



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



**“ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA PRECISIÓN Y COSTOS DE
LOS PLANOS CATASTRALES OBTENIDOS CON DRON,
ESTACIÓN TOTAL Y SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
GLOBAL DEL CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI DE PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ALVARO ALDO DURAN LUJANO

Bach. YANETH ESTRELLA MAMANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedicado, primeramente, a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, por darme fuerzas para superar los obstáculos, por guiarme en este proyecto de vida, su amor y por nunca abandonarme.

A mis padres Martin Duran Coila y Olga Lujano Charca pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio que han puesto para que yo pueda lograr mis metas.

A mi hermana Deycy por su aliento en los momentos más difíciles, así como en la culminación de la elaboración de la presente tesis.

Alvaro Aldo Duran Lujano



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios como ser supremo por haberme guiado, dado salud, paciencia y por ser guía en nuestras vidas.

A mi padre Segundo Estrella Choque y a mi madre Eva Mamani Oliva que han estado conmigo brindándome su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, y por ser quienes sabiamente me supieron guiarme en la vida, siendo parte de mis planes, éxitos, alegrías y tristezas.

A mis hermanos Washington, Elmer y Betzabee, por apoyarme en todo lo que estuvo a su alcance, y por el ímpetu de seguir luchando en el arduo camino de la vida.

Yaneth Estrella Mamani



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, por habernos dado la oportunidad de tener una carrera universitaria, y por ser alma mater de nuestra formación académica y profesional.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, que mediante los docentes, nos guiaron y compartieron sus conocimientos para ser buenos profesionales.
- A nuestro director de tesis, Ing. Juan E. Araoz Barrios por sus valiosos consejos, orientación y asesoramiento en la tesis.
- A nuestros familiares y a todas aquellas personas que contribuyeron de manera incondicional en el desarrollo de la tesis.
- A nuestros hermanos que siempre estuvieron pendiente de nosotros, aún en la distancia.

Los autores



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. Problema general.....	16
1.1.2. Problemas específicos	16
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5.1. Hipótesis general	19
1.5.2. Hipótesis específicas	19



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. MARCO TEÓRICO	26
2.2.1. Plano catastral	26
2.2.2. Catastro urbano en el Perú	27
2.2.3. Manzana urbana	28
2.2.4. Manzana catastral	28
2.2.5. Dron.....	28
2.2.6. Estación total	31
2.2.7. Sistema de posicionamiento global	34

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	37
3.1.1. Ubicación política	37
3.1.2. Ubicación geográfica en coordenadas UTM	37
3.1.3. Vías de comunicación y accesibilidad	38
3.2. EQUIPOS PARA EL TRABAJO DE CAMPO	38
3.2.1. Equipos.....	38
3.2.2. Instrumento.....	39
3.2.3. Materiales para el trabajo de campo.....	39
3.2.4. Software	39
3.2.5. Materiales de escritorio	39



3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.3.1. Enfoque de la investigación	40
3.3.2. Nivel de investigación.....	40
3.3.3. Tipo de investigación	40
3.3.4. Diseño de la investigación.....	40
3.3.5. Población.....	41
3.3.6. Muestra y muestreo	41
3.3.7. Variables de investigación	41
3.3.8. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	43
3.3.9. Análisis estadístico.....	43
3.4. RECONOCIMIENTO DE CAMPO	46
3.4.1. Establecimiento de puntos de control geodésico.....	46
3.4.2. Post procedimiento en gabinete de los Puntos de control Geodésico	47
3.4.3. Control de calidad de la precisión de las coordenadas Este y Norte.....	49
3.5. LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL POR EL MÉTODO PPK.....	50
3.5.1. Etapa de campo	50
3.5.2. Etapa gabinete	50
3.6. LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON DRON.....	51
3.6.1. Etapa de campo	51
3.6.2. Etapa gabinete	52
3.7. LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON ESTACIÓN TOTAL.....	53
3.7.1. Planeamiento de la Triangulación.....	54
3.7.2. Cálculo de coordenadas en cada punto de control	64
3.7.2. Trabajo de campo del levantamiento catastral	70



3.7.3. Trabajo de gabinete del levantamiento catastral 70

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**4.1. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL
CON ESTACIÓN TOTAL..... 78**

**4.2. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL
CON DRON..... 79**

**4.3. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL
CON GPS..... 80**

**4.4. EVALUACIÓN DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON ESTACIÓN
TOTAL Y DRON CON RESPECTO AL GPS..... 81**

4.5. ANÁLISIS DE COSTOS EN LEVANTAMIENTOS CATASTRALES 87

4.5.1. Criterio de Análisis de costos 89

4.6. ANÁLISIS INFERENCIAL..... 89

4.6.1. Prueba de la hipótesis especifica 1 89

4.7. DISCUSIÓN 93

V. CONCLUSIONES..... 95

VI. RECOMENDACIONES 96

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 97

ANEXOS..... 103

Área: Ciencias naturales

Línea: Topografía, geodesia, cartografía y Catastro.

Fecha de sustentación: 12 de diciembre del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la zona del Proyecto.	37
Figura 2. Vías de comunicación y de accesibilidad al área de estudio	38
Figura 3. Organigrama etapas de la tesis	42
Figura 4. Línea base desde la estación de rastreo permanente hasta los puntos de control geodésicos en coordenadas X (longitud) y Y (latitud).....	48
Figura 5. Ubicación de los puntos de control geodésicos	49
Figura 6. Plan de vuelo de dron de toda el área de investigación	52
Figura 7. Procesamiento de imágenes del dron Phantom 4 pro V2 en el software Agisoft	53
Figura 8. Ortofoto final del centro poblado Uros Chulluni en el software Agisoft ...	53
Figura 9. Triangulación.....	64
Figura 10. Desplazamiento de las coordenadas de la estación total	86
Figura 11. Desplazamiento de las coordenadas del Dron	87
Figura 12. Análisis de costo para Estación Total, Dron y GPS	89



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Vías de acceso.....	38
Tabla 2. Número de series.....	55
Tabla 3. Datos obtenidos en campo con estación total	56
Tabla 4. Compensación de ángulos de la triangulación.....	63
Tabla 5. Coordenadas obtenidas a partir de la triangulación	69
Tabla 6. Coordenadas de los vértices de las manzanas obtenidas del levantamiento catastral con GPS, Estación total y Dron	71
Tabla 7. Costo unitario del levantamiento catastral con estación total	78
Tabla 8. Costo unitario del levantamiento catastral con dron.....	79
Tabla 9. Costo unitario del levantamiento catastral con GPS.....	80
Tabla 10. Diferencias de sus coordenadas y el desplazamiento de los vértices de las manzanas obtenidas con estación total y dron con respecto al GPS.....	81
Tabla 11. Criterio de Análisis de costos de ejecución del levantamiento catastral	87
Tabla 12. Estadístico de contraste para las áreas de las manzanas	90
Tabla 13. Prueba t student para muestras emparejadas.....	91
Tabla 14. Estadístico de contraste para los costos	92
Tabla 15. Resultados de la prueba de tukey de los costos	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)

GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema global de navegación por satélite)

UAV: Unmanned aerial vehicle (Vehículo Aéreo no Tripulado)

CAD: Computer Aided Design (Diseño asistido por ordenador)

SIG: Sistema de Información Geográfica

RPA: Remotely Piloted Aircraft (Aeronaves pilotadas a distancia)

SNCP: Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial

UTM: Universal Transverse Mercator (Universal Transversal Mercator)

PPK: Post Processed Kinematic (Cinemática posprocesada)

PCG: Punto de Control Geodésico

ERP: Estación de Rastreo Permanente

EGM: Modelo matemático de geoide

WGS: World Geodetic System (Sistema Geodésico Mundial)

IGN: Instituto Geográfico Nacional



RESUMEN

El objetivo de la investigación fue realizar un análisis comparativo en la precisión y costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en el centro poblado Uros Chulluni de Puno. La metodología utilizada fue establecer 02 puntos de control geodésicos, posterior a ello se realizó el levantamiento catastral con cada uno de los equipos, finalmente se elaboró los planos catastrales. Los resultados observados fueron, que el desplazamiento de las coordenadas de las 15 manzanas seleccionadas de la estación total, presenta una desviación error promedio de 0.008913193 m, en comparación al desplazamiento de las coordenadas de las 15 manzanas seleccionadas del Dron, presenta una desviación error promedio de 0.014033586 m. Dando la confiabilidad que la estación total obtiene mayor precisión que el Dron, realizando un contraste estadístico, el nivel de significancia de P-valor es igual a 0.000, rechazándose la hipótesis nula. Existiendo diferencia significativa en la precisión de ambos equipos. Respecto a los costos, se concluye que el levantamiento catastral con Dron representa un menor costo de 4,903.30 soles, en comparación a la estación total con un costo de 9,072.40 soles; teniendo como base al Sistema de Posicionamiento Global con un costo de 6,608.40 soles. El contraste estadístico, tiene un nivel de significancia de P-valor igual a 0.000, rechazándose la hipótesis nula. Existiendo diferencia significativa en los costos de ambos equipos.

Palabras claves: Precisión, costos, Estación Total, Dron, GPS, Plano catastral, GNSS.



ABSTRACT

The objective of the research was to carry out a comparative analysis of the precision and costs of the cadastral maps obtained with a drone and a total station with respect to the global positioning system in the Uros Chulluni town of Puno. The methodology used was to establish 02 geodetic control points, after which the cadastral survey was carried out with each of the teams, finally the cadastral plans were prepared. The results observed were that the displacement of the coordinates of the 15 selected blocks of the total station, presents an average error deviation of 0.008913193 m, compared to the displacement of the coordinates of the 15 selected blocks of the Drone, presents an average error deviation of 0.014033586 m. Giving the reliability that the total station obtains greater precision than the drone, performing a statistical contrast, the level of significance of P-value is equal to 0.000, rejecting the null hypothesis. There is a significant difference in the precision of both teams. Regarding costs, it is concluded that the cadastral survey with Drone represents a lower cost of 4,903.30 soles, compared to the total station with a cost of 9,072.40 soles; based on the Global Positioning System with a cost of 6,608.40 soles. The statistical contrast has a significance level of P-value equal to 0.000, rejecting the null hypothesis. There is a significant difference in the costs of both teams.

Keywords: Precision, costs, Total Station, Drone, GPS, cadastral plan, GNSS.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“Las actividades relacionadas a los levantamientos catastrales han sido modificadas tremendamente durante las pasadas décadas por la incorporación de instrumentos de última tecnología entre los que se puede mencionar el Sistema de posicionamiento global y la Estación Total” (Espinoza, 2018).

No obstante gracias al avance de la tecnología, existen instrumentos que facilitan el trabajo de la ingeniería topográfica, por ejemplo, uno de estos es la Estación Total y actualmente el Dron, “Se originó para sustituir al instrumento conocido como teodolito en topografía, pero también incorpora otros dispositivos útiles para la medición de distancias y un ordenador con memoria interna para el almacenamiento de datos para realizar los cálculos necesarios. Esta adaptabilidad hace posible los levantamientos catastrales referenciados por GPS, sobre todo en regiones con potencial de expansión urbana”. (Cabada, 2019).

“En cambio, la tecnología GPS ha florecido en los últimos años, ya que proporciona resultados rápidos y eficaces en todos los ámbitos de aplicación. Estos ámbitos de aplicación son vitales para el avance humano y van desde la navegación aérea y marítima hasta los proyectos de ingeniería más vanguardistas”. (Jimenez, 2019).

Además, el uso de drones topográficos, que son aviones teledirigidos equipados con cámaras de alta resolución, permite a los topógrafos recoger muchos más puntos de datos topográficos, lo que conduce a estimaciones de volumen más precisas. Además, pueden hacerlo de forma mucho más segura que si tuvieran que registrar físicamente los datos subiendo y bajando una pila de almacenamiento. (Carrillo, 2021).



En consecuencia, los métodos para obtener el modelo digital mediante el levantamiento catastral han evolucionado en la última década, comenzando con el método convencional de un levantamiento catastral con teodolito, seguido de una estación total y, más recientemente, con un GPS, que requiere personal profesional o técnico. “Además, algunos proyectos requieren que los trabajos topográficos se realicen en zonas en las que la seguridad del personal está en riesgo, lo que hace necesario el uso de nuevas tecnologías como el escaneo láser del terreno, el escaneo láser aéreo y la fotogrametría, que han mejorado la precisión de los modelos digitales de elevación”. (Cabada, 2019).

Del mismo modo, para obtener información de campo hasta la actualidad, se usa equipos como estación total, por su precisión y confiabilidad, pero esto puede variar en grandes extensiones de terreno, por los cambios de estaciones que se realiza para la obtención de datos del terreno, el cual brindan estos equipos tradicionales. Constantemente por falta de accesibilidad que se presentan en el área de trabajo no se obtiene datos relevantes que pueden servir al momento de realizar un plano catastral a mayor detalle. En la actualidad, los últimos avances tecnológicos nos proporcionan una variedad de herramientas y tecnología, uno de ellos son los drones, la cual accede conseguir modelos digitales del terreno de alta calidad que las técnicas topográficas tradicionales. Esta tecnología está orientada para cualquier campo de la ingeniería, por la rapidez y su rendimiento al momento de tomar datos de un terreno mediante fotogrametría. Así mismo esta investigación se desarrolla con el propósito de evaluar el costo y la precisión de los planos catastrales, donde la zona de intervención fue el centro poblado de Uros Chulluni, del departamento de Puno.

En este contexto, dando a conocer que en el centro poblado no existe un plano catastral preciso, ni definido, así mismo el objetivo de esta tesis es identificar y cuantificar las ventajas que aportan estas tecnologías, entre las que se encuentran la mejora de la



productividad, la precisión, la reducción de costos y la eliminación de los errores causados por la intervención humana durante el registro, la anotación y la transferencia de datos. Debido a que los proyectos modernos necesitan una mayor precisión y desprendimiento en la ejecución de los levantamientos catastrales, la complejidad del relieve donde se ejecuta el proyecto del ingeniero ha aumentado. Para realizar este estudio se eligió la localidad del centro poblado Uros Chulluni, ubicada en el distrito de Puno, para el desarrollo de planos catastrales utilizando un dron, una estación total y un GPS, con el objetivo de determinar cuál de estos instrumentos es el más preciso y el que genera el menor costo por unidad de precisión.

1.1.1. Problema general

¿Existirá diferencia al comparar la precisión y costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al Sistema de Posicionamiento Global en el Centro Poblado Uros Chulluni de Puno?

1.1.2. Problemas específicos

¿Existirá diferencia al comparar la precisión de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en el centro poblado Uros Chulluni de Puno?

¿Existirá diferencia al comparar los costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en el centro poblado Uros Chulluni de Puno?

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el distrito de Puno el equipo más empleado es la estación total, que por muchos años han permitido resultados admisibles, Sin embargo, es fundamental que se sumen a



esta demarcación tecnologías aún más innovadoras, como el GPS y los drones que utilizan la fotogrametría, ya que facilitan un marco de referencia cuyos fundamentos están asociados a las técnicas de medición y posicionamiento más avanzadas que se utilizan actualmente, contribuyendo así al desarrollo de la topografía. Las entidades gubernamentales son las principales responsables de la gestión de la información y del despliegue de estas técnicas. Por lo tanto, es fundamental realizar un amplio estudio sobre estas tecnologías y sus aplicaciones en el ámbito de la topografía.

De igual modo, existen varias técnicas para llevar a cabo levantamientos catastrales, mediante la estación total y el GPS, los cuales se innovan tecnológicamente de forma constante con el fin de obtener con gran facilidad y velocidad las posiciones en el terreno. Hoy en día, con el uso de los drones y el sistema de posicionamiento global que consecuentemente mejora la precisión de las coordenadas absolutas de toda la red geodésica establecida, permitiendo la determinación de correcciones con precisión centimétrica; razón por la cual, no se tiene mucha documentación de un análisis comparativo de esta técnica con los métodos tradicionales aplicados al catastro, con el fin de observar que tan funcional, preciso y viable puede llegar a ser el uso de los métodos en precisiones y costos de ejecución.

Con el fin de analizar los resultados y determinar las áreas de aplicación para la ingeniería topográfica y el levantamiento topográfico, se realizará una comparación entre la precisión y los costos de los planos catastrales producidos utilizando un dron, una estación total y un sistema de posicionamiento global en el centro poblado de Uros Chulluni de Puno.



1.3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

- El estudio tuvo como límite el centro poblado Uros Chulluni ubicado en el distrito de Puno, perteneciente a la provincia de Puno, departamento de Puno.
- El estudio se llevó a cabo durante 4 meses (Enero – Abril) del año 2022.
- Dificultad al momento de acceder a un equipo topográfico.
- Los resultados conseguidos en este estudio son únicamente representativos para las condiciones del área de estudio analizado.
- Esta investigación solo realizará un comparativo de la precisión y costos para la elaboración de planos catastrales, a través de los métodos directos e indirectos utilizados en la Topografía.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo en la precisión y costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

Comparar la precisión de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

Comparar los costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.



1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

Existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en la precisión y costos de los planos catastrales en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

1.5.2. Hipótesis específicas

Existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en la precisión de los planos catastrales en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

Existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en los costos de los planos catastrales en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

En “Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones”, el investigador Del Río (2020) realizaron el contraste de 4 métodos de levantamiento topográfico distintos: cinta métrica o tradicional, nivel topográfico, estación total y el uso de drones, en búsqueda de aquel que brinde el mejor rendimiento conforme al margen de error que presenten. Los resultados obtenidos apuntan a los drones como el método más preciso, con un error total de 0.99m, seguido de la estación total con 1.51m, la cinta métrica (1.88m) y en último lugar el nivel topográfico (2.00m). Agregando a lo anterior, los autores comentan que, tomándose en cuenta la complejidad de medición de cada método, el uso de drones mantiene otra ventaja sobre los otros, pues la medición por cinta métrica resulta prolongada y requieren de personal adicional, mientras que los métodos restantes usan equipo necesitado de calibración periódica y otros requerimientos ausentes al usar un dron, El texto aquí mencionado precede al presente en realizar una comparativa enfocada en la variable precisión, así como también actúa como modelo y evidencia de la aplicabilidad de la metodología a usarse para analizar las características, similitudes y diferencias de estos métodos de estudio catastral.

La tesis “Análisis comparativo entre los resultados de mediciones terreno tipo urbano mediante un levantamiento fotogramétrico y levantamiento convencional con estación total” Gálvez (2021) nos presenta la contrastación de la información de levantamiento topográfico, bajo los métodos Drone y con estación total, a realizarse en Paccha, ciudad ubicada en la provincia ecuatoriana de El Oro. El estudio toma en consideración el colocar los instrumentos en altura y ubicaciones concordantes para



obtener la mayor precisión que estas pruebas permiten, motivo por el cual desaconsejan el uso de navegadores GPS comerciales y, en cambio, usan placas e información obtenidas del órgano regente del monitoreo topográfico nacional en cuestión. Se concluye que el método Drone brinda mejores resultados que la estación total en lo que respecta a rendimiento y no ser afectado por la tendencia a corrimientos del suelo, por otra parte, el dron es dependiente de la visibilidad, por lo que áreas obstaculizadas requieren otro medio de levantamiento. Este trabajo provee información del contraste en rendimiento que pueden tener los distintos métodos en la variopinta geografía sudamericana, ejemplificándose tanto la aplicación metodológica como resultados de la índole que la presente investigación desea obtener en Uros Chulluni.

Andrade (2021), en “Análisis comparativo de métodos para el levantamiento físico predial del sector urbano en las golondrinas del cantón Cotacachi - provincia de Imbabura,” nos plantea la aplicación de 3 métodos de levantamiento: la ortofotografía, la cinta métrica y la estación total, para después contrastar los resultados tanto entre sí como con aquellos que posee la autoridad municipal de Cotacachi, en las variables de tiempo consumido y coste. El análisis realizado determina que resultaría válida la utilización de cualquier método para realizar un levantamiento catastral, pero una vez que entra en juego la variable del costo termina siendo preferible no escoger únicamente un método, más bien el uso de, como mínimo, 2 de estos termina siendo más eficiente. La labor de Andrade dilucida los pasos requeridos para analizar la variable costo en los métodos de levantamiento topográfico, siendo esta también parte de la presente investigación; por ello, esta tesis erige parte de los cimientos del camino que se tomará en este escrito.

Jiménez (2019) realizó un “análisis comparativo entre los levantamientos topográficos con Estación Total como método directo y el uso de Drones y GPS como métodos indirectos”. La investigación se realizó en las ciudades de Ilopango y San



Salvador ubicados en San Salvador. Para el levantamiento a través del Dron, utilizó 2 equipos Carlson con tipo de antena HSM320 para establecer coordenadas geodésicas, 3 tripodes, 3 colectores de datos, 1 equipo Leica con tipo de antena LEIC530 y una cinta métrica; con respecto a la Estación Total utilizaron una Estación Total marca Sokia set 610, 2 tripodes, 2 prismas, un colector de datos y una cinta métrica; por ultimo para el GPS emplearon 2 equipos GPS de doble frecuencia, un colector, un trípode, un baston, una cinta métrica y una computadora. Llegó a la conclusión, Según el análisis de tiempo y costes realizado en cada sistema, el sistema topográfico tradicional es menos eficiente, requiere una gran cantidad de costes, mano de obra y tiempo, es muy sensible en términos de accesibilidad a la zona de estudio y genera un alto riesgo laboral para el personal técnico que realiza el levantamiento.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Leiva y Niño de Guzmán (2021) considerando que se emplea el método tradicional; es decir, la Estación Total, al realizar un levantamiento topográfico, en su tesis “Evaluación comparativa de la precisión en levantamientos Topográficos efectuados mediante Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) a 50 metros de altura y el método tradicional en la carretera abra Ccorao-Ccorao”, realizan la propuesta del método del UAV con el fin de disminuir el tiempo de ejecución, la imprecisión, los costos y fortalecer su desempeño. Para ello, se realiza una comparación entre la precisión del UAV y la Estación total en un levantamiento topográfico. Posteriormente, los autores indicaron que el uso de UAV es más preciso para proyectos de carreteras, mostrando que los valores de error absoluto y relativo son más bajos que los del levantamiento realizado por la estación total, lo que reduce el tiempo de construcción. Así, se concluye la efectividad de ambos métodos, pues brindan resultados muy cercanos y el empleo del DRON para levantamientos topográficos es óptimo para estructuras con grandes áreas abiertas donde



el acceso es difícil debido a la facilidad de manejo y tiempo de finalización. Finalmente, este trabajo será beneficioso en la medida que nos muestra las ventajas del DRON, que será herramienta para esta investigación.

Chambilla y Mamani (2018) realizó una comparación en tres instrumentos topográficos en su tesis titulada “Diferencia de áreas de los predios catastrales con estación total, Drone e imágenes satelitales del Centro Poblado de Salcedo – Puno” cuyo propósito fue determinar las áreas de los predios urbanos en dicho Centro Poblado. Para ello, en primera instancia, Se establecieron puntos de control geodésico con GPS en el área de estudio, seguido de un levantamiento topográfico con estación total utilizando el método de polígono cerrado en 10 manzanas del sector del centro poblado de Salcedo-Rinconada y un levantamiento fotogramétrico con un dron utilizando el método de georreferenciación de ortofotos con AutoCAD Civil 3D para su verificación. Las imágenes satelitales de la región de la investigación son rasterizadas y vectorizadas utilizando el software Raster, ArcGIS y QGIS. El autor, finalmente, concluye que, al realizar una prueba estadística comparativa de Tukey y Dunnett, existe una diferencia significativa en una prueba de 10 manzanas, pues 7 manzanas son significativamente diferentes y en 3 manzanas no hay diferencia significativa. De manera novedosa, este trabajo proporciona nuevas técnicas de procesamiento de datos frente a un proceso similar al que se plantea en la investigación; por lo que, será factible conocer su uso y cómo son válidos para un proceso de realización de un plano catastral con dron como el que se pretende realizar.

