuquio, ubicado en el distrito de Los Olivos, cerca al cruce de las avenidas Las Palmeras y Alisos.

Metodología del trabajo

En este trabajo se consideró el siguiente programa de trabajo:

- Visita de campo para observación de detalles
- Recopilación de la información existente.
- Plan de la elaboración de la poligonal cerrada con Estación Total.
- Ubicación de BM cercanos para nivelación
- Toma de datos de planimetría y altimetría.
- Descarga de data y posprocesamiento de información.
- Elaboración de planos topográficos a curvas de nivel

Ubicación y acceso al área de estudio

Ubicación Política

Región : Lima
Departamento : Lima
Provincia : Lima
Distrito : Los Olivos
Zona : Huaca Aznapuquio

Ubicación geográfica

El área en estudio se ubica dentro las coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 Sur, por el N 8674381.687 - E 274304.396 con una altitud de 56.200 m.s.n.m. Este punto de coordenadas se ubica al frente de la Huaca Aznapuquio, en la berma central de la vía auxiliar de la Av. Los Alisos, distrito de Los Olivos.

El segundo punto se encuentra dentro de las coordenadas N 8674299.533 - E 274376.322 con una altitud de 56.493 m.s.n.m. Este punto de coordenadas se ubica al costado de la Huaca Aznapuquio, en la berma central de la Av. Las Palmeras, distrito de Los Olivos

Acceso al área de estudio

Para llegar al área de estudio se debe ir con dirección al norte por la Panamericana Norte hasta la Av. Los Alisos, doblar a la izquierda hasta el cruce con la Av. Las Palmeras, por la urbanización Micaela Bastidas, distrito de Los Olivos, en donde se ubica la Huaca Aznapuquio.

Trabajo de campo

Reconocimiento del área de estudio

Se realizó una vista de campo para el reconocimiento de la morfología del terreno, estableciendo metodologías apropiadas para obtener trabajos topográficos con buena precisión.

Se ha ubicado la infraestructura existente y proyectada el cual se detalla a continuación:

- Cerco perimétrico
- Montículo de Tierra
- Árboles
- Mural de concreto
- Veredas
- Alumbrado público
- Semáforo
- Hidrante

Control Horizontal y Control Vertical

Control Horizontal: Se constituyó una poligonal cerrada de 5 vértices con estacas de fierro en los puntos A, B, C, D, E a coordenadas UTM WGS84 Zona 18 Sur, de esta poligonal cerrada se ha partido los trabajos de levantamiento topográfico. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Cuadro técnico de la poligonal cerrada.

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DE LA POLIGONAL CERRADA						
VÉRTICE	LADO	DISTANCIA (m)	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (m.s.n.m.)
A	A-B	79.630	74° 58' 27"	274314.824	8674363.359	56.527
B	B-C	50.185	75° 24' 41"	274272.306	8674296.029	58.190
C	C-D	34.974	190° 35' 08"	274320.120	8674280.785	59.142
D	D-E	54.585	67° 15' 06"	274350.923	8674264.221	56.579
E	E-A	60.971	131° 46' 38"	274356.174	8674318.552	57.304

DATUM UTM WGS 84

Fuente: elaboración propia.

Control Vertical: El levantamiento topográfico se ha apoyado en el BM CUC-6 de elevación 45.6781 m.s.n.m., ubicado en el cruce de la Av. Universitaria con la Av. Los Olivos en el Distrito de San Martín de Porres, la nomenclatura del BM se encuentra en el disco de bronce de 9 cm de diámetro incrustada en la vereda frente al Grifo Repsol sobre el nivel de la pista. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Cuadro técnico de BM oficial.

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS BM OFICIAL			
DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)	ESTE (X)	NORTE (Y)
BM CUC-6	45.6781	275760	8670637

GPS NAVEGADOR

DATUM UTM WGS
84

Fuente: elaboración propia.

De este BM oficial se ha llevado la nivelación geométrica cerrada con nivel automático hasta el punto de control geodésico LIM011315, ubicado en la Av. Los Alisos frente a la entrada de la HUACA AZNAPUQUIO, con una longitud de 1.210 km llegando a establecer 01 BM Auxiliar.

El BM AUX-1 se encuentra en la esquina de un muro parapeto cuya cota es 49.986 m.s.n.m. ubicado en la vía auxiliar de la Av. Universitaria cdra. 43 costado del local de estudio contable en las coordenadas N 8674342 – E 273693. Ver Tabla 9.

Tabla 9. Cuadro técnico de BM auxiliar.

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS BM AUXILIAR			
DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)	ESTE (X)	NORTE (Y)
AUX-1	49.986	273693	8674342

GPS NAVEGADOR

DATUM UTM WGS 84

Fuente: elaboración propia.

Una vez llegado al lugar de proyecto a realizarse los trabajos se procedió a nivelar los dos hitos de concreto de los puntos de control geodésico estableciéndose sus cotas, verificándose la similitud de las cotas obtenidas en el posproceso de las mediciones GNSS. Ver Tabla 10.

Tabla 10. Cuadro técnico de puntos geodésicos.

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS COTA DE PUNTO GEODÉSICOS			
DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)	ESTE (X)	NORTE (Y)
LIM011316	56.205	274381	8674303
LIM011315	57.490	274301	8674385

GPS NAVEGADOR

DATUM UTM WGS 84

Fuente: elaboración propia.

En el levantamiento topográfico tradicional se ha tomado al detalle todas las interferencias dentro del área para el proyecto como son:

- En el pasaje Los Helenios se han ubicado veredas, pista, rampa peatonal, cerco perimétrico, fachadas, árboles.
- En el pasaje Las Guirnaldas se han ubicado esquinas de manzanas, límite de propiedad, fachadas, intersecciones de los pasajes, postes de alumbrado público,

El Levantamiento Topográfico se ha realizado con el siguiente personal

- Un topógrafo
- Un operador de estación total
- Dos ayudantes para los prismas con bastón metálico
- Un personal de seguridad
- Una movilidad

Equipos utilizados en el levantamiento topográfico

Tabla 11. Cuadro de equipos utilizados en el trabajo.

DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CANTIDAD	PRECISIÓN
Estación Total	LEICA	TS 06 PLUS	1	1.5 mm
Trípode de aluminio			1	
Bastón metálico			2	
Prisma con bastón metálico			2	
Portaprisma			2	
GPS navegador	GARMIN	ETREX	1	

Fuente: elaboración propia.

Trabajo de gabinete

Después de haber realizado el levantamiento topográfico en campo, con la estación total se prosigue a transferir a un dispositivo de almacenamiento: memoria USB la base de datos (libreta campo electrónica) de forma directa, dichos datos ya no necesitan correcciones debido a que estos datos ya fueron compensados de manera automática en campo por la estación total.

Con esta base de datos se exporta al software AutoCAD Civil 3D 2018, que procesa la data y deja lista para la elaboración y diseño de los planos topográficos a coordenadas UTM WGS 84 topográficos a curvas de nivel, cada 1 m curvas secundarias y 5 m curvas primarias.

Precisión de los puntos

Los puntos topográficos se han realizado con estación total marca LEICA TS06 PLUS la cual cuenta con compensación automática del error de campo, ya que calcula las coordenadas en el mismo momento de la medición. Esta estación total tiene una precisión lineal con prisma: $\pm (1.5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$ ". Ver Figura 17.

Datos Técnicos		FlexLine,					
Medición de distancias con reflectores							
Alcance	Reflector	Alcance A		Alcance B		Alcance C	
		[m]	[ft]	[m]	[ft]	[m]	[ft]
	Prisma estándar (GPR1)	1800	6000	3000	10000	3500	12000
	3 prismas (GPR1)	2300	7500	4500	14700	5400	17700
	Prisma de 360° (GPZ4, GPZ122)	800	2600	1500	5000	2000	7000
	Prisma de dianas 60 mm x 60 mm	150	500	250	800	250	800
	Mini prisma (GMP101)	800	2600	1200	4000	2000	7000
	Miniprisma 360° (GRZ101)	450	1500	800	2600	1000	3300
Distancia mínima de medición:		1.5 m					
Condiciones atmosféricas	Alcance A: Muy brumoso, visibilidad 5 km; o mucho sol con fuerte centelleo por el calor						
	Alcance B: Poco brumoso, visibilidad aprox. 20 km; o parcialmente soleado y poco centelleo por el calor						
	Alcance C: Cubierto, sin bruma, visibilidad aprox. 40 km; sin centelleo del aire						

Figura 17. Cuadro de medición de distancias de la estación total Leica TS06 PLUS.

El equipo trabaja con coordenadas UTM WGS 84 (Norte, Este y Elevación) y cuenta con una libreta electrónica que crea una base de datos en donde se graban los puntos de relleno y detalles que se han levantado a una distancia no mayor de 100 m. Ver Figuras 18 y 19.



Figura 18. Levantamiento topográfico del área del proyecto.



Figura 19. Levantamiento topográfico al detalle del área del proyecto.

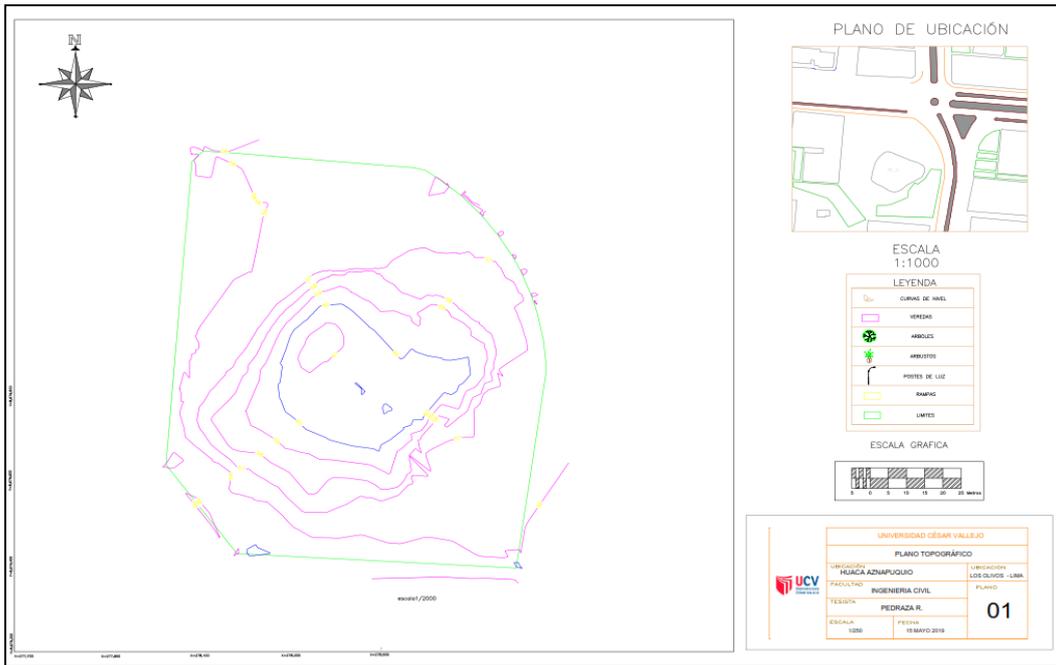


Figura 20. Plano topográfico del área del proyecto.



Figura 21. Plano perimétrico del área del proyecto.

Levantamiento topográfico con RPAS

El presente trabajo tiene por objeto el desarrollo del Levantamiento Topográfico con RPAS con el uso de una aeronave sobrevolando el área de la Huaca Aznapuquio, además la colocación de puntos de fotocontrol y enlace mediante mediciones en tiempo real RTK para la georreferenciación el área de trabajo al Sistema WGS-84.

En el marco del proyecto “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019” se emplearon equipos de última generación como Dron Profesional, GPS Diferencial para asegurar de esta manera resultados de precisión.

Ubicación y descripción del área de estudio

Ubicación política

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política:

Distrito : Los Olivos
Provincia : Lima
Departamento : Lima
Zona : Huaca Aznapuquio

Ubicación geográfica

Geográficamente el Área de trabajo se emplaza entre las coordenadas siguientes:

11° 59' 02" Latitud Sur - 77° 04' 23" Longitud Oeste

11° 59' 06" Latitud Sur - 77° 04' 20" Longitud Oeste

Equipos de ingeniería utilizados

Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia – RPAS

El Dron Phantom 4 Pro es una aeronave multirrotor de cuatro motores eléctricos con hélices para suspensión en el aire, con autonomía de vuelo de 30 minutos. Su frecuencia de control es de 2.4 Hz, con peso máximo para despegar menor a 2 Kg. Cuenta con una cámara de 20 MP y grabación de video 4K con imágenes transmitidas en HD, cuenta con 5

sensores para detección de obstáculos, el vuelo es operado mediante un dispositivo de control remoto. Ver Figura 22.



Figura 22. Dron Phantom 4 PRO v2.0.

Sistema Global de Navegación por Satélite - GNSS

Para la Georreferenciación se utilizó 02 Receptores GPS Geodésicos marca TOPCON, Modelo GR 5, doble frecuencia con tecnología en combinar los tres sistemas satelitales GNSS para posicionamiento - NAVSTAR, GLONASS, y el sistema europeo GALILEO. A continuación, en las Tablas 12 y 13 se mencionan los parámetros de medición, aplicados en este trabajo:

Tabla 12. *Parámetros de medición Estático de equipo GNSS.*

METODO ESTATICO	
Marca / Modelo	TOPCON GR 5
Precisión Método estático	3mm + 0.5 ppm horizontal, 5 mm + 0.5 ppm vertical
Intervalo de Medición DGPS	5 seg.
Mascara de Elevación	10°
Tiempo de medición	< 45 minutos
Frecuencia	GPS L1/L2, L2C, L5, GLONASS L1,L2 & L5 CARRIER, GALILEO, GIOVE A, GIOVE-B (E&E5a), SBAS WAAS/EGNOS/MSAS) CODIGO L1 & CARRIER.
Número de Canales	226
Numero de Satélites	> 4
PDOP	< 6

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Parámetros de medición RTK de equipo GNSS.

METODO RTK	
Marca / Modelo	SOUTH GALAXY G1
Precisión Método RTK	2mm + .5 ppm horizontal, 2 mm + 0,5 ppm vertical
Intervalo de Medición RTK	1 seg.
Mascara de Elevación	10°
Tiempo de medición	1 minuto
Frecuencia	GPS L1/L2, L2C, L5, GLONASS L1,L2 & L5 CARRIER, GALILEO, GIOVE A, GIOVE-B (E&E5a), SBAS WAAS/EGNOS/MSAS) CODIGO L1 & CARRIER
Número de Canales	226
Numero de Satélites	> 4
PDOP	< 6

Fuente: elaboración propia.

Software de planes de vuelo

Se empleó el **DroneDeploy** es un software gratuito para la planificación de misiones de vuelo con dron, herramienta profesional de mapeo de drones para capturar automáticamente datos de imagen (RGB, térmica) para obtener mapas y modelos 3D óptimos.

Se realizó la planificación de las misiones de vuelo de acuerdo al polígono en formato kmz de la zona del proyecto a intervenir, proporcionado por la entidad. Ver Figura 23.



Figura 23. Plan de vuelo con software DroneDeploy.

Software de restitución fotogramétrica

Se empleó el **Agisoft PhotoScan**, es un software de fotogrametría líder para el mapeo profesional de drones, donde se genera por medio de fotografías digitales los Ortomosaicos, nubes de puntos y DSM (modelo digital de superficie) y, con flujo de trabajos completamente automático. Ver Figura 24.



Figura 24 . Procesamiento de fotografía con software Agisoft PhotoScan.

Desarrollo del trabajo

Proceso de medición del área del proyecto

Georreferenciación

Los 2 puntos de control de orden C, están enlazado a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), administrado por el IGN; se usó receptores GNSS diferenciales de frecuencia doble, técnica de medición por Método Estático y Posproceso.

En esta técnica todos los receptores (Base y Rovers) están fijos y simultáneamente observan satélites comunes, donde la base está sobre un punto de coordenadas conocidos, con ello se elimina los errores ionosféricos. Ver Figura 25.

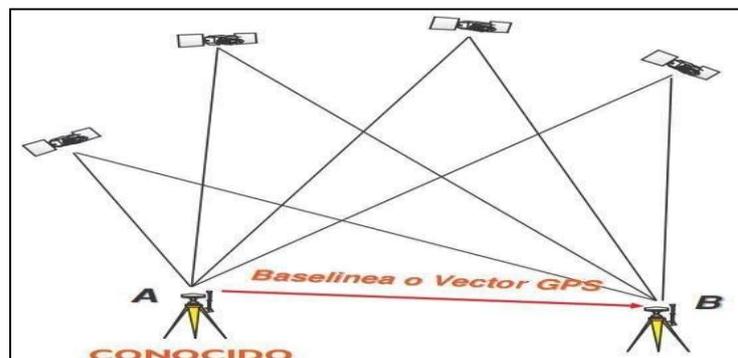


Figura 25. Medición GNSS mediante Método Estático.

Obtención de coordenadas por método RTK

Para la lectura de los puntos de foto control del proyecto se utilizó la medición RTK. Esta técnica de posicionamiento y medición está basada en la transmisión de señales a través de satélites GNSS conformadas por sistemas globales como Navstar, Glonass y Galileo en fase de implantación.

Consta de una Estación base con coordenadas para dar posicionamiento a los Rover, puntos de lo que se requiere medir, su precisión es milimétrica. La comunicación base-rover permite hallar las coordenadas en tiempo real de los puntos, esto permite que el trabajo se ejecuten en menor tiempo. Ver Figura 26.

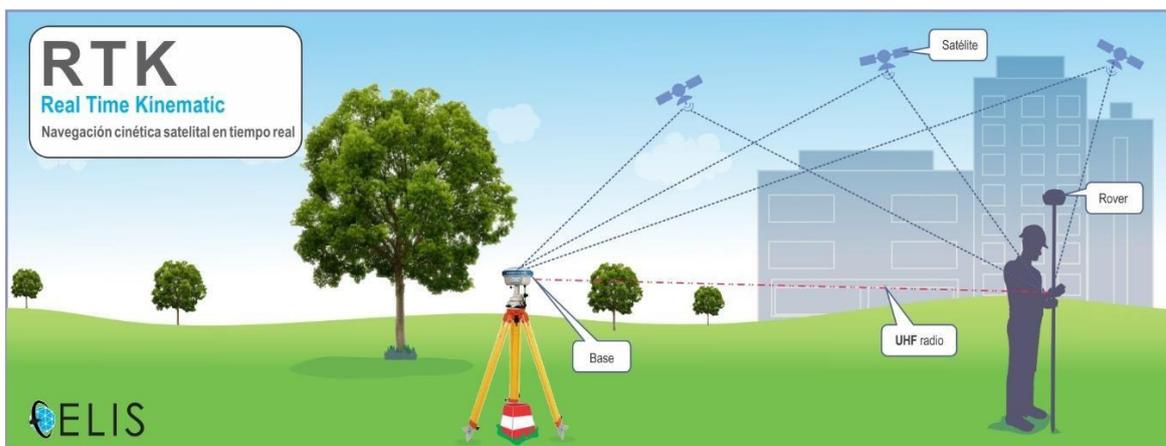


Figura 26. Medición GNSS mediante Método RTK.

Planeamiento del Control Horizontal

Con la ayuda de planos referenciales e imágenes satelitales obtenidas de Google Earth, se eligió la ubicación más conveniente para establecer el punto, tomando en consideración que los Puntos GPS se encuentren en zonas elevadas, presenten libre visión de la zona del proyecto y no se encuentren debajo de líneas de transmisión.

Reconocimiento de Campo

Luego de realizar el Planeamiento del Control Horizontal se realizó el reconocimiento de la ubicación del Punto Geodésico, observando la conveniencia de la ubicación elegida. En caso de no cumplir con requisitos de visibilidad se realizará la reubicación del punto. Finalmente se realizó un croquis aproximado de la ubicación del Punto y se hizo una breve descripción del Lugar.

Plan de vuelo de área de trabajo

Cuando se hizo el planeamiento de vuelo se consideró las alturas de las torres de alta tensión y edificios, este planeamiento se realizó con el software DroneDeploy.

Se desarrolló la planificación de vuelo teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

Lugar: Huaca Aznapuquio, entre las avenidas Las Palmeras con Los Alisos, Urbanización Micaela Bastidas, Distrito de Los Olivos.

Fecha Inicio: 12/04/2019

Hora Inicio: 03:00 p.m.

Fecha Fin: 12/04/2019

Hora Fin: 04:00 p.m.

Información

Equipo Modelo: Drone Phantom 4 PRO v 2.0

Tiempo de Misión: 10 min.

Nº Misiones: 02

Tiempo total: 20 min.

Altura de vuelo: 60 m.

Polígono de vuelo

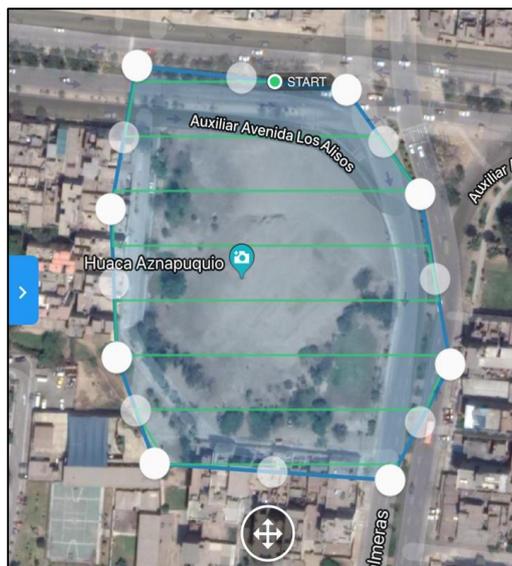


Figura 27. Polígono de vuelo realizado.

Puntos de fotocontrol

Los puntos de fotocontrol son marcas identificables sobre el terreno y en pendientes considerables, sirven de apoyo en el levantamiento topográfico con RPAS para luego en el posproceso colocar coordenadas en las marcas tomadas de cada fotografía digital, considerando algunas teorías de colocación de puntos de control sobre el terreno. Ver Figura 28.

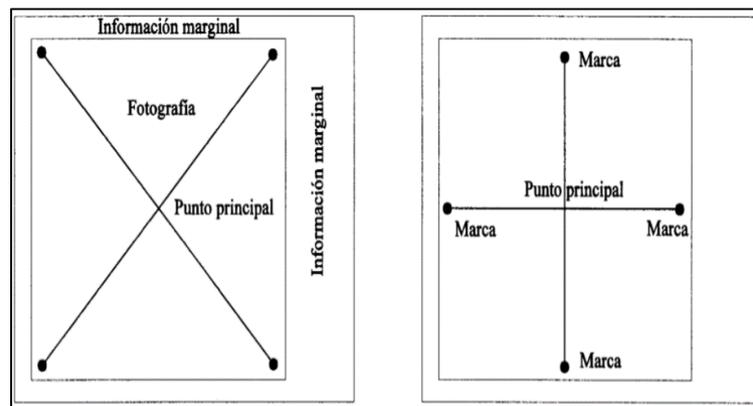


Figura 28. Estructura de un punto fotocontrol.

El levantamiento topográfico con RPAS se realizó con una metodología de poner puntos según el terreno comprendido. Estos puntos distribuidos en el terreno de acuerdo al planeamiento de vuelo fueron colocados con dianas de plástico y luego cada una de ellas se georreferencio con el modo RTK del GPS dándonos así un levantamiento preciso y rápido. Ver Figura 29.



Figura 29. Punto fotocontrol en terreno del área del proyecto.

