



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



PLANO BASE CATASTRAL URBANO A PARTIR DE
FOTOGRAMETRÍA CON DRON COMPROBADO CON
ESTACIÓN TOTAL – BARRIO SANTIAGO DE CHEJOÑA, PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JESÚS HARDY QUISPE LOPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Quiero dedicar de manera muy especial a mis padres Juan Lázaro Quispe Gordillo, Vianney Estefa Lope Choque y hermana Hesione Blanca Quispe Lope quienes fueron mi apoyo importante en mi camino denominado vida, inculcándome valores y principios los cuales contribuyeron a formarme como persona y profesional.

JESÚS HARDY QUISPE LOPE



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, a mi querida escuela profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura por haberme acogido durante cinco años para formarme como profesional. También agradezco de forma muy especial al director de mi tesis y los jurados que con sus observaciones orientaron este estudio facilitando la culminación.

JESÚS HARDY QUISPE LOPE



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas específicos..... 16

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 16

1.3.1. Hipótesis general 16

1.3.2. Hipótesis específicas..... 16

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 17

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 18

1.5.1. Objetivo general 18

1.5.2. Objetivos específicos 18



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES	19
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes internacionales	20
2.2. MARCO TEÓRICO	21
2.2.1. Obtención de cartografía	21
2.2.2. Sistema global de navegación por satélite (GNSS).....	22
2.2.3. Datum	24
2.2.4. Control geodésico	25
2.2.5. Catastro.....	28
2.2.6. Drones.....	30
2.2.7. Fotogrametría	32
2.2.8. Topografía	40
2.2.9. Nivelación topográfica	43
2.2.10. Metodología para el levantamiento catastral urbano.....	45
2.2.11. Conversión y Transformación de coordenadas	48
2.3. MARCO CONCEPTUAL	49
2.3.1. Geodesia	49
2.3.2. Geoide.....	49
2.3.3. Elipsoide	50
2.3.4. Georreferenciación	50
2.3.5. Cartografía.....	50
2.3.6. Ortofoto	50



2.3.7. Ground sample distance (GSD).....	51
2.3.8. Resolución de imagen.....	51
2.3.9. Estación Total.....	51
2.3.10. Coordenadas	51
2.3.11. Exactitud.....	51
2.3.12. Precisión	52
2.3.13. Zona Urbana	52
2.3.14. Manzana.....	52
2.3.15. Predio.....	52
2.3.16. Predio Urbano.....	52
2.3.17. Altimetría.....	52
2.3.18. Software Pix4D Mapper	53
2.3.19. Software AutoCAD Civil 3D	53
2.3.20. Planimetría.....	53

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	54
3.1.1. Ubicación política.....	54
3.1.2. Ubicación UTM – Datum WGS 84	54
3.1.3. Ubicación geográfica – Datum WGS 84	54
3.1.4. Límites	55
3.1.5. Vías de acceso	55
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	56
3.2.1. Materiales	56



3.2.2. Equipos e Instrumentos	56
3.2.3. Software.....	57
3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.3.1. Tipo de Investigación	57
3.3.2. Nivel de investigación	57
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	57
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	58
3.5.1. Población	58
3.5.2. Muestra	58
3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.7. VARIABLES	58
3.7.1. Variable independiente	58
3.7.2. Variable dependiente	58
3.8. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	59
3.8.1. Flujograma de los trabajos en campo y gabinete.....	59
3.8.2. Método Indirecto – Fotogrametría.....	60
3.8.3. Método Directo – Estación Total.....	82

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	90
4.1.1. Coordenadas de los predios	90
4.1.2. Distancias, áreas y perímetros de predios.....	92
4.1.3. Diferencias y desplazamientos de los vértices de predios.....	94
4.1.4. Diferencias de distancias, áreas y perímetros de predios	96