Tarco y Quispe (2019), en su tesis “Ventajas de un levantamiento catastral con el método Indirecto en cuanto a precisión, relación tiempo/ beneficio y costo/beneficio de la urbanización Manuel Prado sector 3 del distrito de Sicuani” “determinar de la precisión y las relaciones costo-beneficio y tiempo-beneficio del método indirecto respecto al



método directo; por ello, en cuanto a las técnicas empleadas, se produjo un vuelo aéreo-fotogramétrico de la zona de estudio mediante el uso del dron DJI Inspire 2 y para el posterior procesamiento de imágenes en apoyo del software Agisoft V 3.0 con el fin de cuantificar el tiempo y costo”. Posteriormente, se concluye que este método indirecto resulta productivo, pues la precisión entre ambos métodos es de índole similar, pero el primero sobresale, ya que se pueden reducir costos con él y el nivel de rapidez es beneficioso para el usuario. Entonces, este trabajo nos ayudará a orientarnos sobre el uso del dron y su correcto empleo frente a diversas zonas, además que el método de comparación realizado por los ingenieros tiene cierta similitud con el que se realizará en la presente investigación.

Zevallos (2021), en su tesis “Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera Pillco Marca distrito de Cayran 2019, pretende identificar los aspectos que inciden directamente en el empleo del Dron y motivaciones principales, en donde se mostró que la aplicación de tecnología moderna es de gran utilidad para la modernización de la ingeniería. Para ello se utilizó una técnica cuantitativa, ya que se utilizó el levantamiento de datos (nube de puntos) para probar una hipótesis basada en un levantamiento de datos de campo para posteriormente procesar en CAD y SIG para desarrollar patrones de campo y probar la teoría. Para su desarrollo se recopiló información directa sobre el trazado y eje de la carretera que une el distrito de Pillco Marca con la cabecera distrital de Cayrán. Finalmente, el autor concluye que se logra demostrar que la aplicación de nuevos instrumentos asegura que la tecnología moderna de levantamiento topográfico con dron garantiza la oportunidad de emprender proyectos que quieran hacer un mejor uso de la tecnología. En síntesis, esta tesis aporta conceptos teóricos importantes que servirán de refuerzo en el trabajo de investigación a realizar, además que se trata de un punto de estudio bastante específico lo que otorga



información válida de contraste en cuanto a las herramientas y resultados en la toma de muestra.

Cabada (2019) evaluó la “precisión y costo en un levantamiento topográfico con Estacion Total y aeronave pilotada remotamente (RPA – DRON) en el centro poblado Cashapampa – Cajamarca”. El tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo, con enfoque cuantitativo y de diseño no experimental de corte transversal. La muestra estuvo conformada por un sector de 3.24 hectáreas ubicado en el centro poblado. Como instrumento empleo una Estación Total marca Leica TS06, un Dron Phantom 4 Pro y un GPS. Posterior a ello, procesó la información obtenida anteriormente con el uso del software AutoCAD Civil 3d para su interpretación y análisis comparativo. Como conclusión, determino que el levantamiento topográfico con el Dron es más preciso, es decir es 10 veces más preciso en Este, 5 veces en Norte y 51 veces en elevación. De igual modo, su costo es menor en un 8.59% con respecto a la Estación Total.

(Pedraza, 2019), en su investigación “Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019” indica que existe diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento tradicional con estación total y el levantamiento con Dron en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019. Donde indica que el levantamiento con Dron tiene una precisión de trabajo menor al levantamiento topográfico tradicional con estación total, la metodología que utilizó fue el procesamiento con el software Agisoft PhotoScan Professional para generar los modelados digitales y Ortofotos, en el caso del levantamiento topográfico tradicional usó el programa AutoCAD Civil 3D para la elaboración del plano.



(Alcántara, 2021), en su investigación “Evaluación del costo y confiabilidad de fotogrametría con drones en obras de alcantarillado en el centro poblado imperial Huancavelica” afirma que el costo total por el método estación total fue de 5,079.88 mientras que con el método fotogramétrico con 93 dron fue de 4,145.72, donde considera un área de trabajo de 51.70 hectáreas. Con una diferencia de S/.934.16 soles en costo total, de esta manera afirma que el método fotogramétrico con dron es más rentable en cuanto a costos y por la cantidad de recolección de datos. la metodología fue directa, al hacer uso de una estación total Leica Ts06 plus de 5”, tomando todos los detalles como las intersecciones de las calles, el límite de las viviendas y los detalles más relevantes para proyecto de obras alcantarillado.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Plano catastral

“Representación pictórica de los rasgos naturales y culturales del inmueble, así como su uso, naturaleza (urbana o rural), clasificación catastral, tipo de edificio y superficie construida”. (Díaz, 2017).

- a. Aspecto físico, que implica identificar correctamente los límites del terreno y las estructuras por lote. También implica determinar la disposición de los terrenos y el mobiliario urbano.
- b. Componente jurídico, que consiste en establecer el vínculo entre el derecho de propiedad y la posesión de los bienes inmuebles mediante la identificación del propietario o poseedor como ciudadano y contribuyente y la inscripción de la propiedad en los registros públicos. “Su finalidad es la defensa de los derechos (derecho real de superficie, usufructo, propiedad, etc.). Consta de datos alfanuméricos correspondientes a los titulares catastrales que soportan la carga



- fiscal en los catastros fiscales y de datos correspondientes a los derechos en los catastros jurídicos”. (Superintendencia Nacional de Registros Públicos., 2007)
- c. Elemento fiscal, que implica el uso de técnicas sistematizadas para el cálculo de los impuestos producidos por los bienes inmuebles.
 - d. El elemento económico, que consiste en evaluar la valoración catastral de un inmueble.

Los catastros son importantes porque permiten localizar, describir y diferenciar a distintas propiedades de suelo. Por este motivo la técnica del catastro es ampliamente aprovechada en casi todos los países, los cuales elaboran códigos legales y procedimientos formales para estandarizar el uso de catastros dentro de un territorio. En Perú, el Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial [SNCP] es la institución encargada de regular este aspecto (Superintendencia Nacional de Registros Públicos., 2007). Volviendo al asunto, el SNCP define a los planos catastrales como la representación gráfica de uno o más predios construidos con base en los requisitos técnicos indicados por el mismo SNCP en sus disposiciones legales (Superintendencia Nacional de Registros Públicos., 2007, pág. 102).

2.2.2. Catastro urbano en el Perú

Los catastros urbanos municipales carecen de una metodología única de implantación y no cuentan con mecanismos que aseguren un verdadero proceso de conservación y complementación de la información catastral urbana, tanto a nivel de información predial como a nivel de componentes urbanos, ya sea de superficie, de infraestructura de servicios o de equipamiento urbano. Esto impide la sostenibilidad de este tipo de información territorial urbana en nuestra nación, aún si esta es tan importante y necesaria para que nuestros directivos, ya sean locales, regionales e incluso nacionales,



en la toma de decisiones que repercuten tanto sobre el territorio como sobre los ciudadanos que en él residen. (Resolución Ministerial N°155- 2006-VIVIENDA, 2006).

Por último, se presentan algunas definiciones necesarias para la comprensión del plano catastral.

2.2.3. Manzana urbana

“Las manzanas urbanas suelen formarse durante la habilitación urbana o como resultado de la urbanización popular informal. La Manzana es la unidad física creada durante la habilitación urbana, y se le da un nombre en letras y/o números para poder localizarla”. (Artículo 57°, citado en (Chambilla y Mamani, 2018, pág. 39).

2.2.4. Manzana catastral

“Una manzana catastral es la subdivisión urbana más pequeña en la que se divide una jurisdicción urbana. Las manzanas catastrales están delimitadas por vías de circulación de vehículos o peatones y/o por accidentes geográficos como colinas, canales de riego, ríos, etc. Las manzanas catastrales pueden incluir una sola propiedad o muchos lotes”. (Artículo 87°, citado en Chambilla y Mamani, 2018).

2.2.5. Dron

“A veces denominado UAV (Unmanned Aerial Vehicle), que se traduce como vehículo aéreo no tripulado, vehículo o nave capaz de ejecutar tareas de forma autónoma”. (Chambilla y Mamani, 2018).

La aplicación de drones para fines catastrales requiere referirse a la técnica de la fotogrametría, según (Del Río, 2020), la fotogrametría es la técnica que permite inferir las características físicas y dimensionales de un objeto con base en fotografías. Adicionalmente, se entiende como levantamiento fotogramétrico a la utilización de las



técnicas fotogramétricas para estudios en el ámbito topológico. Ahora bien, se cuenta con registros de planos catastrales elaborados por medio de fotogrametría en España desde 1930 (Zevallos, 2021), no obstante, durante el siglo XX esta técnica solo podía desempeñarse con el uso de aviones, sin embargo, en la actualidad la técnica sigue siendo perfectamente viable mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados (Gálvez, 2021)

Sobre la precisión de un catastro, esta se refiere a la cantidad de detalles que es capaz de proveer el instrumento usado para el levantamiento catastral, se determina según el margen de error (Superintendencia Nacional de Registros Públicos., 2007, pág. 102). El SNCP reconoce la utilidad de los levantamientos catastrales fotogramétricos, pero exige que se complementen con catastros clásicos para mayor precisión (Superintendencia Nacional de Registros Públicos., 2007, pág. 12).

Por último, se presentan algunas tipologías y definiciones necesarias para la comprensión del funcionamiento de este instrumento.

a. Multirrotor

Esta aeronave tiene más de dos rotores. Las aeronaves multirrotor tienen una mecánica de rotores más sencilla para el control de vuelo, lo que supone una ventaja. “A diferencia de los helicópteros de uno o dos rotores, que utilizan complejos rotores de paso variable que varían a medida que la pala gira para conseguir estabilidad y control de vuelo, los multirrotores suelen utilizar palas de paso fijo; el movimiento del vehículo se controla variando la velocidad relativa de cada rotor para cambiar el empuje y el par motor producidos por cada uno de ellos”. (Chambilla y Mamani, 2018, pág. 45).

“Debido a su sencillez de fabricación y funcionamiento, los multirrotores se utilizan a menudo en proyectos de aeromodelismo y radiocontrol, donde los términos



cuadricóptero, hexacóptero y octocóptero se utilizan ampliamente para referirse a cuatro, seis y ocho rotores, respectivamente”. (Chambilla y Mamani, 2018, pág. 45).

b. Fotogrametría

La fotogrametría es un método para estimar las características geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de fotografías. Puede ser de corto o largo alcance. El término fotogrametría deriva de las palabras "fotograma" (de "phos", "photós", luz, y "gramma", trazado, dibujo) y "metrón", que significa medir. “En consecuencia, la noción de fotogrametría es "medir sobre fotografías". A partir de una sola fotografía, podemos recoger primero información sobre la geometría del objeto, es decir, información en dos dimensiones”. “Podemos tener visión estereoscópica, o información tridimensional, si trabajamos con dos fotografías en su región de superposición. Fundamentalmente, se trata de una tecnología de medición de coordenadas en 3D, también conocida como captura de movimiento, que utiliza fotografías u otras tecnologías de teledetección junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno como fuente principal de medición”. (Chambilla y Mamani, 2018, págs. 45-46).

c. Cámaras

Se clasifican, según Chambilla y Mamani (2018), en:

- Panorámicas: Convencionalmente, se utiliza para fotografiar regiones extremadamente extensas en una sola exposición, barriendo el terreno de lado a lado perpendicularmente a la trayectoria de vuelo.
- Multibanda: Consiste en una colección de cámaras sincronizadas, cada una de las cuales capta una imagen de la misma región con características distintas debido a las variadas combinaciones de filtro y película de cada cámara.



- Aero fotografías y/o convencionales: Se utiliza tanto por razones métricas como para la interpretación del significado de la información de la fotografía.

2.2.6. Estación total

Bentkowska – Kafel y MacDonald (2017) indican que esta técnica, se utiliza para medir grandes distancias y establecer mapas, por lo que muy a menudo es empleada en obras de construcción, así como en excavaciones arqueológicas, y la definen como un instrumento topográfico que se sirve de una luz láser para calcular la distancia entre el instrumento y el objetivo, la cual se mide y registra digitalmente. Agregan que esta se considera una técnica de levantamiento directo debido a que el operador elige los puntos adquiridos manualmente y los define con anticipación. De esta forma, se genera una multitud de puntos, denominada como nube de puntos, que proporcionará datos geométricos.

Cabe mencionar que el dispositivo integra las funciones de un teodolito para medir ángulos, con un distanciómetro electrónico y un registrador digital. Los ángulos y las distancias se miden desde la estación total hasta los puntos bajo levantamiento, y las coordenadas espaciales (X, Y, Z) se calculan usando trigonometría y triangulación. El resultado final es una secuencia de puntos con coordenadas tridimensionales en relación con un sistema de referencia local o geográfico. Sin embargo, las autoras mencionan que hay una manera diferente de usar este instrumento, como se demuestra en el estudio de caso de Cosh del Bremen Cog. La configuración introduce un nuevo elemento en el flujo de trabajo, que consiste en la adquisición de datos, en tiempo real, a través de un software que permite una comunicación directa entre la estación total y la computadora central. La innovación radica en el uso del software CAD 3D (Rhinoceros 3D) que puede comunicarse directamente con la estación total a través de un complemento conocido



como Termite, desarrollado por Frederick Hyttel, que tiene la capacidad de analizar los datos de la estación total sobre la marcha (Bentkowska-Kafel y MacDonald, 2017).

En este punto, Bentkowska-Kafel y MacDonald (2017) agregan que el aspecto más problemático del registro de la estación total es la necesidad de registrar desde varias posiciones, mientras que Termite permite registrar todos los datos en un solo archivo y luego mantener ese archivo actualizado con la ubicación y orientación de la estación total e incluso el mismo archivo se puede usar para adquisiciones posteriores y no se agregarán errores a la red existente.

Sobre el grado de precisión de la estación total, Bentkowska-Kafel y MacDonald (2017) indican que el grado de precisión de cada punto de la nube de puntos es alto; sin embargo, también indican que la precisión global de la adquisición varía según la metodología del operador aplicada en un contexto determinado. Por su parte, (Cabada, 2019) indica que la Estación total junto con los accesorios del procedimiento de medición es un sistema en el cual todas las partes juegan su papel, por lo cual también advierte que el confiar solo en la precisión de la estación total sin prestar atención a los prismas tendría un efecto en la precisión. Por ello, realizó un experimento que demostró que había mayores incertidumbres estándar en la precisión en las mediciones de la distancia inclinada hacia prismas de ángulos extremos en comparación con las que se realizaron hacia prismas correctamente dirigidos. Resaltando que también fue mayor la incertidumbre estándar en las mediciones de ángulos verticales hacia prismas correctamente dirigidos que prismas ligeramente angulados. A su vez, las incertidumbres también fueron mayores en todas las mediciones de ángulos verticales al apuntar entre los prismas. Por lo cual, (Cabada, 2019) demostró que incluso cuando las incertidumbres estándar de las mediciones eran del mismo tamaño, los valores medios, al medir en las



diferentes posiciones de prueba, podían variar sustancialmente, lo que afectaría a la precisión global de la estación total.

Cabe añadir en este punto, algunos errores instrumentales comunes, mencionados en Chambilla y Mamani (2018), que afectan a la precisión de la estación total:

- Ángulo de inclinación del eje vertical (ángulo formado entre la plomada y el eje vertical). Es un error ya que el eje vertical debe ser siempre perfectamente vertical.
- Error de eje o error de colimación c (desviación del ángulo recto entre el eje de puntería y el eje de inclinación). Asegúrese siempre de que el eje de puntería o colimación sea perpendicular al ángulo del eje horizontal.
- Error en el eje de inclinación (desviación del ángulo recto entre el eje de inclinación y el eje vertical). La inclinación del eje horizontal debe ser siempre paralela al eje vertical. A medida que aumenta la diferencia de altura entre los lugares que se van a medir, también aumentan las consecuencias de estos tres errores en las lecturas del ángulo horizontal. Si se obtienen mediciones en ambos lugares, se pueden corregir las inexactitudes del eje de puntería y del eje de inclinación del telescopio.

Por último, se presentan algunas definiciones necesarias para la comprensión del funcionamiento de este instrumento.



2.2.7. Sistema de posicionamiento global

Como indica (Villegas, 2020), “El Sistema de Posicionamiento Global es un sistema de navegación por satélite basado en el espacio que proporciona información sobre la posición y la hora en cualquier circunstancia meteorológica siempre que haya una línea de visión sin obstáculos hacia cuatro o más satélites de GPS”. Es importante señalar que el proyecto GPS se creó en 1973 para superar las limitaciones de los sistemas de navegación anteriores combinando los conceptos de numerosos predecesores. En la actualidad, el GPS se compone de tres segmentos principales: un segmento espacial, un segmento de control y un segmento de usuario es demandado en muchas aplicaciones sociales en tiempo real. Ya sea en una operación de rescate de emergencia, en un campo de batalla, en la comunicación o en los viajes, el GPS se modifica para hacer la vida más cómoda y fiable.

Sobre la precisión de este sistema, cabe tomar en cuenta a (Quespaz, 2019), quien indica que la fuerza geométrica de las configuraciones de los satélites solía ser un factor de influencia sobre la precisión del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). En anteriores versiones, se debía considerar para la precisión de la navegación que, si los satélites se encontraban cerca uno del otro, la geometría era débil, por lo cual es probable que el cálculo de la posición no sea exacto debido a errores de medición. Por el contrario, si los satélites estaban muy separados entre sí, la geometría era fuerte y era probable que la posición fuera menos imprecisa. De acuerdo con Wang (2021), con el fin de lograr una mayor precisión de navegación, las mediciones de GPS se combinaron con datos de otras técnicas geodésicas (por ejemplo, gravimetría satelital, altimetría) para estudiar cargas superficiales a gran escala, como el ciclo global del agua y el derretimiento del hielo polar; puesto que estas son causadas por redistribuciones de masa en el sistema de fluidos geofísicos, incluyendo la atmósfera, el océano, el agua terrestre, las capas de hielo y los



glaciares, etc. Por lo cual, con una precisión cada vez mayor del Sistema de Posicionamiento Global, la deformación de la superficie se puede observar con bastante precisión.

Por último, se presentan algunas definiciones necesarias para la comprensión del funcionamiento de este instrumento.

a. Sistemas de referencia geodésicos

Para referenciar las mediciones geodésicas y los parámetros derivados a una única línea de base global, se necesitan sistemas de referencia geodésica. “El seguimiento de los procesos físicos del cambio global y de la geodinámica mediante la localización de lugares exactos necesita marcos de referencia persistentes y de alta precisión que vinculen todos los datos a un conjunto de datos sólido, inequívoco y a largo plazo. Los sistemas de referencia establecen las constantes, reglas, modelos y parámetros necesarios para la representación matemática de las magnitudes geométricas y físicas. Un sistema cartesiano tridimensional con un origen geocéntrico, orientación ecuatorial, escala métrica y rotación alrededor de la Tierra es un ejemplo”. (Quespaz, 2019).

b. Marcos de referencia

“Permiten implementar el sistema de referencia físicamente, es decir, mediante una materialización de puntos, y matemáticamente, es decir, mediante la definición de parámetros (por ejemplo, coordenadas geométricas). Algunos ejemplos son los monumentos terrestres y los asuntos relacionados con el espacio, cuyas coordenadas se determinan mediante mediciones y la definición del sistema de referencia”. (Villegas, 2020).



c. Datum geodésico

“Se encarga de fijar inequívocamente la relación entre un marco de referencia y un sistema de referencia mediante la asignación de un conjunto de parámetros "dados", por ejemplo, las coordenadas del origen del sistema (X_0 , Y_0 , Z_0), las direcciones de los ejes de coordenadas X , Y , Z y la escala como unidad de longitud (p. ej., metro)” (Villegas, 2020).

d. Coordenadas geodésicas

Mediante la medición de ángulos, establecen la ubicación. La latitud es el ángulo entre la normal (línea recta perpendicular a la superficie del elipsoide en el lugar a determinar) y la proyección sobre el ecuador; su graduación comienza en 90 grados. “La longitud es el ángulo entre la sección meridiana que contiene el lugar y el meridiano de Greenwich. Una sección meridiana es un segmento plano que recorre el eje de rotación de la Tierra. El rango de su graduación es de 0° a 180° , con valores negativos al oeste del meridiano y positivos al este. La normal que pasa por el punto al elipsoide define la altura”. (Chambilla y Mamani, 2018, págs. 36-37).

e. Coordenadas cartesianas

“Es un sistema cartesiano ortogonal dextrógiro cuyo origen está relacionado con el del elipsoide de referencia, por lo que es idéntico a las coordenadas geodésicas. Sus dimensiones se especifican en metros. El eje X corresponde al plano ecuatorial, el eje Z coincide con el eje de rotación de la Tierra y el eje Y es ortogonal a los dos primeros”. (M. Acevedo, 2019)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación política

El estudio tuvo como límite el centro poblado Uros Chulluni ubicado en el distrito de Puno, perteneciente a la provincia de Puno, departamento de Puno.

3.1.2. Ubicación geográfica en coordenadas UTM

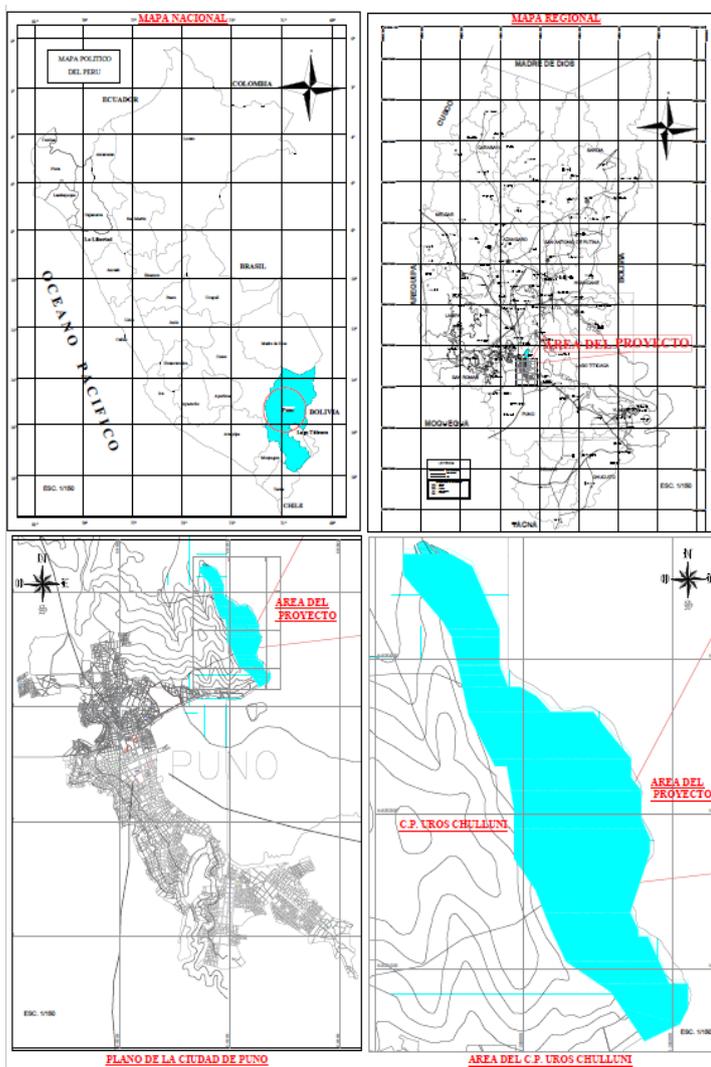


Figura 1. Ubicación de la zona del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Vías de comunicación y accesibilidad

El área del proyecto, se enlaza con la ciudad de Puno mediante una carretera asfaltada de 6.172 Km en dirección Norte.