En el proyecto se consideró 09 puntos de fotocontrol en el interior de todo el terreno (aprox. 1.2 Ha) y fueron enlazadas al punto geodésico monumentado LIM011315. Todo el trabajo se desarrolló en Datum WGS84, de sistema de proyección UTM, zona 18S y para la corrección de las elevaciones se empleó el modelo Geoidal EGM2008. Ver Figura 30.



Figura 30. Puntos fotocontrol dentro del área del proyecto.

Tipo de vuelo

Se realizó un vuelo de tipo rejilla simple con un overload de 80%, este tipo de vuelos es utilizado frecuente mente para elaboración de mapas 2d y cartografía digital.

Este vuelo con RPAS necesito solo una batería debido a que en su planeamiento de vuelo nos indicó que el tiempo recorrido seria de 4 -5 min considerando factores meteorológicos, cabe mencionar que durante el vuelo no hubo problemas. Ver Figura 31.

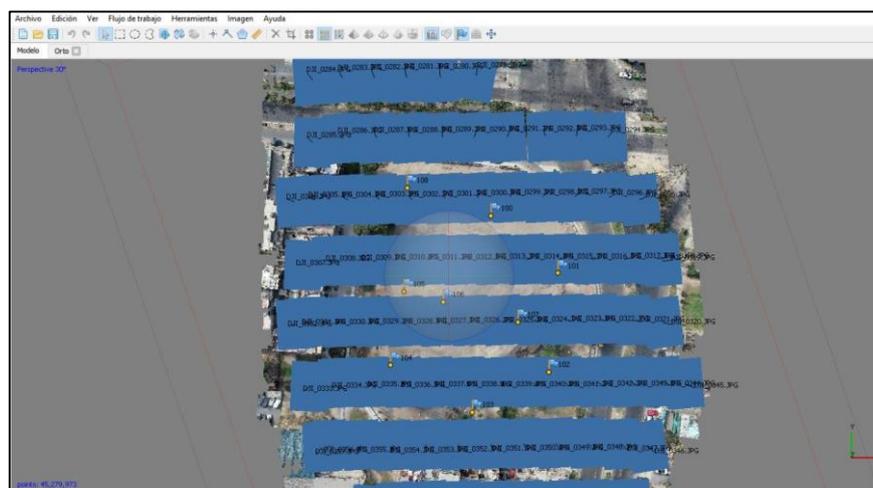


Figura 31. Fotografías digitales tomadas según el tipo de vuelo del dron.

Fotogrametría

Se detallará el procedimiento fotogramétrico del paso a paso al momento de realizar el pos procesamiento de la información recopilada en campo.

Se consideró realizar el proceso con Agisoft debido a que es un software de libre acceso.

Informe de procesamiento Huaca Aznapuquio Mayo 2019

Datos del levantamiento

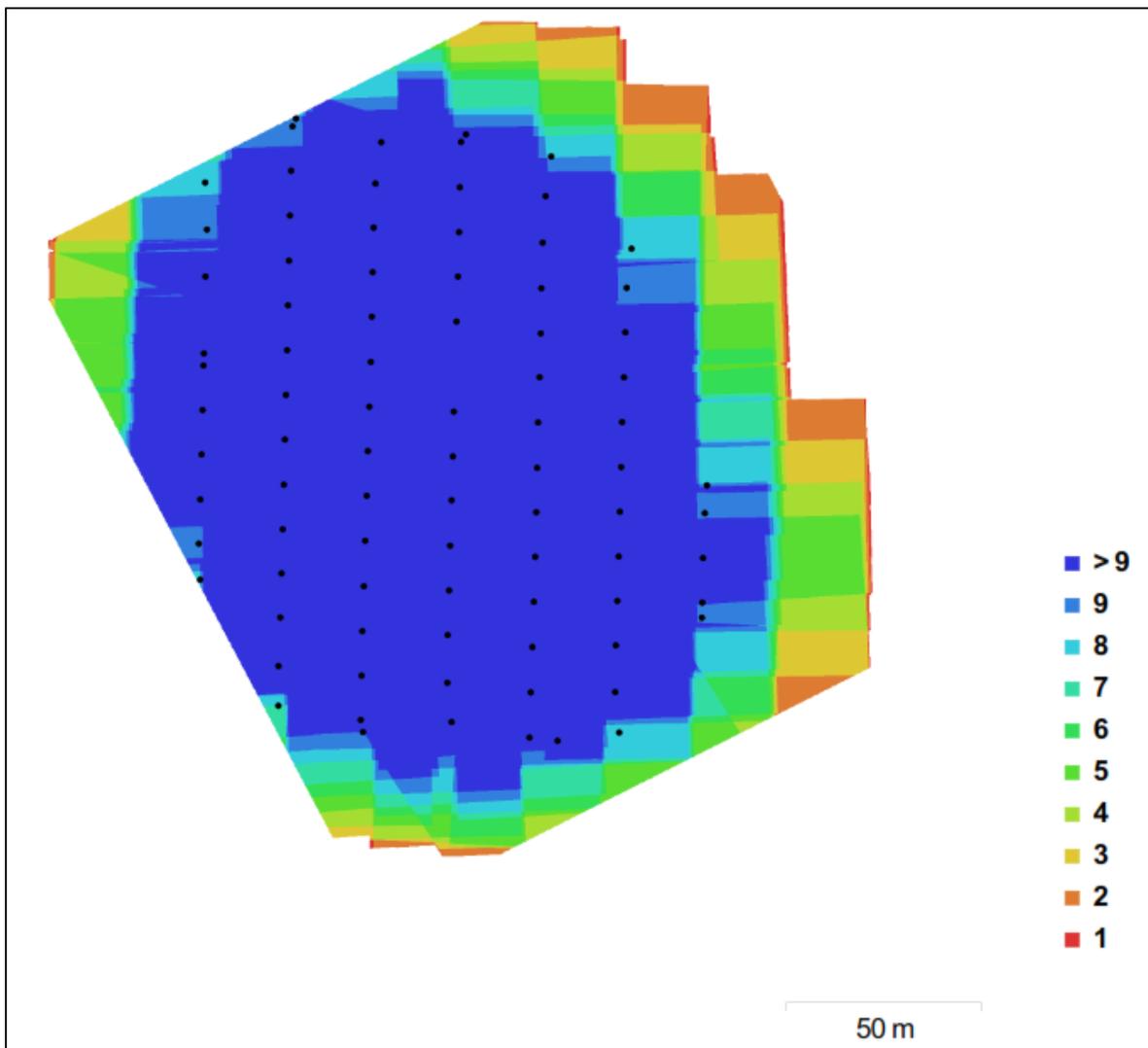


Figura 32. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	86	Posiciones de cámara:	86
Altitud media de vuelo:	64 m	Puntos de enlace:	62,076
Resolución en terreno:	1.6 cm/pix	Proyecciones:	315,160
Superficie cubierta:	0.0314 km ²	Error de reproyección:	0.993 pix

Tabla 14. Cámaras utilizadas.

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8 mm)	4864x3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras	No

Fuente: Software Agisoft PhotoScan.

Calibración de cámara/s

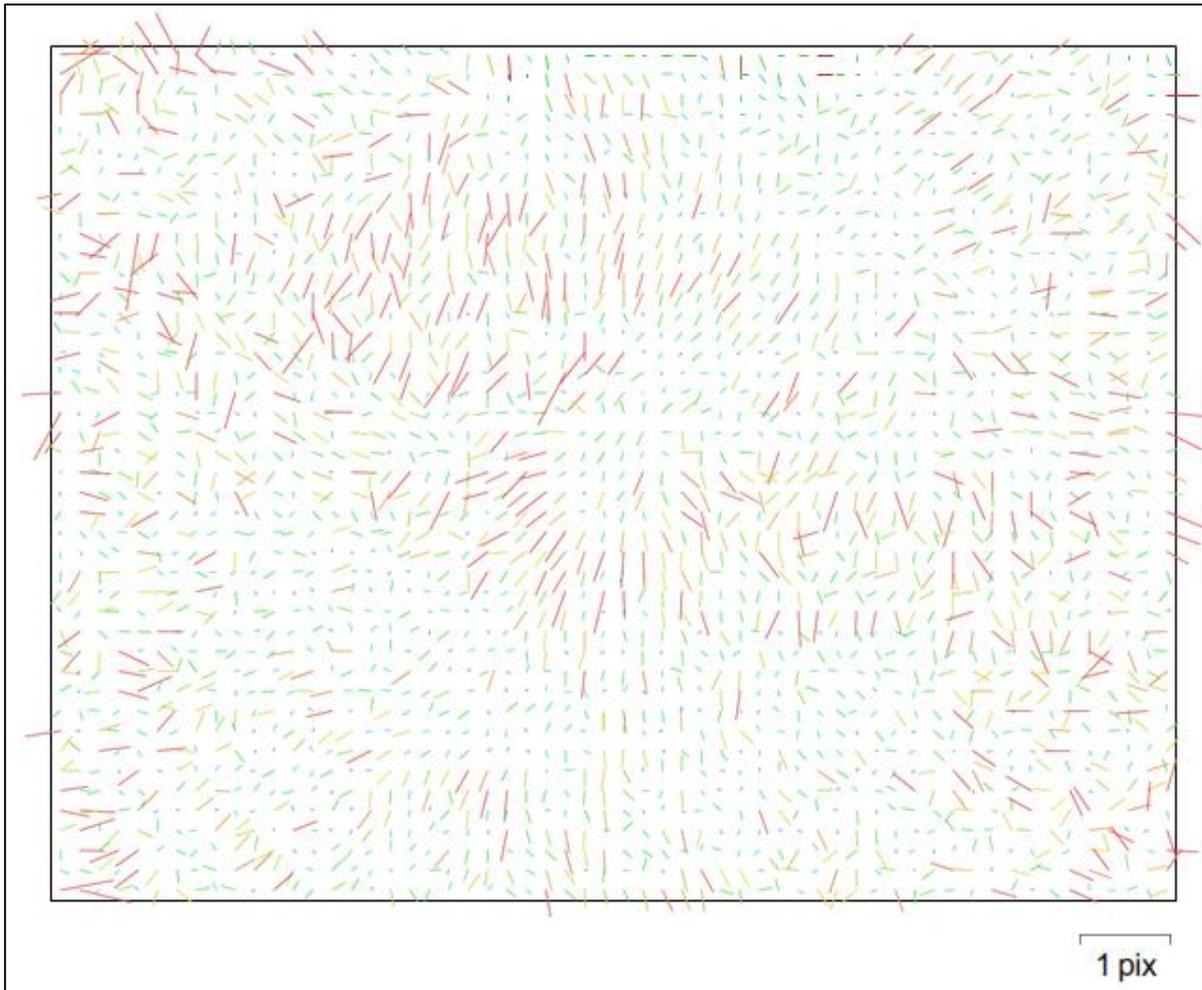


Figura 33. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8 mm).

FC6310 (8.8 mm)

86 imágenes

Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras	No
Tipo:	Cuadro	F:	3657.33
Cx:	24.9305	B1:	-0.456787
Cy:	9.0459	B2:	-0.17725
K1:	0.0118065	P1:	0.00302171
K2:	-0.0825723	P2:	-0.000493165
K3:	0.159005	P3:	-0.526063
K4:	-0.103616	P4:	0.571576

Posiciones de cámaras

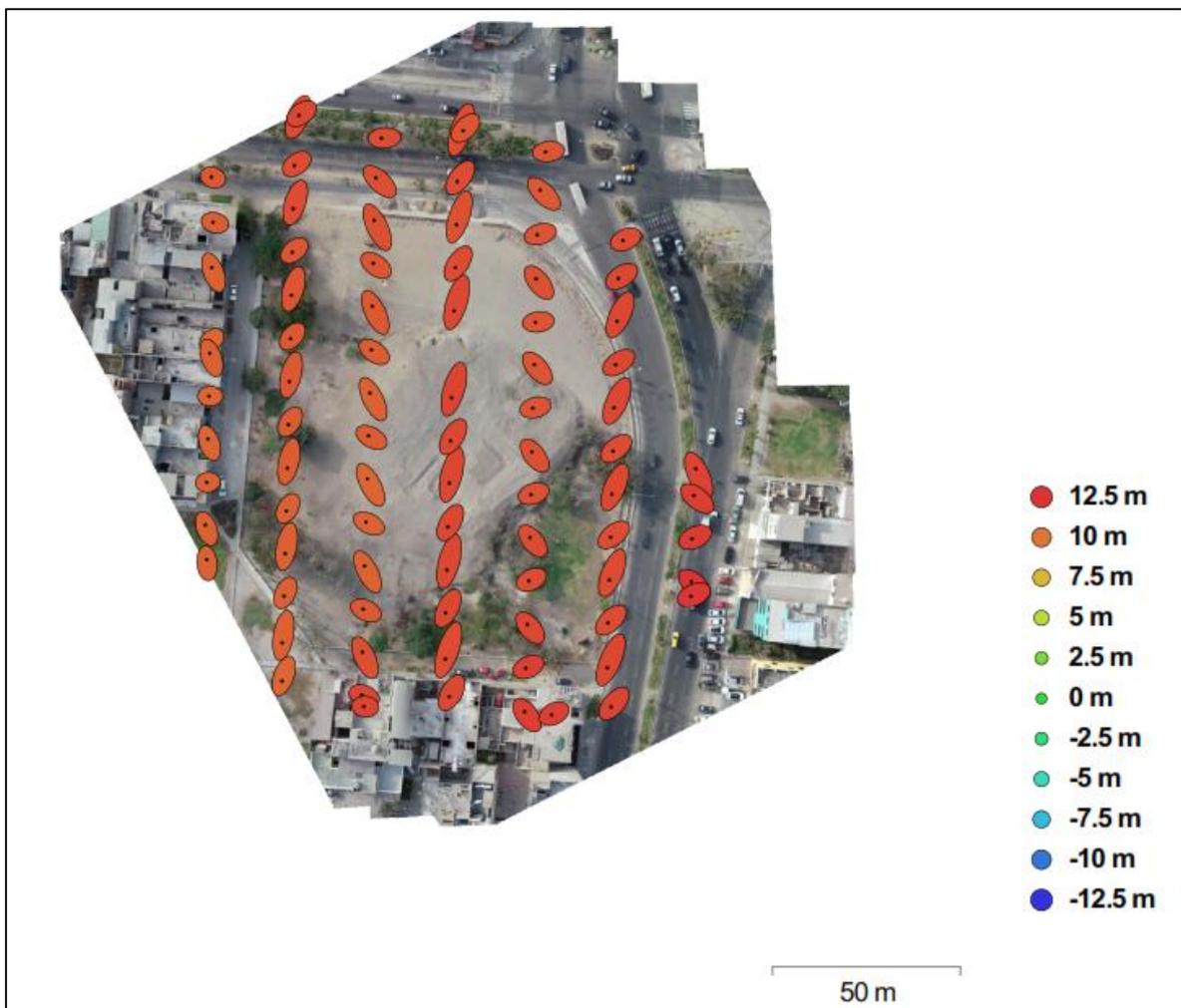


Figura 34. Posiciones de cámaras y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Tabla 15. Errores medios de las posiciones de cámaras.

Error en X(m)	Error en Y(m)	XYerror (m)	Error en Z(m)	Error compuesto
1.37789	2.45763	2.81754	11.3115	11.6571

Fuente: Software PhotoScan.

Puntos de control terrestres



Figura 35. Posiciones de puntos de apoyo.

Tabla 16. *Puntos de apoyo.*

Nombre	XYerror (m)	Error en Z(m)	Error (m)	Proyecciones	Error (pix)
101	0.0360595	0.0317743	0.0480613	15	0.242
103	0.00882344	0.01976	0.0216405	18	0.229
104	0.0178318	-0.00535479	0.0186184	15	0.197
105	0.0214647	-0.00896117	0.0232602	14	0.233
107	0.0212996	-0.0184686	0.0281915	16	0.233
110	0.0255713	0.000258566	0.0255727	12	6.853
111	0.00854455	-0.020326	0.022049	8	0.212
RMS	0.0218352	0.0179815	0.0282862		2.407

Fuente: Software PhotoScan.

Tabla 17. *Puntos de control de calidad.*

Nombre	XYerror (m)	Error en Z(m)	Error (m)	Proyecciones	Error (pix)
100	0.0538199	0.0317331	0.0624786	14	0.276
102	0.0699927	0.0365446	0.0789588	19	0.256
106	0.0549773	-0.0338418	0.0645583	14	0.233
108	0.0411417	0.102972	0.110887	19	0.450
RMS	0.0559256	0.0593529	0.0815502		0.324

Fuente: Software PhotoScan.

Modelo digital de elevaciones - MDE

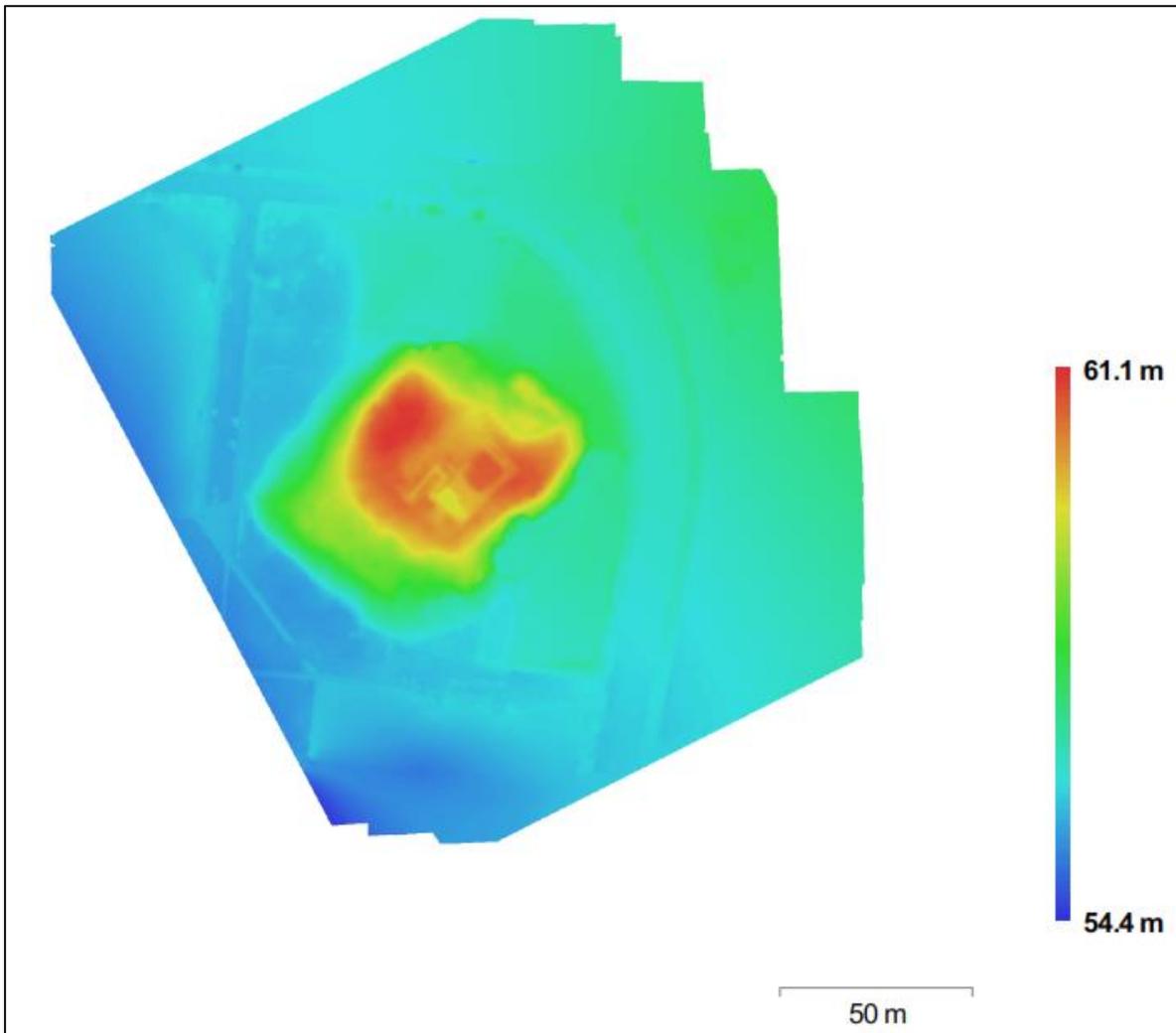


Figura 36. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 3.2 cm/pix

Densidad de puntos: 979.407 puntos por metro cuadrado

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	86
Cámaras orientadas	86
Marcadores	11
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)

Nube de puntos

Puntos	62,076 de 69,760
RMS error de reproyección	0.334459 (0.992961 pix)
Error de reproyección máximo	5.09349 (42.5751 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3.17742 pix
Superposición efectiva	5.2385

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Pre-procesar emparejamiento de imágenes	Referencia
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	4,000
Restricción de máscara activa	No
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	5 minutos 49 segundos
Tiempo de orientación	13 segundos

Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1-p4
Tiempo de optimización	0 segundos

Nube de puntos densa

Puntos	31,595,299
--------	------------

Parámetros de reconstrucción

Calidad	Alta
Filtrado de profundidad	Moderado
Duración del procesamiento	11 minutos 35 segundos

Modelo

Caras	6,027,126
Vértices	3,014,291

Parámetros de reconstrucción

Tipo de superficie	Bajorrelieve / terreno
Datos fuente	Densa
Interpolación	Extrapolada
Calidad	Alta
Filtrado de profundidad	Moderado
Número de caras	6,315,420
Duración del procesamiento	1 minuto 32 segundos

DEM

Tamaño	7,803 x8,018
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)
Parámetros de reconstrucción	
Datos fuente	Malla
Interpolación	Habilitada
Duración del procesamiento	37 segundos

Ortomosaico

Tamaño	18,098 x17,249
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTMzone 18S (EPSG::32718)
Canales	3, uint8
Modo de mezcla	Mosaico

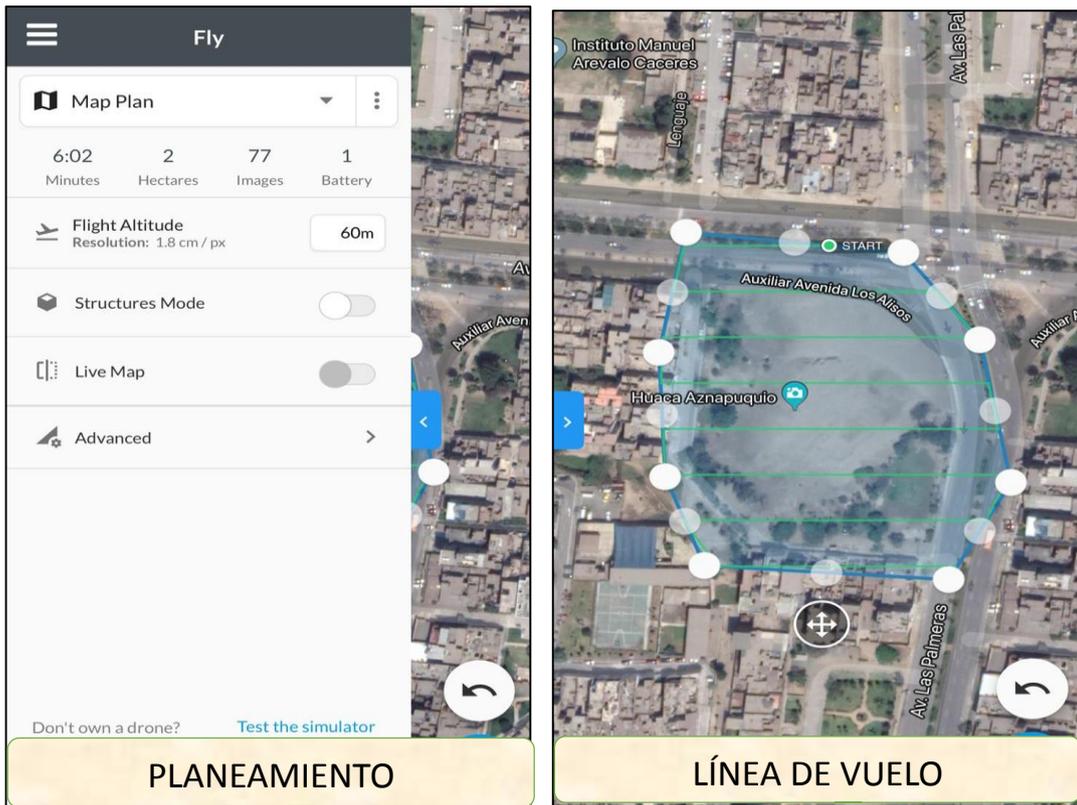
Parámetros de reconstrucción

Superficie	Malla
Permitir la corrección de color	Sí
Duración del procesamiento	3 minutos 57 segundos

Software

Versión	1.2.5 build 2614
Plataforma	Windows 64 bit

Fuente: Software Agisoft PhotoScan



PLANEAMIENTO

LÍNEA DE VUELO

Figura 37. Plan de vuelo y programación de línea de vuelo.