4.1.5.	Altitudes de los perfiles longitudinales	98
4.1.6.	Diferencia de altitudes de los perfiles longitudinales	99
4.2.	RESULTADO PARA EL OBJETIVO GENERAL.....	100
4.3.	RESULTADO PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1	100
4.3.1.	Prueba de hipótesis	100
4.3.2.	Planteamiento de hipótesis	100
4.3.3.	Nivel de significancia	100
4.3.4.	Prueba estadística	101
4.3.5.	Toma de decisión.....	101
4.3.6.	Interpretación.....	102
4.4.	RESULTADO PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2	102
4.4.1.	Prueba de hipótesis	102
4.4.2.	Planteamiento de hipótesis	103
4.4.3.	Nivel de significancia	103
4.4.4.	Prueba estadística	103
4.4.5.	Toma de decisión.....	107
4.4.6.	Interpretación.....	107
4.5.	RESULTADO PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3	108
4.5.1.	Prueba de hipótesis	108
4.5.2.	Planteamiento de hipótesis	108
4.5.3.	Nivel de significancia	108
4.5.4.	Prueba estadística	108
4.5.5.	Toma de decisión.....	109
4.5.6.	Interpretación.....	110



4.6. TOLERANCIAS PLANIMÉTRICAS Y ALTIMÉTRICAS	110
4.6.1. Tolerancias Método – Fotogrametría	110
4.6.2. Tolerancias Método – Estación Total.....	111
4.7. TOLERANCIAS CATASTRALES URBANAS	112
4.8. DISCUSIÓN	113
V. CONCLUSIONES.....	115
VI. RECOMENDACIONES	117
VII. REFERENCIAS.....	118
ANEXOS.....	122

Área: Fotogrametría.

Línea: Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de mayo de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Obtención de cartografía.	21
Figura 2: Sistema de navegación por satélite.	23
Figura 3: Método diferencial RTK.	24
Figura 4: Catastro urbano	29
Figura 6: Dron de ala fija.....	31
Figura 7: Dron de ala rotatoria.....	32
Figura 8: Diferencia entre fotogrametría aérea y teledetección.....	33
Figura 9: Líneas de vuelo fotogramétrico.....	35
Figura 10: Traslape longitudinal.....	36
Figura 11: Traslape transversal.....	36
Figura 12: Traslape longitudinal y transversal de la línea de vuelo.	36
Figura 13: Estructura de un MDT.....	38
Figura 14: Modelo digital de elevaciones.....	39
Figura 15: Modelo digital de superficie.....	39
Figura 16: Ortorrectificación y ortoimagen.	40
Figura 17: Ortomosaico.	40
Figura 18: Representación del terreno en un plano.	41
Figura 19: Poligonal cerrada.....	42
Figura 20: Poligonal abierta con control.	43
Figura 21: Poligonal abierta sin control.....	43
Figura 22: Nivelación geométrica.	44
Figura 23: Nivelación trigonométrica.....	45
Figura 24: Acceso desde la plaza de armas al lugar de investigación.	55



Figura 25: Plano existente del lugar de investigación.	60
Figura 26: Imagen satelital del lugar de investigación.	60
Figura 27: Vista aérea de la ubicación de los puntos de control geodésicos.	61
Figura 28: Georreferenciación del punto de control geodésico PCG1.	62
Figura 29: Georreferenciación del punto de control geodésico PCG2.	63
Figura 30: Vista aérea de la ubicación de los puntos de fotocontrol.	64
Figura 31: Ejecución del vuelo fotogramétrico.	67
Figura 32: Descarga de las fotografías al computador.	68
Figura 33: Creación de un nuevo proyecto.	68
Figura 34: Importación de las fotografías.	69
Figura 35: Conversión de coordenadas UTM a Planas.	70
Figura 36: Importación y geolocalización de las fotografías aéreas.	71
Figura 37: Georreferenciación de los puntos de fotocontrol terrestre.	72
Figura 38: Procedimiento inicial.	72
Figura 39: Generación de la nube de puntos densa.	73
Figura 40: Generación de la nube de puntos densa.	74
Figura 41: Clasificación de la nube de puntos.	74
Figura 42: Importación del ortomosaico al AutoCAD Civil 3D.	75
Figura 43: Vectorización del predio en las fotografías.	75
Figura 44: Vectorización de los predios del lugar de investigación.	76
Figura 45: Exportación de la nube de puntos en formato LAS.	76
Figura 46: Importación de la nube de puntos en formato LAS.	77
Figura 47: Exportación de la nube de puntos en formato RCS.	77
Figura 48: Asignación del sistema de coordenadas.	78