Tabla 1.

Vías de acceso

RUTA I	DISTANCIA (Km.)	TIEMPO (Min.)	TIPO DE VÍA
Puno – C.P. Uros Chulluni	6.172	15	Asfaltada

Fuente: Google Earth



Figura 2. *Vías de comunicación y de accesibilidad al área de estudio*

Fuente: Google Earth.

3.2. EQUIPOS PARA EL TRABAJO DE CAMPO

3.2.1. Equipos

- Estación Total Topcon ES 105
- Drone Phantom 4 PRO V2
- GPS Diferencial TOPCON HIPER HR– 01 BASE y 01 ROBER



- GPS Diferencial Trimble R8 (Base y Rober)
- Computadora portátil

3.2.2. Instrumento

- Flexómetro

3.2.3. Materiales para el trabajo de campo

- Varillas de Fierro de ½”
- Pintura esmalte roja y blanca
- Brocha
- Disolvente
- Libretas de campo
- Cemento
- Yeso
- 02 Placas de Bronce

3.2.4. Software

- Auto Cad Civil 3D 2020 (educativo)
- Agisoft (educativo)
- Global Mapper (educativo)
- Microsoft Office (educativo)
- Leyca Geosystems (educativo)

3.2.5. Materiales de escritorio

- Fotocopias
- Empastados
- Papel Bond A4



- Lapiceros
- Lápiz
- Folder

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque del estudio fue el cuantitativo, ya que se va centrar en los análisis numéricos de los datos obtenidos a través de los resultados de campo. Teniendo en cuenta a (Espinoza, 2018), “El objetivo de la recogida de datos es demostrar las hipótesis basadas en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y validar las teorías.”.

3.3.2. Nivel de investigación

El nivel del estudio será el descriptivo – comparativo. De acuerdo con Valderrama y Jaimes (2019) “El objetivo de la recogida de datos es observar el comportamiento de una o varias variables para ilustrar la igualdad, la diferencia o la similitud de las muestras estudiadas”.

3.3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente trabajo fue de forma Aplicada. Según Cabezas (2018) “Los nuevos conocimientos pueden utilizarse inmediatamente para la solución de un problema concreto”.

3.3.4. Diseño de la investigación

El diseño de estudio será el no experimental de corte transversal. Como afirma (Alvarez, 2020) este diseño no efectúa la manipulación de variables de forma deliberada, ya que solo se aprecian los fenómenos en su entorno natural para estudiarlos. Por otro



lado, la investigación transversal, hace referencia al tipo de estudio donde se recopilan los datos en un tiempo único, y por una sola vez (Cabezas 2018).

3.3.5. Población

Según Ñaupas (2018) “La unidad de estudio es la suma de todas las unidades de estudio (personas, cosas, grupos, hechos o fenómenos) que cumplen con los criterios de clasificación como tales. Por lo tanto, la población se basará en el centro poblado de Uros Chulluni, que cuenta con una extensión de 49 Ha. Y se encuentra ubicada en el distrito, provincia y departamento de Puno”.

3.3.6. Muestra y muestreo

“Por otro lado, la muestra debe considerarse como un subconjunto de la población que presenta las cualidades necesarias para la investigación”. (Ñaupas 2018). Asimismo, con el propósito de concretar el número muestral, se empleó el muestreo no probabilístico intencional. Martínez (2020) “Señalan que este método de muestreo se basa en la probabilidad de que cada miembro de una población sea elegido”. Por tanto, la muestra estuvo constituida por coordenadas de 15 manzanas.

3.3.7. Variables de investigación

Variable Dependiente

Precisión y costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total.

Variable Independiente

Plano catastral obtenido con el Sistema de Posicionamiento Global.

Procedimiento de la investigación

La presente tesis consta de las siguientes etapas.

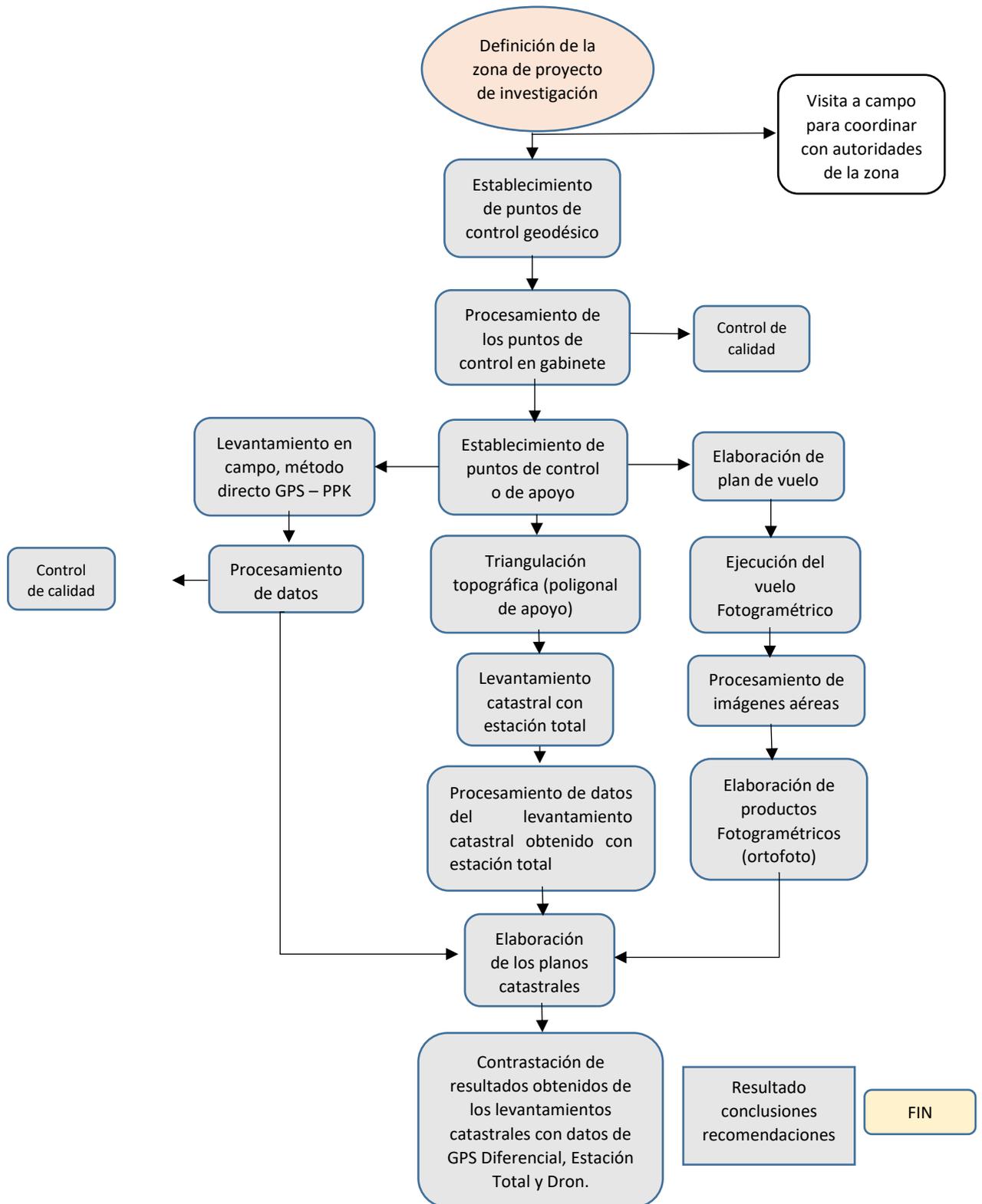


Figura 3. Organigrama etapas de la tesis



3.3.8. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Los datos obtenidos en la presente tesis son datos primarios, puesto que para la obtención de los mismos se realizó a través de un levantamiento catastral (estación total ES105) y vuelo fotogramétrico con un Drone (Phantom 4 pro V2) a una altura de 100 metros; Para determinar la confiabilidad de estos levantamientos catastrales, se tomó como testigo el levantamiento catastral con la tecnología del receptor GNSS/GPS DIFERENCIAL TRIMBLE R8 en modo PPK.

3.3.9. Análisis estadístico

Para la constatación de las hipótesis se empleó la prueba de T student es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

S^2 = varianza muestral

n = número de muestras

x_i = iesimo valor

\bar{x} = media

Así mismo para la constatación de las hipótesis se empleó la Prueba de análisis de Varianza o ANOVA, dicha prueba paramétrica es útil cuando se comparan más de dos grupos, cuando hay mediciones repetidas, cuando los sujetos pueden diferir en una o más

características que afectan al resultado y hay que ajustar su efecto, o cuando se analiza el efecto de dos o más tratamientos diferentes simultáneamente”. (Ramirez, 2019).

El ANOVA “facilita contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa, que enfatiza que al menos una de las poblaciones se diferencia de los demás con respecto a su valor esperado. Este contraste es crucial para el análisis de los valores experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés”.

$$H_0: u_1 = u_2 = \dots = u_k = u$$

$$H_1: \exists u_j \neq u \quad j = 1, 2, \dots, K$$

El ANOVA necesita que se cumpla los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homoscedasticidad).

En tal sentido, el ANOVA “se centra en la descomposición de la variación total de los datos en correspondencia a la media global, que bajo el supuesto de que H_0 es verdadera es una estimación de S^2 conseguida a partir de toda la información muestral, en 2 partes: Variación dentro de las muestras o Intra grupos y Variación entre muestras o Inter grupos”.

A continuación, se detallan los cálculos de todos los elementos que participan en el ANOVA.

3.3.9.1. Media Global

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n}$$

3.3.9.2. Variación Total

$$SCT = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X})^2$$

3.3.9.3. Variación Intra-grupos

$$SCD = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

3.3.9.4. Variación Inter-grupos

$$SCE = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{X})^2 n_j$$

Donde:

x_{ij} = iésimo valor de la muestra

n_j = tamaño de dicha muestra

\bar{X}_j = media

Cuando la H_0 es verdadera $SCE/K-1$ y $SCD/n-K$ “son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre ambos se distribuye según una F de Snedecor con $K-1$ grados de libertad en el numerador y $N-K$ grados de libertad en el denominador. Por tanto, si H_0 es cierta es de esperar que el cociente entre ambas



estimaciones será igual a 1 aproximadamente, de forma que se rechazará H_0 si dicho cociente difiere significativamente de 1”.

3.4. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

“Durante esta fase, observamos, razonamos y determinamos la forma más eficaz de realizar el trabajo de campo. Examinamos las características del terreno y su accesibilidad. Es fundamental visitar el lugar, hacer todas las preguntas técnicas posibles a los lugareños y obtener planos de referencia actuales de la región”. (Leiva y Niño de Guzmán, 2021).

La presente tesis se desarrolló en el centro poblado de Uros Chulluni (**Ver Anexo 6. Reconocimiento de campo**).

3.4.1. Establecimiento de puntos de control geodésico

Para el trabajo en campo luego de poseer los instrumentos adecuados para el levantamiento catastral, se llevó a cabo la monumentación de dos puntos geodésicos con GPS Diferencial en dos puntos estratégicos del centro poblado de “Uros Chulluni de Puno, los cuales son de base y tope cuadrangular de 40 cm x 40 cm, con una profundidad de 60 cm, con fierros corrugados de 1\2” de lado, con el que se incrustó en el centro con una placa de bronce circunscrita con códigos PCG1 y PCG2”. (**ver Anexo 7. Monumentación de los puntos geodésicos. Encofrado, vaciado del punto geodésico y placa del PCG**).

Se tomaron los datos de los puntos geodésicos PCG1 y PCG2 aproximadamente 3 horas en cada punto, la toma de los puntos fue por el método estático (fase estática), dichos datos se tomaron con un receptor GNSS TOPCON HIPER HR. (**Ver Anexo 8. Lectura de datos con GNSS en fase estático**)



3.4.2. Post procedimiento en gabinete de los Puntos de control Geodésico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa LEICA GEOSYSTEMS (educativo) y la base principal fue la estación de monitoreo permanente ERP-PU02 situada en la zona de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno. Este monumento se encuentra sobre la oficina de informática, que se encuentra dentro de la Universidad Peruana Unión.

Los cálculos de gabinete son todas las operaciones que se realizan de forma organizada y metódica para determinar los ajustes y las reducciones de las cantidades observadas y los parámetros de interés utilizando los criterios y las fórmulas adecuadas para garantizar la precisión necesaria.

El procesamiento se realizó en el software LEICA GEOSYSTEMS (educativo) con los siguientes procedimientos correspondientes.

- Planificación de observaciones
- Descarga de datos.
- Gestión de proyectos, como unidades de trabajo.
- Resolución de “Ambigüedades”, calculando las línea-base.
- Visualizar y editar los datos GPS definitivos.
- Edición de las coordenadas definitivas.

Así mismo se indica que los puntos fueron tomados el mismo día, por el tema de data rinex adquirida del Instituto Geográfico Nacional, para el procesamiento de línea base.

Se abre el software Leyca Geosystems (educativo), para su post procesamiento, que ya fueron establecidas en UTM WGS Zona 19S y el modelo geoidal es EGM-2008 Perú.

Luego de haber ingresado los datos necesarios al software, se carga los archivos rinex de los datos tomados en campo y la data adquirida del Instituto Geográfico Nacional con código PU02, luego se hizo el procesamiento de las 2 líneas base teniendo como resultado las coordenadas ajustadas con errores menores a 10 mm en el eje horizontal y 15 mm en el eje vertical, cuyas especificaciones se encuentran en la normativa vigente del Instituto Geográfico Nacional.

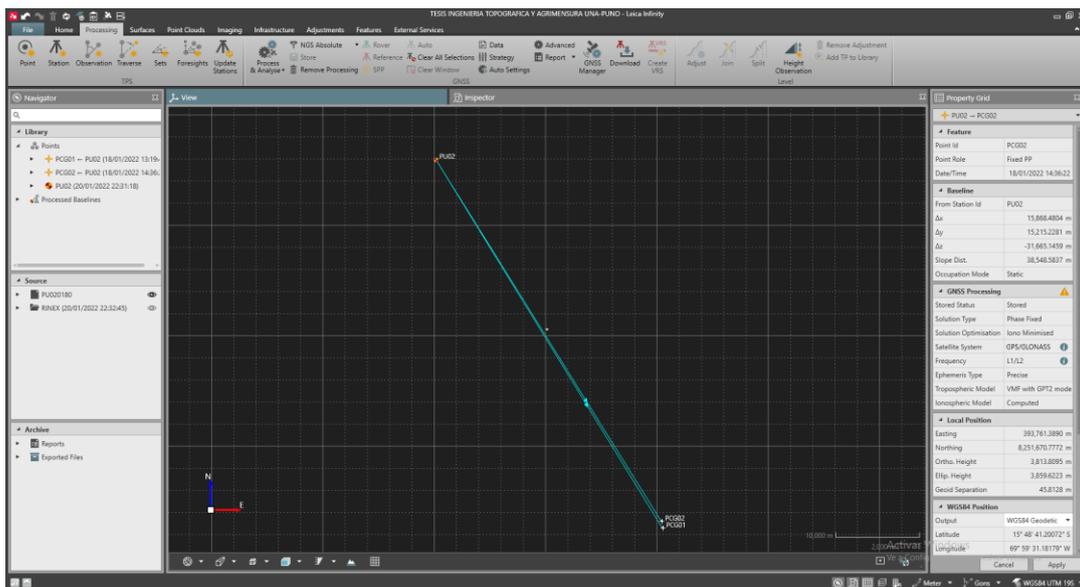


Figura 4. Línea base desde la estación de rastreo permanente hasta los puntos de control geodésicos en coordenadas X (longitud) y Y (latitud)

Fuente: Elaboración propia

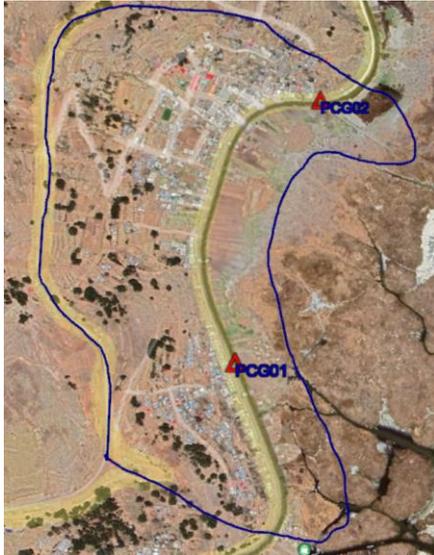


Figura 5. *Ubicación de los puntos de control geodésicos*

Fuente: Elaboración propia.

A menudo se omiten ciertas opciones de parámetros de cálculo complicados que el software seguirá utilizando internamente, de forma oculta, con ajustes por defecto que se consideran aceptables para el procesamiento de datos de rutina, lo que facilita a los usuarios no cualificados la ejecución de este tipo de trabajos.

3.4.3. Control de calidad de la precisión de las coordenadas Este y Norte

Para la presente tesis se toma referencia la normativa técnica geodésica “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA POSICIONAMIENTO GEODESICO ESTATICO RELATIVO CON RECEPTORES DEL SISTEMA SATELITAL DE NAVEGACIÓN GLOBAL” de 28 de diciembre de 2015.

Donde indica que la precisión debe ser la siguiente:

Horizontal: hasta 10.00 mm

Vertical: Hasta 15.00 mm

(IGN, 2015)



En el **Anexo 11. Reporte del procesamiento y/o ajuste de red generado por el software Leica Geosystems (educativo)**. Para la línea base de PU02 – PCG1 y PCG2, Se observa que el error en las coordenadas ESTE fue de 0.0003 m y en las coordenadas NORTE fue de 0.0005 m. por lo tanto cumple con las especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global.

Seguidamente se empezó a realizar trabajos de campo de levantamiento catastral de acuerdo al manual de levantamiento catastral del sistema nacional integrado de información catastral predial – Perú.

3.5. LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL POR EL MÉTODO PPK

La técnica de posicionamiento preciso PPK (Post Processed Kinematic) realiza las correcciones de posicionamiento GPS no en tiempo real, sino una vez que éste ha finalizado.

3.5.1. Etapa de campo

Durante el levantamiento catastral con el Sistema de Posicionamiento Global trimble R8, se instaló en el PCG2 la base del equipo donde se tomó datos. Y con el robert se hizo el levantamiento catastral por el método PPK.

3.5.2. Etapa gabinete

Una vez que el levantamiento se ha concluido, se combinan los datos almacenados en el GPS con los datos tomados por la estación de tierra y mediante un post procesamiento de datos, se realizan las correcciones de posicionamiento oportunas.



La precisión del posicionamiento PPK no se corre el riesgo de pérdida de precisión debido a una posible interrupción del enlace de datos entre el GNSS y la estación de tierra. Con este método PPK no se necesita ningún enlace de datos que transmita información en tiempo real para realizar correcciones en el posicionamiento. (Bello Patricio, 2018). Así mismo indicar que los datos obtenidos con GPS son coordenadas geodésicas, por lo tanto, se procedió a convertir en coordenadas topográficas.

Con las coordenadas convertidas se elaboró el plano catastral.

3.6. LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON DRON

Para ello, se utilizó un equipo Dron de marca PHANTOM modelo 4 PRO V2 debidamente certificada.

En este proceso se elaboró los planes de vuelos alturas de 100 m. con las aplicaciones libres: DJI GO 4, Pix 4Dcapture y Ctrl+DJI, realizando 3 vuelos.

3.6.1. Etapa de campo

Para garantizar una adecuada cobertura fotográfica del levantamiento catastral de la zona de estudio es necesario realizar la planificación de un proyecto de vuelo fotogramétrico. Para ello, se deben considerar las condiciones atmosféricas locales, las características topográficas de la zona de estudio, sus límites, la escala del mapa a realizar, la precisión requerida, etc. Con esta información se determinan los parámetros del plan de vuelo, como son la altura, separación entre líneas, velocidad, entre otros. (Bello Patricio, 2018)



Figura 6. Plan de vuelo de dron de toda el área de investigación

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Etapa gabinete

Se descargó las imágenes obtenidas en campo, que serán procesadas en el software Agisoft (educativo) con dos puntos de control geodésicos.

- Cargar fotos
- Orientar fotos
- Generar puntos Densa
- Crear malla
- Crear ortofoto

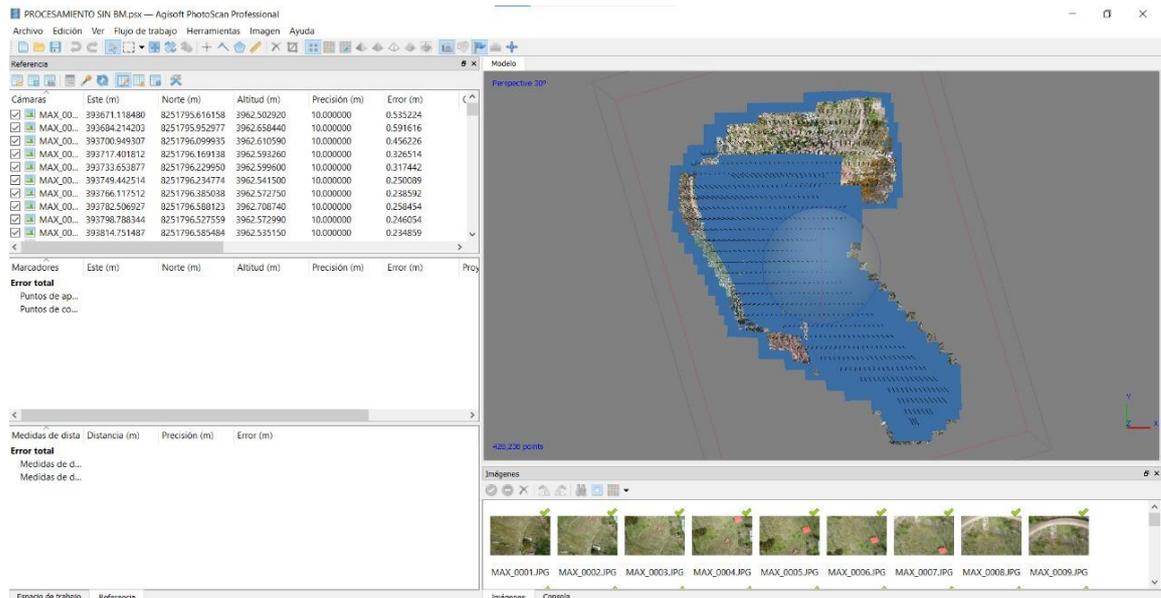


Figura 7. Procesamiento de imágenes del dron Phantom 4 pro V2 en el software Agisoft

Fuente: Elaboración propia.