ESTACIONAMIENTO



INICIO DE VUELO

Figura 38. Despegue y sobrevuelo de RPAS.

Análisis descriptivo de los resultados

Tabla 18. Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en precisión vertical.

TRABAJO	ERROR VERTICAL (m)
PUNTOS GEODÉSICOS	0.023
NIVELACIÓN TOP.	0.008
LEV. TOPOGRÁFICO	0.010
LEV. CON DRONE	0.022

Fuente: elaboración propia.

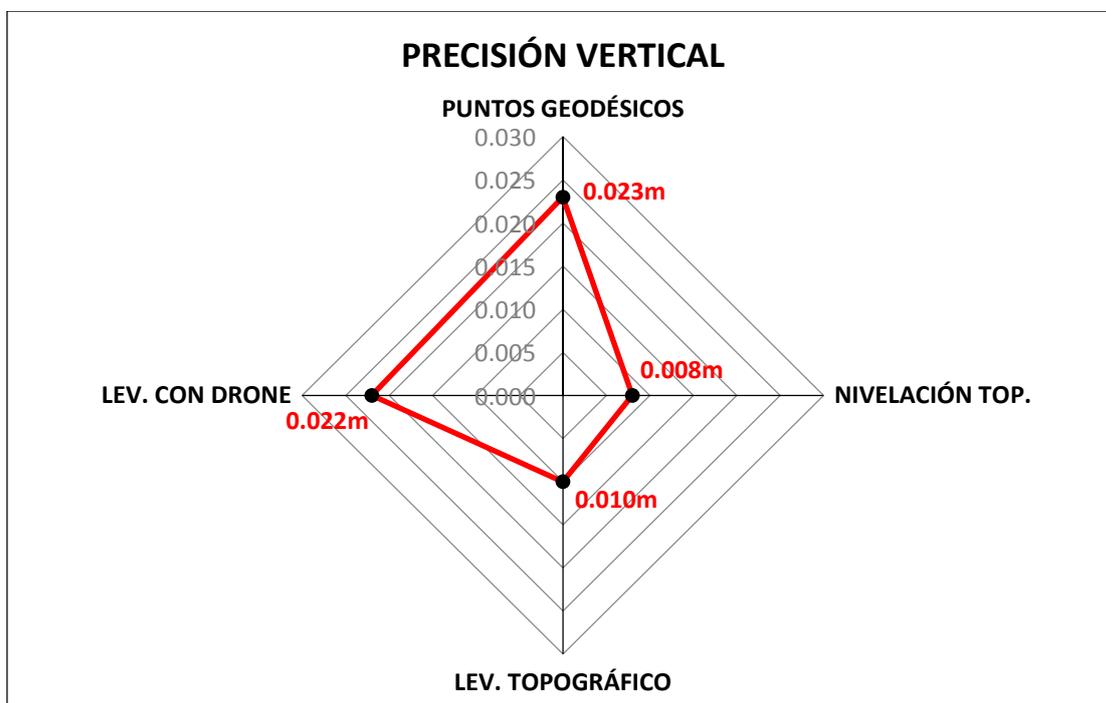


Figura 39. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 39 y en la tabla 18 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que, de los cuatro trabajos realizados en el proyecto, 0.010 m de error vertical corresponde al levantamiento topográfico y 0.022 m de error vertical corresponde al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 19. Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en precisión horizontal.

TRABAJO	ERROR HORIZONTAL (m)
PUNTOS GEODÉSICOS	0.005
LEV. TOPOGRÁFICO	0.010
LEV. CON DRONE	0.022

Fuente: elaboración propia.

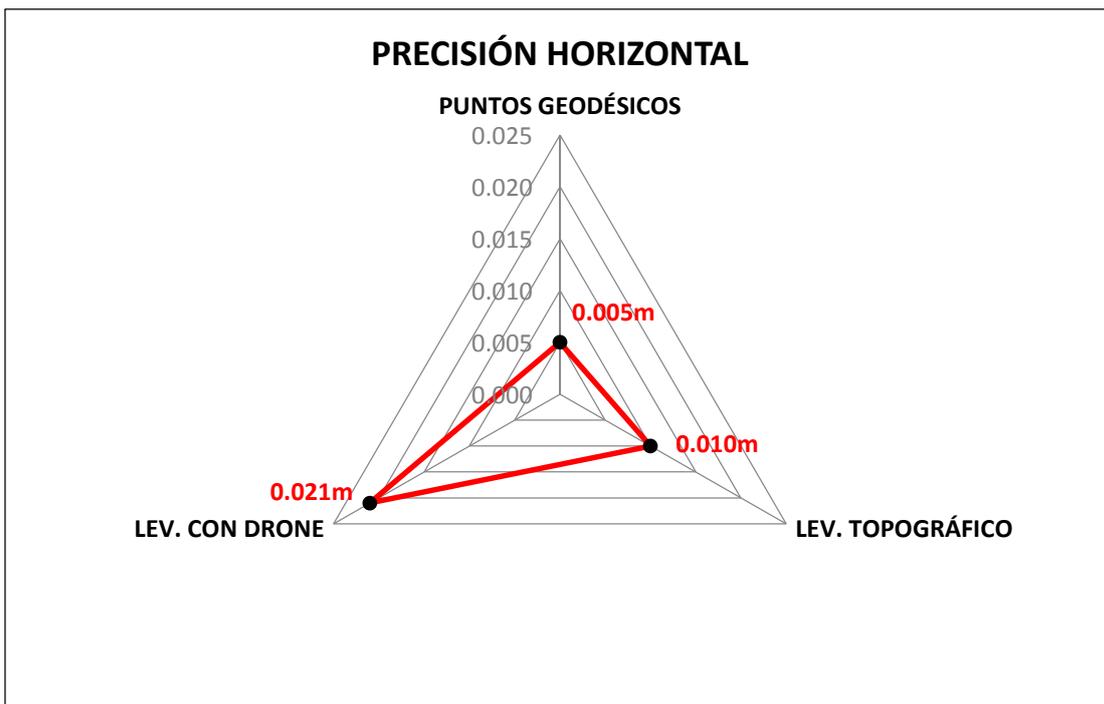


Figura 40. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 40 y en la tabla 19 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que, de los tres trabajos realizados en el proyecto, 0.010 m de error horizontal corresponde al levantamiento topográfico y 0.021 m de error horizontal corresponde al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 20. Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en precisión de trabajo.

TRABAJO	ERROR (m)
PUNTOS GEODÉSICOS	0.024
LEV. TOPOGRÁFICO	0.013
LEV. CON DRONE	0.030

Fuente: elaboración propia.

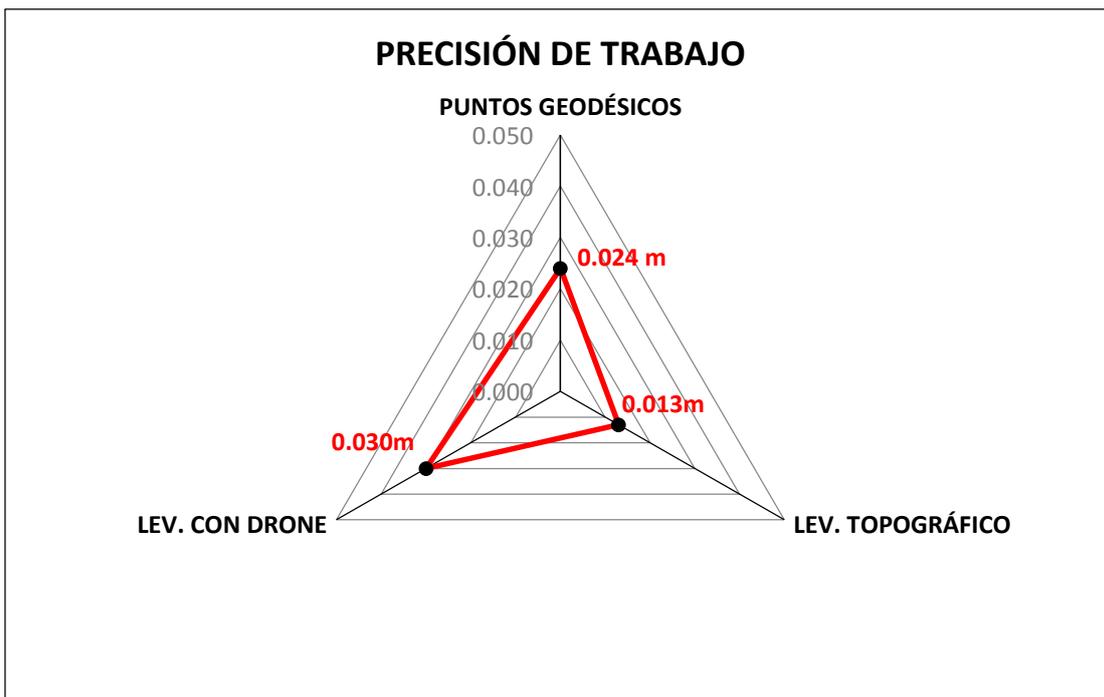


Figura 41. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 41 y en la tabla 20 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que, de los tres trabajos realizados en el proyecto, 0.013 m de error total corresponde al levantamiento topográfico y 0.030 m de error total corresponde al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 21. *Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en tiempo de trabajo de campo.*

TRABAJO	ERROR HORIZONTAL (m)
PUNTOS GEODÉSICOS	0.005
LEV. TOPOGRÁFICO	0.010
LEV. CON DRONE	0.022

Fuente: elaboración propia.

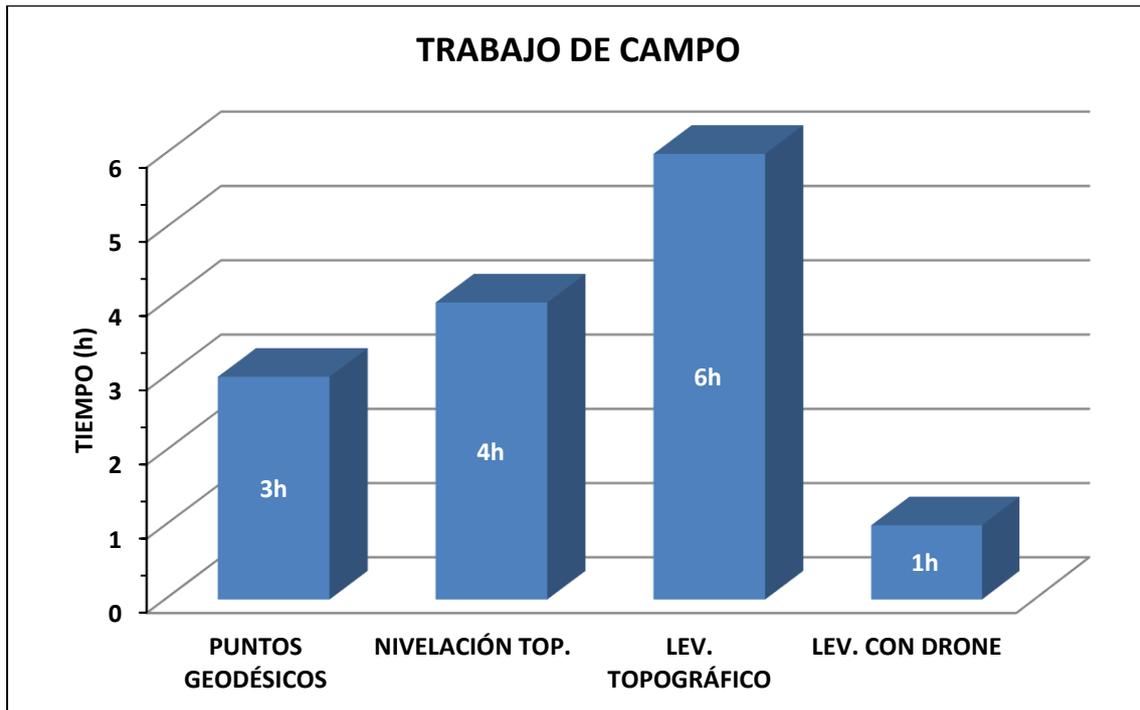


Figura 42. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 42 y en la tabla 21 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que, de los cuatro trabajos realizados en campo, 06 horas de trabajo de campo corresponden al levantamiento topográfico y 01 hora de trabajo de campo corresponde al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 22. *Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en tiempo de trabajo de gabinete.*

TRABAJO DE GABINETE	TIEMPO (d)
PUNTOS GEODÉSICOS	3
NIVELACIÓN TOP.	1
LEV. TOPOGRÁFICO	3
LEV. CON DRONE	7

Fuente: elaboración propia.

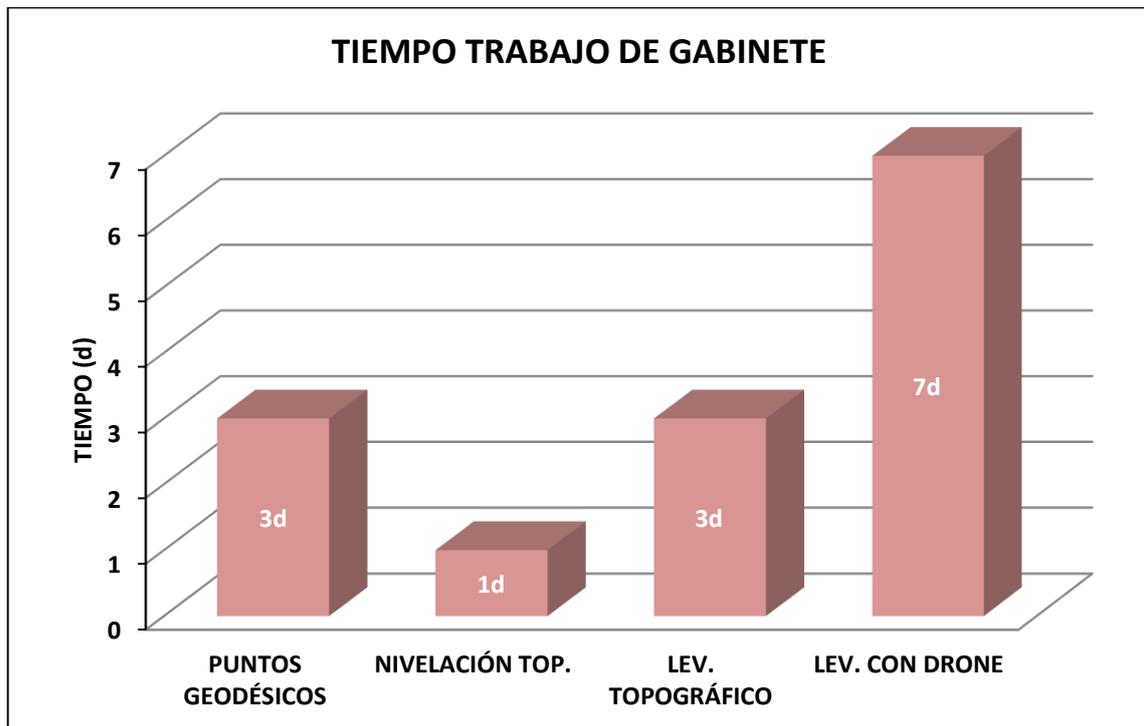


Figura 43. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 43 y en la tabla 22 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que, de los cuatro trabajos realizados en gabinete, 03 días de trabajo de gabinete corresponden al levantamiento topográfico y 07 días de trabajo de gabinete corresponden al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 23. *Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en tiempo total de trabajo.*

TRABAJO COMPLETO	TIEMPO (d)
PUNTOS GEODÉSICOS	4
NIVELACIÓN TOP.	2
LEV. TOPOGRÁFICO	4
LEV. CON DRONE	8

Fuente: elaboración propia.

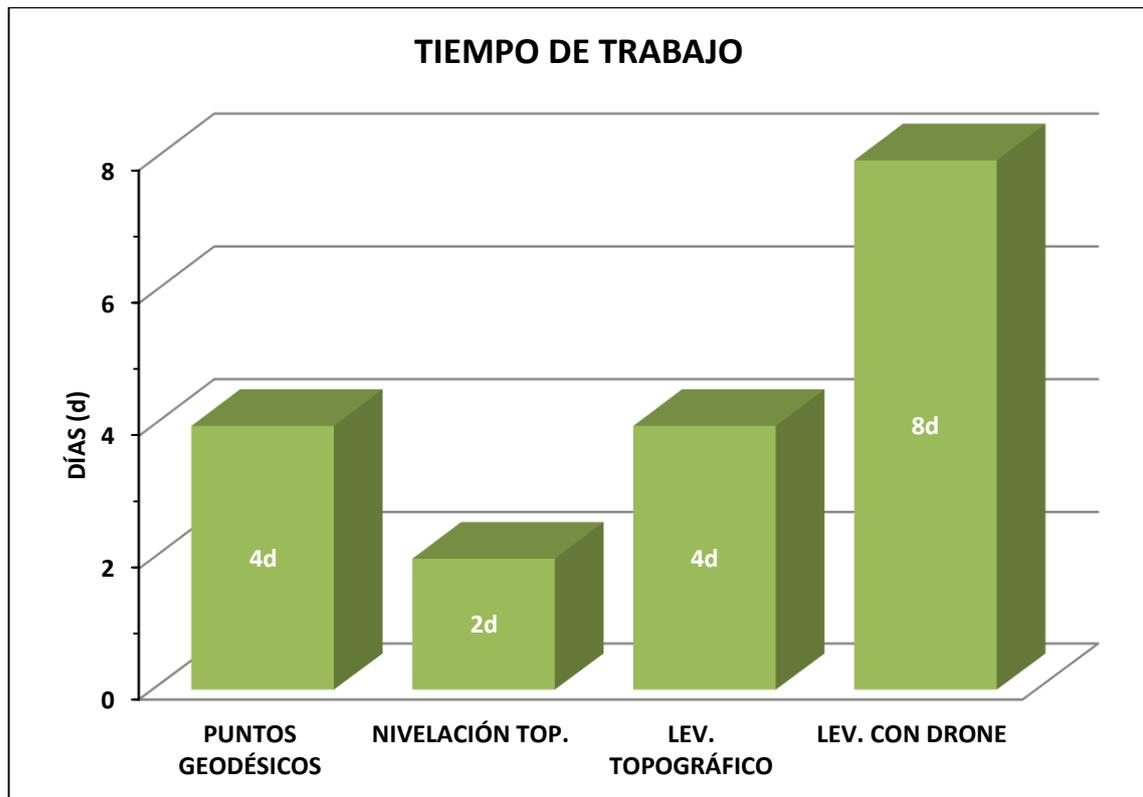


Figura 44. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 44 y en la tabla 23 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que, de los cuatro trabajos culminados en total en el proyecto, 04 días de trabajo total corresponden al levantamiento topográfico y 08 días de trabajo total corresponden al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 24. *Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en costo de trabajo de campo.*

TRABAJO DE CAMPO	COSTO (S/.)
PUNTOS GEODÉSICOS	730
NIVELACIÓN TOP.	230
LEV. TOPOGRÁFICO	560
LEV. CON DRONE	1030

Fuente: elaboración propia.

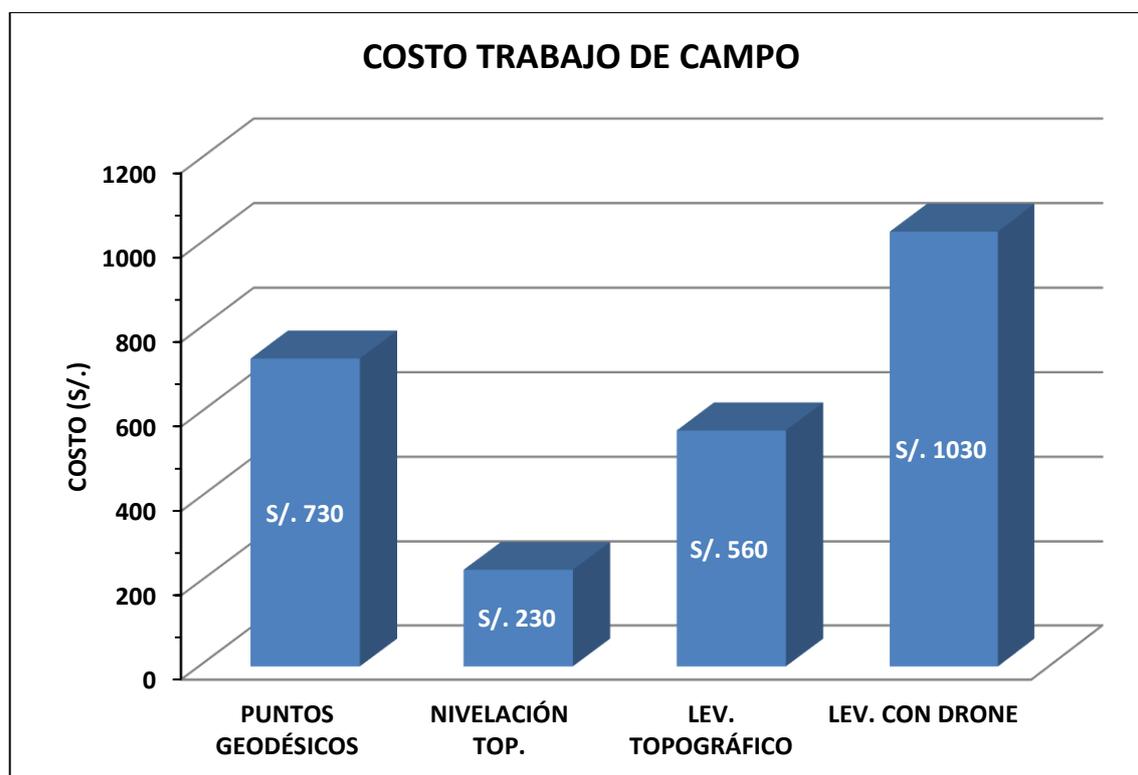


Figura 45. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 45 y en la tabla 24 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que los costos de los cuatro trabajos realizados en campo, S/.560 soles de costo en trabajos de campo corresponden al levantamiento topográfico y S/.1030 soles de costo en trabajos de campo corresponden al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 25. Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en costo de trabajo de gabinete.