Figura 49: Importación de la nube de puntos.	78
Figura 50: Creación de superficie.....	79
Figura 51: Asignación de distancia entre puntos.....	79
Figura 52: Filtración de puntos.....	80
Figura 53: Generación de superficie.....	80
Figura 54: Creación del alineamiento.....	81
Figura 55: Creación del perfil longitudinal.	82
Figura 56: Ubicación de los puntos de la poligonal cerrada de apoyo.	82
Figura 57: Compensación de los puntos de la poligonal topográfica WGS 84.	83
Figura 58: Levantamiento topográfico con Estación Total.	84
Figura 59: Asignación del sistema de coordenadas.....	86
Figura 60: Importación de puntos.....	86
Figura 61: Vectorización de predios.....	87
Figura 62: Generación de superficie.....	88
Figura 63: Generación de alineamiento.....	88
Figura 64: Generación del perfil longitudinal.	89



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los puntos geodésicos.	26
Tabla 2: Número mínimo de estaciones de control de la REGGEN.	28
Tabla 3: Separación máxima entre estaciones de control de la REGGEN.	28
Tabla 4: Tolerancias registral urbana.	30
Tabla 5: Tolerancias planimétricas.	47
Tabla 6: Tolerancias altimétricas.	48
Tabla 7: Ubicación UTM – Datum WGS 84 del lugar de investigación.	54
Tabla 8: Ubicación geográfica – Datum WGS 84 del lugar de investigación.	54
Tabla 9: Límites del lugar de investigación.	55
Tabla 10: Vías de acceso al lugar de investigación.	55
Tabla 11: Vías de acceso al lugar de investigación.	56
Tabla 12: Vías de acceso al lugar de investigación.	56
Tabla 13: Vías de acceso al lugar de investigación.	57
Tabla 14: Coordenadas UTM – WGS 84 de los puntos de control geodésicos.	62
Tabla 15: Coordenadas UTM – WGS 84 de los puntos de fotocontrol.	64
Tabla 16: Coordenadas planas de los puntos de fotocontrol.	70
Tabla 17: Puntos de la poligonal topográfica WGS 84.	83
Tabla 18: Coordenadas de predios 1 al 6.	90
Tabla 19: Coordenadas de predios 7 al 15.	91
Tabla 20: Distancias, áreas y perímetros de predios 1 al 7.	92
Tabla 21: Distancias, áreas y perímetros de predios 8 al 15.	93
Tabla 22: Diferencias y desplazamientos de los vértices de predios 1 al 7.	94
Tabla 23: Diferencias y desplazamientos de los vértices de predios 8 al 15.	95



Tabla 24: Diferencias de distancias, áreas y perímetros de predios 1 al 8.	96
Tabla 25: Diferencias de distancias, áreas y perímetros de predios 9 al 15.	97
Tabla 26: Altitudes de los perfiles longitudinales	98
Tabla 27: Diferencia de las altitudes de perfiles longitudinales.	99
Tabla 28: Comparación de áreas con la prueba T - Student.	101
Tabla 29: Comparación de perímetros con la prueba T - Student.	101
Tabla 30: Comparación de las coordenadas en conjunto de todos los lotes.	103
Tabla 31: Comparación de las coordenadas individuales de los lotes 1 al 9.	104
Tabla 32: Comparación de las coordenadas individuales de los lotes 9 al 15.	105
Tabla 33: Comparación de las distancias en conjunto de todos los lotes.	105
Tabla 34: Comparación de las distancias individuales de todos los lotes.	106
Tabla 35: Comparación de las altitudes de todos los perfiles longitudinales.	109
Tabla 36: Comparación de las altitudes individuales de perfiles longitudinales.	109
Tabla 37: Tolerancia método fotogrametría.	110
Tabla 38: Tolerancia método Estación Total – planimetría.	111
Tabla 39: Tolerancia método Estación Total – altimétrica.	111
Tabla 40: Diferencia de áreas y tolerancias catastrales urbanas.	112
Tabla 41: Porcentaje de error y tolerancias catastrales urbanas.	112



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

GNSS: Global Navigation Satelital System (Sistema Global de Navegación por Satélite)

GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)

RTK: Real Time Kinematic (Posicionamiento Cinemático en Tiempo Real)