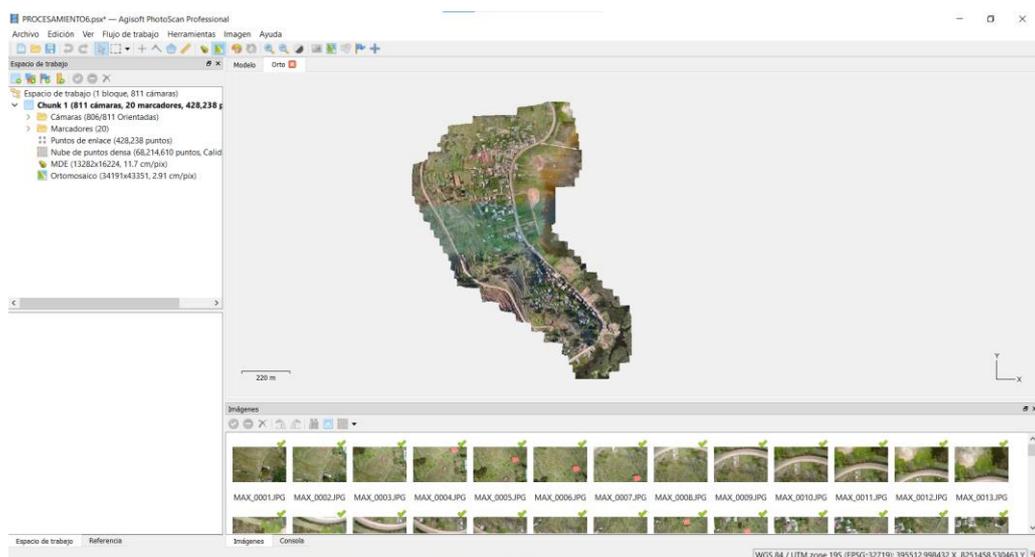


Figura 8. Ortofoto final del centro poblado Uros Chulluni en el software Agisoft

Fuente: Elaboración propia.

3.7. LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON ESTACIÓN TOTAL

El levantamiento catastral se hizo con una estación total ES105, considerando todas las características que precisa el manual de levantamiento catastral



(Superintendencia Nacional de Registros Públicos., 2007), Primeramente, se realizó la triangulación topográfica, es decir, una red de puntos cuyas coordenadas consideraremos fijas. Por ello se ubicó y monumentó los dos puntos de control de apoyo en zonas estratégicas, para realizar el levantamiento catastral del área de estudio.

3.7.1. Planeamiento de la Triangulación

3.7.1.1. Lectura de ángulos

“Tras identificar la red de emplazamientos, seguimos cuantificando la diferencia angular entre la alineación original y la final midiendo los ángulos horizontales en cada punto de control de apoyo. El ángulo horizontal obtenido también se conoce como ángulo acimutal debido al acimut de las vistas original y final con respecto a un norte ficticio”. (Dueñas, 2020). Para la partida de lectura de ángulos se consideró el PCG2 teniendo coordenadas fijas en dicho punto.

Es común asignar al alineamiento inicial el valor $0^{\circ}0'0''$, de modo que el ángulo ABC queda determinado con la lectura final “0”.

3.7.2.2. Lectura de ángulos con el método de reiteración

Se realizó la lectura de ángulos con el método de reiteración, que consiste en medir un ángulo varias veces, tomando como origen diversos puntos del transportador.

Cada medida recibe el nombre de reiteración, serie o set, el procedimiento general, se detalla a continuación. (Dueñas, 2020)

- Primer paso

Se determina los ángulos de partida apoyándose en la siguiente expresión:

$$\text{Incremento} = \frac{01 \text{ vueltas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de series}}$$



Para grados sexagesimales:

$$\text{Incremento} = \frac{360^\circ}{\text{N}^\circ \text{ de series}}$$

Para la investigación se realizó con 3 series, por lo tanto, el incremento será 120°.

Tabla 2.
Número de series

Serie	Ángulo de partida
1°	0°00'00"
2°	120°00'00"
3°	240°00'00"

Fuente: Jorge Mendoza Dueñas.

- Segundo paso

Se marcó en el ángulo 0°00'00" en el primer alineamiento para luego aplicar el método del ángulo simple.

- Tercer paso

Se visó el primer alineamiento, tomando como origen 90°00'00", para luego aplicar el método del ángulo simple.

- Cuarto paso

Se visó el primer alineamiento, tomando como origen 180°00'00", para luego aplicar el método del ángulo simple.

- Quinto paso

Se visó el primer alineamiento, tomando como origen 270°00'00", para luego aplicar el método del ángulo simple.



- Sexto paso

El ángulo buscado es el promedio de las tres series.

Se realizó el mismo procedimiento para buscar los ángulos de cada punto de control marcado en toda la zona de investigación.

Se empleó dos posiciones del anteojo (directo e invertido) en iguales cantidades. Así mismo se indica que este método aumenta la precisión de la medida, reduce o compensa el error por graduación del limbo, así como los errores del índice y excentricidad.

Luego de haber realizado la lectura de ángulos se obtuvo los siguientes resultados tomados en campo.

Tabla 3.
Datos obtenidos en campo con estación total

LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
PCG02	BM PUERTO 1	0°00'00''	180°00'31''	0°00'00''	0°00'00''		85°33'15.5''
	BM ORILLA	85°41'00''	265°39'44''	85°41'00''	85°39'13''	85°40'6.5''	
	BM PUERTO 1	120°00'00''	300°00'33''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	205°39'47''	25°41'18''	85°39'47''	85°40'45''	85°40'16''	
	BM PUERTO 1	240°00'00''	60°00'30''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	325°39'36''	144°59'42''	85°39'36''	84°59'12''	85°19'24''	



LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
BM PUERTO O 1	BM ORILLA	0°00'00''	180°00'45''	0°00'00''	0°00'00''		49°50'39.5''
	PCG02	49°47'04''	229°48'34''	49°47'04''	49°46'49''	49°46'56.5''	
	BM ORILLA	120°00'01''	300°00'12''	0°00'00''	0°00'00''		
	PCG02	169°57'05''	349°57'42''	49°57'04''	49°57'30''	49°57'17''	
	BM ORILLA	240°00'00''	59°59'00''	0°00'00''	0°00'00''		
BM ORILLA A	PCG02	0°00'02''	179°59'47''	0°00'00''	0°00'00''		44°35'55.33''
	BM PUERTO 1	44°32'38''	224°32'20''	44°32'36''	44°32'33''	44°32'34.5''	
	PCG02	120°00'00''	299°59'53''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM PUERTO 1	164°32'25''	344°31'43''	44°32'25''	44°31'50''	44°32'7.5''	
	PCG02	240°00'00''	59°59'47''	0°00'00''	0°00'00''		
PCG02	BM PUERTO 1	284°42'11''	104°43'44''	44°42'11''	44°43'57''	44°43'04''	
	BM ORILLA	0°00'01''	179°59'29''	0°00'00''	0°00'00''		55°07'35.67''
	BM PARADERO	55°07'21''	235°06'45''	55°07'20''	55°07'16''	55°07'18''	
	BM ORILLA	120°00'00''	299°59'05''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM PARADERO	175°07'57''	355°06'25''	55°07'57''	55°07'20''	55°07'38.5''	
BM PARADERO	BM ORILLA	240°00'00''	60°00'42''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM PARADERO	295°07'47''	115°08'36''	55°07'47''	55°07'54''	55°07'50.5''	
	PCG02	0°00'00''	180°00'25''	0°00'00''	0°00'00''		83°03'35.67''
	BM ORILLA	83°03'31''	263°04'33''	83°03'31''	83°04'08''	83°03'19.5''	
	PCG02	120°00'03''	300°00'40''	0°00'00''	0°00'00''		
BM ORILLA A	BM ORILLA	203°03'31''	23°03'49''	83°03'28''	83°03'09''	83°03'18.5''	
	PCG02	240°00'00''	60°00'30''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	323°04'55''	143°03'53''	83°04'55''	83°03'23''	83°04'09''	
	BM PARADERO	0°00'00''	179°59'14''	0°00'00''	0°00'00''		41°49'06''



LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
	PCG02	41°48'44''	221°46'30''	41°48'44''	41°47'16''	41°48'00''	
	BM PARADERO	120°00'00''	299°59'58''	0°00'00''	0°00'00''		
	PCG02	161°49'16''	341°50'33''	41°49'16''	41°50'35''	41°49'55.5''	
	BM PARADERO	240°00'00''	60°10'15''	0°00'00''	0°00'00''		
	PCG02	281°49'12''	101°49'48''	41°49'12''	41°49'33''	41°49'22.5''	
BM LETRERO	BM ORILLA	0°00'00''	180°00'14''	0°00'00''	0°00'00''		93°25'05''
	BM CEMENTERIO	93°25'12''	273°25'24''	93°25'12''	93°25'10''	93°25'11''	
	BM ORILLA	120°00'00''	300°00'25''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CEMENTERIO	213°25'10''	33°25'27''	93°25'10''	93°25'02''	93°25'06''	
	BM ORILLA	240°00'00''	60°00'23''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CEMENTERIO	333°25'20''	153°24'59''	93°25'20''	93°24'36''	93°24'58''	
BM ORILLA	BM CEMENTERIO	0°00'00''	180°00'12''	0°00'00''	0°00'00''		40°19'36''
	BM LETRERO	40°19'20''	220°19'31''	40°19'20''	40°19'19''	40°19'19.5''	
	BM CEMENTERIO	120°00'00''	299°59'47''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM LETRERO	160°19'15''	340°19'07''	40°19'15''	40°19'20''	40°19'17.5''	
	BM CEMENTERIO	240°00'00''	60°00'12''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM LETRERO	280°20'19''	100°20'15''	40°20'19''	40°20'03''	40°20'11''	
BM CEMENTERIO	BM LETRERO	0°00'00''	180°00'11''	0°00'00''	0°00'00''		46°14'53.83''



LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
	BM ORILLA	46°14'31''	226°14'43''	46°14'31''	46°14'32''	46°14'31.5''	
	BM LETRERO	120°00'00''	300°00'18''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	166°14'37''	346°14'55''	46°14'37''	46°14'37''	46°14'37''	
	BM LETRERO	240°00'01''	60°00'19''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	286°15'33''	106°15'53''	46°15'32''	46°15'34''	46°15'33''	
BM CEMENTERIO	BM ORILLA	0°00'02''	180°00'21''	0°00'00''	0°00'00''		37°37'8.17''
	BM ARENISCA	37°37'10''	217°37'15''	37°36'59''	37°36'54''	37°36'56.5''	
	BM ORILLA	120°00'02''	300°00'16''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	157°37'14''	337°37'18''	37°37'12''	37°37'02''	37°37'07''	
	BM ORILLA	240°00'01''	60°00'13''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	277°37'19''	97°37'37''	37°37'18''	37°37'24''	37°37'21''	
BM ORILLA	BM ARENISCA	0°00'00''	180°05'08''	0°00'00''	0°00'00''		92°12'26.33''
	BM CEMENTERIO	92°12'12''	272°17'34''	92°12'12''	92°12'26''	92°12'19''	
	BM CERRO 2	120°00'00''	299°59'45''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CEMENTERIO	212°12'10''	32°11'49''	92°12'10''	92°12'4''	92°12'07''	
	BM CERRO 2	240°00'00''	59°59'57''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CEMENTERIO	332°12'47''	152°12'56''	92°12'47''	92°12'59''	92°12'53''	
BM ARENISCA	BM CEMENTERIO	0°00'00''	180°00'07''	0°00'00''	0°00'00''		50°10'6.67''



LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
	BM ORILLA	50°10'25''	230°10'38''	50°10'25''	50°10'31''	50°10'28''	
	BM CEMENTERIO	120°00'00''	300°00'09''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	170°10'24''	350°10'01''	50°10'24''	50°09'52''	50°10'08''	
	BM CEMENTERIO	240°00'00''	60°00'01''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	290°09'33''	110°09'56''	50°09'33''	50°09'55''	50°09'44''	
BM TORRENTERA	BM ARENISCA	0°00'02''	180°00'21''	0°00'00''	0°00'00''		32°24'44.75''
	BM CERRO	32°25'1''	212°25'15''	32°24'59''	32°24'54''	32°24'56.5''	
	BM ARENISCA	120°00'02''	300°00'16''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CERRO	152°24'14''	332°24'21''	32°24'12''	32°24'05''	32°24'8.5''	
	BM ARENISCA	240°00'01''	60°00'13''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CERRO	272°25'18.5''	92°25'37''	32°25'17.5''	32°25'24''	32°25'9.25''	
BM ARENTORRENTERA	BM CERRO	0°00'00''	179°59'57''	0°00'00''	0°00'00''		51°47'5.02''
	BM TORRENTERA	51°47'12''	231°46'53''	51°47'12''	51°46'56''	51°47'04''	
	BM CERRO	120°00'01''	299°59'56''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM TORRENTERA	171°47'55''	351°47'51''	51°47'54''	51°47'55''	51°47'54.5''	
	BM CERRO	240°00'00''	60°00'03''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM TORRENTERA	291°46'14''	111°46'23.2''	51°46'14''	51°46'20.2''	51°46'17.1''	



LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
BM CERRERO	BM TORRENTERA	0°00'00''	180°00'14''	0°00'00''	0°00'00''		95°47'30.62''
	BM ARENISCA	95°47'12''	275°47'24''	95°47'12''	95°47'10''	95°47'11''	
	BM TORRENTERA	120°00'00''	300°00'25''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	215°47'10''	35°48'0.7''	95°47'10''	95°47'35.7''	95°47'22.85''	
	BM TORRENTERA	240°00'00''	60°00'23''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	335°47'20''	155°47'59''	95°47'20''	95°47'36''	95°47'58''	
BM CEMENTERIO	BM ARENISCA	0°00'02''	180°00'21''	0°00'00''	0°00'00''		27°24'16.15''
	BM TORRENTERA	37°37'10''	217°37'15''	37°36'59''	37°36'54''	27°24'25''	
	BM ARENISCA	120°00'02''	300°00'16''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM TORRENTERA	157°37'14''	337°37'18''	37°37'12''	37°37'02''	27°24'02''	
	BM ARENISCA	240°00'01''	60°00'13''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM TORRENTERA	267°24'19''	87°24'34.45''	27°24'18''	27°24'24.9''	27°24'21.45''	
BM TORRENTERA	BM CEMENTERIO	0°00'00''	180°00'31''	0°00'00''	0°00'00''		89°1'15.67''
	BM ARENISCA	89°01'00''	269°01'43''	89°01'00''	89°01'12''	89°01'06''	
	BM CEMENTERIO	120°00'00''	300°00'33''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	209°01'30''	29°01'35''	89°01'30''	89°01'02''	89°01'16''	
	BM CEMENTERIO	240°00'00''	60°00'30''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	329°01'36''	149°01'44''	89°01'36''	89°01'14''	89°01'25''	



LIBRETA TOPOGRÁFICA - TRIANGULACIÓN

ESTACIÓN	PUNTO DE CONTROL	LECTURA		LECTURA REDUCIDA		PROMEDIO SERIE	PROMEDIO ESTACIÓN
		DIRECTA	INVERSA	DIRECTA	INVERSA		
BM ARENISCA	BM TORRENTERA	0°00'00''	180°00'25''	0°00'00''	0°00'00''		63°33'50.69''
	BM CEMENTERIO	63°33'50''	243°34'19''	63°33'50''	63°33'54''	63°33'52''	
	BM TORRENTERA	120°00'03''	300°00'40''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CEMENTERIO	183°33'31''	3°34'49''	63°33'28''	63°33'69''	63°33'48.5''	
	BM TORRENTERA	240°00'00''	60°00'30''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CEMENTERIO	303°33'55''	123°34'19.12''	63°33'55''	63°33'49.12''	63°33'52.06''	
BM ORILLA	BM CURVA	0°00'02''	179°59'47''	0°00'00''	0°00'00''		33°00'41.78''
	BM ARENISCA	33°00'38''	213°00'19''	33°00'36''	33°00'32''	33°00'34''	
	BM CURVA	120°00'00''	299°59'53''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	153°00'58''	333°00'47''	33°00'58''	33°00'54''	33°00'56''	
	BM CURVA	240°00'00''	59°59'47''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ARENISCA	273°00'13.7''	93°00'44''	33°00'13.7''	33°00'57''	33°00'35.35''	
BM ARENISCA	BM ORILLA	0°00'00''	180°00'03''	0°00'00''	0°00'00''		118°27'29.1''
	BM CURVA	118°27'25''	298°27'38.6''	118°27'25''	118°27'35.6''	118°27'30.3''	
	BM ORILLA	120°00'00''	300°00'36''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CURVA	238°27'30''	58°28'14''	118°27'30''	118°27'38''	118°27'34''	
	BM ORILLA	240°00'00''	59°59'50''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM CURVA	358°27'20''	178°27'13''	118°27'20''	118°27'23''	118°27'23''	
BM CURVA	BM ARENISCA	0°00'02''	180°00'21''	0°00'00''	0°00'00''		27°31'23.02''
	BM ORILLA	27°31'50''	207°31'37.1''	27°31'48''	27°31'16.10''	27°31'32.05''	
	BM ARENISCA	120°00'02''	300°00'16''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	147°31'14''	327°31'36''	27°31'12''	27°31'20''	27°31'16''	
	BM ARENISCA	240°00'01''	60°00'13''	0°00'00''	0°00'00''		
	BM ORILLA	267°31'19''	87°31'37''	27°31'18''	27°31'24''	27°31'21''	

Fuente: elaboración propia



Para obtener los ángulos definitivos, se realizó la compensación de ángulos en cada punto de control (estación), Calculando el error con la siguiente fórmula:

$$e = \frac{180^\circ - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3}{3}$$

Fuente: Jorge Mendoza Dueñas

Dichos resultados son los siguientes.

Tabla 4.
Compensación de ángulos de la triangulación

VÉRTICE	N° de ángulo α)	COMPENSACIÓN DE ÁNGULOS			ERROR	ÁNGULO COMPENSADO		
		ÁNGULO HORIZONTAL				°	′	″
		°	′	″				
PCG02	1	85	33	15.5	0°00′3.22″	85	33	18.72
BM PUERTO 1	2	49	50	39.5		49	50	42.72
BM ORILLA	3	44	35	55.33		44	35	58.55
PCG02	1	55	7	35.67	-0°0′5.78″	55	7	29.89
BM PARADERO	2	83	3	35.67		83	3	29.89
BM ORILLA	3	41	49	6.0		41	49	0.22
BM LETRERO	1	93	25	5.0	0°0′8.39″	93	25	13.39
BM ORILLA	2	40	19	36.0		40	19	44.39
BM CEMENTERIO	3	46	14	53.83		46	15	2.22
BM CEMENTERIO	1	37	37	8.17	0°0′6.28″	37	37	14.45
BM ORILLA	2	92	12	26.33		92	12	32.61
BM ARENISCA	3	50	10	6.67		50	10	12.95
BM TORRENTERA	1	32	24	44.75	0°0′13.2″	32	24	57.95
BM ARENISCA	2	51	47	5.02		51	47	18.22
BM CERRO	3	95	47	30.62		95	47	43.82
BM CEMENTERIO	1	27	24	16.15	0°0′12.5″	27	24	28.65
BM TORRENTERA	2	89	1	15.67		89	1	28.17
BM ARENISCA	3	63	33	50.69		63	34	3.19
BM ORILLA	1	33	0	41.78	0°0′8.7″	34	0	50.48
BM ARENISCA	2	118	27	29.1		118	27	37.8
BM CURVA	3	27	31	23.02		27	31	31.72

Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Cálculo de coordenadas en cada punto de control

3.7.2.1. Cálculo de rumbos y azimuts

Conociendo el Azimut de la base de partida se calcula el azimut se calcula el azimut de los demás lados de la red empleando la conocida regla de la nemónica.

Los rumbos se deducen de acuerdo al cuadrante que ocupa el azimut de un lado.

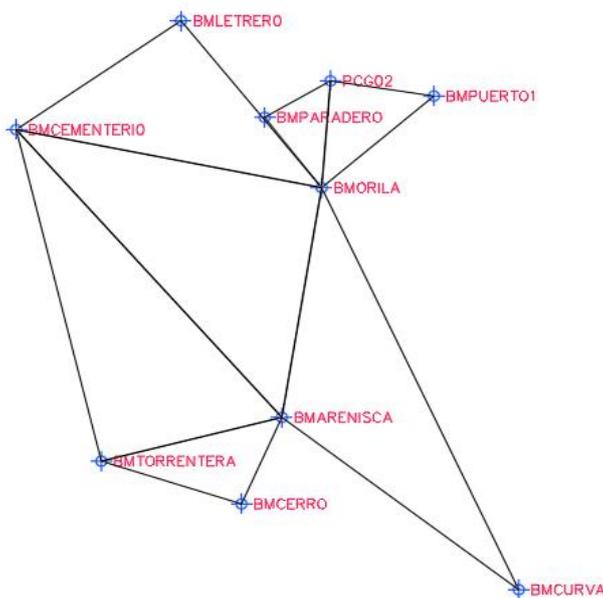


Figura 9. Triangulación

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2. Para determinar rumbos

- a) SI: 90° AZ 0° R = N (AZ) $^\circ$ E
- b) SI: 180° AZ 90° R = S $(180^\circ - AZ)^\circ$ E
- c) SI: 270° AZ 180° R = S $(AZ - 180^\circ)$ W
- d) SI: 360° AZ 270° R = N $(360^\circ - AZ)$ W

3.7.2.3. Cálculo de coordenadas

Conociendo de cada lado de la red su longitud; azimut y rumbo se calcula las coordenadas de sus vértices aplicando los métodos empleados anteriormente.