TRABAJO DE GABINETE	COSTO (S/.)
PUNTOS GEODÉSICOS	1303.50
NIVELACIÓN TOP.	113.30
LEV. TOPOGRÁFICO	524.50
LEV. CON DRONE	856.50

Fuente: elaboración propia.

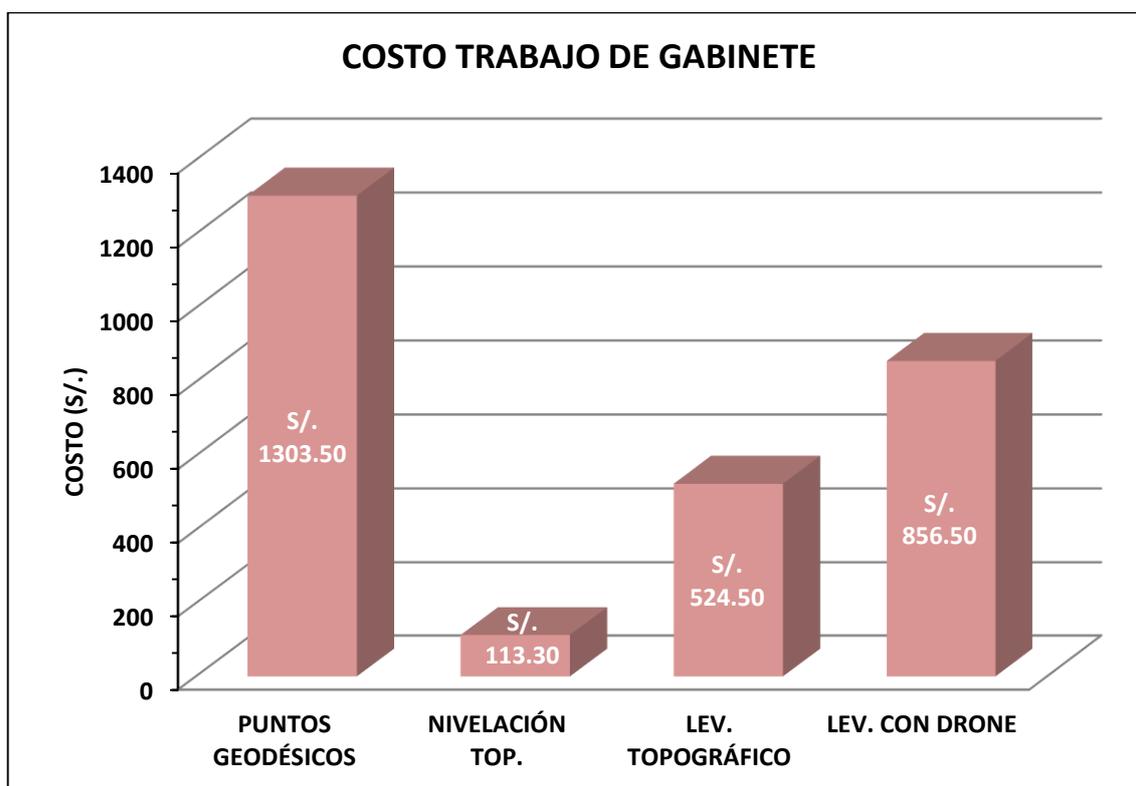


Figura 46. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 46 y en la tabla 25 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que los costos de los cuatro trabajos realizados en gabinete, S/.524.50 soles de costo en trabajos de gabinete corresponden al levantamiento topográfico y S/.856.50 soles de costo en trabajos de gabinete corresponden al levantamiento topográfico con RPAS.

Tabla 26. *Tabla descriptiva de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS en costo total de operaciones.*

TRABAJO COMPLETO	COSTO (S/.)
PUNTOS GEODÉSICOS	2,033.50
NIVELACIÓN TOP.	343.30
LEV. TOPOGRÁFICO	1,084.50
LEV. CON DRONE	1,886.50

Fuente: elaboración propia.

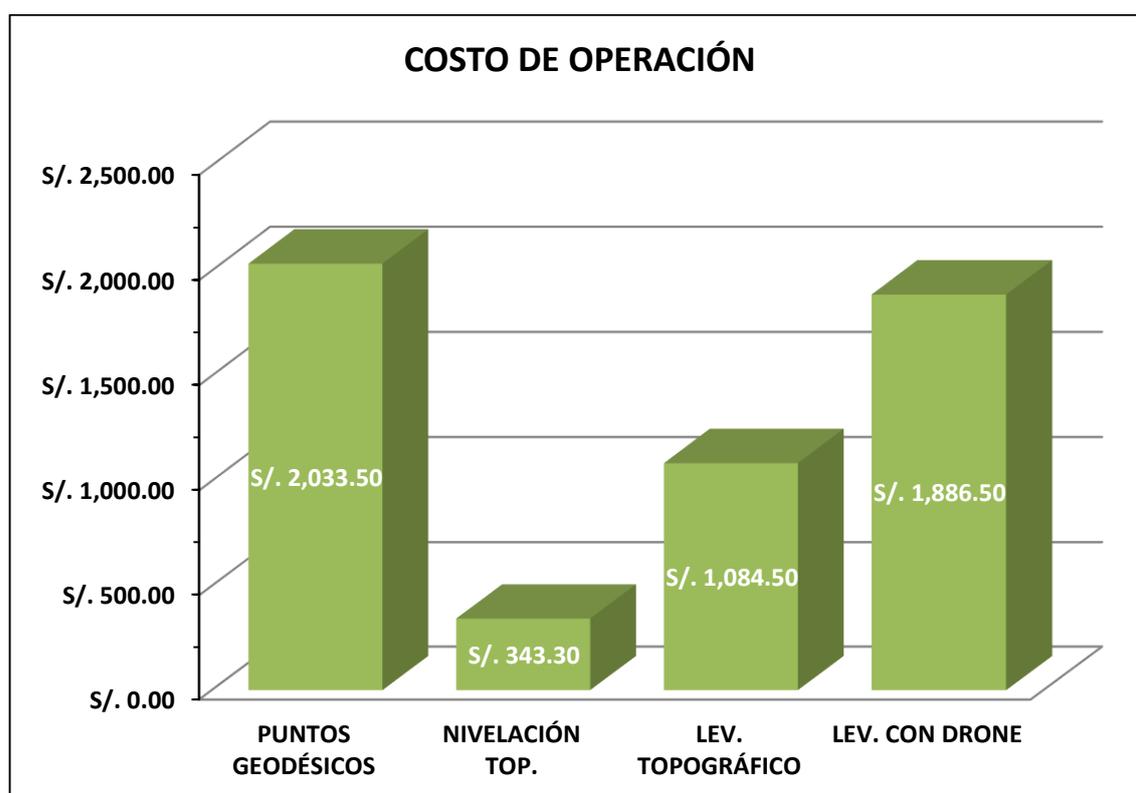


Figura 47. Variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y Levantamiento topográfico con RPAS.

Interpretación

En la figura 47 y en la tabla 26 se observan los resultados obtenidos a partir de las variables independientes: Levantamiento topográfico tradicional y el Levantamiento topográfico con RPAS, donde se evidencia que los costos totales de operaciones de los cuatro trabajos en el proyecto, S/.1084.50 soles de costo total corresponden al levantamiento topográfico y S/.1886.50 soles de costo total corresponden al levantamiento topográfico con RPAS.

IV. DISCUSIONES

A partir de los resultados encontrados por Diego León en la tesis “Uso de cuatro métodos topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. Caso real taludes de la vía E35 Colibrí – Pifo, sector km 20 – km 24” en donde menciona que existen diferencias entre todos los levantamientos sin embargo el de mayor se da en el levantamiento con drone, esto se puede dar por la faja, por la densidad de la nube y todos los ruidos que se provocan en el momento de levantar la información.

Estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos del levantamiento topográfico con RPAS realizados en esta investigación, ya que para obtener una mayor precisión se consideró 09 puntos de control georreferenciados con medición RTK por ello es acorde con lo que se ha obtenido.

En la tesis “Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado” realizado por Wilson Jiménez y José Prado en donde se aplicó los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con UAV para la obtención de la topografía obtuvo como resultados mayor diferencia de cotas en lugares donde existe una vegetación muy tupida y que logra mejores presiones en zona llanas por la toma de fotografías aéreas que genera una gran densidad de nube de puntos.

Los resultados obtenidos en esta investigación mediante el levantamiento topográfico con RPAS confirman que se obtuvo una gran densidad de nube de puntos en zonas con escasa vegetación alcanzando una mayor precisión similar a lo obtenido en el levantamiento topográfico tradicional, ya que este último no se ve afectado por la vegetación.

Los resultados encontrados por Soledad Carretero en la tesis “Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado” en donde menciona que el desarrollo de trabajos con vehículos aéreo no tripulado supone un bajo costo, rapidez y precisión para generar los modelos digitales del terreno a trabajar, así como la cantidad de información que se obtiene de ellos.

Estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos del levantamiento topográfico con RPAS realizados en esta investigación, ya que el tiempo en realizar los trabajos de campo fue menor en comparación con el levantamiento topográfico tradicional, pero la comparación en temas de costo y precisión totalmente diferentes.

En la tesis “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control” realizado por Joffre Villareal en donde realizó un análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de drones respecto a la densidad de puntos de control obtuvo como resultado que la precisión cambió en relación con la densidad de la nube de puntos colocando 03 puntos de control como mínimo, consideración la claridad del lugar a estudiar.

Los resultados obtenidos en esta investigación mediante el levantamiento topográfico con RPAS confirman que si se obtuvo una gran densidad de nube de puntos con mejor precisión ya que se consideró para ello colocar 09 puntos de control de esta manera la precisión es similar a lo obtenido en el levantamiento topográfico tradicional.

Los resultados encontrados por Irvin Sánchez en la tesis “Determinar el grado de confiabilidad del levanto topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017” dónde determinó el grado de confiabilidad de un levantamiento topográfico con dron concluyó que el grado de confiabilidad depende de la precisión y exactitud. Además, datos Norte, Este y Cota de todos los puntos que se levantaron incluidos los puntos de control comparados al levantamiento topográfico con estación total de los mismos puntos resultó confiable.

Estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos en esta investigación, el levantamiento topográfico con RPAS tiene buena precisión por las técnicas y metodologías aplicadas, pero se observó los errores horizontales y verticales en comparación al levantamiento topográfico tradicional no muy distantes, por ello es acorde con lo que se ha obtenido.

En la tesis “Seguridad Operacional de las aeronaves pilotadas a distancia en el Perú, 2017: Propuesta de mejora de la Norma técnica complementaria 001-2015” realizado por Gloria Vilcas en donde determinó el nivel de Seguridad Operacional de las Aeronaves Pilotadas a Distancia llegó a la conclusión el principal uso de dicha tecnología es aplicado a los estudios de terrenos y exploración aérea, utilizada por los ingenieros civiles, arquitectos e ingenieros agrónomos y agrícolas.

Estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos en esta investigación, el levantamiento topográfico con RPAS alcanzó precisión de errores horizontales y verticales constantes en comparación al levantamiento topográfico tradicional lo que hace confiable para realizar trabajos, controles y monitoreos, además de realizar exploraciones de terrenos extensos y áreas inaccesibles.

Los resultados encontrados por Hilario Tacca en la tesis “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional” donde comparó los resultados registrados de los datos tomados en campo con vuelos aéreos del dron y estación total para trabajos topográficos obtuvo resultados parecidos en precisión y los trabajos del levantamiento topográfico con dron se realizaron en menor tiempo como la cantidad de personal en la ejecución comparado con el equipo topográfico de la estación total.

Los resultados obtenidos en esta investigación mediante el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS confirman precisiones parecidas, en cuanto al tiempo de ejecución, así como el personal que ejecuta los trabajos, el levantamiento topográfico con RPAS tiene mayor ventaja, por ello es acorde con lo que se ha obtenido.

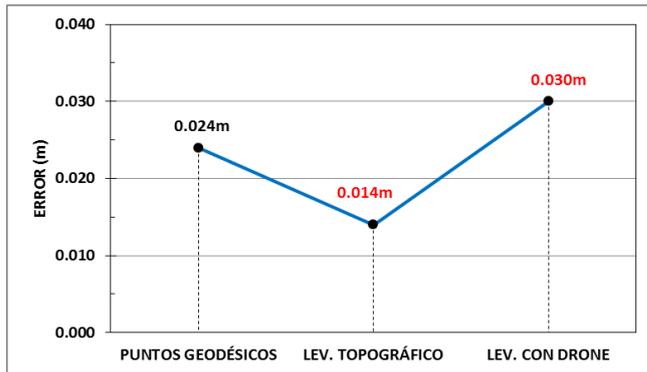
En la tesis “Integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión” realizado por Danna Rabanal en donde implementó un sistema UAV con control autónomo, a bajo costo, en base a un equipo aéreo ya existente para mejorar su eficiencia en adquisición de información para agricultura de precisión obtuvo el resultado la pre programación concerniente al planeamiento de vuelo para observar la trayectoria del dron.

Los resultados obtenidos mediante el levantamiento topográfico con RPAS en esta investigación confirman que el planeamiento de vuelo cumple un papel fundamental para la realización de los trabajos, ya que en esta investigación consideró la altura de vuelo y el GSD o comúnmente denominado resolución de las fotografías digitales tomadas en campo, por ello es acorde con lo que se ha obtenido.

V. CONCLUSIONES

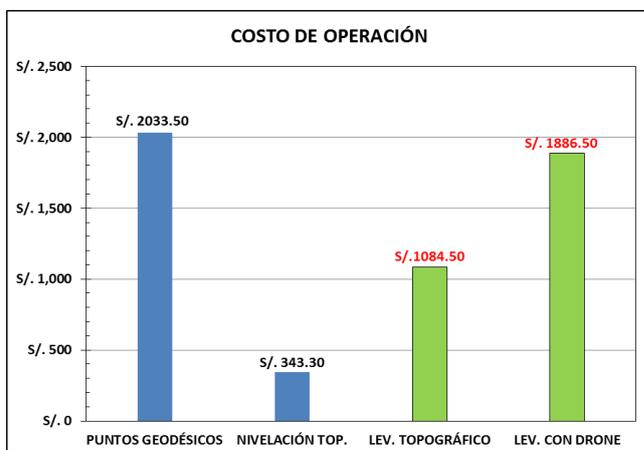
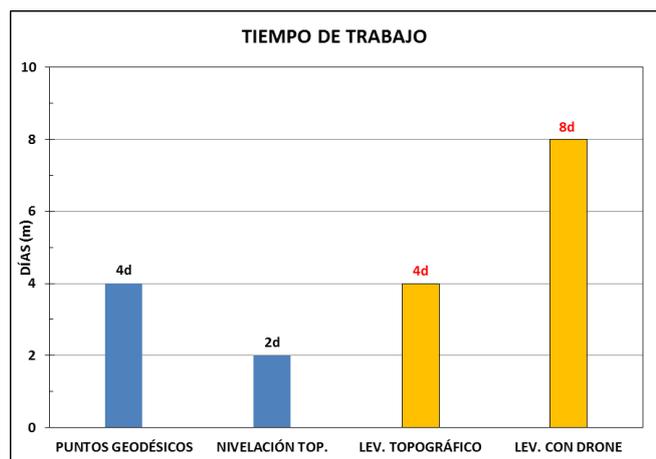
Según a los resultados recogidos, interpretados y analizados se afirman las siguientes conclusiones:

1. Se concluye que existe diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019. Este resultado permite afirmar que ambas metodologías alcanzan precisiones distintos pero se diferencian notablemente en el tiempo que lleva ejecutar el trabajo, así como los costos de operaciones que implica realizarlas.



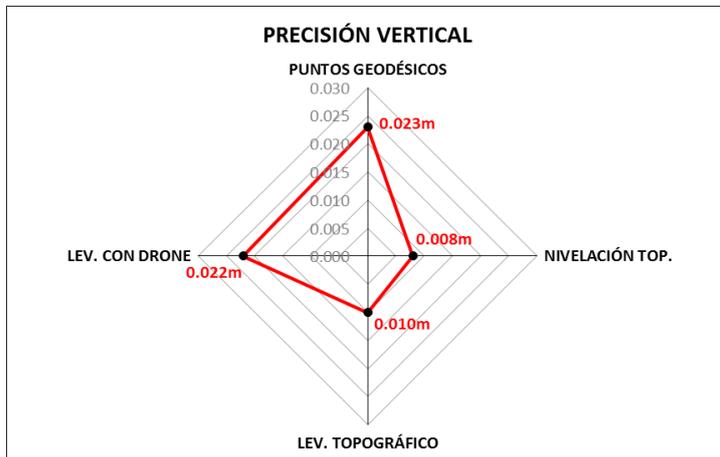
La precisión de trabajo que obtiene el levantamiento topográfico tradicional de 0.014m supera a lo obtenido en el levantamiento topográfico con RPAS de 0.030m.

El tiempo total de trabajo (campo y gabinete) que realiza el levantamiento topográfico con RPAS de 08 días sobrepasa a lo ejecutados en el levantamiento topográfico tradicional de 04 días.



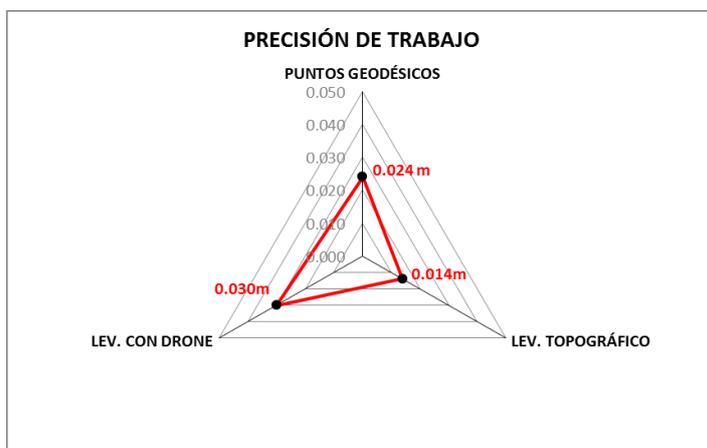
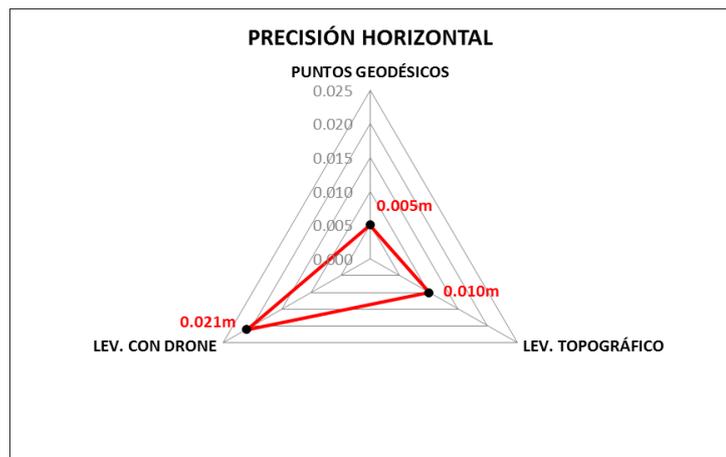
El costo de operación (trabajo de campo y gabinete) que genera el levantamiento topográfico con RPAS de S/. 1886.50 soles excede a lo empleado en el levantamiento topográfico tradicional de S/. 1084.50 soles.

2. Existe diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019. Este resultado permite indicar que el levantamiento topográfico con RPAS tiene una precisión de trabajo menor al levantamiento topográfico tradicional, enlazados se enlazó a dos puntos geodésicos de control y a una nivelación geométrica de un BM oficial.



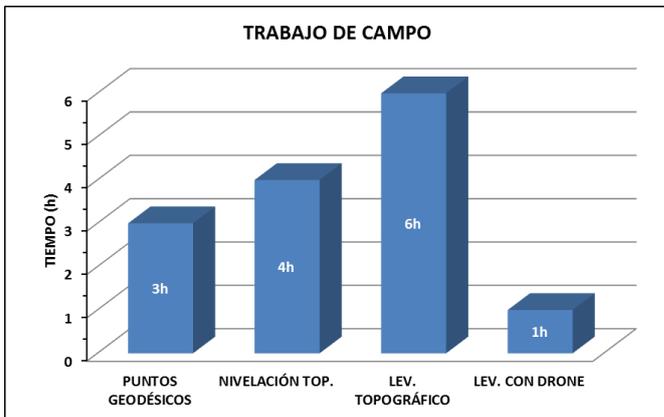
La precisión vertical de trabajo que obtiene el levantamiento topográfico tradicional de 0.010m supera a lo obtenido en el levantamiento topográfico con RPAS de 0.022m.

La precisión horizontal de trabajo que obtiene el levantamiento topográfico tradicional de 0.010m supera a lo obtenido en el levantamiento topográfico con RPAS de 0.021m.



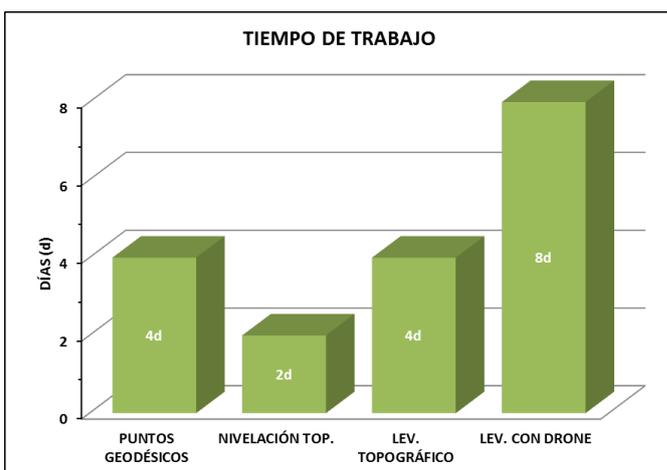
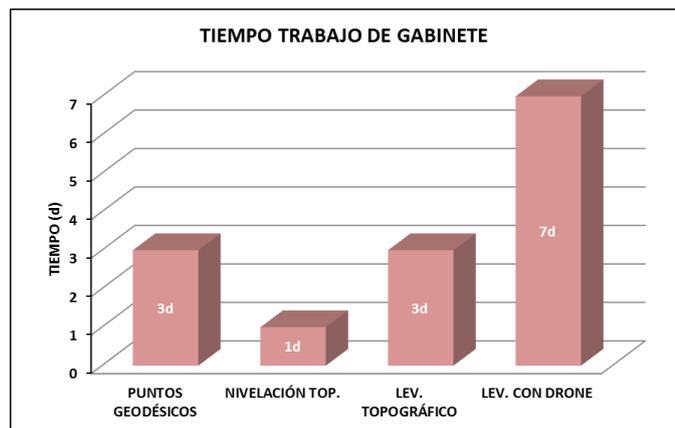
La precisión total de trabajo que obtiene el levantamiento topográfico tradicional de 0.014m supera a lo obtenido en el levantamiento topográfico con RPAS de 0.030m.

3. Existe diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019. Este resultado permite indicar que el levantamiento topográfico con RPAS tiene un tiempo de trabajo menor al levantamiento topográfico tradicional, aplicándose técnicas y metodologías respectivamente en la zona del proyecto.