GSD: Ground Sample Distance (Distancia de Muestra de Tierra)

IMU: Unidad de Medida Inercial

IGN: Instituto Geográfico Nacional

MDE: Modelo Digital de Elevaciones

MDT: Modelo Digital de Terreno

MDS: Modelo Digital de Superficie

PCG: Puntos de Control Geodésico

REGGEN: Red Geodésica Geocéntrica Nacional

UTM: Universal Transversal de Mercator

WGS 84: World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984)



RESUMEN

La tesis titulada “Plano Base Catastral Urbano a Partir de Fotogrametría con Dron Comprobado con Estación Total - Barrio Santiago de Chejoña, Puno” se ha realizado en el distrito y provincia de Puno. El objetivo general es generar el plano base catastral urbano a partir de fotogrametría con Dron y su comprobación con Estación Total. La investigación se desarrolló primeramente estableciendo dos puntos de control geodésicos de orden “C” debidamente enlazados a la Red Geodésica Nacional del Perú, posteriormente se han ubicado puntos de fotocontrol en todo el área de estudio a partir del punto geodésico PCG1, seguidamente se realizó el plan de vuelo de tal manera que se abarque todo el área de interés, con las fotografías capturadas se efectuó el post proceso obteniendo una ortofoto y posteriormente el plano base catastral del barrio. Finalmente se realizó la poligonal de apoyo georreferenciada para la corroboración del plano base catastral urbano con una Estación Total. Los resultados de ambas metodologías fueron procesados, evaluados y validados mediante la prueba estadística T – Student. Se obtuvieron resultados estadísticamente con un intervalo de confianza del 95 % en el que se determinó que las coordenadas planas, distancias, áreas y perímetros son iguales estadísticamente y cumplen con las tolerancias catastrales afirmando así la hipótesis general planteada; en cambio las altitudes son estadísticamente diferentes. En conclusión, las mediciones realizadas con Dron a una altura de 100 metros son aceptables para la elaboración de planos bases catastrales; sin embargo, las altitudes obtenidas con Dron tienen variaciones.

Palabras Clave: Plano Base Catastral, Dron, Fotogrametría, Catastro Urbano, Estación Total.



ABSTRACT

The thesis entitled "Urban Cadastral Base Plan from Photogrammetry with Drone Checked with Total Station - Barrio Santiago de Chejoña, Puno" has been carried out in the district and province of Puno. The general objective is to generate the urban cadastral base plan from photogrammetry with a Drone and its verification with a Total Station. The investigation was developed first by establishing two geodetic control points of order "C" duly linked to the National Geodetic Network of Peru, later photocontrol points have been located throughout the study area from the PCG1 geodetic point, then the flight plan in such a way that the entire area of interest is covered, with the captured photographs the post process was carried out, obtaining an orthophoto and later the cadastral base plan of the neighborhood. Finally, the georeferenced support traverse was carried out for the corroboration of the urban cadastral base plan with a Total Station. The results of both methodologies were processed, evaluated and validated using the T-Student statistical test. Statistical results were obtained with a confidence interval of 95% in which it was determined that the flat coordinates, distances, areas and perimeters are statistically equal and comply with the cadastral tolerances, thus affirming the general hypothesis raised; instead the altitudes are statistically different. In conclusion, the measurements made with a drone at a height of 100 meters are acceptable for the elaboration of cadastral base plans; however, the altitudes obtained with the Drone have variations.

Keywords: Cadastral Base Plan, Drone, Photogrammetry, Urban Cadastre, Total Station.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A medida que transcurre el tiempo, se observa cada vez más el crecimiento urbano de las ciudades en el Perú, generando la necesidad de vivienda debido a muchos factores, entre ellos tenemos la migración de las personas del área rural a las ciudades por buscar mejores oportunidades. Por consiguiente, esto refleja un crecimiento urbano desordenado, evidenciando la escasa labor de las municipalidades que muchas veces no pueden controlar este crecimiento urbano acelerado, manifestándose a través de invasiones, propiedades informales y otros.

La municipalidad provincial de Puno hasta la fecha no cuenta con planos catastrales actualizados y debidamente georreferenciados por barrios; tal es el caso del barrio Santiago de Chejoña, debido al desconocimiento e importancia del catastro por parte de las autoridades municipales y la aparente escasez de recursos para mantener actualizada la información catastral urbana. Este problema, al parecer, no solamente es peculiar en Puno, sino que todos los departamentos del Perú.