Datos:



- a) Longitud de lados (DR)
- b) Azimut (AZ)
- c) Rumbos (R°)
- d) Coordenadas de uno de los vértices ($N(X_n, Y_n)$)

Solución

$$X = DR \cdot \text{Sen } R$$

$$Y = DR \cdot \text{Cos } R$$

Donde:

X = coordenada horizontal

Y = coordenada vertical

R = Rumbo

- Rumbo y coordenadas del PCG02 obtenidas en campo y Rumbo PCG02 – BM PUERTO 1 = S $81^\circ 8' 46.87''$ E

COORDENADAS PCG02

$$X = 393778.2500$$

$$Y = 8251643.5030$$

- Cálculo de rumbos, azimuts y coordenadas de la triangulación topográfica

Rumbo PUERTO 1 – ORILLA = S $49^\circ 0' 30.41''$ W, AZIMUT = $229^\circ 0' 30.41''$

- Cálculo de coordenadas BM PUERTO 1

$$a = 151.938 * \text{sen}(81^\circ 8' 46.87)$$

$$a = 150.128$$

$$b = 151.938 * \text{cos}(81^\circ 8' 46.87)$$

$$b = 23.385$$

$$x = 393778.2500 + 150.128$$

$$\mathbf{x = 393928.378}$$

$$Y = 8251643.5030 - 23.385$$

$$\mathbf{Y = 8251620.118}$$



RUMBO ORILLA – PCG02 = N 4°24'31.86'' E

AZIMUT = 4°24'31.86''

– Cálculo de coordenadas de BM ORILLA

$$a = 165.383 * \text{sen}(4°24'31.86'')$$

$$a = 12.71349292$$

$$b = 165.383 * \text{cos}(4°24'31.86'')$$

$$b = 164.8936135$$

$$X = 393778.2500 - 12.71349292$$

$$X = \mathbf{393765.5365}$$

$$Y = 8251643.5030 - 164.8936135$$

$$Y = \mathbf{8251478.6090}$$

RUMBO PARADERO – PCG02 = N 59°32'1.75 '' E

AZ = 59°32'1.75 ''

– Cálculo de coordenadas BM PARADERO

$$a = 111.028 * \text{sen}(59°32'1.75'')$$

$$a = 95.69820752$$

$$b = 111.028 * \text{cos}(59°32'1.75'')$$

$$b = 56.29449229$$

$$x = 393778.2500 - 95.69820752$$

$$x = \mathbf{393682.5118}$$

$$y = 8251643.5030 - 56.29449229$$

$$y = \mathbf{8251587.209}$$

RUMBO LETRERO – ORILLA = S 38°23'42.03 '' E

AZ = 141°36'17.97 ''

– Cálculo de coordenadas BM LETRERO



$$a = 328.829 * \text{sen}(38^\circ 23' 42.03'')$$
$$a = 204.228951$$

$$b = 328.829 * \text{cos}(38^\circ 23' 42.03'')$$
$$b = 257.718929$$
$$x = 393765.5365 - 204.2289515$$
$$x = \mathbf{393561.3075}$$

$$y = 8251478.6090 + 257.7189295$$
$$y = \mathbf{8251736.3280}$$

RUMBO CEMENTERIO - ORILLA = N 55°1'31.31'' E

AZIMUT = 55°1'31.31''

– Cálculo de coordenadas BM CEMENTERIO

$$a = 292.514 * \text{sen}(55^\circ 1' 31.31'')$$
$$a = 239.6876906$$

$$b = 292.514 * \text{cos}(55^\circ 1' 31.31'')$$
$$b = 167.6730484$$

$$x = 393561.3075 - 239.6876906$$
$$x = \mathbf{393321.6198}$$

$$y = 8251736.3280 - 167.6730484$$
$$y = \mathbf{8251568.6550}$$

RUMBO ARENISCA - ORILLA = N 9°4'0.92'' E

AZIMUT = 9°4'0.92''

– Cálculo de coordenadas de BM ARENISCA

$$a = 359.305 * \text{sen}(9^\circ 4' 0.92'')$$
$$a = 56.62215311$$



$$b = 359.305 * \cos(9^{\circ}4'0.92'')$$

$$b = 354.8154658$$

$$x = 393765.5365 - 56.62215311$$

$$x = \mathbf{393708.9143}$$

$$y = 8251478.6090 - 354.8154658$$

$$y = \mathbf{8251123.7940}$$

RUMBO TORRENTERA - CEMENTERIO = N 13°41'43.37 '' W

AZIMUT = 346°18'16.63 ''

– Cálculo de coordenadas BM TORRENTERA

$$a = 526.580 * \sin(13^{\circ}41'43.37'')$$

$$a = 124.6729832$$

$$b = 526.580 * \cos(13^{\circ}41'43.37'')$$

$$b = 511.608389$$

$$x = 393321.6198 + 124.6729832$$

$$x = \mathbf{393446.2858}$$

$$y = 8251568.6550 - 511.608389$$

$$y = \mathbf{8251057.0470}$$

RUMBO CERRO - TORRENTERA = N 72°15'17.25 '' W

AZIMUT = 287°44'42.75 ''

– Cálculo de coordenadas de BM CERRO

$$a = 214.013 * \sin(72^{\circ}15'17.25'')$$

$$a = 203.830538$$

$$b = 214.013 * \cos(72^{\circ}15'17.25'')$$

$$b = 65.22787703$$



$$x = 393446.2858 + 203.830538$$

$$x = \mathbf{393650.1163}$$

$$y = 8251057.0470 - 65.22787703$$

$$y = \mathbf{8250991.8190}$$

$$\text{RUMBO CURVA - ORILLA} = \text{N } 24^{\circ}56'49.56'' \text{ W}$$

$$\text{AZIMUT} = 335^{\circ}3'10.44''$$

– Cálculo de coordenadas BM CURVA

$$a = 683.584 * \text{sen}(24^{\circ}56'49.56'')$$

$$a = 288.3229527$$

$$b = 683.584 * \text{cos}(24^{\circ}56'49.56'')$$

$$b = 619.803969$$

$$x = 393765.5365 + 288.3229527$$

$$x = \mathbf{394053.8595}$$

$$y = 8251478.6090 - 619.803969$$

$$y = \mathbf{8250858.8050}$$

Tabla 5.

Coordenadas obtenidas a partir de la triangulación

COORDENADAS COMPENSADAS		
DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
PCG02	393778.2500	8251643.5030
BM PUERTO 1	393928.378	8251620.118
BM ORILLA	393765.5365	8251478.6090
BM PARADERO	393682.5118	8251587.209
BM LETRERO	393561.3075	8251736.3280
BM CEMENTERIO	393321.6198	8251568.6550
BM ARENISCA	393708.9143	8251123.7940
BM TORRENTERA	393446.2858	8251057.0470
BM CERRO	393650.1163	8250991.8190
BM CURVA	394053.8595	8250858.8050

Fuente: elaboración propia



3.7.2. Trabajo de campo del levantamiento catastral

Con las coordenadas reales obtenidas en cada punto control de la triangulación se realizó el levantamiento catastral con estación total marca TOPCON modelo ES – 105 debidamente certificada, se inició con el levantamiento catastral con el apoyo de dos prismas. Una vez conseguido los datos necesarios se procedió a trabajarlo en gabinete, luego se hizo el levantamiento catastral a partir de los puntos de control geodésicos y la triangulación. **(ver Anexo 10. Levantamiento catastral con estación total).**

3.7.3. Trabajo de gabinete del levantamiento catastral

Estando en gabinete se descargó la base de datos (coordenadas en el sistema WGS - 84) en extensión de texto (txt.) y archivo delimitado por comas (csv). Después se exportó todas las coordenadas de los puntos levantados en campo, al software AutoCAD Civil 3d para realizar el plano catastral.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 6.

Coordenadas de los vértices de las manzanas obtenidas del levantamiento catastral con GPS, Estación total y Dron

N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
1	1	1	393659.544	8251658.236	393659.585	8251658.166	393659.637	8251658.237
2		2	393660.670	8251636.572	393660,662	8251636.464	393660,670	8251636,490
3		3	393659.008	8251624.468	393659.051	8251624.343	393659.081	8251624.236
4		4	393652.489	8251624.913	393652,479	8251624,880	393652.765	8251625.064
5		5	393618.303	8251624.514	393618.183	8251624.437	393618.426	8251624.579
6		6	393603.258	8251634.509	393603.289	8251634.451	393603.446	8251634.483
7		7	393603.254	8251636.142	393603.358	8251636.105	393603.506	8251636.009
8		8	393607.083	8251641.860	393607.186	8251641.702	393607.231	8251641.736
9		9	393603.774	8251658.592	393603.832	8251658.543	393603.705	8251658.643
10		10	393606.303	8251659.029	393606.419	8251658.935	393606.189	8251659.180
11		11	393606.413	8251668.292	393606.525	8251668.199	393606.507	8251668.209
12		12	393610.394	8251672.213	393610.399	8251672.203	393610.424	8251672.168
13		13	393616.978	8251672.624	393616,960	8251672,551	393616,970	8251672,522
14		14	393633.429	8251669.032	393633.428	8251669.014	393633,400	8251668.993
15		15	393637.419	8251669.364	393637.452	8251669.264	393637.425	8251669.220
16		16	393641.150	8251667.380	393641.266	8251667,369	393641.230	8251667,366
17		17	393649.562	8251667.500	393649.565	8251667.399	393649.614	8251667.306
18		18	393652.987	8251665.890	393653.164	8251665.793	393653.159	8251665.897
19		19	393657.410	8251658.946	393657.408	8251658.940	393657.403	8251658.897
20	2	1	393658,435	8251618,638	393658,420	8251618.548	393658,421	8251618,560



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
21		2	393655,400	8251592,309	393655.437	8251592.259	393655,482	8251592,200
22		3	393584,963	8251596,149	393584.982	8251596.169	393584,900	8251596,120
23		4	393584,132	8251610,051	393584,128	8251610.008	393584,091	8251610,100
24		5	393583,130	8251618,553	393583.169	8251618.523	393583,729	8251618,029
25		6	393617,512	8251621,507	393617.566	8251621.183	393617,795	8251620,673
26	3	1	393617,273	8251590,263	393617,354	8251590,208	393617,298	8251590,163
27		2	393619,975	8251585,819	393619,973	8251585,823	393619,931	8251585,848
28		3	393611,177	8251551,185	393611,144	8251551,208	393611,119	8251551,251
29		4	393573,666	8251562,808	393573,770	8251562,658	393573,665	8251562,659
30		5	393560,299	8251565,471	393560,273	8251565,420	393560,341	8251565,320
31		6	393511,873	8251553,096	393511,975	8251553,016	393511,943	8251552,959
32		7	393508,695	8251596,433	393508,881	8251596,311	393509,109	8251596,160
33		8	393549,136	8251611,259	393549,207	8251610,986	393549,291	8251611,250
34		9	393581,819	8251618,110	393582,048	8251617,913	393582,116	8251617,636
35		10	393584,357	8251592,606	393584,244	8251592,332	393584,018	8251591,788
36	4	1	393637,873	8251536,556	393637,804	8251536,523	393637,898	8251536,941
37		2	393631,641	8251507,573	393631,679	8251507,480	393631,208	8251508,330
38		3	393611,241	8251511,332	393611,240	8251511,221	393611,302	8251511,835
39		4	393589,769	8251511,761	393589,802	8251511,589	393589,710	8251512,145
40		5	393552,934	8251516,094	393552,968	8251515,951	393552,800	8251516,120
41		6	393537,053	8251518,944	393537,105	8251518,995	393537,030	8251518,800
42		7	393537,206	8251531,689	393537,220	8251531,873	393537,199	8251531,600
43		8	393536,205	8251542,959	393536,244	8251542,917	393536,473	8251543,199
44		9	393541,291	8251542,946	393541,384	8251543,014	393541,340	8251543,462
45		10	393540,394	8251554,215	393540,348	8251554,370	393540,378	8251554,180
46		11	393549,729	8251558,104	393549,917	8251558,049	393549,910	8251558,120



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
47		12	393572,760	8251557,231	393572.765	8251557.135	393572,822	8251556,980
48		13	393587,594	8251553,591	393587.617	8251553.524	393587,662	8251553,334
49	5	1	393629.328	8251504.617	393629.294	8251504.544	393629.431	8251504.818
50		2	393630.242	8251496.108	393630.183	8251495.977	393630.206	8251495.893
51		2	393629.843	8251485.305	393629,810	8251485,210	393630.047	8251485,200
52		3	393634.771	8251453.727	393634.754	8251453.714	393634.703	8251453.711
53		4	393640.425	8251415.645	393640.597	8251415.460	393640.941	8251415.092
54		5	393589.063	8251416.226	393588.899	8251415.970	393588.763	8251415.758
55		6	393586.883	8251445.839	393587.038	8251445.243	393587.082	8251445.696
56		7	393582.498	8251492.547	393582.440	8251492.613	393582.556	8251492.628
57		8	393580.399	8251506.361	393580.667	8251506.121	393580.756	8251506.279
58		9	393600.497	8251506.135	393600.469	8251506.152	393600.545	8251506.079
59		10	393600.423	8251507.239	393600.416	8251507.233	393600.545	8251507.161
60		11	393608.956	8251507.285	393608.917	8251507.300	393608.959	8251507.326
61		12	393609.849	8251505.470	393609.825	8251505.466	393609.925	8251505.546
62		13	393619.377	8251505.944	393619.324	8251505.890	393619.301	8251506.013
63	6	1	393579.844	8251507.013	393579.860	8251506.958	393579.761	8251506.814
64		2	393581.002	8251479.564	393581.101	8251479.742	393581.174	8251479.997
65		3	393583.155	8251457.942	393583.284	8251457.641	393583.318	8251457.768
66		4	393582.953	8251436.547	393583.064	8251436.418	393583.173	8251436.165
67		5	393585.323	8251416.192	393585.435	8251416.082	393585.568	8251415.945
68		6	393574.080	8251415.029	393574.034	8251414.781	393574.218	8251414.669
69		7	393543.203	8251403.098	393543.273	8251403.030	393543.321	8251402.789
70		8	393534.651	8251402.714	393534.551	8251402.427	393534.545	8251402.104
71		9	393531.356	8251418.841	393531.453	8251419.075	393531.641	8251418.847
72		10	393532.508	8251419.189	393532.571	8251419.367	393532.644	8251419.150



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
73		11	393527.777	8251455.121	393527.472	8251455.398	393527.590	8251455.433
74		12	393522.555	8251477.912	393522.618	8251478.274	393522.805	8251478.162
75		13	393522.156	8251490.572	393522.110	8251490.428	393522.075	8251490.360
76		14	393527.341	8251516.523	393527.506	8251516.268	393527.771	8251515.945
77	7	1	393522.266	8251516.886	393522.308	8251516.727	393522.088	8251516.870
78		2	393517.316	8251481.786	393517.234	8251481.782	393517.590	8251481.936
79		3	393523.511	8251456.756	393523.613	8251456.990	393523.332	8251456,378
80		4	393531.982	8251402.345	393532.014	8251402.284	393532.350	8251402,351
81		5	393487.785	8251394.831	393487.653	8251395.008	393487.634	8251394.359
82		6	393463.707	8251390.248	393463.735	8251390.221	393464.062	8251389.900
83		7	393464.178	8251405.994	393464.214	8251406.081	393464.275	8251406.228
84		8	393456.307	8251435.554	393456.231	8251435.543	393456.529	8251435.177
85		9	393455.531	8251442.365	393455.649	8251442.254	393455.939	8251442.183
86		10	393461.456	8251458.331	393461.584	8251458.180	393461.682	8251457.896
87		11	393462.997	8251494.419	393462.959	8251494.398	393462.759	8251494.016
88		12	393461.055	8251525.956	393461.280	8251526.124	393461.227	8251525.981
89		13	393480.811	8251525.458	393480.786	8251525.526	393480.804	8251525.407
90		14	393497.768	8251520.830	393497.753	8251520.630	393498.039	8251520.640
91	8	1	393642.174	8251408.594	393642.199	8251408.747	393641.943	8251409.032
92		2	393643.233	8251400.857	393643.273	8251400.813	393643.083	8251401.178
93		3	393642.047	8251400.427	393642.050	8251400.651	393641.879	8251400.997
94		4	393644.003	8251389.432	393643.982	8251389.616	393643.903	8251389.945
95		5	393622.489	8251388.103	393622.464	8251388.333	393622.434	8251388.620
96		6	393603.405	8251387.628	393603.339	8251387.682	393603.347	8251387.925
97		7	393580.120	8251384.751	393580.095	8251384.982	393580.145	8251384.859
98		8	393577.925	8251381.159	393577.900	8251381.389	393577.834	8251381.258



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
99		9	393544.588	8251374.821	393544.591	8251374.795	393544.621	8251374.928
100		10	393543.566	8251398.293	393543.748	8251398.253	393543.854	8251398.127
101		11	393549.563	8251400.148	393549.707	8251399.877	393549.794	8251399.712
102		12	393554.535	8251403.589	393554.402	8251403.262	393554.251	8251403,892
103		13	393577.619	8251409.435	393577.549	8251409.667	393577.549	8251409.667
104		14	393616.388	8251409.845	393616.488	8251410.075	393616.553	8251410.224
105	9	1	393643.921	8251388.495	393643.662	8251388.572	393643.759	8251388.435
106		2	393650.725	8251352.949	393650.543	8251352.976	393650.628	8251353.023
107		3	393621.945	8251346.419	393622.168	8251346.401	393622.339	8251346.388
108		4	393571.947	8251333.182	393572.154	8251332.978	393572.145	8251332.886
109		5	393546.211	8251328.473	393546.211	8251328.473	393546.211	8251328.473
110		6	393541.689	8251356.629	393541.804	8251356.499	393541.970	8251356.380
111		7	393539.351	8251365.095	393539.169	8251365.122	393539.283	8251365.209
112		8	393546.001	8251366.424	393545.819	8251366.451	393545.812	8251366.410
113		9	393544.737	8251373.401	393544.555	8251373.428	393544.637	8251373.869
114		10	393579.848	8251379.966	393579.715	8251380.007	393579.666	8251379.993
115		11	393581.460	8251383.681	393581.399	8251383.710	393581.277	8251383.708
116		12	393618.171	8251386.081	393618.212	8251386.060	393618.246	8251386.079
117	10	1	393453.972	8251383.017	393454.054	8251382.921	393453.969	8251382.936
118		2	393460.185	8251347.326	393460.478	8251347.199	393460.647	8251347.029
119		3	393469.272	8251316.677	393469.306	8251316.438	393469.243	8251316.556
120		4	393473.186	8251269.053	393473.307	8251269.009	393473.324	8251268.981
121		5	393468.562	8251269.323	393468.545	8251269.411	393468.580	8251269.488
122		6	393448.727	8251301.059	393448.877	8251300.956	393448.697	8251300.989
123		7	393423.125	8251327.489	393423.079	8251327.435	393423.054	8251327.402
124		8	393366.614	8251364.243	393366.612	8251364.190	393366.649	8251364.004



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
125		9	393400.557	8251378.920	393400.572	8251378.815	393400.591	8251378.680
126	11	1	393538.774	8251398.023	393538.739	8251397.972	393538.986	8251397.822
127		2	393539.704	8251389.473	393539.656	8251389.494	393539.535	8251389.770
128		3	393536.383	8251379.640	393536.476	8251379.608	393536.998	8251379,832
129		4	393537.231	8251366.952	393537.274	8251366.952	393537.443	8251366.969
130		5	393537.224	8251340.783	393537.296	8251340.767	393537.487	8251340.598
131		6	393539.702	8251324.085	393539.681	8251324.064	393539.675	8251323.921
132		7	393560.862	8251241.785	393560.854	8251241.788	393560.706	8251241.811
133		8	393503.134	8251224.597	393503.101	8251224.554	393503,130	8251224,590
134		9	393477.232	8251272.796	393477.286	8251272.754	393477.303	8251272.694
135		10	393477.889	8251283.697	393477.809	8251283.732	393477.976	8251283.617
136		11	393473.722	8251314.358	393473.691	8251314.319	393473.911	8251314.407
137		12	393470.785	8251328.576	393470.614	8251328.309	393471.030	8251328.712
138		13	393460.034	8251366.787	393460.106	8251366.758	393460.303	8251366.670
139		14	393461.529	8251385.778	393461.602	8251385.714	393461.702	8251385.564
140		15	393484.116	8251387.266	393484.203	8251387.139	393484.322	8251387.660
141		16	393520.057	8251395.959	393520.048	8251396.000	393520.076	8251395.536
142	12	1	393651,429	8251351,395	393651,157	8251350,996	393651.079	8251351,320
143		2	393654,943	8251330,313	393654,900	8251330,147	393654.926	8251330.249
144		3	393629,923	8251322,824	393629,886	8251322,976	393629.599	8251322.964
145		4	393587,817	8251310,083	393587,952	8251310,078	393587.887	8251310.178
146		5	393582,794	8251330,962	393582,914	8251330,969	393582.885	8251330.933
147		6	393620,715	8251341,942	393620,828	8251341,719	393620.918	8251341.626
148	13	1	393656,061	8251324,204	393656,154	8251324,024	393655,823	8251324,379
149		2	393668,441	8251271,839	393668,474	8251272,025	393667.979	8251272.344
150		3	393593,053	8251253,249	393592,926	8251253,524	393592.681	8251253.586



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
151		4	393587,539	8251273,754	393588,059	8251272,952	393587.906	8251273.775
152		5	393588,381	8251304,825	393588,372	8251304,836	393588.476	8251304.813
153	14	1	393815.770	8250987.373	393815.778	8250987.312	393815.837	8250987.178
154		2	393821.689	8250985.255	393821.742	8250985.303	393821.868	8250985.295
155		3	393831.433	8250979.439	393831.445	8250979.383	393831.569	8250978.768
156		4	393824.618	8250970.042	393824.590	8250970.077	393824.510	8250970.163
157		5	393817.871	8250962.969	393817.862	8250962.977	393818.101	8250962.760
158		6	393808.089	8250949.672	393808.111	8250949.649	393808.282	8250949.620
159		7	393795.737	8250936.226	393795.710	8250936.255	393795.551	8250936.175
160		8	393789.766	8250931.642	393789.748	8250931.747	393789.708	8250931.746
161		9	393777.330	8250944.502	393777.336	8250944.493	393777.361	8250944.442
162		10	393771.058	8250960.072	393771.290	8250959.805	393771.401	8250959.289
163		11	393791.717	8250972.714	393791.651	8250972.724	393791.789	8250972.577
164		12	393798.702	8250975.572	393798.623	8250975.623	393798.699	8250975.271
165	15	1	393830.212	8250970.382	393830.535	8250970.236	393830.295	8250970.128
166		2	393852.256	8250952.613	393852.446	8250952.675	393852.520	8250952.857
167		3	393871.002	8250943.870	393871.042	8250943.850	393871.043	8250943.870
168		4	393871.679	8250941.520	393871.715	8250941.482	393871.664	8250941.471
169		5	393880.578	8250938.529	393880.589	8250938.483	393880.573	8250938.439
170		6	393884.716	8250934.019	393884.785	8250933.979	393884.802	8250934.041
171		7	393890.036	8250931.605	393890.046	8250931.596	393890.109	8250931.522
172		8	393890.623	8250929.482	393890.647	8250929.466	393890.671	8250929.422
173		9	393894.428	8250927.860	393894.446	8250927.867	393894.592	8250927.827
174		10	393904.251	8250919.741	393904.260	8250919.734	393904.365	8250919.780
175		11	393901.249	8250914.029	393901.295	8250913.976	393901.094	8250914.026
176		12	393899.366	8250912.828	393899,280	8250912,820	393899.325	8250912.844



N°	Mz	vértice	Coordenadas GPS		Coordenadas estación total		Coordenadas Dron	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
			(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)	(Metros)
177		13	393900.897	8250903.994	393900.968	8250903.977	393901.023	8250903.753
178		14	393898.884	8250901.090	393898.862	8250901.066	393898.819	8250901.045
179		15	393894.791	8250899.661	393894.635	8250899.744	393894.549	8250899.811
180		16	393889.125	8250889.369	393889.104	8250889.410	393889.132	8250889.309
181		17	393834.671	8250903.407	393834.697	8250903.501	393834.805	8250903.584
182		18	393820.384	8250909.289	393820.363	8250909.289	393820.190	8250909.297
183		19	393791.139	8250928.580	393791.150	8250928.605	393791.171	8250928.651
184		20	393815.156	8250956.020	393815.220	8250955.966	393815.223	8250955.803

Fuente: Elaboración propia.

4.1. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON ESTACIÓN TOTAL

Tabla 7.

Costo unitario del levantamiento catastral con estación total

COSTOS ESTACION TOTAL					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL (SOLES)
1	Alquiler - GPS Diferencial TOPCON HIPER HR	Global	S/ 600.00	1	600,00
2	Placas de bronce	Unidad	S/ 100.00	2	200
3	Data del IGN	Unidad	S/ 119.40	1	119,4
4	Monumentación de puntos de control geodésico	Unidad	S/ 59.50	2	119
5	Alquiler - Estación total TOPCON ES 105	Unidad	S/ 150.00	10	1500
6	Personal técnico	Brigada	S/ 1300.00	2	2600
7	Personal de apoyo	Brigada	S/ 542	2	1084
8	Materiales	Global	S/ 100.00	1	100
9	Transporte- Pasajes	Global	S/ 300.00	1	600
10	Viáticos	Global	S/ 80.00	1	960



11	Elaboración de Planos	Documento	S/ 130.00	2	1040
12	Imprevistos	Global	S/ 150.00	1	150
TOTAL					9,072.40

Fuente: Elaboración propia.

El costo del levantamiento catastral está vinculado con los materiales, equipos empleados, personal de apoyo y el total de viáticos. Todo ello, dio un costo total de S/ 9,072.40.

4.2. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON DRON

Tabla 8.