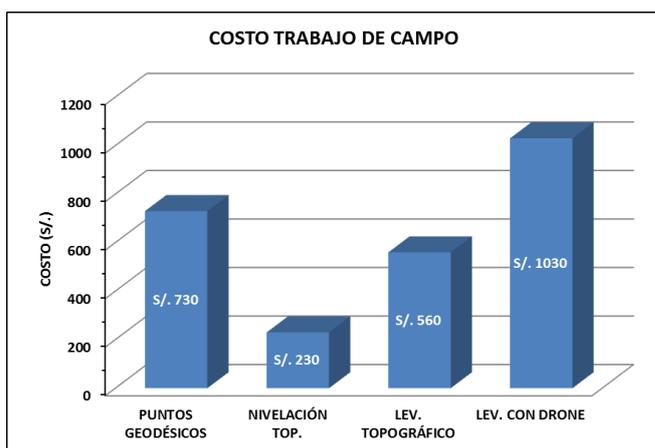
El tiempo de trabajo de campo que realiza el levantamiento topográfico tradicional de 06 horas sobrepasa a lo ejecutados en el levantamiento topográfico con RPAS de 01 hora.

El tiempo de trabajo de gabinete que realiza el levantamiento topográfico con RPAS de 07 días sobrepasa a lo ejecutados en el levantamiento topográfico tradicional de 03 días.



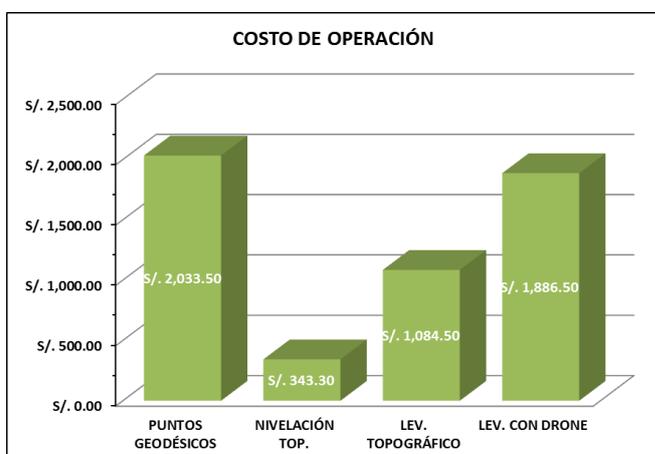
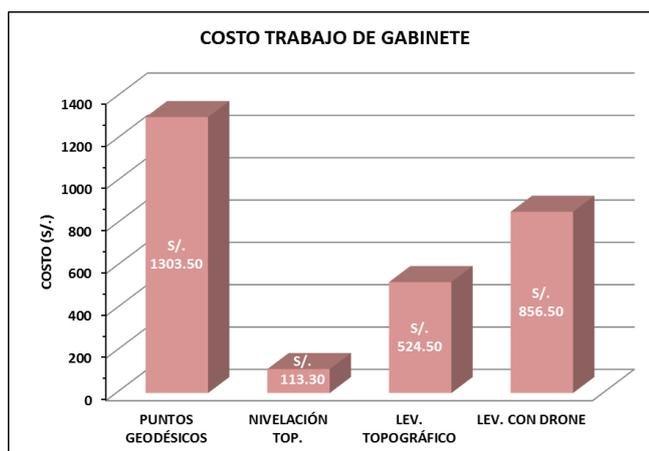
El tiempo total de trabajo (campo y gabinete) que realiza el levantamiento topográfico con RPAS de 08 días sobrepasa a lo ejecutados en el levantamiento topográfico tradicional de 04 días.

4. Existe diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019. Este resultado permite indicar que el levantamiento topográfico con RPAS tiene un costo de operación mayor al levantamiento topográfico tradicional, ya que el primero fue enlazado con medición RTK los puntos de fotocontrol para su georreferenciación, este último incremento las diferencias de costos de operaciones.



El costo de trabajo de campo que genera el levantamiento topográfico con RPAS de S/. 1030.00 soles excede a lo empleado en el levantamiento topográfico tradicional de S/. 560.00 soles.

El costo de trabajo de gabinete que genera el levantamiento topográfico con RPAS de S/. 856.50 soles excede a lo empleado en el levantamiento topográfico tradicional de S/. 524.50 soles.



El costo de operación (trabajo de campo y gabinete) que genera el levantamiento topográfico con RPAS de S/. 1886.50 soles excede a lo empleado en el levantamiento topográfico tradicional de S/. 1084.50 soles.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que establece esta investigación buscan optimizar los trabajos que se consideren necesarios en un levantamiento topográfico tradicional y con RPAS. Dichas recomendaciones son las siguientes:

1. Se recomienda certificar como mínimo un punto de control geodésico para dar una ubicación real del lugar del proyecto. Además, ubicar BM cercanos al proyecto, establecidas por el Instituto Geográfico Nacional verificando la estabilidad física de la misma para garantizar mínimos errores horizontales y verticales. En el caso del vuelo del dron revisar las condiciones climatológicas y de la influencia magnética (Kp)
2. Se recomienda enlazar los trabajos a un sistema de coordenadas geodésicas esto implica colocar puntos de control geodésicos para su georreferenciación como bases para los levantamientos topográficos y realizar la comparación de las cotas de los puntos geodésicos del posprocesamiento con las cotas obtenidas con una nivelación geométrica ajustada a un BM oficial cercano al área del proyecto.
3. Se recomienda realizar los trabajos de gabinete del levantamiento topográfico con RPAS, para el posprocesamiento de imágenes de fotografías digitales, con un computador estacionario o portátil de gran capacidad de memoria RAM y Tarjeta de Video, para que las configuraciones y parámetros se ejecuten de forma más fluida y rápida en la generación del Ortomosaico y DEM y elaboración de planos del área de trabajo.
4. Se recomienda que el operador de manejo de RPAS tenga conocimientos técnicos en manejo de equipos GPS diferenciales, para que no se incremente los costos de operaciones al realizar mediciones RTK de los puntos fotocontrol. Para evitar gastos adicionales en el levantamiento topográfico tradicional se recomienda verificar en campo los errores máximos tolerables de cierre angular y vertical y no repetir el proceso posteriormente.

5. Después de haber realizado el presente trabajo se recomienda hacer estudios en las siguientes investigaciones:

“Análisis comparativo del levantamiento topográfico mediante RPAS de ala fija y multirrotor”. En la actualidad se hace uso de la tecnología de drones para múltiples trabajos, una de ellos abarca estudios en zonas extensas por medio de RPAS de ala fija con metodología propia para el posproceso y usando RPAS multirrotor con metodología distinta en la ejecución de los trabajos. Por ello se requiere verificar las precisiones que alcanzan estos dispositivos en realizar los levantamientos topográficos, el tiempo y los gastos que toman ejecutar ambas metodologías.

“Control volumétrico de depósito de relaves mineros aplicando el sistema de aeronave pilotada a distancia RPAS”. El Perú es un país minero, por ello es de vital importancia la acumulación de los relaves, la topografía convencional ejecuta trabajos de medición de la estabilidad de depósitos mineros, con riesgos de contaminarse con desechos tóxicos. Una forma de contrarrestar la exposición de todo el personal que realiza los trabajos topográficos, es mediante el uso de drones, aeronaves que sobrevuelan en toda el área ocupada por los depósitos mineros de relaves.

REFERENCIAS

ARIAS, Fidas. El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. 6a ed. Caracas: Editorial Episteme, 2012. 143 pp.

ISBN: 980-07-8529-9

AYKUT, Nedim, GÜLAL, Engin y AKPINAR, Burak. Performance of Single Base RTK GNSS Method versus Network RTK. *Revista Earth sciences research journal* [en línea].

Vol. 19, Diciembre 2015, n.º 2. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=18&sid=e33b233b-253f-43aa-b590-b9546106967b%40pdc-v-sessmgr01>

ISSN: 1794-6190

BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación: Serie integral por competencias. México: Grupo Editorial Patria, 2014. 144 pp.

ISBN: 978-607-744-003-1

BAILEY, Mary. Drones Take to the CPI Skies: Drones are quickly entering the chemical processing space as more companies begin to embrace their use for inspection and monitoring tasks. *Revista Chemical Engineering*. [en línea]. Vol. 124, Setiembre 2017. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=33&sid=8d6f1134-6888-45a8-9a7a-3fc6fc685f3b%40sdc-v-sessmgr01>

ISSN: 0009-2460

BRAVO, Nino. Teledetección Espacial LANDSAT, SENTINEL2, ASTER L1T y MODIS. Huánuco: Geomática Ambiental, 2017. 105 pp.

CAMPO, Iñigo. Aplicaciones de drones para el control de obras. Valencia: Departamento de Comunicación, 2015. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://drones.uv.es/aplicaciones-de-drones-para-el-control-de-obras/>

CARRETERO, Soledad. Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado. Tesis (Ingeniero de la Energía). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2015. 60 pp.

CASANOVA, Leonardo. Topografía Plana. Mérida: Taller de publicaciones de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, 2002. 283 pp.

ISBN 980-11-0672-7

CASCANTE, Jinny. Métodos Mixtos de Investigación: Guía de estudio. San José: Uned, 2011. 124 pp.

CHEN, Xin. Statistical Multipath Model Comparative Analysis of Different GNSS Orbits in Static Urban Canyon Environment. [en línea]. Vol. 62, Septiembre 2018, n.º 5. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019].

Disponibile en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=13&sid=fc2aff66-65ac-4fee-9238-1dd843945b81%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9ZXMmc210ZT1laG9zdC1saXZl#AN=130792655&db=a9h>

11aG9zdC1saXZl#AN=130792655&db=a9h

ISSN: 0273-1177

CORREA Nixon y CERÓN, Liliana. Precision and accuracy of the static GNSS method for surveying networks used in Civil Engineering. *Revista Ingeniería e Investigación* [en línea]. Vol. 38, Abril 2018. 8 pp. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019].

Disponibile en en

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=15&sid=fc2aff66-65ac-4fee-9238-1dd843945b81%40sessionmgr103>

ISSN: 0120-5609

DÁVILA, Francisco y CAMACHO, Elena. Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. Propuesta Metodológica. Cantabria: Institut Cartografic de Catalunya, 2012. 9 pp.

ISSN: 1988-2459

DELGADO, Jorge. Fotogrametría Digital. Andalucía: Universidad de Jaén, 2015. 29 pp.

DURÁN Ramiro, GÓMEZ, Alejandro y SÁNCHEZ, Miguel. Guía didáctica para la elaboración de un trabajo académico. España: Iberoprinter, 2017. 45 pp.

ISBN: 978-84-617-9681-6

EL MEOUCHEA, R., HIJAZIB, I., PONCETA, P., ABUNEMEHA, M. y REZOUG, M. UAV Photogrammetry implementation to enhance land surveying, comparisons and possibilities. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. [en línea]. Vol. 42, Octubre 2016. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W2/107/2016/isprs-archives-XLII-2-W2-107-2016.pdf>

FACTORES que condicionan las misiones de vuelo con drones. [Mensaje en un blog]. Madrid: Jiménez, S., (23 de febrero de 2017). [Fecha de consulta: 04 de noviembre de 2018]. Recuperado de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/02/factores-que-condicionan-una-mision-de.html>

FLORINSKY, Igor, KURKOV, Vladimir y BLIAKHARSKII, Dmitrii. Geomorphometry from unmanned aerial surveys. *Revista Transactions in GIS*. [en línea]. Vol. 22, Febrero 2018. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=20&sid=8d6f1134-6888-45a8-9a7a-3fc6fc685f3b%40sdc-v-sessmgr01>

ISSN: 1361-1682

GEO SYSTEMS. Levantamiento Topográfico Aéreo TRIMBLE UX5. 2016, 58 pp.

GROUND sampling distance (GSD). Pix4D support: 4 de noviembre de 2018. Disponible en <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559809-Ground-sampling-distanceGSD->

HERNADEZ, Roberto, FÉRNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 5.ª ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010. 613 pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9

HERNADEZ, Roberto, FÉRNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010. 600 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0

JIMENEZ, Wilson y PRADO, José. Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2017. 152 pp.

KAKAES, K, et al. Drones and aerial observation: New technologies for property rights, human rights, and global development a primer. Washington, DC: New America. 2015, 104 pp.

KURZ, Franz, KRAUß, Thomas RUNGE, Hartmut, ROSENBAUM, Dominik y D'ANGELO, Pablo. Precise aerial image orientation using sar ground control points for mapping of urban landmarks. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. [en línea]. Vol. 42, Junio 2019. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en https://www.researchgate.net/publication/333635886_PRECISE_AERIAL_IMAGE_ORIENTATION_USING_SAR_GROUND_CONTROL_POINTS_FOR_MAPPING_OF_URBAN_LANDMARKS

KYEWON, Jun, BYONG-HEE, Jun, HOJIN, Lee, SUNGDUK, Kim y WONJUN, Tak. The Study of Utilization and Precision Based on the Comparison and Analysis of Drone-Based Coastal Hazard Data and Its Application in the Ocean Environment. *Revista Journal of Coastal Research*. [en línea]. Vol. 85, Febrero 2018. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=23&sid=8d6f1134-6888-45a8-9a7a-3fc6fc685f3b%40sdc-v-sessmgr01>

ISSN: 0749-0208

LEÓN, Diego. Uso de cuatro métodos topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. Caso real taludes de la vía E35 Colibrí – Pifo,

sector km 20 – km 24. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018. 159 pp.

Ley n.º 30740. Ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS). Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de marzo de 2018.

MANUAL sobre sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS). Montreal: Organización de Aviación Civil Internacional, 2015. 171 pp.
ISBN 978-92-9249-742-2

MANUAL de drone aplicado a la Ingeniería. Lima: ADO Engineer, 2018. 52 pp.
ISSN 1690-3226

MENDOZA, José. Topografía: Técnicas modernas. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009. 471 pp.

MDE-AR Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina. IGN: Junio 2016. Disponible en <http://ign.gob.ar/node/987>

MONJE, Carlos. Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa: Guía didáctica. Colombia: Universidad Surcolombiana, 2011. 216 pp.

MOTTOLA, Luca y WHITEHOUSE, Kamin. Fundamental Concepts of Reactive Control for Autonomous Drones. *Revista Communications of the ACM* [en línea]. Vol. 61, Octubre 2018, n.º 10. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]
Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=19&sid=fc2aff66-65ac-4fee-9238-1dd843945b81%40sessionmgr103>
ISSN: 0001-0782

NTC 001-2015. Norma Técnica Complementaria Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 3 de noviembre de 2015.

OZAWA, Ryuta y CHAUMETTE, François. Dynamic visual servoing with image moments for an unmanned aerial vehicle using a virtual spring approach. *Revista Advanced Robotics*. [en línea]. Vol. 27, Junio 2013. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]
Disponibile en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=6c2b607c-29c6-4205-8555-1bc4e0189e38%40pdc-v-sessmgr02>
ISSN: 1568-5535

PACHAS, Raquel. El Levantamiento Topográfico: Uso del Gps Y Estación Total. Trujillo: Núcleo Universitario Rafael Rangel, 2009. 340 pp.

PIECH, Izabela y RUZYCZKA, Adam. Generating of Building Facades Orthophotoplans with UAV and Terrestrial Photos. *Revista IOP Conference Series: Earth & Environment Science* [en línea]. Vol. 221, Enero 2019. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]
Disponibile en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/221/1/012074/pdf>
ISSN: 1755-1315

QUIROZ, Elia. Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicada a la Ingeniería Civil. Cáceres: Universidad de Extremadura, 2014. 139 pp.
ISBN 978-84-697-1317-4

RABANAL, Danna. Integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión. Tesis (Ingeniero Electrónico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 64 pp.

RIDOLFI, Elena, BUFFI, Giulia, VENTURI, Sara y MANCIOLA, Piergiorgio. Accuracy Analysis of a Dam Model from Drone Surveys. *Revista Sensors*. [en línea]. Vol. 17, Agosto 2017. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]
Disponibile en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=8d6f1134-6888-45a8-9a7a-3fc6fc685f3b%40sdc-v-sessmgr01>
ISSN: 1424-8220

RINCÓN, Mario, VARGAS, Wilson y GONZÁLES, Carlos. Topografía, Conceptos y Aplicaciones. Bogotá: Eco Ediciones, 2017. 380 pp.
ISBN 978-958-771-506-4

ROJAS, Raúl. Guía para realizar investigaciones sociales. 33a ed. México D. F.: Plaza y Valdés, 2013. 437 pp.

ISBN 968-856-262-5

SANCHEZ, Irvin. Determinar el grado de confiabilidad del levanto topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017. Tesis (Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad César Vallejo, 2017. 61 pp.

STUART, Granshaw. RPV, UAV, UAS, RPAS ... or just drone?. *Revista The Photogrammetric Record* [en línea]. Vol. 61, Octubre 2018, n.º 10. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]

Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=e33b233b-253f-43aa-b590-b9546106967b%40pdc-v-sessmgr01>

ISSN: 1477-9730

TACCA, Hilario. Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Tesis (Ingeniero Topógrafo y Agrimensor). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. 124 pp.

TOPOGRAFÍA y Fotogrametría. Servicio Periférico de I+D basado en Drones de la Universidad de Almería: 4 de noviembre de 2018. Disponible en <http://www2.ual.es/drones/servicios/topografia-y-fotogrametria/>

UNIVERSIDAD de Almería. Topografía y Fotogrametría. Almería: I+D basado en Drones, 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://drones.uv.es/aplicaciones-de-drones-para-el-control-de-obras/>

USO y Operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia. [en línea]. Lima: Lima Airport Partners. [Fecha de consulta 5 de noviembre de 2018]. Disponible en <https://www.lima-airport.com/esp/ProcedimientosyNormas/1.%20Bolet%C3%ADn%20MS%20Enero%202018.pdf>

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científicas: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 5.a ed. Lima: San Marcos, 2015. 495 pp.
ISBN 978-612-302-878-7

VEHÍCULOS Aéreos No Tripulados, Drones y sus Sistemas de Comunicación. [en línea] Bogotá: Superintendencia de Industria y Comercio, 2015. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2018]. Disponible en: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/publicaciones/Boletines

VILCAS, Gloria. Seguridad Operacional de las aeronaves pilotadas a distancia en el Perú, 2017: Propuesta de mejora de la Norma técnica complementaria 001-2015. Tesis (Maestra en Gestión Pública). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 139 pp.

VILLAREAL, Joffre. Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control. Tesis (Ingeniero Civil). Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2015. 37 pp.

XIAO-PING, Rui, XUE-TAO, Yu, LU, Jin, ASHRAF, Muhammad y XIAN-FENG, Song. An algorithm for generation of DEMs from contour lines considering geomorphic features. *Revista Earth sciences research journal*[en línea]. Vol. 20, Junio 2016, n.º 2. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]
Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=e33b233b-253f-43aa-b590-b9546106967b%40pdc-v-sessmgr01>
ISSN: 1794-6190

YUNG-CHUAN, Chen y YI-HSING, Tseng. Advancement of close range photogrammetry with a Portable Panoramic Image Mapping System (PPIMS). *Revista The Photogrammetric Record* [en línea]. Vol. 33, Junio 2018, n.º 162. [fecha de consulta: 26 de junio del 2019]
Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=e33b233b-253f-43aa-b590-b9546106967b%40pdc-v-sessmgr01>
ISSN: 0031-868X

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS EN LA HUACA AZNAPUQUIO, LOS OLIVOS – 2019

MATRIZ RELACIONAL			MATRIZ OPERACIONAL					METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿Cuál es la diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?	Determinar la diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	Existe diferencia entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	Levantamiento topográfico tradicional	“Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, [...]incluye selección del método de levantamiento, elección del equipo [topográfico] a utilizar, [...] (Rincón, Vargas y Gonzáles , 2017, p. 3).	La ejecución del levantamiento topográfico se realizará con la Estación Total Leica Flexline TS 06 5” alcance de medición sin prisma de 500m, abarcando en temas de precisión del trabajo, tiempo de ejecución y costo de operación.	Precisión de trabajo	Radiación Poligonal Medición RTK	<u>Tipo de investigación</u> APLICADA <u>Diseño de investigación</u> NO EXPERIMENTAL <u>Tipo</u> TRANSVERSAL <u>Nivel de investigación</u> DESCRIPTIVO - EXPLICATIVO <u>Enfoque de investigación</u> CUANTITATIVA <u>Población</u> TODOS LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DEL DISTRITO DE LOS OLIVOS <u>Muestra</u> LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LA HUACA AZNAPUQUIO <u>Muestreo</u> NO PROBABILÍSTICO <u>Unidad de Análisis</u> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
						Tiempo de trabajo	Equipos Cuadrilla Clima	
						Costo de operación	TIN Modelo DTM Plano Curvas de nivel	
			Levantamiento topográfico con RPAS	Es un Sistema de levantamiento topográfico Aéreo de precisión, compuesto por un Avión no tripulado que toma imágenes durante su vuelo y mediante un software permite el análisis y procesamiento digital de las imágenes (Geo Systems, 2016, p.3).	La ejecución del levantamiento topográfico se realizará con el dron DJI Phantom 4 PRO con sensor CMOS de 1” y 20 MP de imágenes abarcando en temas de precisión del trabajo, tiempo de trabajo y costo de operación.	Precisión de trabajo	Nube de puntos Puntos de control Georreferenciación	
						Tiempo de trabajo	Altura de vuelo Línea de vuelo Resolución de fotos aéreas	
						Costo de operación	Modelo DTM Modelo DEM Plano Curvas de nivel	

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS EN LA HUACA AZNAPUQUIO, LOS OLIVOS - 2019

MATRIZ RELACIONAL			MATRIZ OPERACIONAL				METODOLOGIA
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPEND.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	
¿Cuál es la diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?	Definir la diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	Existe diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	Levantamiento topográfico en la Huaca Aznapuquio	“Es el proceso por el cual se realiza un conjunto de operaciones y métodos para representar gráficamente en un plano una porción de tierra, ubicando la posición de sus puntos[...]” (Mendoza, 2010, p. 13).	La ejecución del levantamiento topográfico en la Huaca Aznapuquio se realizará de acuerdo al proceso metodológico que establece la Topografía, considerando los temas de precisión del trabajo, tiempo de trabajo y costo de operación.	Precisión de trabajo	<u>Tipo de investigación</u> APLICADA <u>Diseño de investigación</u> NO EXPERIMENTAL <u>Tipo</u> TRANSVERSAL <u>Nivel de investigación</u> DESCRIPTIVO - EXPLICATIVO <u>Enfoque de investigación</u> CUANTITATIVA <u>Población</u> TODOS LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DEL DISTRITO DE LOS OLIVOS <u>Muestra</u> LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LA HUACA AZNAPUQUIO <u>Muestreo</u> NO PROBABILÍSTICO <u>Unidad de Análisis</u> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
¿Cuál es la diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?	Determinar la diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	Existe diferencia de tiempo de trabajo entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.				Tiempo de trabajo	
¿Cuál es la diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019?	Calcular la diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	Existe diferencia de costo de operación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.				Costo de operación	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02. FORMATOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA TÉCNICA

NOMBRE DEL PROYECTO	
Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019.	
OPERADOR	

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS

ALTURA DE VUELO		RESOLUCIÓN GSD	
TIEMPO DE VUELO		OVERLAP - TRASLAPE	
NÚMERO DE FOTOGRAFÍAS		NÚMERO DE PUNTOS DE CONTROL	

TIPOS DE FOTOGRAFÍAS	ÁNGULOS DE INCLINACIÓN
VERTICAL	GRADO VERTICAL
HORIZONTAL	GRADO HORIZONTAL
OBLICUA	GRADO OBLICUA

ESTADOS DEL TIEMPO	INTENSIDAD DEL VIENTO
DESPEJADO	SUAVE
SOLEADO	MODERADO
NUBLADO	FUERTE
LLUVIOSO	
OTROS	

DETALLE DE LEVANTAMIENTO			
N° PUNTO	DESCRIPCION	HORA	OBSERVACIONES



Ing. CIP. ALVA SUEGA SAMUELESTES
ING. CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 148516



ELSA JANETTE
DE LA CRUZ SALAZAR
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 173818



Jonathan Paul Rivas Tasson
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 142225

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 03. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

Equipos para Geomatica, Estaciones totales
GNSS, Software de Aplicaciones 3D
Escaner 3D, Machine Control



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 12909T/19

OTORGADO A:

ADO ENGINEER SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	1118-20606

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fabrica en lo referente a la precision obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO:

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

NOTA:

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion Año 2014 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Peru por su alta precision y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revision en el periodo máximo de 06 meses antes del 11 de Octubre del 2019.