En la actualidad, como se sabe el plano base catastral es de suma importancia para controlar el crecimiento urbano de manera ordenada y planificada, en tal sentido esta investigación realiza el plano base catastral urbano mediante la fotogrametría aplicando vehículos aéreos no tripulados (drones) y comprueba los resultados haciendo uso de la Estación Total para así poder contribuir al barrio y a la gestión del gobierno municipal por el bien común de ambas partes.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Es preciso aplicar fotogrametría con Dron para la generación del plano base catastral urbano en comprobación con una Estación Total?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Se puede generar un plano base catastral urbano mediante el proceso fotogramétrico con Dron?
- ¿Las coordenadas planas y distancias obtenidas a través del proceso fotogramétrico con Dron son precisas al comprobar con una Estación Total?
- ¿Las altitudes obtenidas a través del proceso fotogramétrico con Dron son precisas al comprobar con una Estación Total?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

- El plano base catastral urbano generado a partir de fotogrametría con Dron es preciso al comprobar con una Estación Total.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Es posible generar el plano base catastral urbano mediante el proceso fotogramétrico con Dron.
- Son precisas las coordenadas planas y distancias obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.
- Son precisas las altitudes obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con una Estación Total.



1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Hoy en día los trabajos catastrales no son tomados en cuenta por las gestiones gubernamentales locales, probablemente por el desconocimiento y utilización del catastro urbano. Con esta información se puede desarrollar diferentes actividades como: inventarios, valuaciones, planificación del crecimiento urbano, recaudación de impuestos, planificación de obras públicas y planteamiento de futuros proyectos de desarrollo, con el fin de contribuir a una mejor toma de decisiones y por consiguiente mejorar las condiciones de vida para los ciudadanos ya que el catastro es multifinalitario. Para la implementación de un catastro es de suma importancia el plano base catastral, por tal motivo, la presente investigación ha utilizado la fotogrametría con Dron para la generación del plano base catastral urbano y su comprobación con Estación Total.

Con el avance de la tecnología se han desarrollado los vehículos aéreos no tripulados (drones), estos equipos poseen muchas aplicaciones, una de ellas, es el catastro urbano. Estas tecnologías tienen la ventaja de recorrer grandes extensiones en menos tiempo, abarcar zonas de difícil acceso, generar menores costos y otros beneficios que ofrece en comparación con los métodos tradicionales; así mismo, haciendo uso de la fotogrametría con Dron y programas especializados, se puede obtener información planimétrica y altimétrica. Es por ello que conocer las precisiones para trabajos catastrales urbanos es de suma importancia y a la vez verificar si se encuentra dentro de los márgenes de errores permitidos y de esta manera realizar la generación óptima del plano base catastral urbano.

(Tacca, 2015). En su investigación concluyó que los resultados obtenidos con dron son muy similares al de la Estación Total. En cambio, el método directo tiene menor costo, requiere menos tiempo y mano de obra que el método directo.



(Sanchez, 2017). De igual forma realizó su estudio orientado a identificar el nivel de confiabilidad que posee el Dron respecto al levantamiento topográfico de la plaza San Luis, donde concluyó que la fotogrametría con drones brinda datos precisos y exactos comparado con el levantamiento de la Estación Total. Por lo tanto, el Dron es confiable para realizar este tipo de procedimientos.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

- Generar el plano base catastral urbano del barrio Santiago de Chejoña a partir de fotogrametría con Dron y su comprobación con Estación Total.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el proceso fotogramétrico con Dron para generar el plano base catastral urbano.
- Comprobar con Estación Total las coordenadas planas y distancias obtenidas del proceso fotogramétrico con Dron.
- Comprobar con Estación Total las altitudes obtenidas del proceso fotogramétrico con Dron.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes nacionales

Se toma en cuenta este estudio denominado “Empleo de métodos fotogramétricos a través de Drones para el mejoramiento de plano catastral en San Juan de Lurigancho en el 2017”, donde determinó si el método fotogramétrico con drones mejora el plano catastral. Concluye que la fotogrametría que se realiza con drones es innovador y moderno para la creación de un plano catastral, además de ello complementando con el método tradicional permite obtener datos con buena calidad del suelo para el diseño adecuada de un plano catastral. (Dolores, 2017)