Costo unitario del levantamiento catastral con dron

COSTOS DRON					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL (SOLES)
1	Alquiler - GPS Diferencial TOPCON HIPER HR	Global	S/ 600.00	1	600,00
2	Placas de bronce	Unidad	S/ 100.00	2	200
3	Data del IGN	Unidad	S/ 119.40	1	119,4
4	Monumentación de puntos de control geodésico	Unidad	S/ 59.50	2	119
5	Alquiler - Dron PHANTOM 4 PRO V2	Unidad	S/ 500.00	1	500
6	Personal técnico	Brigada	S/ 130.00	2	520
7	Personal de apoyo	Brigada	S/ 54.20	1	54,2
8	Materiales	Global	S/ 100.70	1	100,7
9	Transporte- Pasajes	Global	S/ 30.00	2	60
10	Viáticos	Global	S/ 30.00	1	420
11	Elaboración de Planos	Documento	S/ 130.00	2	1560
12	Imprevistos	Global	S/ 150.00	1	150
TOTAL					4,403.30

Fuente: Elaboración propia.



El costo del levantamiento catastral está vinculado con los materiales, equipos empleados, personal de apoyo y el total de viáticos. Todo ello, dio un costo total de S/ 4,403.30.

4.3. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON GPS

Tabla 9.
Costo unitario del levantamiento catastral con GPS

COSTOS GPS					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO (SOLES)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (SOLES)
1	Alquiler - GPS Diferencial TOPCON HIPER HR	Global	S/ 600.00	1	600
2	Placas de bronce	Unidad	S/ 100.00	2	200
3	Data del IGN	Unidad	S/ 119.40	1	119,4
4	Monumentación de puntos de control geodésico	Unidad	S/ 59.50	2	119
5	Alquiler - GPS Diferencial TRIMBLE R8	Unidad	2400	1	2400
6	Personal técnico	Brigada	S/ 650.00	2	1300
7	Personal de apoyo	Brigada	S/ 54.20	1	216.8
8	Materiales	Global	S/ 100.00	1	100
9	Transporte- Pasajes	Global	S/ 30.00	1	150
10	Viáticos	Global	S/ 480.00	1	480
11	Elaboración de Planos	Documento	S/ 130.00	2	1040
12	Imprevistos	Global	S/ 300.00	1	100
TOTAL					6,608.40

Fuente: Elaboración propia.

El costo del levantamiento catastral está vinculado con los materiales, equipos empleados, personal de apoyo y el total de viáticos. Todo ello, dio un costo total de S/ 6,608.40.

4.4. EVALUACIÓN DE LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON ESTACIÓN TOTAL Y DRON CON RESPECTO AL GPS

Para realizar la evaluación y desplazamiento de los datos obtenidos en campo se utilizó la fórmula de error lineal.

$$\varepsilon L = \sqrt{\varepsilon \Delta N^2 + \varepsilon \Delta E^2}$$

Donde:

$\varepsilon \Delta N$ = proyecciones a lo largo del eje norte – sur

$\varepsilon \Delta E$ = proyecciones a lo largo del eje este – oeste

Tabla 10.

Diferencias de sus coordenadas y el desplazamiento de los vértices de las manzanas obtenidas con estación total y dron con respecto al GPS

Descripción			Diferencia GPS con estación total		Diferencia GPS con Dron		Desplazamiento de la estación total	Desplazamiento del Dron
N	Mz	Vértice	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	Error Lineal (Metros)	Error Lineal (Metros)
1		1	-0.041	0.070	-0.090	-0.001	0.081123362	0.093005376
2		2	0.008	0.108	0.020	0.082	0.108295891	0.084403791
3		3	-0.043	0.125	-0.070	0.232	0.132189258	0.243213898
4		4	0.009	0.033	-0.280	-0.151	0.034466604	0.314606103
5		5	0.120	0.077	-0.120	-0.065	0.142579802	0.139118654
6		6	-0.031	0.058	-0.190	0.026	0.065764732	0.189789357
7		7	-0.104	0.037	-0.250	0.133	0.110385687	0.284943854
8		8	-0.103	0.158	-0.150	0.124	0.188608060	0.193080295
9		9	-0.058	0.049	0.069	-0.051	0.075927597	0.085802098
10	1	10	-0.116	0.094	0.114	-0.151	0.149305057	0.189200951
11		11	-0.112	0.093	-0.090	0.083	0.145578158	0.125399362
12		12	-0.005	0.010	-0.030	0.045	0.011180341	0.054083270
13		13	0.018	0.073	0.008	0.102	0.075186435	0.102313244
14		14	0.001	0.018	0.029	0.039	0.018027756	0.048600411
15		15	-0.033	0.100	-0.010	0.144	0.105304321	0.144124946
16		16	-0.116	0.011	-0.080	0.014	0.116520384	0.081215762
17		17	-0.003	0.101	-0.050	0.194	0.101044544	0.200848202
18		18	-0.177	0.097	-0.170	-0.007	0.201836568	0.172142383



Descripción			Diferencia GPS con estación total		Diferencia GPS con Dron		Desplazamiento de la estación total	Desplazamiento del Dron
N	Mz	Vértice	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	Error Lineal (Metros)	Error Lineal (Metros)
19		19	0.002	0.006	0.007	0.049	0.006324555	0.049497475
20		1	0.015	0.090	0.014	0.078	0.091241438	0.079246452
21		2	-0.037	0.050	-0.080	0.109	0.062201287	0.136400147
22	2	3	-0.019	-0.020	0.063	0.029	0.027586228	0.069354164
23		4	0.004	0.043	0.041	-0.049	0.043185645	0.063890531
24		5	-0.039	0.030	-0.600	0.524	0.049203659	0.795849860
25		6	-0.054	0.324	-0.280	0.834	0.328469177	0.880707102
26		1	-0.081	0.055	-0.030	0.100	0.097908121	0.103077641
27		2	0.002	-0.004	0.044	-0.029	0.004472136	0.052697249
28		3	0.033	-0.023	0.058	-0.066	0.040224371	0.087863531
29		4	-0.104	0.150	0.001	0.149	0.182526711	0.149003356
30	3	5	0.026	0.051	-0.040	0.151	0.057245087	0.156732255
31		6	-0.102	0.080	-0.070	0.137	0.129630243	0.153847327
32		7	-0.186	0.122	-0.410	0.273	0.222441004	0.495908258
33		8	-0.071	0.273	-0.160	0.009	0.282081549	0.155261070
34		9	-0.229	0.197	-0.300	0.474	0.302076150	0.559361243
35		10	0.113	0.274	0.339	0.818	0.296386571	0.885463156
36		1	0.069	0.033	-0.020	-0.385	0.076485293	0.385810834
37		2	-0.038	0.093	0.433	-0.757	0.100463923	0.872088298
38		3	0.001	0.111	-0.060	-0.503	0.111004505	0.506685306
39		4	-0.033	0.172	0.059	-0.384	0.175137089	0.388506113
40		5	-0.034	0.143	0.134	-0.026	0.146986393	0.136499084
41		6	-0.052	-0.051	0.023	0.144	0.072835431	0.145825238
42	4	7	-0.014	-0.184	0.007	0.089	0.184531839	0.089274857
43		8	-0.039	0.042	-0.270	-0.240	0.057314919	0.359755473
44		9	-0.093	-0.068	-0.050	-0.516	0.115208507	0.518321329
45		10	0.046	-0.155	0.016	0.035	0.161681786	0.038483763
46		11	-0.188	0.055	-0.180	-0.016	0.195880066	0.181705806
47		12	-0.005	0.096	-0.060	0.251	0.096130120	0.258543999
48		13	-0.023	0.067	-0.070	0.257	0.070837843	0.265843939
49		1	0.034	0.073	-0.100	-0.201	0.080529498	0.225853935
50		2	0.059	0.131	0.036	0.215	0.143673240	0.217993119
51		2	0.033	0.095	-0.200	0.105	0.100568384	0.229436265
52		3	0.017	0.013	0.068	0.016	0.021400935	0.069856997
53	5	4	-0.172	0.185	-0.520	0.553	0.252604434	0.756349786
54		5	0.164	0.256	0.300	0.468	0.304026315	0.555899271
55		6	-0.155	0.596	-0.200	0.143	0.615825462	0.245051015
56		7	0.058	-0.066	-0.060	-0.081	0.087863530	0.099624294
57		8	-0.268	0.240	-0.360	0.082	0.359755472	0.366296328



Descripción			Diferencia GPS con estación total		Diferencia GPS con Dron		Desplazamiento de la estación total	Desplazamiento del Dron
N	Mz	Vértice	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	Error Lineal (Metros)	Error Lineal (Metros)
58		9	0.028	-0.017	-0.050	0.056	0.032756679	0.073756356
59		10	0.007	0.006	-0.120	0.078	0.009219544	0.144803315
60		11	0.039	-0.015	-0.000	-0.041	0.041785165	0.041109610
61		12	0.024	0.004	-0.080	-0.076	0.024331050	0.107480231
62		13	0.053	0.054	0.076	-0.069	0.075663730	0.102649890
63		1	-0.016	0.055	0.083	0.199	0.057280015	0.215615398
64		2	-0.099	-0.178	-0.170	-0.433	0.203678668	0.465910936
65		3	-0.129	0.301	-0.160	0.174	0.327478244	0.238421895
66		4	-0.111	0.129	-0.220	0.382	0.170182256	0.440821960
67		5	-0.112	0.110	-0.250	0.247	0.156984075	0.347899410
68		6	0.046	0.248	-0.140	0.360	0.252230053	0.385543772
69	6	7	-0.070	0.068	-0.120	0.309	0.097590983	0.330764267
70		8	0.100	0.287	0.106	0.610	0.303922687	0.619141340
71		9	-0.097	-0.234	-0.280	-0.006	0.253308113	0.285063151
72		10	-0.063	-0.178	-0.140	0.039	0.188820020	0.141481448
73		11	0.305	-0.277	0.187	-0.312	0.412012136	0.363748539
74		12	-0.063	-0.362	-0.250	-0.250	0.367441152	0.353553391
75		13	0.046	0.144	0.081	0.212	0.151168779	0.226947130
76		14	-0.165	0.255	-0.430	0.578	0.303726851	0.720405441
77		1	-0.042	0.159	0.178	0.016	0.164453641	0.178717654
78		2	0.082	0.004	-0.270	-0.150	0.082097503	0.312371573
79		3	-0.102	-0.234	0.179	0.378	0.255264569	0.418240362
80		4	-0.032	0.061	-0.370	-0.006	0.068883960	0.368048910
81		5	0.132	-0.177	0.151	0.472	0.220800815	0.495565334
82		6	-0.028	0.027	-0.350	0.348	0.038897301	0.497120709
83	7	7	-0.036	-0.087	-0.100	-0.234	0.094154129	0.253308113
84		8	0.076	0.011	-0.220	0.377	0.076791927	0.437507714
85		9	-0.118	0.111	-0.410	0.182	0.162003087	0.446752728
86		10	-0.128	0.151	-0.230	0.435	0.197952015	0.490205060
87		11	0.038	0.021	0.238	0.403	0.043416587	0.468030982
88		12	-0.225	-0.168	-0.170	-0.025	0.280800641	0.173807365
89		13	0.025	-0.068	0.007	0.051	0.072449983	0.051478151
90		14	0.015	0.200	-0.270	0.190	0.200561711	0.330969787
91		1	-0.025	-0.153	0.231	-0.438	0.155029030	0.495181785
92		2	-0.040	0.044	0.150	-0.321	0.059464275	0.354317655
93	8	3	-0.003	-0.224	0.168	-0.570	0.224020088	0.594242375
94		4	0.021	-0.184	0.100	-0.513	0.185194493	0.522655719
95		5	0.025	-0.230	0.055	-0.517	0.231354706	0.519917301
96		6	0.066	-0.054	0.058	-0.297	0.085276023	0.302610311



Descripción			Diferencia GPS con estación total		Diferencia GPS con Dron		Desplazamiento de la estación total	Desplazamiento del Dron
N	Mz	Vértice	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	Error Lineal (Metros)	Error Lineal (Metros)
97		7	0.025	-0.231	-0.030	-0.108	0.232348875	0.110855762
98		8	0.025	-0.230	0.091	-0.099	0.231354706	0.134469328
99		9	-0.003	0.026	-0.030	-0.107	0.026172505	0.111973211
100		10	-0.182	0.040	-0.290	0.166	0.186343768	0.332415402
101		11	-0.144	0.271	-0.230	0.436	0.306882713	0.493413619
102		12	0.133	0.327	0.284	-0.303	0.353012747	0.415289056
103		13	0.070	-0.232	0.070	-0.232	0.242330354	0.242330354
104		14	-0.100	-0.230	-0.170	-0.379	0.250798725	0.413359408
105		1	0.259	-0.077	0.162	0.060	0.270203627	0.172754161
106		2	0.182	-0.027	0.097	-0.074	0.183991848	0.122004098
107		3	-0.223	0.018	-0.390	0.031	0.223725278	0.395217661
108		4	-0.207	0.204	-0.200	0.296	0.290628629	0.356117958
109		5	-0.003	0.003	0.002	0.003	0.004242641	0.003605552
110	9	6	-0.115	0.130	-0.280	0.249	0.173565549	0.375449064
111		7	0.182	-0.027	0.068	-0.114	0.183991848	0.132740348
112		8	0.182	-0.027	0.189	0.014	0.183991848	0.189517809
113		9	0.182	-0.027	0.100	-0.468	0.183991848	0.478564521
114		10	0.133	-0.041	0.182	-0.027	0.139176147	0.183991848
115		11	0.061	-0.029	0.183	-0.027	0.067542579	0.184981080
116		12	-0.041	0.021	-0.080	0.002	0.046065172	0.075026662
117		1	-0.082	0.096	0.003	0.081	0.126253713	0.081055537
118		2	-0.293	0.127	-0.460	0.297	0.319339944	0.549229460
119		3	-0.034	0.239	0.029	0.121	0.241406297	0.124426686
120		4	-0.121	0.044	-0.140	0.072	0.128751699	0.155653462
121	10	5	0.017	-0.088	-0.020	-0.165	0.089627005	0.165978914
122		6	-0.150	0.103	0.030	0.070	0.181958787	0.076157731
123		7	0.046	0.054	0.071	0.087	0.070936592	0.112294257
124		8	0.002	0.053	-0.030	0.239	0.053037722	0.241549167
125		9	-0.015	0.105	-0.030	0.240	0.106066017	0.242396370
126		1	0.035	0.051	-0.210	0.201	0.061854668	0.292138666
127		2	0.048	-0.021	0.169	-0.297	0.052392747	0.341716256
128		3	-0.093	0.032	-0.620	-0.192	0.098351411	0.644274010
129		4	-0.043	0.002	-0.210	-0.017	0.043046486	0.212680512
130	11	5	-0.072	0.016	-0.260	0.185	0.073756356	0.321549374
131		6	0.021	0.021	0.027	0.164	0.029698485	0.166207701
132		7	0.008	-0.003	0.156	-0.026	0.008544004	0.158151826
133		8	0.033	0.043	0.004	0.007	0.054203321	0.008062258
134		9	-0.054	0.042	-0.070	0.102	0.068410526	0.124277914
135		10	0.080	-0.035	-0.090	0.080	0.087321246	0.118190524



Descripción			Diferencia GPS con estación total		Diferencia GPS con Dron		Desplazamiento de la estación total	Desplazamiento del Dron
N	Mz	Vértice	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	Error Lineal (Metros)	Error Lineal (Metros)
136		11	0.031	0.039	-0.190	-0.049	0.049819675	0.195248559
137		12	0.171	0.267	-0.250	-0.136	0.317064662	0.280215988
138		13	-0.072	0.029	-0.270	0.117	0.077620873	0.293342803
139		14	-0.073	0.064	-0.170	0.214	0.097082439	0.275181758
140		15	-0.087	0.127	-0.210	-0.394	0.153941547	0.444603194
141		16	0.009	-0.041	-0.020	0.423	0.041976184	0.423426498
142		1	0.272	0.399	0.350	0.075	0.482892327	0.357945526
143		2	0.043	0.166	0.017	0.064	0.171478862	0.066219333
144	12	3	0.037	-0.152	0.324	-0.140	0.156438486	0.352953255
145		4	-0.135	0.005	-0.070	-0.095	0.135092561	0.118004238
146		5	-0.120	-0.007	-0.090	0.029	0.120203993	0.095509162
147		6	-0.113	0.223	-0.200	0.316	0.249996000	0.375586208
148		1	-0.093	0.180	0.238	-0.175	0.202605528	0.295413270
149		2	-0.033	-0.186	0.462	-0.505	0.188904739	0.684447953
150	13	3	0.127	-0.275	0.372	-0.337	0.302909228	0.501949201
151		4	-0.520	0.802	-0.370	-0.021	0.955826344	0.367600327
152		5	0.009	-0.011	-0.100	0.012	0.014212670	0.095754895
153		1	-0.008	0.061	-0.070	0.195	0.061522353	0.206189233
154		2	-0.053	-0.048	-0.180	-0.040	0.071505245	0.183414830
155		3	-0.012	0.056	-0.140	0.671	0.057271284	0.684643703
156		4	0.028	-0.035	0.108	-0.121	0.044821869	0.162188162
157		5	0.009	-0.008	-0.230	0.209	0.012041595	0.310774838
158	14	6	-0.022	0.023	-0.190	0.052	0.031827661	0.199882466
159		7	0.027	-0.029	0.186	0.051	0.039623226	0.192865238
160		8	0.018	-0.105	0.058	-0.104	0.106531686	0.119079805
161		9	-0.006	0.009	-0.030	0.060	0.010816654	0.067535176
162		10	-0.232	0.267	-0.340	0.783	0.353713161	0.854832147
163		11	0.066	-0.010	-0.070	0.137	0.066753277	0.154767568
164		12	0.079	-0.051	0.003	0.301	0.094031909	0.301014950
165		1	-0.323	0.146	-0.080	0.254	0.354464385	0.267217141
166		2	-0.190	-0.062	-0.260	-0.244	0.199859951	0.359488526
167		3	-0.040	0.020	-0.040	0.020	0.044721360	0.045617979
168		4	-0.036	0.038	0.015	0.049	0.052345009	0.051244512
169	15	5	-0.011	0.046	0.005	0.090	0.047296934	0.090138782
170		6	-0.069	0.040	-0.090	-0.022	0.079755878	0.088769364
171		7	-0.010	0.009	-0.070	0.083	0.013453624	0.110535063
172		8	-0.024	0.016	-0.050	0.060	0.028844410	0.076837490
173		9	-0.018	-0.007	-0.160	0.033	0.019313208	0.167287178
174		10	-0.009	0.007	-0.110	-0.039	0.011401754	0.120486514

Descripción			Diferencia GPS con estación total		Diferencia GPS con Dron		Desplazamiento de la estación total	Desplazamiento del Dron
N	Mz	Vértice	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	Error Lineal (Metros)	Error Lineal (Metros)
175		11	-0.046	0.053	0.155	0.003	0.070178344	0.155029030
176		12	0.003	0.003	0.041	-0.016	0.004242640	0.044011362
177		13	-0.071	0.017	-0.130	0.241	0.073006849	0.271950363
178		14	0.022	0.024	0.065	0.045	0.032557641	0.079056941
179		15	0.156	-0.083	0.242	-0.150	0.176705970	0.284717403
180		16	0.021	-0.041	-0.010	0.060	0.046065171	0.060406953
181		17	-0.026	-0.094	-0.130	-0.177	0.097529483	0.222002252
182		18	0.021	0.002	0.194	-0.008	0.021095023	0.194164878
183		19	-0.011	-0.025	-0.030	-0.071	0.027313001	0.077878109
184		20	-0.064	0.054	-0.070	0.217	0.083737685	0.227107903

Fuente: elaboración propia

Se llevó a cabo la comparación de los datos conseguidos de los levantamientos catastrales con Estación total y Dron con respecto al GPS, obteniendo lo siguiente:

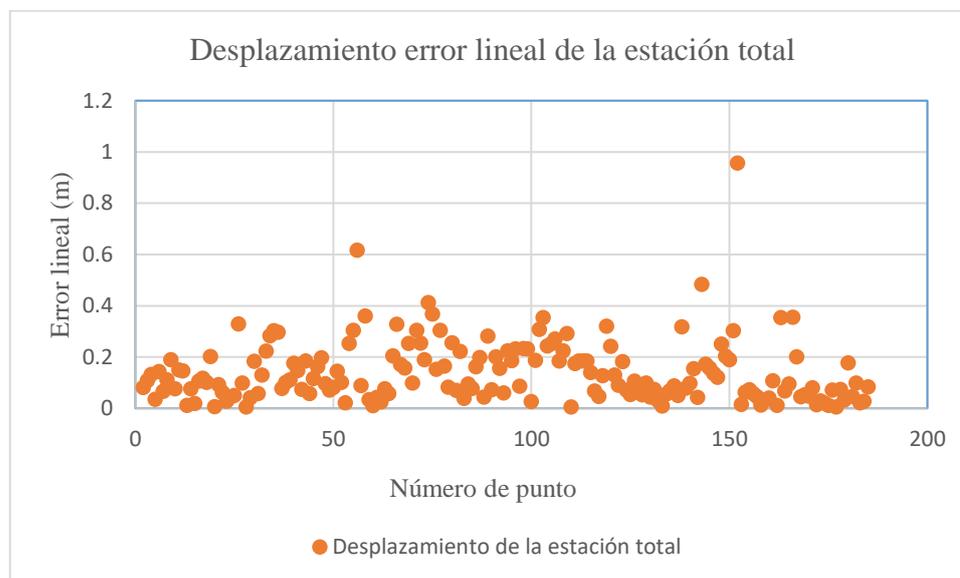


Figura 10. Desplazamiento de las coordenadas de la estación total

Fuente: Elaboración propia

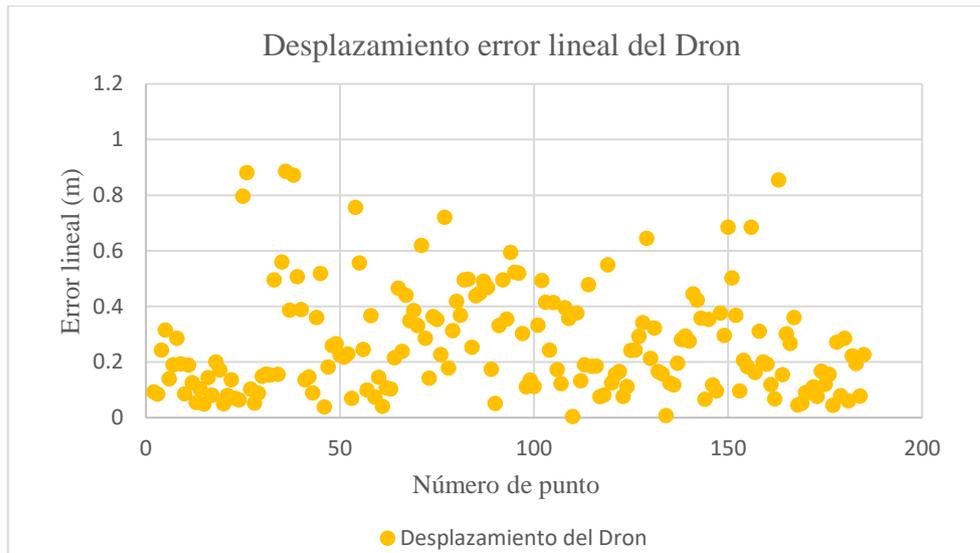


Figura 11. *Desplazamiento de las coordenadas del Dron*
Fuente: Elaboración propia

De la figura 9 y 10, se puede visualizar el desplazamiento de las coordenadas de las manzanas por cada equipo topográfico, donde la Estación total tiene menor desplazamiento que el Dron con respecto a los datos registrados durante el levantamiento catastral con Sistema de Posicionamiento Global.