Santiago de Surco, 12 de Abril del 2019.

CHRISTIAN MENDEZ P.
GERENTE TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precision del Receptor GNSS. Revisar periodicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

SOKKIA FARO Geomagic 3D SYSTEMS Artrec 3D TOPCON

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco
(01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230
946 206 342 981 044 863 981 044 865



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Síguenos en:

Equipos para Geomatica, Estaciones totales
GNSS, Software de Aplicaciones 3D
Escaner 3D, Machine Control



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 12910T/19

OTORGADO A:

ADO ENGINEER SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	1118-20617

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO:

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

NOTA:

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion Año 2014 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Peru por su alta precision y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revision en el periodo máximo de 06 meses antes del 11 de Octubre del 2019.

Santiago de Surco, 12 de Abril del 2019.

CHRISTIAN MENEZES P.
INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACION
SERVICIO TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precision del Receptor GNSS. Revisar periodicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

TOPCON

Artec 3D



BDSYSTEMS



Geomagic

SOKKIA FARO

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco
(01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230
946 206 342 981 044 863 981 044 865



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Siguenos en:

- Estación Total
- Teodolitos Electrónicos y Mecánicos
- Planchetas, Niveles, Altimetros
- Brújulas, Eclímetros, Planímetros
- Balanzas, Microscópios
- Binoculares, GPS, Telemetros
- Miras, Jalones y Trípodes

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Lima, 2 de MARZO de 2019

Señores:
OPERACION SERVICIO Y MODERNIZACION DE PLANTA S.A.

CERTIFICADO DE CALIBRACION: 1597-03-2019
Equipo: ESTACION TOTAL
Marca: LEICA FLEXLINE
Modelo: TS06 Plus – 5"
Serie: 1364207
Precisión angular: 5"
Lectura angular: 1"
Medición laser S/ prisma: 500mts.
Medición laser C/3 prismas: 3,500mts.
Aumento: 30X
Imagen del objetivo: DIRECTO
FECHA DE CALIBRACION: 2- MARZO-2019
FECHA DE VENCIMIENTO: 2-SETIEMBRE-2019

SERVIT S.A.C. Certifica que el equipo topográfico descrito arriba cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos (DIN 18723).

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO:
SET COLIMADOR GPT 320 MARCA TOPCON

METODOLOGIA APLICADA TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES.

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un SET COLIMADOR con telescopio de 30X y en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01".

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION.

Las distancias son medidas con la Estación total instalada de una base fijada a la pared y el prisma estacionado sobre un trípode en cada punto de control establecido.

RESULTADO

ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	RANGO	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	180°00'00"	0"	± 5"	OPERATIVO
VERTICAL	360°00'00"	360°00'00"	0"	± 5"	OPERATIVO

DISTANCIA	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	RANGO	RESULTADO
INCLINADA	12132mm	12132mm	0mm	±(2mm+2ppm)	OPERATIVO

CERTIFICADO POR JORGE ÑAÑEZ GERENTE TECNICO	FIRMA:  SERVIT S.A.C. Jorge Ñañez López GERENTE TECNICO	FECHA DE EMISION: 2-MARZO-2019
---	--	-----------------------------------

- Estación Total
- Teodolitos Electrónicos y Mecánicos
- Plancheras, Niveles, Altimetros
- Brújulas, Eclímetros, Planímetros
- Balanzas, Microscópios
- Binoculares, GPS, Telemetros
- Miras, Jalones y Trípodes

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Lima, 06 de Marzo de 2019
 Señores:

CERTIFICADO DE CALIBRACION: 15865-03-2019
Equipo: NIVEL OPTICO
Marca: TOPCON
Modelo: AT-B4
Serie: X36119
Aumento: 30X
Imagen del objetivo: DIRECTO
FECHA DE CALIBRACION: 06-MAR-2019
FECHA DE VENCIMIENTO: 06-SET-2019

SERVIT S.A.C. certifica que el equipo topográfico descrito arriba cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos (DIN 18723).

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO:

SET COLIMADOR GPT 320 MARCA TOPCON

METODOLOGIA APLICADA TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES.

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un SET COLIMADOR con telescopio de 30X y en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01".

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION.

Las distancias son medidas con la Estación total instalada de una base fijada a la pared y el prisma estacionado sobre un trípode en cada punto de control establecido.

RESULTADO

ÁNGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	RANGO	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	180°00'00"	0"	±5"	OPERATIVO
VERTICAL	360°00'00"	360°00'00"	0"	±5"	OPERATIVO

ÁNGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	RANGO	RESULTADO
INCLINADA	12132mm	12132mm	0mm	±(2mm+2ppm)	OPERATIVO

CERTIFICADO POR JORGE NAÑEZ GERENTE TECNICO	FIRMA  Jorge Nañez López GERENTE TECNICO	FECHA DE EMISION: 06-MAR-2019
---	--	----------------------------------

REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL

I. TARJETA DE REGISTRO DEL RPAS N° 00875

II. ORLANDO AGUIRRE DAVILA

III. Tipo de Documento: DNI

IV. N° de Documento: 07892988

V. TIPO PRACTICA: Otro distinto a la práctica aerodeportiva o recreativa

VI. INFORMACION TECNICA RPAS

Marca DJI	Modelo PHANTOM 4 PRO
País de Fabricación CHINA	Número Serie: 0AXCE4V0A30696
Tipo de Motores: ELECTRICOS	
Cantidad de Motores: 4	
Frecuencia de Control: DJI - PHANTOM 4 PRO	Masa(peso) máxima de despegue: 1.388 KG.
Autonomía: 30 minutos	

VII. EQUIPO INCORPORADO

	Disponibl	Marca /Tipo
GPS:	<input checked="" type="checkbox"/>	NAVSTAR / GLONASS
Paracaídas de emergencia:	<input type="checkbox"/>	
Cámara de video:	<input checked="" type="checkbox"/>	DJI - PHANTOM 4 PRO
ATC transponder:	<input type="checkbox"/>	
Otros equipos incorporados:		


 Fecha de Emisión: 10/05/2019 Dirección General de Aeronáutica Civil y Autorizaciones
 Daniel Cárdenas Zúñiga
 Director General de Aeronáutica Civil y Autorizaciones

Cualquier alteración reproducción o mal uso de esta tarjeta será sancionado de acuerdo a la norma vigente NTC:001-2015

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DJI PHANTOM 4 PRO V2.0	
MEMORIA	Ranura(s) para tarjetas de memoria: Si
	Tarjetas de memoria compatibles: MicroSD (TransFlash)
	Tamaño máximo de tarjeta de memoria: 128 GB
PESO Y DIMENSIONES	Peso (incluyendo batería): 1,38 kg
	Peso de la batería: 468 g
CONTROL DE ENERGÍA	Potencia de adaptador AC: 100 W
	Voltaje de entrada de adaptador AC: 17.4
CONDICIONES AMBIENTALES	Intervalo de temperatura operativa: 0 - 40 °C
CÁMARA FOTOGRÁFICA	Megapíxeles: 20 MP
	Máxima resolución de video: 4096 x 2160 Píxeles
	Resoluciones de video: 1280 x 720,1920 x 1080,2720 x 1530,3840 x 2160,4096 x 2160 Píxeles
	Tipo de sensor: CMOS
	Tamaño del sensor óptico: 1"
	Velocidad máxima de cuadro: 120 pps
	Ángulo de campo de visión (FOV): 84°
	Bitrate con una resolución máxima de vídeo: 100 Mbit/s
	Formatos de vídeo compatibles: AVC,H.264,H.265,HEVC,MOV,MP4
	Velocidad de obturador: 8 - 1/8000
Formatos de imagen soportados: DNG,JPEG,RAW	
BATERÍA	Tecnología de batería: Polímero de litio
	Capacidad de batería: 5870 mAh
	Voltaje de la pila: 15,2 V
	Capacidad de batería (vatio-hora): 89,2 Wh
DISEÑO	Tipo: Cuadricóptero
	Color del producto: Blanco
CARACTERÍSTICAS	Número de rotores: 4 rotores
	Velocidad máxima: 72 m/s
	Distancia de funcionamiento máximo: 7000 m
	Frecuencia de banda: 2.400 - 2.483/5.725 - 5.850
	Exactitud libración Horizontal: 0,3 m
	Exactitud libración Vertical: 0,1 m
	Ángulo máximo de inclinación: 42°
	La velocidad máxima de ascenso: 6 m/s
	Velocidad máxima de descenso: 4 m/s
	Resistencia máxima al viento: 10 m/s
	Tiempo máximo de vuelo: 30 min
	Compatibilidad con GPS: Si
	GLONASS: Si
Sensores integrados: Infrared (IR) sensor	

FICHA TÉCNICA

DIMENSIONES DEL SISTEMA DE VEHÍCULO AÉREO TRIPULADO A DISTANCIA - RPAS

- Longitud diagonal: 330 mm (590 mm incluidas las hélices)
- Diámetro entre ejes de hélices: 330 mm
- Altura total: 185 mm



Vista frontal

- 1 – GPS
- 2 – Hélices
- 3 – Motor
- 4 – Leds
- 5 – Sistema de detector de obstáculos
- 6 – Tren de aterrizaje
- 7 – Estabilizador y cámara



Vista posterior

- 8 – Batería inteligente
- 9 – Puerto mini USB
- 10 – Ranura tarjeta MicroSD



Vista superior



Vista Indicadores LED



Vista inferior

11 – Led indicador frontal

12 – VPS (Sensores de posicionamiento visual)

13 – Sensores de posicionamiento y ultrasonido

14 – Led indicador de estado



ANEXO 04. FIGURAS

Figura 1. Modelo Digital de Elevaciones

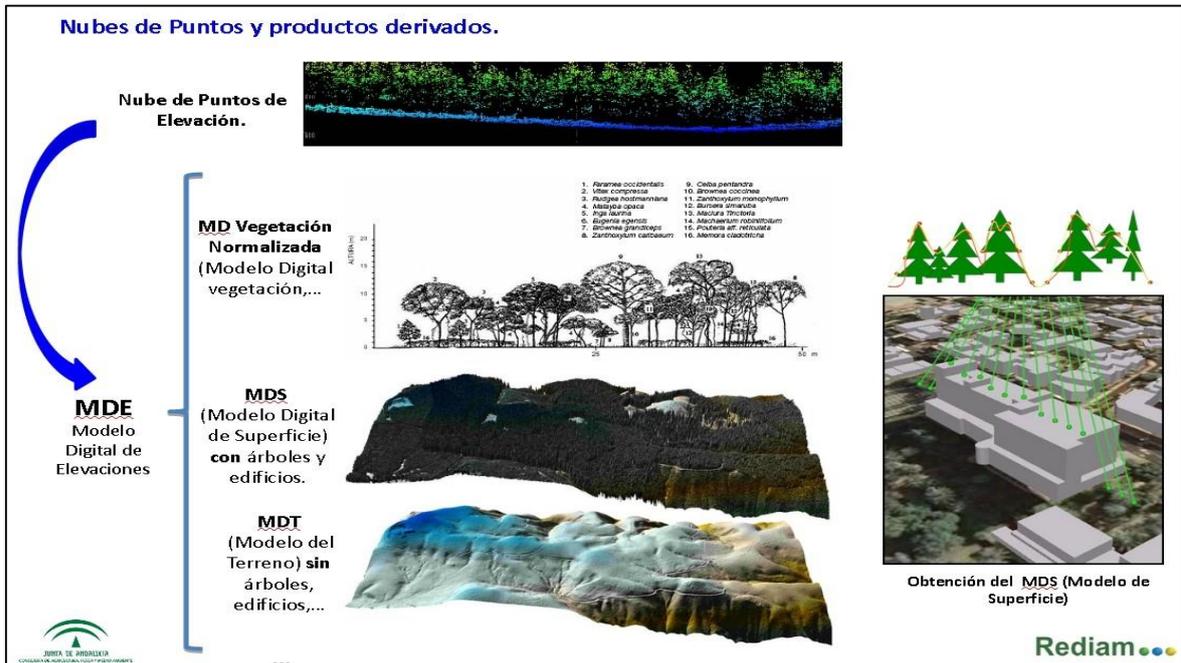


Figura 2. Modelo Digital de Superficie y Modelo Digital de Terreno

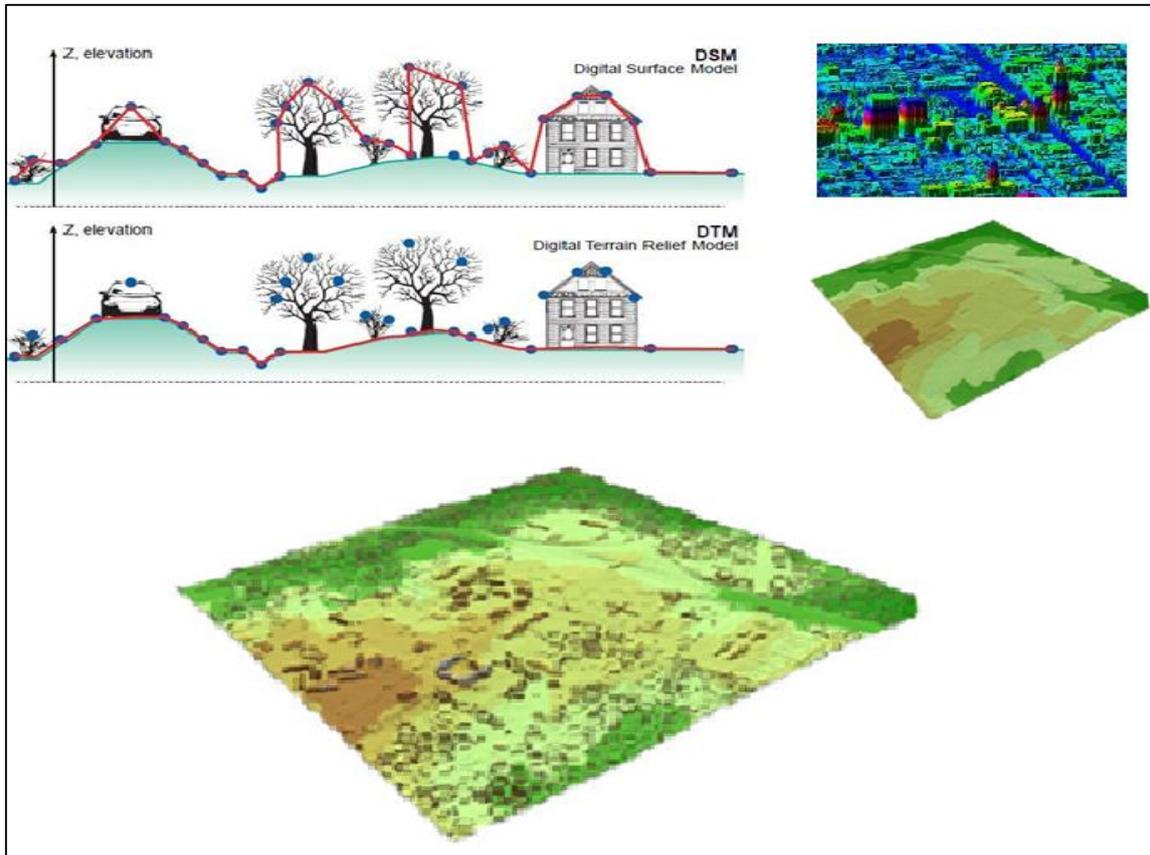


Figura 3. Ubicación de la zona de trabajo

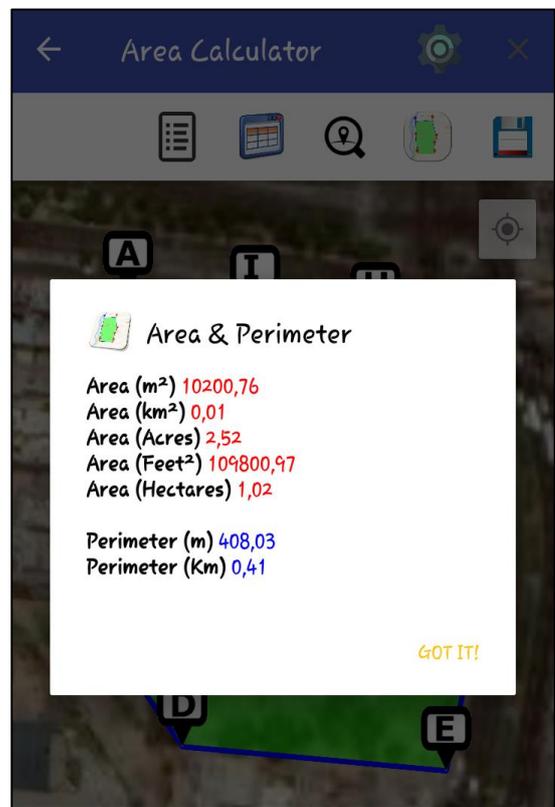
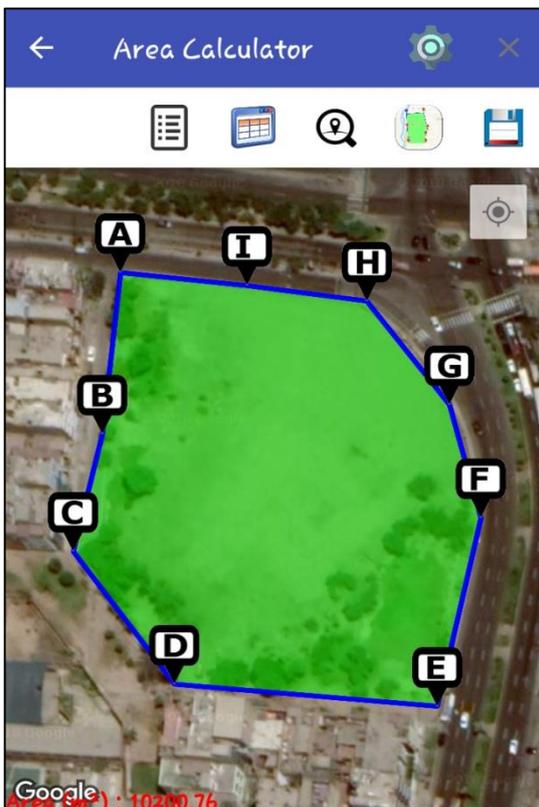
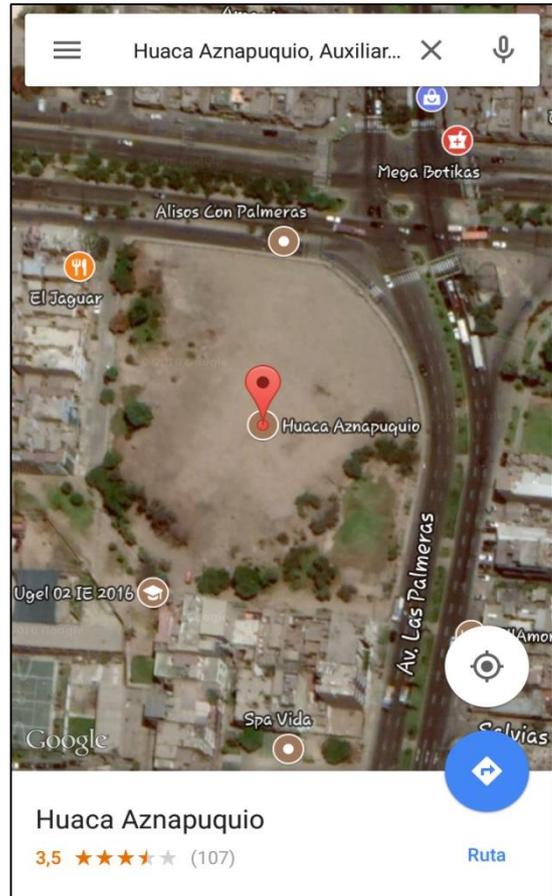
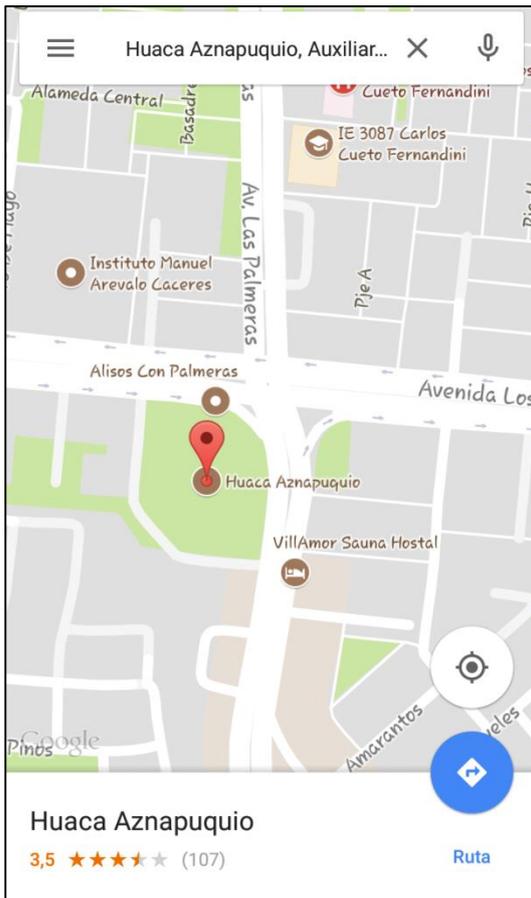
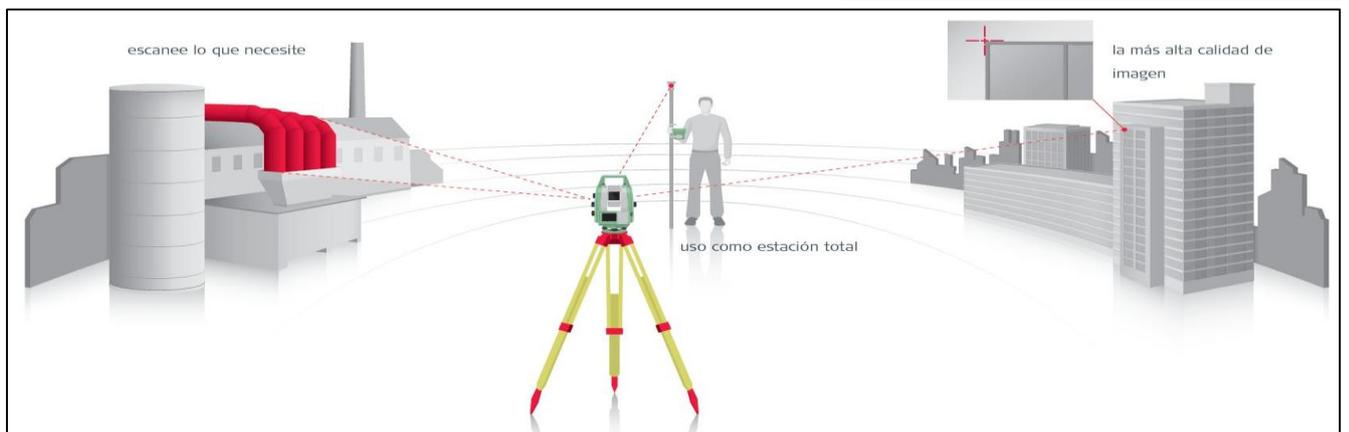


Figura 4. Planeamiento de Vuelo con software DroneDeploy



ANEXO 05. FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE

0. DATOS GENERALES:

Preparado por: Departamento de Procesamiento Geodésico
Realizado: 16 de mayo de 2018
Versión: 3



1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:

Nombre: Surquillo
Código Nacional: LI01
Código Internacional: 42203M001
Inscripción: Placa de bronce
Orden de la estación: 0
Fecha de monumentación: Junio de 2008

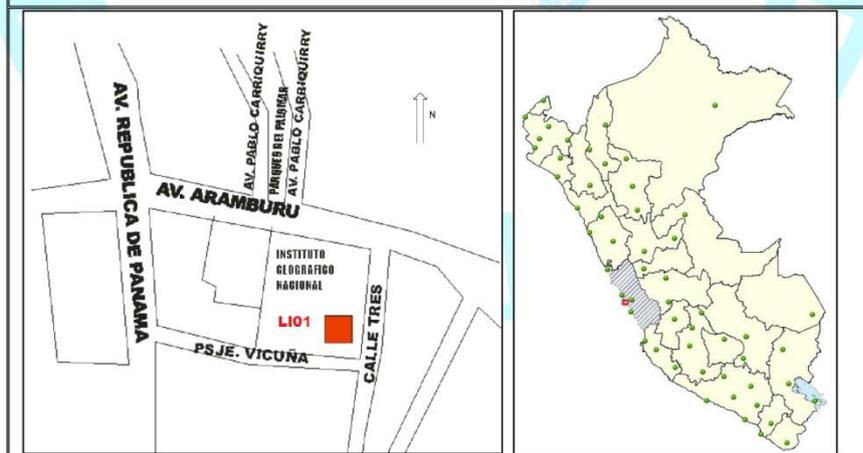


2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:

Departamento: Lima
Provincia: Lima
Distrito: Surquillo
Ubicación de la estación: Instituto Geográfico Nacional



CROQUIS DE UBICACIÓN



USUARIO: Ing. Rossmery Chacón Rodríguez / FECHA: 10/01/2019 11:39 / C.P.E.: N° F001-002068

LI01 1 | 4



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:

Sistema de referencia: GRS80 / WGS84	Marco de referencia: ITRF2000
---	--------------------------------------

3.1. GEODÉSICAS:



Latitud (S)	Longitud (O)
12° 06' 10.85979"	77° 01' 00.98248"
Altura Elipsoidal (m)	Factor de escala combinado
157.6441	1.000195938456

3.2. CARTESIANAS



X (m)	Y (m)	Z (m)
1401321.1364	-6077986.5097	-1328580.3940

3.3. UTM

Este (m)	Norte (m)
280479.8845	8661244.5773
Zona: 18 Sur	



4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS

4.1. RECEPTOR:

Modelo: NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia
N° de serie: 5647R50510
Versión del firmware: 5.30
Fecha de instalación: 8 de junio de 2017
Ubicación del receptor: El receptor está instalado en la Sala de Servidores de la mencionada institución.

4.2. ANTENA:

Modelo: Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble
N° de serie: 1440921021
Cubierta protectora: con domo
Medición de la antena: ARP
Altura de la antena: 0.0750 m
Fecha de instalación: 8 de junio de 2017
Ubicación de la antena: La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 1.34 m de alto, 30 cm x 51 cm de ancho de color blanco, ubicada en el techo del museo del Instituto Geográfico Nacional.

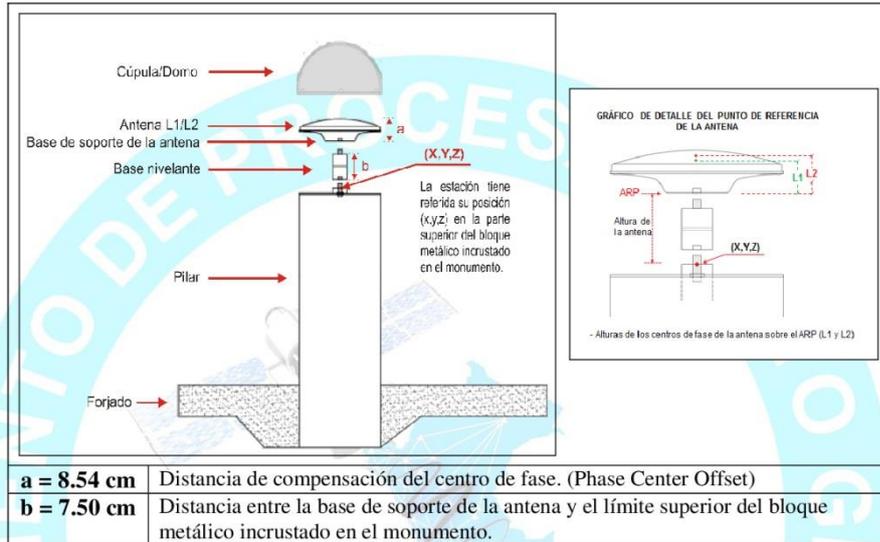


**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**

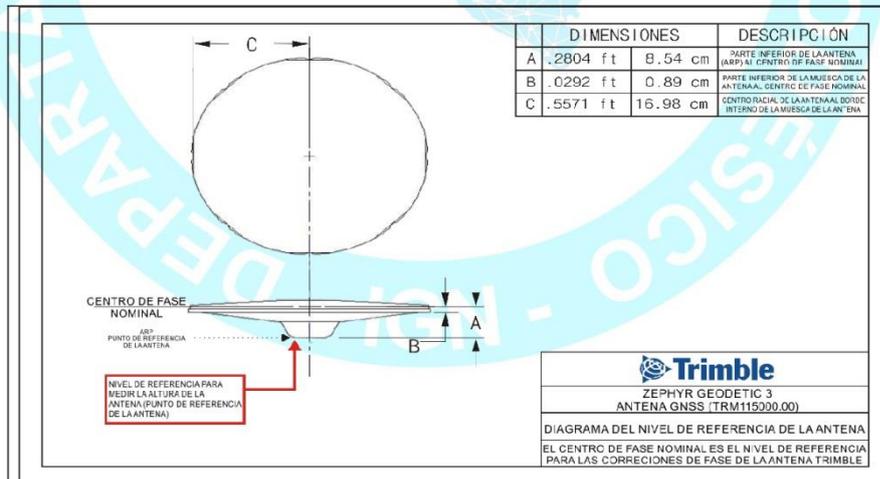


5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA



5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA





**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO

Área de mantenimiento: DPG
Área de control: DPG
Área de procesamiento: DPG
Observables: L1, L2, C1, P2
Intervalo de registro: 5 seg
Máscara de elevación: 5°
Archivo diario: 24 HRS
Formato de archivo nativo: *T02
Datos para el procesamiento: 1 al 28 de febrero de 2018
Tipo de órbita: Efemérides precisas finales
Archivo procesado: Rinex 2.11
Software de procesamiento: Gamit / Globk V 10.6
Autor: Mario César Mendoza Del Aguila
Revisado por: MY EP. Julio Saenz Acuña

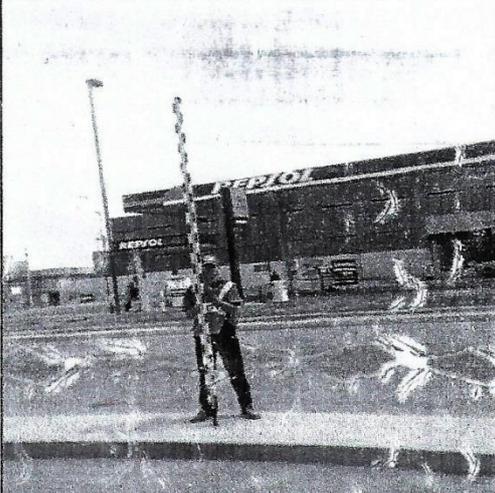
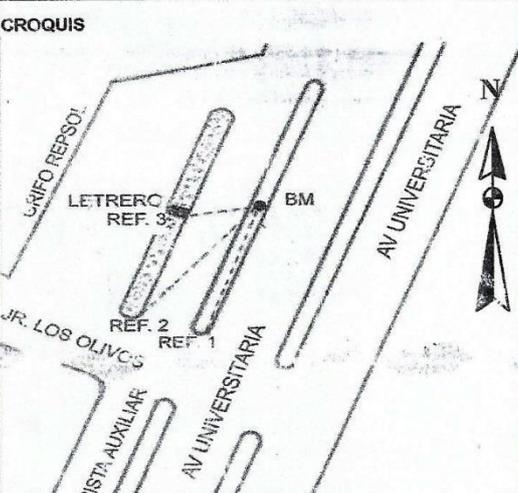


7. CONTACTOS

Oficina: Departamento de Procesamiento Geodésico
Dirección: Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú
Teléfono: 4759960 / 4753030 Anexo 120
Correo: cpg@ign.gob.pe / cpg.ign@hotmail.com
Web site: http://209.45.65.186/rastreo_permanente



ANEXO 06. DESCRIPCIÓN DE MARCA DE COTA FIJA (BM)

 INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DIRECCION DE GEODESIA			
DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (BM)			
DEPARTAMENTO:	CARACTERISTICAS:	DESIGNACION:	
LIMA	DISCO DE BRONCE DE 9 CM DE DIAMETRO	C-U-C-6	
PROVINCIA:	ESTABLECIDA POR:	ELEVACION (M)	
LIMA	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL	45.6781	
LÍNEA:	CÓDIGO DE HOJA:	ORDEN:	
LIMA - METROPOLITANA	Plano de Lima Esc. 1/25 000 Hoja N° 4	1er	
TRAMO: Costanera - Universitaria - Comas	ESTAMPADO: C-U-C-7-2001	DATUM: S.N.M.M	
CROQUIS			
			
DESCRIPCIÓN:			
A lo largo de la Av. Universitaria, entre las Avs. Tomas Valle y Marañon. Partiendo del BM C-U-C-1, ubicado en la Av Costanera, la marca esta al Norte a 13.30 Km. Incrustada en la vereda de ingreso al parque zonal Lioque Llupanqui. Al costado Este a 18.70 m del eje de la carretera			
MARCA DE COTA FIJA			
Es un disco de bronce de 9 cm de diámetro incrustada sobre una vereda de 16.12 m de largo, por 9.60 m de ancho y a 0.20 m sobre el nivel de la pista.			
REFERENCIAS:			
1. Desde el centro de la puerta de ingreso, con azimut magnético 227° esta a 6.75 m. 2. Desde un poste de alumbrado público, con azimut magnético 239° esta a 11.15 m. 3. Desde un poste de alumbrado público, con azimut magnético 163° esta a 19.30 m. El terreno alrededor es plano urbanizado.			
DESCRITA / RECUPERADA POR:	JEFE PROYECTO:	REVISADO:	FECHA:
C. DAGA F.A. ENCISO.	TTE J. SAENZ A.	TC J. BEDOYA B.	24-MAYO-2001

**ANEXO 07. DATOS Y RESULTADOS DE SALIDA DE PROGRAMA TRIMBLE
BUSINESS CENTER**

**COORDENADAS UTM - WGS 84
DATOS Y RESULTADOS DE SALIDA DE PROGRAMA TRIMBLE BUSINESS CENTER**

Procesamiento de líneas base

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
LI01 --- LIM011315 (B3)	LI01	LIM011315	Fija	0.005	0.024	335° 14' 37"	14513.116	-77.637
LI01 --- LIM011316 (B1)	LI01	LIM011316	Fija	0.005	0.023	335° 21' 49"	14408.224	-77.339

Lista de puntos

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada
LI01	280479.885	8661244.577	134.003	LI01	1.0001962519	0.9999752879	1.0001715349
LIM011315	274304.396	8674381.687	56.200		1.0002302828	0.9999874580	1.0002177379
LIM011316	274376.322	8674299.533	56.493		1.0002298811	0.9999874113	1.0002172895

Componentes de vector (Marca a marca)

LI01 - LIM011315 (02:45:35 p.m. -04:44:51 p.m.) (S3)	
Observación de línea base:	LI01 --- LIM011315 (B3)
Procesados:	15/05/2019 08:23:48 a.m.
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.024 m
RMS:	0.019 m
PDOP máximo:	3.002
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	12/05/2019 02:45:37 p.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	12/05/2019 04:44:47 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:10
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

De:	LI01		
	Cuadrícula	Local	Global

Este	280479.885 m	Latitud	S12° 06' 10.85979"	Latitud	S12° 06' 10.85979"
Norte	8661244.577 m	Longitud	077° 01' 00.98248"	Longitud	077° 01' 00.98248"
Elevación	134.003 m	Altura	157.644 m	Altura	157.644 m

A: LIM011315					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	274304.396 m	Latitud	S11° 59' 01.94407"	Latitud	S11° 59' 01.94407"
Norte	8674381.687 m	Longitud	077° 04' 21.87456"	Longitud	077° 04' 21.87456"
Elevación	56.200 m	Altura	80.007 m	Altura	80.007 m

Vector					
Δ Este	-6175.489 m	Acimut Adelante NS	335° 14' 37"	ΔX	-5322.086 m
Δ Norte	13137.110 m	Dist. elip	14513.116 m	ΔY	-3968.322 m
Δ Elevación	-77.803 m	Δ Altura	-77.637 m	ΔZ	12906.284 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ Δ Este	0.002 m	σ Acimut NS delantero	0° 00' 00"	σ ΔX	0.003 m
σ Δ Norte	0.002 m	σ Dist. elipsoide	0.002 m	σ ΔY	0.012 m
σ Δ Elevación	0.012 m	σ Δ Altura	0.012 m	σ ΔZ	0.003 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000102432		
Y	-0.0000296715	0.0001385388	
Z	-0.0000053233	0.0000288687	0.0000089722

Componentes de vector (Marca a marca)

LI01 - LIM011316 (02:49:31 p.m.-04:49:09 p.m.) (S1)	
Observación de línea base:	LI01 --- LIM011316 (B1)
Procesados:	15/05/2019 08:23:48 a.m.
Tipo de solución:	Fija

Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.023 m
RMS:	0.015 m
PDOP máximo:	3.495
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	12/05/2019 02:49:47 p.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	12/05/2019 04:49:07 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:20
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

De:	LI01				
	Cuadrícula		Local		Global
Este	280479.885 m	Latitud	S12° 06' 10.85979"	Latitud	S12° 06' 10.85979"
Norte	8661244.577 m	Longitud	077° 01' 00.98248"	Longitud	077° 01' 00.98248"
Elevación	134.003 m	Altura	157.644 m	Altura	157.644 m

A:	LIM011316				
	Cuadrícula		Local		Global
Este	274376.322 m	Latitud	S11° 59' 04.63451"	Latitud	S11° 59' 04.63451"
Norte	8674299.533 m	Longitud	077° 04' 19.51803"	Longitud	077° 04' 19.51803"
Elevación	56.493 m	Altura	80.305 m	Altura	80.305 m

Vector					
Δ Este	-6103.562 m	Acimut Adelante NS	335° 21' 49"	ΔX	-5256.376 m
Δ Norte	13054.956 m	Dist. elip	14408.224 m	ΔY	-3935.924 m
Δ Elevación	-77.510 m	ΔAltura	-77.339 m	ΔZ	12825.350 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ Δ Este	0.002 m	σ Acimut NS delantero	0° 00' 00"	σ ΔX	0.003 m
σ Δ Norte	0.002 m	σ Dist. elipsoide	0.002 m	σ ΔY	0.011 m
σ Δ Elevación	0.012 m	σ Δ Altura	0.012 m	σ ΔZ	0.003 m

Matriz de covarianzas a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000092688		
Y	-0.0000250166	0.0001256627	
Z	-0.0000047553	0.0000266941	0.0000083364

CALCULOS JUSTIFICATIVOS
COORDENADAS UTM - WGS 84
DATOS Y RESULTADOS DE SALIDA DE PROGRAMA TRIMBLE BUSINESS CENTER

TABLA N° 1
 HOJA 2/2

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	VARIACIÓN GEOIDE	RMS	DESVIACIÓN ESTANDAR NORTE	DESVIACIÓN ESTANDAR ESTE	DESVIACIÓN ESTANDAR ELEVACIÓN	PRECISIÓN HORIZONTAL	PRECISIÓN VERTICAL
LI01 - (IGN)	8661244.5770	280479.8850	134.0030	23.6410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LIM011315	8674381.6870	274304.3960	56.2000	23.8070	0.019	0.002	0.002	0.012	0.005	0.024
LIM011316	8674299.5330	274376.3220	56.4930	23.8120	0.015	0.002	0.002	0.012	0.005	0.023

PUNTO	TIEMPO DE MEDICIÓN	TIEMPO DE POSPROCESO	PDOP max	σ DIST. ELIPSOIDE	σ Δ ALTURA	FACTOR DE ESCALA DE PROYECCIÓN	FACTOR DE ESCALA DE ALTURA	FACTOR DE ESCALA COMBINADA
LI01 - (IGN)	12/05/2019 00:00	15/05/2019 08:23	0.000	0.000	0.000	1.000196252	0.999975288	1.000171535
LIM011315	12/05/2019 14:45	15/05/2019 08:23	3.002	0.002	0.012	1.000230283	0.999987458	1.000217738
LIM011316	12/05/2019 14:49	15/05/2019 08:23	3.495	0.002	0.012	1.000229881	0.999987411	1.00021729

COORDENADAS GEOGRÁFICAS - WGS 84
PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO DE ORDEN C

LI01 - LIM011315 (02:45:35 p.m.-04:44:51 p.m.) (S3)	
Observación de línea base:	LI01 --- LIM011315 (B3)
Procesados:	15/05/2019 08:23
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.024 m
RMS:	0.019 m
PDOP máximo:	3.002
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	12/05/2019 02:45:37 p.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	12/05/2019 04:44:47 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:10
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

De: LI01	
Local	
Latitud	S12°06'10.85979"
Longitud	O77°01'00.98248"
Altura	157.644 m

A: LIM011315	
Local	
Latitud	S11°59'01.94407"
Longitud	O77°04'21.87456"
Altura	80.007 m

Vector	
Acimut Adelante NS	335°14'37"
Dist. elip	14513.116 m
Altura	-77.637 m

Global	
Latitud	S12°06'10.85979"
Longitud	O77°01'00.98248"
Altura	157.644 m

Global	
Latitud	S11°59'01.94407"
Longitud	O77°04'21.87456"
Altura	80.007 m

Vector	
X	-5322.086 m
Y	-3968.322 m
Z	12906.284 m

LI01 - LIM011316 (02:49:31 p.m.-04:49:09 p.m.) (S1)	
Observación de línea base:	LI01 --- LIM011316 (B1)
Procesados:	15/05/2019 08:23
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.023 m
RMS:	0.015 m
PDOP máximo:	3.495
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	12/05/2019 02:49:47 p.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	12/05/2019 04:49:07 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:20
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

De: LI01	
Local	
Latitud	S12°06'10.85979"
Longitud	O77°01'00.98248"
Altura	157.644 m

A: LIM011316	
Local	
Latitud	S11°59'04.63451"
Longitud	O77°04'19.51803"
Altura	80.305 m

Vector	
Acimut Adelante NS	335°21'49"
Dist. elip	14408.224 m
Altura	-77.339 m

Global	
Latitud	S12°06'10.85979"
Longitud	O77°01'00.98248"
Altura	157.644 m

Global	
Latitud	S11°59'04.63451"
Longitud	O77°04'19.51803"
Altura	80.305 m

Vector	
X	-5256.376 m
Y	-3935.924 m
Z	12825.350 m

COORDENADAS UTM - WGS 84
PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO DE ORDEN C

LI01 - LIM011315 (02:45:35 p.m.-04:44:51 p.m.) (S3)	
Observación de línea base:	LI01 --- LIM011315 (B3)
Procesados:	15/05/2019 08:23
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.024 m
RMS:	0.019 m
PDOP máximo:	3.002
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	12/05/2019 02:45:37 p.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	12/05/2019 04:44:47 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:10
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

De: LI01	
Cuadrícula	
Este	280479.885 m
Norte	8661244.577 m
Elevación	134.003 m

A: LIM011315	
Cuadrícula	
Este	274304.396 m
Norte	8674381.687 m
Elevación	56.200 m

Vector	
Este	-6175.489 m
Norte	13137.110 m
Elevación	-77.803 m

LI01 - LIM011316 (02:49:31 p.m.-04:49:09 p.m.) (S1)	
Observación de línea base:	LI01 --- LIM011316 (B1)
Procesados:	15/05/2019 08:23
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.023 m
RMS:	0.015 m
PDOP máximo:	3.495
Efemérides utilizadas:	Preciso/a
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	12/05/2019 02:49:47 p.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	12/05/2019 04:49:07 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	01:59:20
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

De: LI01	
Cuadrícula	
Este	280479.885 m
Norte	8661244.577 m
Elevación	134.003 m

A: LIM011316	
Cuadrícula	
Este	274376.322 m
Norte	8674299.533 m
Elevación	56.493 m

Vector	
Este	-6103.562 m
Norte	13054.956 m
Elevación	-77.510 m

ANEXO 09. CÁLCULOS DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

NIVELACION GEOMÉTRICA CERRADA TRABAJO DE CAMPO

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE BM CUC-6 A LIM011316

EST.	V AT.	ALT. INST.	V AD.	COTA	DESCRIPCIÓN
1	1.590	47.268	-	45.678	CUC-6
2	1.508	47.667	1.109	46.159	
3	1.502	47.437	1.732	45.935	
4	1.748	47.814	1.371	46.066	
5	1.931	48.599	1.146	46.668	
6	1.988	50.046	0.541	48.058	
			0.058	49.988	AUX-1

1	2.000	51.988	-	49.988	AUX-1
2	1.378	53.043	0.323	51.665	
3	1.561	53.762	0.842	52.201	
4	1.972	55.185	0.549	53.213	
5	1.501	55.797	0.889	54.296	
6	1.743	56.576	0.964	54.833	
7	1.520	57.276	0.820	55.756	
			1.067	56.209	LIM011315

1	1.853	58.062	-	56.209	LIM011315
			1.568	56.494	LIM011316

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE LIM011316 A BM CUC-6

EST.	V AT.	ALT. INST.	V AD.	COTA	DESCRIPCIÓN
1	1.568	58.062	-	56.494	LIM011316
			1.853	56.209	LIM011315

1	1.043	57.252	-	56.209	LIM011315
2	1.001	56.274	1.979	55.273	
3	1.071	55.666	1.679	54.595	
4	0.395	54.467	1.594	54.072	
5	1.023	53.571	1.919	52.548	
6	1.138	53.042	1.667	51.904	
7	0.563	51.648	1.957	51.085	
			1.656	49.992	AUX-1

1	0.113	50.105	-	49.992	AUX-1
2	0.808	48.233	2.680	47.425	
3	1.018	47.461	1.790	46.443	
4	1.269	47.439	1.291	46.170	
5	1.424	47.788	1.075	46.364	
6	1.306	46.968	2.126	45.662	
7	1.438	47.103	1.303	45.665	
			1.417	45.686	CUC-6