4.5. ANÁLISIS DE COSTOS EN LEVANTAMIENTOS CATASTRALES

Tabla 11.

Criterio de Análisis de costos de ejecución del levantamiento catastral

N	GPS		Estación total		Dron	
	Alquiler - GPS Diferencial TOPCON HIPER HR	Alquiler durante 5 horas: S/. 600	Alquiler - GPS Diferencial TOPCON HIPER HR	Alquiler durante 5 horas: S/. 600	Alquiler - GPS Diferencial TOPCON HIPER HR	Alquiler durante 5 horas: S/. 600
1						
2	Placas de bronce	Compra de 02 placas de bronce: S/.200	Placas de bronce	Compra de 02 placas de bronce: S/.200	Placas de bronce	Compra de 02 placas de bronce: S/.200



N	GPS	Estación total	Dron
3	Data del IGN Compra del Data rinex: S/. 119.40 01 bolsa de cemento: S/. 24 01 barra de acero (fierro): S/. 45	Data del IGN Compra del Data rinex: S/. 119.40 01 bolsa de cemento: S/. 24 01 barra de acero (fierro): S/. 45	Data del IGN Compra del Data rinex: S/. 119.40 01 bolsa de cemento: S/. 24 01 barra de acero (fierro): S/. 45
4	Monumentación de puntos de control geodésico Alquiler de molde PCG: S/. 35 02 bolsas de arena: S/. 6 01 rollo de desmoldante: S/. 9 Total: 119	Monumentación de puntos de control geodésico Alquiler de molde PCG: S/. 35 02 bolsas de arena: S/. 6 01 rollo de desmoldante: S/. 9 Total: 119	Monumentación de puntos de control geodésico Alquiler de molde PCG: S/. 35 02 bolsas de arena: S/. 6 01 rollo de desmoldante: S/. 9 Total: 119
5	Alquiler - GPS Diferencial TRIMBLE R8 S/. 2400 para 32 horas.	Alquiler - Estacion total TOPCON ES 105 S/. 1500 para 80 horas.	Alquiler - Dron PHANTOM 4 PRO V2 S/. 500 para 3 horas.
6	Personal técnico Se pagó S/. 1300 por 40 horas (2 topógrafos)	Personal técnico Se pagó S/. 2600 por 80 horas (2 topógrafos)	Personal técnico Se pagó S/. 520 por 8 horas (2 topógrafos)
7	Personal de apoyo Se pagó S/. 216.8 por 32 horas (01 auxiliar de topografía)	Personal de apoyo Se pagó S/. 1084 por 80 horas (02 auxiliares de topografía)	Personal de apoyo Se pagó S/. 54.20 por 06 horas (01 auxiliar de topografía)
8	Materiales S/. 100 (Global)	Materiales S/. 100.70 (Global)	Materiales S/. 100.70 (Global)
9	Transporte-Pasajes S/. 150 (Global)	Transporte-Pasajes S/. 600 (Global)	Transporte-Pasajes S/. 60 (Global)
10	Viáticos S/. 420 (Global)	Viáticos S/. 960 (Global)	Viáticos S/. 480 (Global)

N	GPS	Estación total	Dron
11	Elaboración de Planos Se pagó S/. 1040 por 32 horas (02 topógrafos)	Elaboración de Planos Se pagó S/. 1040 por 32 horas (02 topógrafos)	Elaboración de Planos Se pagó S/. 1560 por 48 horas (02 topógrafos)
12	Imprevistos S/. 150 (Global)	Imprevistos S/. 150 (Global)	Imprevistos S/. 100 (Global)

Fuente: elaboración propia

4.5.1. Criterio de Análisis de costos

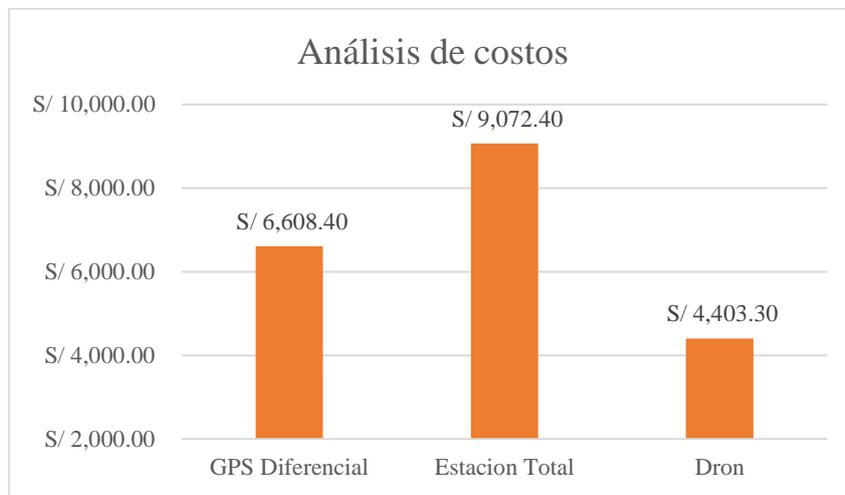


Figura 12. Análisis de costo para Estación Total, Dron y GPS

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del costo de cada uno de los métodos de levantamiento catastral, se realizó un aproximado en base a precios actualmente vigentes, así como experiencia en campo de profesionales de esta área. Por ende, trabajar con un Dron representa un menor costo (S/ 4,903.30) con respecto a los demás equipos topográficos.

4.6. ANÁLISIS INFERENCIAL

4.6.1. Prueba de la hipótesis específica 1

Para analizar la hipótesis de esta tesis se elaboró con la prueba de t student de muestras emparejadas o relacionadas porque es de las mismas unidades de estudio



obteniendo mediciones con diferentes equipos, tomando las coordenadas de los vértices de 15 manzanas tomados como muestra.

Para este análisis se realizó con el Software IBM SPSS STATISTICS (educativo), software estadístico especializado en el cual se ingresó los datos del desplazamiento entre las coordenadas de la estación total con el GPS y el desplazamiento entre las coordenadas del Dron con el GPS para así probar la hipótesis si es aceptada o rechazada.

Se plantea las siguientes hipótesis:

Ho: No existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en la precisión del plano catastral en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

H1: Existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en la precisión del plano catastral del centro poblado Uros Chulluni de Puno.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$.

Regla de decisión: Sí $p \leq 0.05$ se rechaza Ho.

El software IBM SPSS STATISTICS nos da los siguientes resultados de la prueba t

Student

Tabla 12.

Estadístico de contraste para las coordenadas de las manzanas

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error Promedio
Desplazamiento GPS y Estación total	184	,120575442	,120575442	,008913193
Desplazamiento GPS y Dron	184	,26532187	,189842827	,014033586

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 13.
Prueba t student para muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas		95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	Gl	Sig. (bilateral)
Media	Desviación	Desv. Error Promedio	Inferior	Superior				
Desplazamiento GPS y Estación total	,0144746428	,069267385	,00512039	-	0,0000197	-	367	,000
Desplazamiento GPS y Dron				0,000019721		7,6	42	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las tablas, se observa que el nivel de significancia es menor al 0.05, por lo tanto, si existe una diferencia significativa entre la estación total y Dron con respecto al sistema de posicionamiento global en la precisión del plano catastral en el centro poblado Uros Chulluni de Puno. De igual modo por regla de decisión ($p \leq 0.05$), se rechaza la hipótesis nula.

4.6.1.1. Prueba de la hipótesis específica 2

Para analizar la hipótesis de esta tesis se elaboró con el análisis de varianza ANOVA.

Donde:

Ho: No existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en los costos del plano catastral en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

H1: Existe diferencia significativa entre el dron y estación total con respecto al sistema de posicionamiento global en los costos del plano catastral en el centro poblado Uros Chulluni de Puno.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$.

Regla de decisión: Sí $p \leq 0.05$ se rechaza H_0 .

Tabla 14.
Estadístico de contraste para los costos

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10265816,11	11	933256,010	5,146	,000
Dentro de grupos	4352454,540	24	181352,273		
Total	14618270,65	35			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla, se observa que el nivel de significancia es menor al 0.05 para cada equipo topográfico, por lo tanto, existe diferencia significativa en los costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con sistema de posicionamiento global del centro poblado Uros Chulluni de Puno. De igual modo por regla de decisión ($p \leq 0.05$), se rechaza la hipótesis nula.

4.6.1.2. Cálculo de la prueba de Tukey

Tabla 15.
Resultados de la prueba de tukey de los costos

	GPS	Estación total	Dron
GPS	X	187,2666667	160,158333
Estación total		X	347,425000
Dron			X

Fuente: elaboración propia



En la tabla 15, se indica los resultados de la Prueba Estadística Tukey, teniendo como p-valor igual a 0.000, donde se observa que existe diferencia significativa en los costos de los planos catastrales obtenidos con dron y estación total con sistema de posicionamiento global del centro poblado Uros Chulluni de Puno, dado que los resultados obtenidos del levantamiento catastral con Dron presentan una menor diferencia de 160,158333. Así mismo la estación total presenta una mayor diferencia de 187,2666667, De igual modo por regla de decisión ($p \leq 0.05$), se rechaza la hipótesis nula.

4.7. DISCUSIÓN

En correspondencia al segundo objetivo específico 1,

A partir de los resultados encontrados por (Pedraza, 2019), indica que existe diferencia de precisión de trabajo entre el levantamiento tradicional con estación total y el levantamiento con Dron en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos – 2019. Donde indica que el levantamiento con Dron tiene una precisión de trabajo menor al levantamiento topográfico tradicional con estación total, la metodología que utilizó fue el procesamiento con el software Agisoft PhotoScan Professional para generar los modelados digitales y Ortofotos, en el caso del levantamiento topográfico tradicional usó el programa AutoCAD Civil 3D para la elaboración del plano. Al cual respondemos que estos resultados guardan relación con los obtenidos en esta investigación, dado que los resultados observados fueron, que el desplazamiento de las coordenadas de las 15 manzanas seleccionadas de la estación total, presenta una desviación error promedio de 0.008913193 m, en comparación al desplazamiento de las coordenadas de las 15 manzanas seleccionadas del Dron, presenta una desviación error promedio de 0.014033586 m. Dando la confiabilidad que la estación total obtiene mayor precisión que el Dron, realizando un contraste



estadístico, el nivel de significancia de P-valor es igual a 0.000, rechazándose la hipótesis nula. Existiendo diferencia significativa en la precisión de ambos equipos.

En correspondencia al segundo objetivo específico 2,

Los resultados encontrados por (Alcántara, 2021), donde el costo total por el método estación total fue de 5,079.88 soles mientras que con el método fotogramétrico con dron fue de 4,145.72 soles, donde considera un área de trabajo de 51.70 hectáreas. Con una diferencia de 934.16 soles en costo total, de esta manera afirma que el método fotogramétrico con dron es más rentable en cuanto a costos y por la cantidad de recolección de datos. la metodología fue directa, al hacer uso de una estación total Leica Ts06 plus de 5", tomando todos los detalles como las intersecciones de las calles, el límite de las viviendas y los detalles más relevantes para proyecto de obras alcantarillado. Al cual respondemos que estos resultados guardan relación con los obtenidos en esta investigación donde se concluye que el levantamiento catastral con Dron representa un menor costo de 4,903.30 soles, en comparación a la estación total con un costo de 9,072.40 soles; teniendo como base al Sistema de Posicionamiento Global con un costo de 6,608.40 soles. El contraste estadístico, tiene un nivel de significancia de P-valor igual a 0.000, rechazándose la hipótesis nula. Existiendo diferencia significativa en los costos de ambos equipos.



V. CONCLUSIONES

Al comparar la precisión de los planos catastrales, se observó que el desplazamiento de las coordenadas de las 15 manzanas seleccionadas de la estación total, presenta una desviación error promedio de 0.008913193 m, en comparación al desplazamiento de las coordenadas de las 15 manzanas seleccionadas del Dron, presenta una desviación error promedio de 0.014033586 m. Dando la confiabilidad que la estación total obtiene mayor precisión que el Dron, realizando un contraste estadístico con la prueba de t student, el nivel de significancia de P-valor es igual a 0.000, rechazándose la hipótesis nula. Existiendo diferencia significativa en la precisión de ambos equipos.

Se concluye que el levantamiento catastral con Dron representa un menor costo de 4,903.30 soles, en comparación a la estación total con un costo de 9,072.40 soles; teniendo como base al Sistema de Posicionamiento Global con un costo de 6,608.40 soles. Con el contraste estadístico de ANOVA, tiene un nivel de significancia de P-valor igual a 0.000, rechazándose la hipótesis nula. Existiendo diferencia significativa en los costos de ambos equipos.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear la estación total, para trabajos de levantamiento catastral, ya que presenta mayor precisión que el dron, respecto al sistema de posicionamiento global.

Se recomienda utilizar Drones para la elaboración de planos catastrales en zonas de menor congestión urbana, ya que se optimizan los costos, sin embargo, dificulta la identificación de la información de los linderos y volados de las viviendas en zonas urbanas. Por lo tanto, se recomienda emplear la estación total para trabajos de catastro urbano ya que facilita la toma de detalles topográficos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcántara, D. (2021). Evaluación del costo y confiabilidad de fotogrametría con drones en obras de alcantarillado en el centro poblado imperial Huancavelica. Universidad Cesar Vallejo, 54.
- Alvarez, A. (2020). Clasificación de las Investigaciones. Universidad de Lima, 3-5.
- Andrade, M. (2021). Análisis comparativo de métodos para el levantamiento físico predial del sector urbano en las golondrinas del cantón Cotacachi - provincia de Imbabura. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11192>
- Astroz, N. (2021). Factores determinantes de asociación y distribución en la propagación del Covid-19 para la ciudad de Bogotá. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/357243>
- Bello Patricio, (Levantamiento con RPAS de la Corta Atalaya de las Minas de Riotinto (Huelva) mediante técnicas GNSS de post-proceso cinemático (PPK). TESIS. Madrid, Madrid, ESPAÑA: CONGRESO SOBRE APLICACIONES DE LOS DRONES EN INGENIERIA CIVIL.
- Bentkowska-Kafel, A, y MacDonald, L. (2017). Digital Techniques for Documenting and Preserving Cultural Heritage. Arc Humanities Press. doi:<https://doi.org/10.2307/j.ctt1xp3w16>
- Cabada, J. (2019). Evaluación De Precisión y Costo En Un Levantamiento Topográfico Con Estación Total Y Aeronave Pilotada Remotamente (Rpa-Dron) En El Centro Poblado Cashapampa – Cajamarca 2018. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22186>



- Cabezas, E., Naranjo, D., y Torres , J. (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15424/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo, J. (2021). El metodo del dron de levantamiento topográfico más eficaz para el Municipio de Villanueva departamento de Casanare Colombia. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal%20Moncayo%20Joffre%20Vicente.pdf>
- Chambilla, H., y Mamani, N. (2018). Diferencia de áreas de los predios catastrales con estación total, dron e imágenes satelitales del Centro Poblado de Salcedo–Puno. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/10581>
- Del Río, O. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 14(2), 1-13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- Devote, D., y Hart, L. (2019). The Establishment of an Electromagnetic Distance Measurement Calibration. En Y. Opaluwa, J. Odumosu, E. Adesina , y O. Ajayi , National Association of Surveying and Geoinformatics Lecturers 1 st Annual General Meeting/Conference Minna 2019 (págs. 63-74). The Rock Press Venture. Obtenido de



https://www.researchgate.net/publication/331983320_The_Establishment_of_an_Electromagnetic_Distance_Measurement_Calibration

Díaz, E. (2017). Levantamiento topográfico con fines catastrales del terreno Ubicado en la comarca los Altos municipio y departamento de Masaya. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/3704/1/60554.pdf>

Dolores, L. (2017). Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulados para plano catastral en San Juan de Lurigancho 2017. Universidad César Vallejo. Repositorio UCV. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22051/Dolores_A_L.pdf?se

Dueñas, J. M. (2020). Topografía técnicas modernas. Lima: Editores marauncano E.I.R.L.

Espinoza, F. (2018). El problema de investigación. Revista Conrado, 1.

Gálvez, C. (2021). Análisis Comparativo Entre Los Resultados De Mediciones Terreno Tipo Urbano Mediante Un Levantamiento Fotogramétrico Y Levantamiento Convencional Con Estación Total. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17821/1/ECFIC-2021-IC-DE00032.pdf>

IGN. (2015). Especificaciones técnicas para el posicionamiento geodesico estatico relativo con receptores del sistema satelital de Navegación Global. Norma técnica Geodesica. Surquillo, Lima, Perú: Instituto Geografico Nacional.



- Jimenez, (2019). Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos. San Salvador: Universidad de El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20total%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20Drones%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf>
- Leiva, S., y Niño de Guzmán. (2021). Evaluación Comparativa De La Precisión En Levantamientos Topográficos Efectuados Mediante Vehículo Aéreo No Tripulado (Uav) A 50 Metros De Altura Y El Método Tradicional En La Carretera Abra Ccorao-Ccorao. Cusco: Universidad Andina del Cusco. Obtenido de https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4337/Sharon_Joddai_Tesis_bachiller_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- M. Acevedo, T. O. (2019). Optimum Balancing of the Four-Bar Linkage Using Fully Cartesian Coordinates. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 1-2.
- Martínez, R. (2020). El secreto detrás de una tesis: Cómo logré convertir mi experiencia al hacer una tesis en la solución que todo profesional necesita. Lima: CREA IMAGEN S.A.C.
- Nadolinets, L., Levin, E., y Akhmedov, D. (2017). Theodolites. En *Surveying Instruments and Technology* (CRC Press ed., págs. 43-78). Obtenido de <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315153346-3>
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2018). Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://corladancash.com/wp->



content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-
Naupas-Paitan.pdf

Pedraza, S. (2019). Analisis comparativo del levantamiento topografico tradicional y el levantamiento topografico con RPAS en la Huaca Asnapuquio, Los Olivos. Universidad Cesar Vallejo, 100.

IGP (2020). Levantamiento topografico mediante fotogramteria aerea con dron y mediciones GPS del distrito de San Pedro de Huacarpana Ica. Levantamiento topografico mediante fotogramteria aerea con dron Y mediciones GPS del distrito de San Pedro de Huacarpana Ica. LIMA, LIMA, PERU: Ministerio del ambiente - Instituto Geofisico del Peru.

Polat, Z. (2019). Evolution and future trends in global research on cadastre: a bibliometric analysis. *GeoJournal*, 84, 1121-1134. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10708-019-09973-5#citeas>

Quespaz, C. (2019). “Vehículo de detección de rutas inteligente mediante posicionamiento GPS orientado a regadíos por ambiente a escala de laboratorio”. Universidad Tecnica del Norte, 12-13.

Ramirez, A. (2019). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la ciencia*, 195-203.

Superintendencia Nacional de Registros Públicos. (2007). Manual de Levantamiento Catastral Urbano. Lima: Sistema Nacional Integrado de Información Castral Predial - SNCP.

Tarco, A., y Quispe, D. (2019). Ventajas de un levantamiento catastral con el método indirecto en cuanto a precisión, relación tiempo/ beneficio y costo/beneficio de la



Urbanización Manuel Prado sector 3 del distrito de Sicuani. Universidad Andina
del Cusco, Cusco. Obtenido de
<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3612>

Valderrama, S., y Jaimes, C. (2019). El desarrollo de la tesis. Descriptiva - comparativa,
correlacional y cuasiexperimental. Lima: Editorial San Marcos.

Valderrama, S., y Jaimes, C. (2019). El desarrollo de la tesis. Descriptiva - comparativa,
correlacional y cuasiexperimental. Lima: Editorial San Marcos.

Villegas, F. (2020). Relatividad y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Revista
de investigacion física, 1-2.

Wang, S., Li, J., Chen, J., y Hu, X. (2021). Uncertainty assessments of load deformation
from different GPS time series products, GRACE estimates and model
predictions: a case study over Europe. Remote Sensing, 13(14).
doi:<https://doi.org/10.3390/rs13142765>

Zevallos, M. (2021). Evaluación De Costos, Rapidez Y Precisión En El Levantamiento
Topográfico Realizado Con Dron En La Carretera Pillco Marca Distrito De
Cayran 2019. Huánuco: Universidad de Huánuco. Obtenido de
[http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2841/Zevallos%20Est
rada%20Manuel%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2841/Zevallos%20Est%20rada%20Manuel%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

Anexo 1. Calibración de Dron



IMPORTACIONES PEÑARANDA
CORRALES S.R.L.

Etpa. Iv Mza. G Lote. 6-a Urb. Juan
Pablo Vizcardo Guzm., J.L.ByR. -
Arequipa
Cel +51 984 125 661

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

N° de Certificado: IPC 0110/2021

N° de Servicio: 10004/GPS

Cliente: COMPANY J&P SRL

Domicilio: Jr. URUBAMBA N°175, Departamento 01 Puno

Instrumento

Descripción: EQUIPO DRONE CUADRACOPTERO

Marca: PHANTOM Modelo: 4 PRO V2

N° de Serie: 11UCF6POA40711

IMPORTACIONES PEÑARANDA CORRALES S.R.L. declara que emplea procedimientos normalizados, patrones en la calidad suficiente y de nivel de precisión adecuada, y personal competente. Los resultados son trazables a los patrones nacionales y por este medio a los patrones internacionales. El DRONE PHANTOM 4 PRO V2 pasó todas las pruebas y precisiones según fabricante y se encuentra 100% operativo.

Condiciones ambientales de medición: Temperatura 20°C

FECHA DE MANTENIMIENTO	22 MARZO 2021
FECHA DE VENCIMIENTO	22 MARZO 2022

Procedimiento Utilizado 002 DRONE NTP por IMPORTACIONES PEÑARANDA CORRALES S.R.L.

Fecha de emisión 22 MARZO 2021

CERTIFICADO POR:

IMPORTACIONES PEÑARANDA CORRALES S.R.L.

Ing. Roberto Peñaranda Corrales
GERENTE GENERAL

ROMPER O QUITAR ESTE
SELLO ANULA LA GARANTÍA





Anexo 2. Calibración de la Estación Total



Amamos la precisión, soñamos la exactitud!



INACAL

CERTIFICADO DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	05"
Marca :	TOPCON	Lectura mínima :	01"/05"
Modelo :	ES-105	Precisión de distancia :	Preciso+:1.5 mm+2 ppm Preciso Rápido:2.0 mm+2 ppm
Serie :	BS 3128	Alcance :	3,500 mts.c/01 prisma - no prisma: 400 mts

GEOTEK GROUP E.I.R.L., a través de su servicio técnico CERTIFICA que el equipo en mención se encuentra totalmente revisados, controlados, calibrados y 100% operativos; cumpliendo con las especificaciones Técnicas de fabrica y los Estándares internacionales establecidos (DIN18723).

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : C 1390
Fecha : 08/02/2022

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO

GEOTEK GROUP E.I.R.L., para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original marca SANWEI, modelo F550/TD4 con número de serie 18675120022, con una distancia focal en 500 mm; de doble retículo y uno de ellos está enfocado al infinito, el grosor de sus trazos esta dentro de 01"; que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM2A precisión al 01". con el método de lectura Directa-Inversa y referendado con un nivel automático TOPCON modelo ATB2 de precisión +/- 0.7 mm nivelación doble en 1 km. Desviación estándar basada en la norma ISO 9001 /ISO 14001 del nivel automático AT-B2 TOPCON de precisión +/- 0.7 mm en nivelación doble de 1 km. La condiciones ambientales son, en temperatura: 23.7° C con variaciones que no excedieron +/-0.5° C con una presión atmosférica de 760 mm Hg y con humedad relativa de 52%. GEOTEK GROUP E.I.R.L., no se responsabiliza por desajustes y/o descalibraciones en los equipos causados por un inadecuado transporte del mismo o mala manipulación del usuario; la periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo.

TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Certificado de calibración LLA-302-2018 emitido por INACAL – Instituto Nacional de Calidad – Laboratorio de Longitud y Ángulo.

Patrón	Marca	Modelo	Serie
Teodolito Analógico	KERN	DKM2A	343661
Nivel automático	TOPCON	AT-B2	N06908
Distanciómetro	Leica	D1	1271050421

RESULTADOS ANGULARES

ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	180°00'02"	2"	± 5" OPERATIVO
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	270°00'02"	2"	± 5" OPERATIVO

RESULTADOS DISTANCIAS INCLINADAS

OBJETIVO	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
PRISMA P01	9.078m	9.077m	-1 mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
PRISMA P02	12.132m	12.131m	-1 mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR1	16.297m	16.296m	-1 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR2	19.740m	19.742m	+2 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO

CALIBRACION Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
08/02/2022	X	X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
GEOTEK GROUP E.I.R.L. RUC: 20602910521	COMPANY J & P S.R.L. RUC: 20448498876	
 LABORATORIO GEOTEK RUC: 20602910521 Cel.: 971957848 Sello y firma	 COMPANY J & P S.R.L. CONSTRUCTORES CONTRATISTAS GENERALES Ing. JUAN SILVA FUR GERENTE GENERAL DNI. N.: 43.132789 Sello y firma	

GEOTEK GROUP E.I.R.L. RUC 20602910521 RPC 971957848
Av. Circunvalacion N°607 Urb. San Ignacio de Monterrico - Santiago de Surco - Lima - Perú



Anexo 3. Certificado de funcionamiento y operatividad de la Estación Total



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

Nº 0366-21

Nuevo Alquiler **Operatividad** Mantenimiento Reparación Garantía

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : SAUL SARDON FLORES
RUC : 10408186256
DIRECCION : AV.CIRCUNVALACION SUR # 1480 - PUNO

IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO : RECEPTOR GNSS L1 C/A, L2E, L2C, L5.
MARCA : TOPCON
MODELO : HIPER HR
SERIE : 1388 - 11601
: 1388 - 11574

GEOCAF TOPOGRAFIA SAC, Mediante su laboratorio de servicio tecnico, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones tecnicas 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
Los receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion año 2012 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los sistemas GNSS.

EQUIPOS RECEPTOR GNSS L1/L2,CA,RTK	POST PROCESO	RTK
VERTICAL	3.5mm + 0.4ppm	10mm + 0.8ppm
HORIZONTAL	3mm + 0.1ppm	5MM + 0.5ppm

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 MAXIMO DE 06 MESES ANTES DEL 20 DE MARZO DEL 2022

Los Olivos 20 de Setiembre del 2021



Felix J. Sardon E.
GERENTE

366-21



Bushnell

TOPCON

GEOMAX GARMIN SOKKIA

Cel: 959 163 118

Telf: (01) 633-1707

ventas@geocaf-topografiasac.com

Av. Las Palmeras N° 3992 - Los Olivos Lima-Perú



Anexo 4. Certificado de operatividad del GPS diferencial base



COINSER AQP SAC

CENTRO COMERCIAL LA NEGRITA OF.10
Telf. 407419-Cel 966377037 AREQUIPA

Certificado de Operatividad

N° de Certificado: COINSER 022-056/2022 N° de Servicio: 22-00097/GPS

Cliente: FEDISSER SRL
Domicilio: AV. EJERCITO NRO.445 INT.1 BARRIO NUEVA GENERACION (COSTADO DEL CUARTEL) PUNO-EL COLLAO-ILAVE
Instrumento
Descripción: GPS DIFERENCIAL BASE
Marca: TRIMBLE Modelo: R8
N°de Serie 4550103834

COINSER declara que emplea procedimientos normalizados, patrones en la calidad suficiente y de nivel de precisión adecuada, y personal competente. Los resultados son trazables a los patrones nacionales y por este medio a los patrones internacionales. En las pruebas efectuadas en tiempo real el equipo se encuentra dentro de las tolerancias del fabrica.

PRECISION LEVANTAMIENTO GPS POST PROCESO ESTATIC & FAST ESTATIC

HORIZONTAL	3mm+0.1 ppm RMS
VERTICAL	3.5mm+0.4 ppm RMS

Condiciones ambientales de medición: Temperatura 20°C

FECHA DE MANTENIMIENTO	12 ENERO 2022
FECHA DE VENCIMIENTO	12 ENERO 2023

Procedimiento Utilizado 840-ACPT.
Fecha de emisión 12 ENERO 2022

CERTIFICADO POR	SELLO DE GARANTIA
<p>TECNICO</p>  <p>Juan José Navarro Ancalla</p>	



Anexo 5. Certificado de operatividad del GPS diferencial ROBER



COINSER AQP SAC
CENTRO COMERCIAL LA NEGRITA OF.10
Telf. 407419-Cel 966377037 AREQUIPA

Certificado de Operatividad

N° de Certificado: COINSER 022-056/2022 N° de Servicio: 22-00098/GPS

Cliente: FEDISSER SRL
Domicilio: AV. EJERCITO NRO.445 INT.1 BARRIO NUEVA GENERACION (COSTADO DEL CUARTEL) PUNO-EL COLLAO-ILAVE
Instrumento
Descripción: GPS DIFERENCIAL ROBER
Marca: TRIMBLE **Modelo:** R8
N°de Serie 4544100575

COINSER declara que emplea procedimientos normalizados, patrones en la calidad suficiente y de nivel de precisión adecuada, y personal competente. Los resultados son trazables a los patrones nacionales y por este medio a los patrones internacionales. En las pruebas efectuadas en tiempo real el equipo se encuentra dentro de las tolerancias del fabrica.

PRECISION LEVANTAMIENTO GPS POST PROCESO ESTATIC & FAST ESTATIC

HORIZONTAL	3mm+0.1 ppm RMS
VERTICAL	3.5mm+0.4 ppm RMS

Condiciones ambientales de medición: Temperatura 20°C

FECHA DE MANTENIMIENTO	12 ENERO 2022
FECHA DE VENCIMIENTO	12 ENERO 2023

Procedimiento Utilizado 840-ACPT.
Fecha de emisión 12 ENERO 2022

CERTIFICADO POR	SELLO DE GARANTIA
 TECMCO Juan José Navarro Ancalia	

Anexo 6. Reconocimiento de campo



Anexo 7. Monumentación de los puntos geodésicos. Encofrado, vaciado del punto geodésico y placa del PCG



Anexo 8. Lectura de datos con GNSS en fase estático



Anexo 9. Levantamiento catastral con Dron



Anexo 10. Levantamiento catastral con estación total



Anexo 11. Reporte del procesamiento y/o ajuste de red generado por el software Leica Geosystems (educativo)

Station Id: PCG01

Antenna IGS Name:	TPSHIPER_HR	Occupation Mode:	Static	Point Role:	Fixed PP
Receiver Name:	TPS HIPER_HR	Start Time:	18/01/2022 10:19:59	Satellite System:	GPS/GLONASS
Receiver Serial Number:	W1WNE8GBKOO	End Time:	18/01/2022 13:19:44	Sampling Rate:	1.00 sec
Ant. Height:	1.5730 m	Duration:	02:59:45		
WGS84 Latitude:	15° 49' 00.53876" S	WGS84 Cartesian X:	2,101,527.8056 m	Easting:	393,840.6871 m
WGS84 Longitude:	69° 59' 28.61062" W	WGS84 Cartesian Y:	-5,771,167.3924 m	Northing:	8,251,076.8868 m
Ellip. Height:	3,859.7093 m	WGS84 Cartesian Z:	-1,728,285.6767 m	Ortho. Height:	3,813.9112 m



Station Id: PCG02

Antenna IGS Name:	TPSHIPER_HR	Occupation Mode:	Static	Point Role:	Fixed PP
Receiver Name:	TPS HIPER_HR	Start Time:	18/01/2022 11:36:42	Satellite System:	GPS/GLONASS
Receiver Serial Number:	W037DEGVFC	End Time:	18/01/2022 14:36:26	Sampling Rate:	1.00 sec
Ant. Height:	1.4610 m	Duration:	02:59:44		
WGS84 Latitude:	15° 48' 41.20072" S	WGS84 Cartesian X:	2,101,511.2951 m	Easting:	393,761.3890 m
WGS84 Longitude:	69° 59' 31.18179" W	WGS84 Cartesian Y:	-5,771,345.8134 m	Northing:	8,251,670.7772 m

Phase Center Offset

GPS	Reference - TRM115000.00 TZGD		Rover - TPSHIPER_HR	
	L1	L2	L1	L2
East	0.0000 m	0.0002 m	-0.0009 m	-0.0004 m
North	0.0006 m	0.0007 m	0.0010 m	0.0037 m
Up	0.0644 m	0.0573 m	0.0947 m	0.0910 m

GLONASS	L1		L2	
	L1	L2	L1	L2
East	0.0000 m	0.0002 m	-0.0009 m	-0.0004 m
North	0.0006 m	0.0007 m	0.0010 m	0.0037 m
Up	0.0644 m	0.0573 m	0.0947 m	0.0910 m

Coordinates

	Reference - PU02	Rover - PCG01		Reference - PU02	Rover - PCG01
Point Role:	Control	Fixed PP			
WGS84 Latitude:	15° 30' 51.75428" S	15° 49' 00.53876" S	Easting:	373,508.2286 m	393,840.6871 m
WGS84 Longitude:	70° 10' 45.77081" W	69° 59' 28.61062" W	Northing:	8,284,432.1649 m	8,251,076.8868 m
WGS84 Ellip. Height:	3,880.6368 m	3,859.7093 m	Ortho. Height:	3,834.4703 m	3,813.9112 m
WGS84 Cartesian X:	2,085,642.8147 m	2,101,527.8056 m			
WGS84 Cartesian Y:	-5,786,561.0415 m	-5,771,167.3924 m			
WGS84 Cartesian Z:	-1,696,048.2442 m	-1,728,285.6767 m			

Baseline Vector and Quality - WGS84

ΔLatitude:	-0° 18' 08.78448"	SD ΔLatitude:	0.0002 m
ΔLongitude:	0° 11' 17.16019"	SD ΔLongitude:	0.0002 m
ΔHeight:	-20.9276 m	SD ΔHeight:	0.0005 m
ΔX:	15,884.9909 m	SD ΔX:	0.0003 m
ΔY:	15,393.6491 m	SD ΔY:	0.0005 m
ΔZ:	-32,237.4325 m	SD ΔZ:	0.0002 m
Slope Dist.:	39,096.6677 m	SD Slope Dist.:	0.0002 m

Processing Info (18/01/2022 11:36:42 - 18/01/2022 14:36:26)

Processed Date/Time: 20/01/2022 22:43:44

Satellites

Satellite System	Used	Manually Disabled
GPS	G01 G03 G08 G10 G16 G21 G23 G26 G27 G31 G32	-
GLONASS	R02 R03 R04 R05 R14 R15 R17 R18 R19 R24	-



Phase Center Offset

GPS	Reference - TRM115000.00 TZGD		Rover - TPSHIPER_HR	
	L1	L2	L1	L2
East	0.0000 m	0.0002 m	-0.0009 m	-0.0004 m
North	0.0006 m	0.0007 m	0.0010 m	0.0037 m
Up	0.0644 m	0.0573 m	0.0947 m	0.0910 m

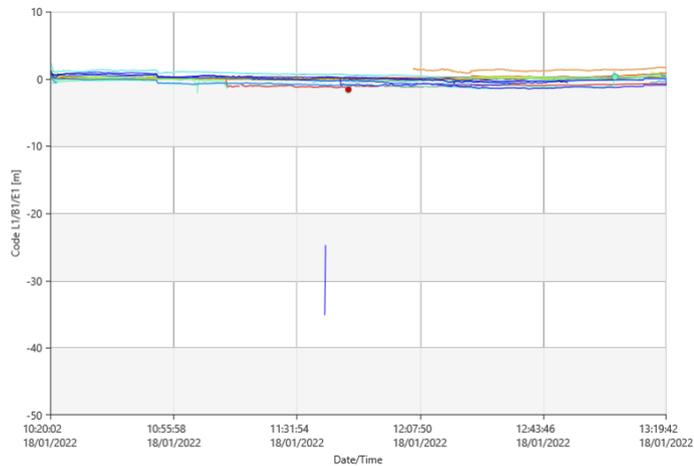
GLONASS	L1		L2	
	L1	L2	L1	L2
East	0.0000 m	0.0002 m	-0.0009 m	-0.0004 m
North	0.0006 m	0.0007 m	0.0010 m	0.0037 m
Up	0.0644 m	0.0573 m	0.0947 m	0.0910 m

Coordinates

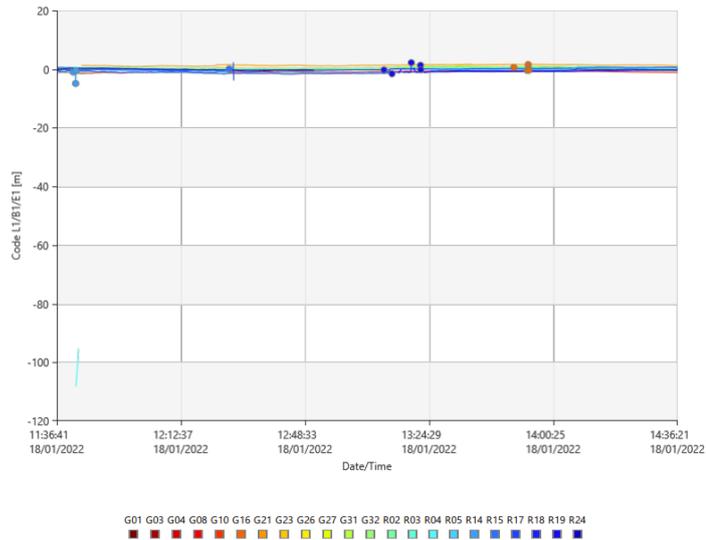
	Reference - PU02	Rover - PCG02	Reference - PU02	Rover - PCG02
Point Role:	Control	Fixed PP		
WGS84 Latitude:	15° 30' 51.75428" S	15° 48' 41.20072" S	Easting:	373,508.2286 m
WGS84 Longitude:	70° 10' 45.77081" W	69° 59' 31.18179" W	Northing:	8,284,432.1649 m
WGS84 Ellip. Height:	3,880.6368 m	3,859.6223 m	Ortho. Height:	3,834.4703 m
WGS84 Cartesian X:	2,085,642.8147 m	2,101,511.2951 m		3,813.8095 m
WGS84 Cartesian Y:	-5,786,561.0415 m	-5,771,345.8134 m		
WGS84 Cartesian Z:	-1,696,048.2442 m	-1,727,713.3901 m		

Baseline Vector and Quality - WGS84

ΔLatitude:	-0° 17' 49.44644"	SD ΔLatitude:	0.0002 m
ΔLongitude:	0° 11' 14.58902"	SD ΔLongitude:	0.0002 m
ΔHeight:	-21.0146 m	SD ΔHeight:	0.0005 m
ΔX:	15,868.4804 m	SD ΔX:	0.0003 m
ΔY:	15,215.2281 m	SD ΔY:	0.0005 m
ΔZ:	-31,665.1459 m	SD ΔZ:	0.0002 m
Slope Dist.:	38,548.5837 m	SD Slope Dist.:	0.0002 m



G01 G03 G08 G10 G16 G18 G21 G23 G26 G27 G29 G31 G32 R01 R02 R03 R04 R05 R13 R14 R15 R17 R18 R24



Anexo 12. Ocupaciones del GPS

Nombre punto	tipo de antena	Altura de antena(m)	Método Altura Ant	Fecha y hora de inicio	Fecha y hora final	Duración (Hrs,min,seg.)
PU02	TRM115000.00 TZGD	0.075	Vertical	18/01/2022 10:19	18/01/2022 18:59	23:59:55
PCG1	TPSHIPER_HR	1.573	Inclinada	18/01/2022 10:19	18/01/2022 13:19	2:59:45
PCG2	TPSHIPER_HR	1.461	Inclinada	18/01/2022 11:36	18/01/2022 11:36	2:59:44

Anexo 13. Coordenadas UTM WGS-84

Nombre del punto	Coord Este cuadrícula (m)	Coord Norte cuadrícula (m)	Elevación (Datum)	Altura Elipsoidal (m)	Ondulación del geoide (m)
PU02	373508.2286	8284432.165	3834.4703	3880.6368	46.1665
PCG1	393840.6871	8251076.887	3813.9112	3859.7093	45.7981
PCG2	373508.2286	8251670.777	3813.8095	3859.6223	45.81

Anexo 14. Ficha del punto de control geodésico PCG1

PROYECTO:			
“ANÁLISIS COMPARATIVO EN EL DESPLAZAMIENTO Y COSTOS DE LOS PLANOS CATASTRALES OBTENIDOS CON DRON, ESTACIÓN TOTAL Y SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL DEL CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI DE PUNO”			
CÓDIGO:	UBICACIÓN:	ESTABLECIDO POR:	
PCG1	DICHO PUNTO GEODÉSICO HA SIDO MONUMENTADO Y EMPOTRADO CON CONCRETO AL FRENTE DE LA IGLESIA DEL CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI.	Bach. ALVARO ALDO DURAN LUJANO Bach. YANETH ESTRELLA MAMANI	
LATITUD (S):	LONGITUD (O):	ALTITUD GEOIDAL:	ALTITUD ELIPSOIDAL:
15° 49' 00.53876" S (WGS-84)	69° 59' 28.61062" W (WGS-84)	3,859.7093 m.s.n.m.m EGM2008	3,813.9112 m.s.n.m.m EGM2008
ESTE (WGS-84): UTM	NORTE (WGS-84): UTM	ZONA:	ORDEN:
393,840.6871 m	8,251,076.8868 m	19L - SUR	“C”
COORD. TOPOGRÁFICAS ESTE (WGS-84) A PARTIR DE PU02:	393857.6163	COORD. TOPOGRÁFICAS NORTE (WGS-84) A PARTIR DE PU02:	8251049.1136
CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO GEODÉSICO:			
<p>EL PUNTO GEODÉSICO ESTA MATERIALIZADO CON CONCRETO, EN LA PARTE SUPERIOR LLEVA UN DISCO DE BRONCE EMPOTRADO DE 7 CM DE DIÁMETRO EL MISMO QUE LLEVA LA INSCRIPCIÓN EN LA PARTE CENTRAL DE PCG1, Y EN LOS BORDES TIENE LAS SIGUIENTES NOMENCLATURAS: INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA U.N.A., SE PROHÍBE DESTRUIR, C. ENE-2022 Y EN LA PARTE INFERIOR PROPIEDAD PRIVADA, EL MENCIONADO PUNTO GEODÉSICO SE HA ESTABLECIDO Y GEORREFERENCIADO AL FRENTE DE LA IGLESIA DEL CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI, EL PUNTO SE ENCUENTRA EMPOTRADO CON CONCRETO.</p>			
UBICACIÓN:			
			
DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LUGAR:
PUNO	PUNO	PUNO	CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI
ELABORADO POR:		REFERENCIA:	FECHA:
Bach. ALVARO ALDO DURAN LUJANO Bach. YANETH ESTRELLA MAMANI		CARTA NACIONAL 32X – ACORA 1:100000	ENERO - 2022

Anexo 15. Ficha del punto de control geodésico PCG2

PROYECTO:			
“ANÁLISIS COMPARATIVO EN EL DESPLAZAMIENTO Y COSTOS DE LOS PLANOS CATASTRALES OBTENIDOS CON DRON, ESTACIÓN TOTAL Y SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL DEL CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI DE PUNO”			
CÓDIGO:	UBICACIÓN:	ESTABLECIDO POR:	
PCG2	DICHO PUNTO GEODÉSICO HA SIDO MONUMENTADO Y EMPOTRADO CON CONCRETO A LA ENTRADA DEL PUERTO DEL CENTRO POBLADO DE CHULLUNI	Bach. ALVARO ALDO DURAN LUJANO Bach. YANETH ESTRELLA MAMANI	
LATITUD (S): 15° 48' 41.20072"S (WGS-84)	LONGITUD (O): 69° 59' 31.18179"W (WGS-84)	ALTITUD GEOIDAL: 3,813.8095 m.s.n.m.m EGM2008	ALTITUD ELIPSOIDAL: 3,859.6223 m.s.n.m.m EGM2008
ESTE (WGS-84): UTM 393761.3890	NORTE (WGS-84): UTM 8251670.7772	ZONA: 19L - SUR	ORDEN: “C ,”
COORD. TOPOGRÁFICAS ESTE (WGS-84) A PARTIR DE PU02:	393778.2509	COORD. TOPOGRÁFICAS NORTE (WGS-84) A PARTIR DE PU02:	8251643.5032
CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO GEODÉSICO:			
<p>EL PUNTO GEODÉSICO ESTA MATERIALIZADO CON CONCRETO, EN LA PARTE SUPERIOR LLEVA UN DISCO DE BRONCE EMPOTRADO DE 7 CM DE DIÁMETRO EL MISMO QUE LLEVA LA INSCRIPCIÓN EN LA PARTE CENTRAL DE PCG2, Y EN LOS BORDES TIENE LAS SIGUIENTES NOMENCLATURAS: INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA U.N.A, SE PROHIBE DESTRUIR, C, ENE-2022 Y EN LA PARTE INFERIOR PROPIEDAD PRIVADA, EL MENCIONADO PUNTO GEODÉSICO SE HA ESTABLECIDO Y GEORREFERENCIADO A LA ENTRADA DEL PUERTO DEL CENTRO POBLADO DE CHULLUNI, EL PUNTO SE ENCUENTRA EMPOTRADO CON CONCRETO.</p>			
UBICACIÓN:			
			
DEPARTAMENTO: PUNO	PROVINCIA: PUNO	DISTRITO: PUNO	LUGAR: CENTRO POBLADO UROS CHULLUNI
ELABORADO POR: Bach. ALVARO ALDO DURAN LUJANO Bach. YANETH ESTRELLA MAMANI		REFERENCIA: CARTA NACIONAL 32X - ACORA 1:100000	FECHA: ENERO - 2022

Anexo 16. Puntos de control geodésicos convertidos de geodésicas a topográficas

COORDENADAS UTM - WGS84		FACTORES DE CONVERSION				DIRECCION - AZ			COORDENADAS TOPOGRAFICAS - WGS84				
PUNTO	ESTE - geodésicas	NORTE - geodésicas	ELEVACION	DIST. PROY. XY	FAC ESCALA K	Dist. Elip XY	Dist Topo XY	G	M	S	ESTE (Metros)	NORTE (Metros)	ELEVACION (Metros)
PU02	373508.2286	8284432.1649	3834.4703								373508.2286	8284432.1649	3834.470
PCG1	393840.6871	8251076.8868	3813.9112	39063.838	0.999767333	39072.929	39096.364	148	38	4.8	393857.6163	8251049.1136	3813.911
PCG2	393761.3890	8251670.7772	3813.8095	38516.218	0.999767447	38525.177	38548.283	148	16	31.99	393778.2509	8251643.5032	3813.810



Anexo 17. Planos