CALCULO DE CORRECIÓN DE NIVELACION GEOMÉTRICA PROMEDIADA

COTAS FINALES

ESTACIÓN	VISTA ATRÁS (m)	ALTURA INSTRUMENTO (m)	VISTA ADELANTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	CORRECCIÓN (m)	COTA CORREGIDA (m.s.n.m.)
1	1.590	47.268	-	45.678	CUC-6	0	0	0.000	45.678
2	1.508	47.667	1.109	46.159		100	100	0.000	46.159
3	1.502	47.437	1.732	45.935		100	200	-0.001	45.934
4	1.748	47.814	1.371	46.066		100	300	-0.001	46.065
5	1.931	48.599	1.146	46.668		100	400	-0.001	46.667
6	1.988	50.046	0.541	48.058		50	450	-0.001	48.057
7	2.000	51.988	0.058	49.988	AUX-1	50	500	-0.002	49.986
8	1.378	53.043	0.323	51.665		100	600	-0.002	51.663
9	1.561	53.762	0.842	52.201		100	700	-0.002	52.199
10	1.972	55.185	0.549	53.213		100	800	-0.003	53.210
11	1.501	55.797	0.889	54.296		100	900	-0.003	54.293
12	1.743	56.576	0.964	54.833		100	1000	-0.003	54.830
13	1.520	57.276	0.820	55.756		100	1100	-0.004	55.752
14	1.043	57.252	1.067	56.209	LIM011315	110	1210	-0.004	56.205
15	1.001	56.274	1.979	55.273		100	1300	-0.004	55.269
16	1.071	55.666	1.679	54.595		100	1400	-0.005	54.590
17	0.395	54.467	1.594	54.072		100	1500	-0.005	54.067
18	1.023	53.571	1.919	52.548		100	1600	-0.005	52.543
19	1.138	53.042	1.667	51.904		100	1700	-0.006	51.898
20	0.563	51.648	1.957	51.085		50	1750	-0.006	51.079
21	0.113	50.105	1.656	49.992	AUX-1	25	1775	-0.006	49.986
22	0.808	48.233	2.680	47.425		25	1800	-0.006	47.419
23	1.018	47.461	1.790	46.443		100	1900	-0.006	46.437
24	1.269	47.439	1.291	46.170		100	2000	-0.007	46.163
25	1.424	47.788	1.075	46.364		100	2100	-0.007	46.357
26	1.306	46.968	2.126	45.662		100	2200	-0.007	45.655
27	1.438	47.103	1.303	45.665		100	2300	-0.008	45.657
28			1.417	45.686	CUC-6	110	2420	-0.008	45.678

ERROR DE CIERRE 0.008 DISTANCIA TOTAL 2420

DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)
CUC-6	45.678
AUX-1	49.986
LIM011315	56.205
LIM011316	56.490

ESTACIÓN	VISTA ATRÁS (m)	ALTURA INSTRUMENTO (m)	VISTA ADELANTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
1	1.853	58.058	-	56.205	LIM011315
			1.568	56.490	LIM011316

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA - HUACA AZNAPUQUIO

PUNTOS DE LLEGADA A LM011315 Y LM011316

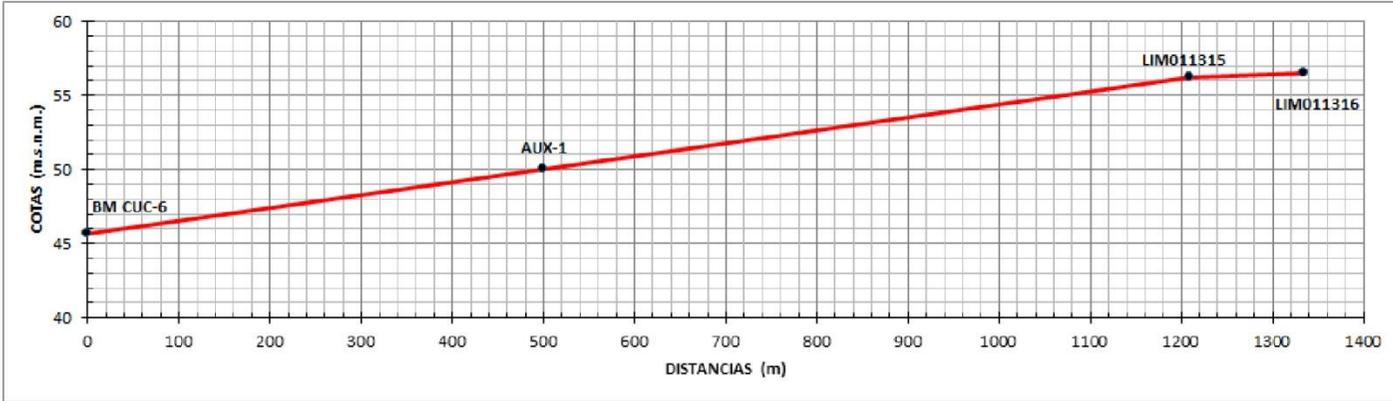
PUNTO DE PARTIDA
BM CUC-6
COTA 45.6781
m.s.n.m.



PERFIL DE NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)
CUC-6	45.678
AUX-1	49.986
LIM011315	56.205
LIM011316	56.490

RECORRIDO 1334.8 m



NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE VÉRTICE A

ESTACIÓN	VISTA ATRÁS (m)	ALTURA INSTRUMENTO (m)	VISTA ADELANTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
1	0.59	56.790	-	56.200	LIM011315
2	0.457	56.984	0.263	56.527	A
			0.783	56.201	LIM011315

Ec = 0.001 m
Dist. total = 42.200 m

ESTACIÓN	VISTA ATRÁS (m)	ALTURA INSTRUMENTO (m)	VISTA ADELANTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	CORRECCIÓN (m)	COTA CORREGIDA (m.s.n.m.)
1	0.59	56.790	-	56.200	LIM011315		0.000	0.000	56.200
2	0.457	56.984	0.263	56.527	A	21.100	21.100	-0.001	56.527
			0.783	56.201	LIM011315	21.100	42.200	-0.001	56.200

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE VÉRTICES DE POLIGONAL CERRADA

ESTACIÓN	VISTA ATRÁS (m)	ALTURA INSTRUMENTO (m)	VISTA ADELANTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
1	1.926	58.453	-	56.527	A
2	1.273	59.462	0.264	58.189	B
3	0.282	59.422	0.322	59.14	C
4	1.157	57.733	2.846	56.576	D
5	0.371	57.671	0.433	57.3	E
			1.149	56.522	A

Ec = -0.005 m
Dist. total = 280.345 m

ESTACIÓN	VISTA ATRÁS (m)	ALTURA INSTRUMENTO (m)	VISTA ADELANTE (m)	COTA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	CORRECCIÓN (m)	COTA CORREGIDA (m.s.n.m.)
1	1.926	58.453	-	56.527	A		0.000	0.000	56.527
2	1.273	59.462	0.264	58.189	B	79.630	79.63	0.001	58.190
3	0.282	59.422	0.322	59.14	C	50.185	129.815	0.002	59.142
4	1.157	57.733	2.846	56.576	D	34.974	164.789	0.003	56.579
5	0.371	57.671	0.433	57.300	E	54.585	219.374	0.004	57.304
			1.149	56.522	A	60.971	280.345	0.005	56.527

ANEXO 11. COORDENADAS DE PUNTOS FOTOCONTROL

MEDICIÓN RTK COORDENADAS UTM - WGS 84 DATOS Y RESULTADOS DE COORDENADAS PUNTOS DE FOTOCONTROL

HOJA 1/1

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
100	8674350.5060	274319.0880	56.4300	FOTOCONTROL
101	8674326.7080	274347.1240	57.3250	FOTOCONTROL
102	8674285.5260	274343.2660	56.5000	FOTOCONTROL
103	8674268.6200	274311.2850	56.5180	FOTOCONTROL
104	8674288.3660	274276.9760	57.9440	FOTOCONTROL
105	8674318.9250	274282.5210	57.1140	FOTOCONTROL
106	8674314.6590	274298.9200	61.0710	FOTOCONTROL
107	8674306.4650	274329.9120	60.3750	FOTOCONTROL
108	8674362.2940	274283.7250	55.8250	FOTOCONTROL
BASE 1	8674381.6870	274304.3960	56.2000	LIM011315
BASE 2	8674299.5330	274376.3220	56.4930	LIM011316

ANEXO 12. COSTO DE OPERACIÓN DE LOS TRABAJOS

COSTO DE OPERACIONES TRABAJOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS EN LA HUACA AZNAPUQUIO

N°	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
MEDICIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS					
Trabajo de campo (1)					
1	Alquiler de GPS Diferencial	día	1	S/. 450.00	S/. 450.00
2	Operador	día	1	S/. 150.00	S/. 150.00
3	Seguridad	día	1	S/. 100.00	S/. 100.00
4	Movilidad	día	2	S/. 15.00	S/. 30.00
Sub TOTAL Campo					S/. 730.00
Trabajo de gabinete (2)					
1	Posprocesamiento de data GNSS de puntos de control geodésico	unidad	2	S/. 400.00	S/. 800.00
2	Elaboración de informe y reporte de procesamiento	unidad	2	S/. 100.00	S/. 200.00
3	Impresión de informe	unidad	1	S/. 5.00	S/. 5.00
Sub TOTAL Gabinete					S/. 1,005.00
Compra externa (3)					
1	Data ERP Surquillo digital DVD	unidad	1	S/. 178.50	S/. 178.50
2	Ficha técnica de ERP Surquillo copia papel	unidad	1	S/. 120.00	S/. 120.00
Sub TOTAL Compra					S/. 298.50
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN					S/. 2,033.50

N°	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
NIVELACIÓN TOPOGRAFICA					
Trabajo de campo (1)					
1	Alquiler de Nivel Automático	día	1	S/. 50.00	S/. 50.00
3	Operador	día	1	S/. 100.00	S/. 100.00
4	Asistente- prismo	día	1	S/. 50.00	S/. 50.00
5	Movilidad	día	2	S/. 15.00	S/. 30.00
Sub TOTAL Campo					S/. 230.00
Trabajo de gabinete (2)					
1	Elaboración de memoria descriptiva, cálculo y compensación de cotas	unidad	1	S/. 70.00	S/. 70.00
2	Impresión de memoria descriptiva	unidad	1	S/. 5.00	S/. 5.00
Sub TOTAL Gabinete					S/. 75.00
Compra externa (3)					
1	BM copia descripción papel - IGN	unidad	1	S/. 38.30	S/. 38.30
Sub TOTAL Compra					S/. 38.30
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN					S/. 343.30

COSTO DE OPERACIONES
TRABAJOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS EN LA HUACA AZNAPUQUIO

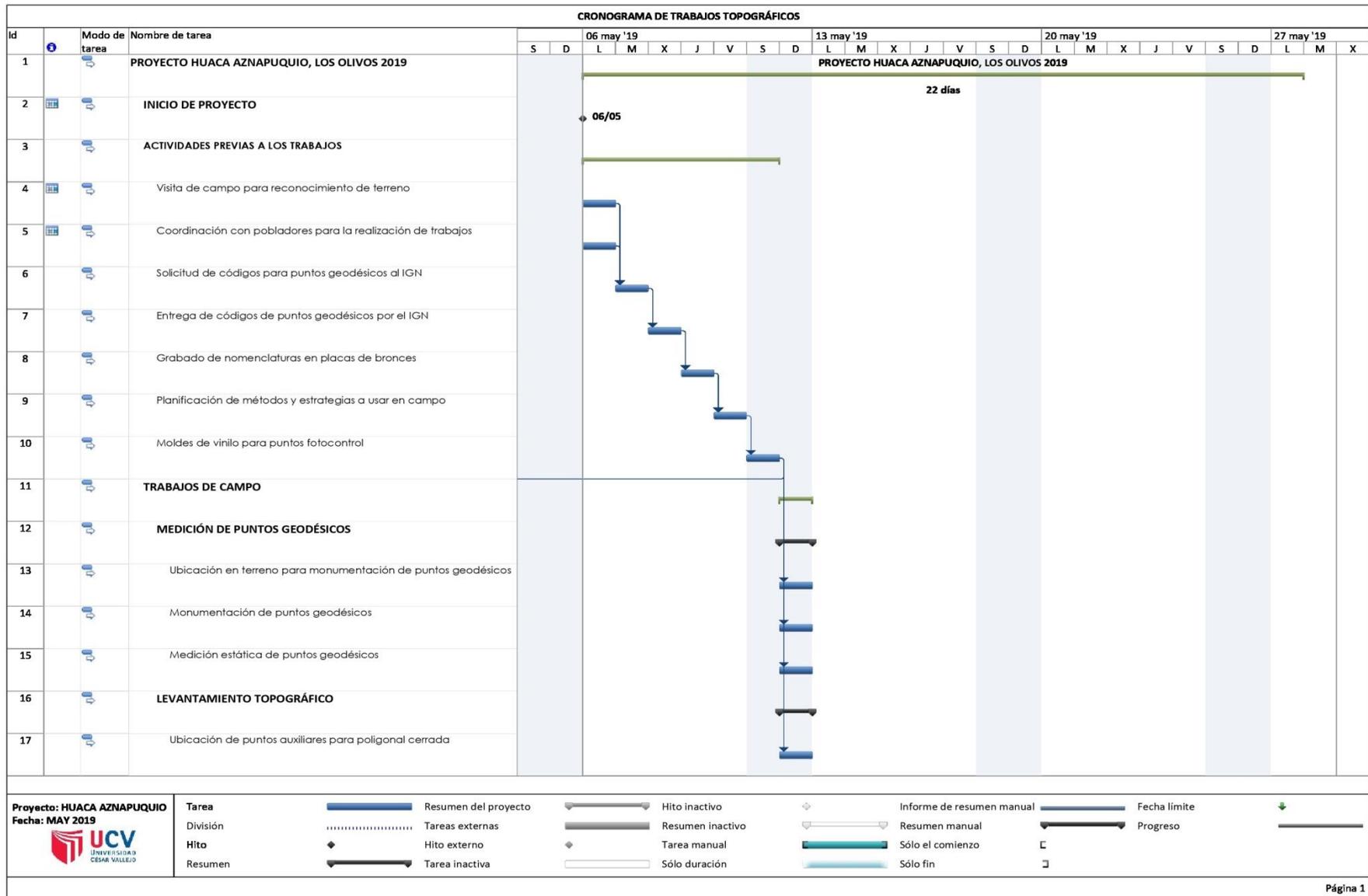
N°	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO					
Trabajo de campo (1)					
1	Alquiler de Estación Total	día	1	S/. 120.00	S/. 120.00
2	Alquiler de GPS navegador	día	1	S/. 30.00	S/. 30.00
3	Operador	día	1	S/. 120.00	S/. 120.00
4	Asistente- prismo	día	2	S/. 80.00	S/. 160.00
5	Seguridad	día	1	S/. 100.00	S/. 100.00
6	Movilidad	día	2	S/. 15.00	S/. 30.00
Sub TOTAL Campo					S/. 560.00
Trabajo de gabinete (2)					
1	Elaboración de informe técnico y confección de planos topograficos	unidad	1	S/. 500.00	S/. 500.00
2	Impresión de informe	unidad	1	S/. 5.00	S/. 5.00
3	Impresión de planos	unidad	3	S/. 6.50	S/. 19.50
Sub TOTAL Gabinete					S/. 524.50
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN					S/. 1,084.50

N°	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRONE					
Trabajo de campo (1)					
1	Alquiler de Drone Phantom 4 PRO	día	1	S/. 350.00	S/. 350.00
2	Alquiler de GPS Diferencial	día	1	S/. 300.00	S/. 300.00
3	Operador Drone	día	1	S/. 150.00	S/. 150.00
5	Operador GPS	día	1	S/. 100.00	S/. 100.00
6	Seguridad	día	1	S/. 100.00	S/. 100.00
7	Movilidad	día	2	S/. 15.00	S/. 30.00
Sub TOTAL Campo					S/. 1,030.00
Trabajo de gabinete (2)					
1	Procesamiento de imágenes fotográficas y georreferenciación de puntos fotocontrol	unidad	1	S/. 500.00	S/. 500.00
2	Elaboración de informe, ortofoto, DEM, plano a curvas de nivel	unidad	1	S/. 300.00	S/. 300.00
3	Impresión de informe técnico	unidad	1	S/. 5.00	S/. 5.00
4	Impresión de plano a curvas de nivel	unidad	1	S/. 6.50	S/. 6.50
Sub TOTAL Gabinete					S/. 811.50
Compra externa (3)					
1	Moldes de vinilo para puntos fotocontrol	unidad	9	S/. 5.00	S/. 45.00
Sub TOTAL Compra					S/. 45.00
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN					S/. 1,886.50

ANEXO 13. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

CRONOGRAMA DE PROYECTO TRABAJOS REALIZADOS EN HUACA AZNAPUQUIO, LOS OLIVOS 2019

N°	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	PROYECTO HUACA AZNAPUQUIO, LOS OLIVOS 2019	22 días	lun 06/05/19	mar 28/05/19	
2	INICIO DE PROYECTO	0 días	lun 06/05/19	lun 06/05/19	
3	ACTIVIDADES PREVIAS A LOS TRABAJOS	6 días	lun 06/05/19	sáb 11/05/19	
4	Visita de campo para reconocimiento de terreno	1 día	lun 06/05/19	lun 06/05/19	
5	Coordinación con pobladores para la realización de trabajos	1 día	lun 06/05/19	lun 06/05/19	
6	Solicitud de códigos para puntos geodésicos al IGN	1 día	mar 07/05/19	mar 07/05/19	5,4
7	Entrega de códigos de puntos geodésicos por el IGN	1 día	mié 08/05/19	mié 08/05/19	6
8	Grabado de nomenclaturas en placas de bronce	1 día	jue 09/05/19	jue 09/05/19	7
9	Planificación de métodos y estrategias a usar en campo	1 día	vie 10/05/19	vie 10/05/19	8
10	Moldes de vinilo para puntos fotocontrol	1 día	sáb 11/05/19	sáb 11/05/19	9
11	TRABAJOS DE CAMPO	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	
12	MEDICIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	
13	Ubicación en terreno para monumentación de puntos geodésicos	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
14	Monumentación de puntos geodésicos	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
15	Medición estática de puntos geodésicos	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
16	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	
17	Ubicación de puntos auxiliares para poligonal cerrada	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
18	Medición de Poligonal Cerrada	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
19	Medición a detalle de área a levantar	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
20	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRONE	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	
21	Ubicación de puntos fotocontrol	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
22	Medición RTK de puntos de fotocontrol	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
23	Vuelo de drone para tomas de fotografías digitales	1 día	dom 12/05/19	dom 12/05/19	10
24	TRABAJOS DE GABINETE	13 días	lun 13/05/19	sáb 25/05/19	
25	MEDICIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS	3 días	lun 13/05/19	mié 15/05/19	
26	Posprocesamiento de data GNSS de puntos de control geodésico	1 día	lun 13/05/19	lun 13/05/19	23
27	Elaboración de informe técnico	1 día	mar 14/05/19	mar 14/05/19	26
28	Data ERP Surquillo digital DVD	1 día	mar 14/05/19	mar 14/05/19	26
29	Ficha técnica de ERP Surquillo copia papel	1 día	mar 14/05/19	mar 14/05/19	26
30	Reporte de procesamiento	1 día	mié 15/05/19	mié 15/05/19	29
31	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	3 días	jue 16/05/19	sáb 18/05/19	
32	Compensación y cálculos de coordenadas de poligonal cerrada	1 día	jue 16/05/19	jue 16/05/19	30
33	Confección de planos topográficos	1 día	vie 17/05/19	vie 17/05/19	32
34	Elaboración de informe técnico	1 día	sáb 18/05/19	sáb 18/05/19	33
35	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRONE	7 días	dom 19/05/19	sáb 25/05/19	
36	Procesamiento de imágenes fotográficas digitales	2 días	dom 19/05/19	lun 20/05/19	34
37	Georreferenciación de puntos fotocontrol	1 día	mar 21/05/19	mar 21/05/19	36
38	Confección de ortofoto, DEM y plano a curvas de nivel	3 días	mié 22/05/19	vie 24/05/19	37
39	Certificación de punto geodésico de orden C	1 día	mié 22/05/19	mié 22/05/19	37
40	Elaboración de informe	1 día	sáb 25/05/19	sáb 25/05/19	38
41	NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA	2 días	dom 26/05/19	lun 27/05/19	
42	Trabajo de campo	1 día	dom 26/05/19	dom 26/05/19	
43	Ubicación de BM oficial elaborado por el IGN	1 día	dom 26/05/19	dom 26/05/19	40
44	Ubicación de BM auxiliar cada 500 m	1 día	dom 26/05/19	dom 26/05/19	40
45	Nivelación geométrica cerrada	1 día	dom 26/05/19	dom 26/05/19	40
46	Trabajo de gabinete	1 día	lun 27/05/19	lun 27/05/19	
47	Cálculo y compensación de desnives	1 día	lun 27/05/19	lun 27/05/19	45
48	Elaboración de memoria descriptiva	1 día	lun 27/05/19	lun 27/05/19	45
49	BM copia descripción papel - IGN	1 día	lun 27/05/19	lun 27/05/19	45
50	FIN DE PROYECTO	0 días	mar 28/05/19	mar 28/05/19	





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

PEDRAZA SANTOS, AUGUSTO

INFORME TÍTULADO:

*ANÁLISIS COMPARATIVO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
TRADICIONAL Y EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON RPAS
EN LA HUACA AZNARUQUINO, LOS OLIVOS - 2019*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

12/07/2019

NOTA O MENCIÓN :

16 (DIECISEIS)


Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

Yo, Felimon Domingo Cordova Salcedo
 docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de
 la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis
 titulada

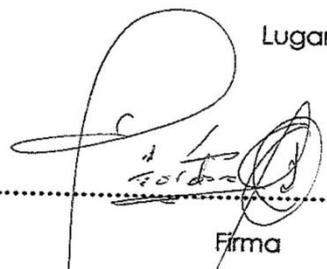
" Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional
y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio,
Los Olivos - 2019
"

del (de la) estudiante Aurelio Pedraza Santos

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15 % verificable
 en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la
 tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas
 por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Los Olivos, 09/07/2019



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:
Felimon Domingo Cordova Salcedo
 DNI: 16647035

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo... Aurelio Pedraza Santos

identificado con DNI N.º 44413522, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado

" Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019

....."

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

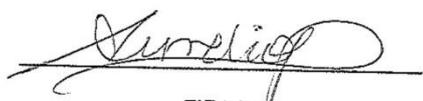
.....

.....

.....

.....

.....


 FIRMA

DNI: 44413522

FECHA: 12 de Julio de 2019..

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

15%

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- 1 Entregado a Universidad... 2%
- 2 repositorio.ucv.edu.pe 2%
- 3 es.scribd.com 1%
- 4 oaj.unes 1%
- 5 docslide.us 1%
- 6 Entregado a Facultad L... <1%
- 7 mef.gob.pe <1%
- 8 pt.scribd.com <1%
- 9 Entregado a Universida... <1%
- 10 transparencia.mto.gob... <1%
- 11 www.01.liga.es <1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Hlaca Aznapuquio, Los Oltos - 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

AUTOR:

Aurelio Pedraza Santos

ASESOR:

Dr. Ing. Feliciano Chidava Salcedo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Bosho De Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2019