Por otro lado, se considera esta investigación denominada “Procedimientos aplicados para el levantamiento catastral con Dron y el proceso geoespacial en el asentamiento de los Olivos de Pro”, donde propusieron realizar el levantamiento de datos catastrales aplicando el Dron, buscando facilitar desarrollar dicho proceso de manera rápida tanto el levantamiento como proceso geoespacial en áreas urbanas y generar planos buscando mejorar la planificación y gestión territorial. Donde se concluyó que una topografía rápida y confiable con drones es de gran importancia y ayuda mucho debido que ofrece opciones como el ortofoto que permite tener una vista panorámica del área estudiado, donde se ubican los linderos de predios (manzanas), aspecto que es fundamental para elaborar catastros las cuales puedes ser aplicados en diferentes áreas, espacios demostrando que esta tecnología es confiable (Romero, 2018)



2.1.2. Antecedentes internacionales

La presente investigación denominada “Evaluación del levantamiento topográfico aplicado Drones, GPS y la estación total” donde se evaluó el levantamiento topográfico entre ambos métodos a través de comparación de resultados obtenidos, concluyendo que los dos métodos demostraron resultados parecidos, no obstante la estación total es aplicable porque es versátil, del mismo modo el uso de Dron es innovador, debido que es una tecnología que facilita recoger información de espacios terrestres de manera rápida demostrando ahorro de tiempo, ya que ofrece la toma de fotografías desde el aire. El uso de drones demuestra mayor conveniencia debido a que ofrece la toma de fotos en tiempo reducido con resultados óptimos al igual que otros métodos topográficos, brindando beneficios en fotogrametría y la ingeniería civil. (Jimenez et al., 2019)

El presente trabajo de investigación denominado “Análisis del levantamiento fotogramétrico y topográficos mediante la aplicación de dron con finalidad catastral” donde se analizó ventajas y desventajas que tiene el Dron utilizado para levantar datos topográficos como fotogramétricos con fines catastrales. Con la realización de este trabajo se ha concluido que la fotogrametría mediante drones se puede realizar monitoreos construcciones nuevas o desarrollos urbanos, identificar asentamientos irregulares y sobre todo, se pueden identificar más fácilmente los predios y en menos tiempo que los levantamientos topográficos convencionales, pero la medición y la superficie resultante es significativamente diferente a la de un levantamiento topográfico; por lo tanto, no se recomienda considerar los resultados de la medición lograda con el polígono proveniente del ortomosaico como exacto, no obstante, la recopilación de datos pueden ser utilizados para el análisis inicial o levantamiento previo del espacio estudiado, lo que ayuda a actualizar el catastro. (Guzmán et al., 2020)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Obtención de cartografía

Comprende la realización de catastros fundamentados en obtener cartografías y ortofotos digitales a través de la restitución y es considerado uno de los métodos más eficientes para la ejecución de levantamientos de catastros en áreas urbanas, porque es económico en comparación que los métodos clásicos, ya que las brigadas de campo solamente tendrán que colocar puntos de control fotogramétrico, rectificando o validando la vectorización realizada por restitución, por tanto no requieren ejecutar mediciones complejas y solicitar permiso a los dueños o poseionarios de los predios en campo, siendo más sencillo y técnico su aplicación. (SUNARP, 2007)

El uso de drones en la actualidad demuestra costos reducidos a diferencia de métodos convencionales que eran aplicados para actualizar cartografías, por lo tanto facilita elaborar actualizaciones interactivas simples y completas de áreas que sobrevuelan los drones. (Mendoza, 2015)

Figura 1: Obtención de cartografía.



Fuente: Consejería de medio ambiente y ordenamiento territorial.



2.2.1.1. Recomendación de obtención de cartografía

Para obtener cartografías es importante considerar el número de habitantes, la consolidación y áreas de terrenos, como es para las ciudades solidificados y espacios metropolitanos se recomienda el desarrollo de ortofoto y cartografía de manera digital en 1/1000, asimismo cartografía catastral de 1/5000. Por otro lado, para áreas de dispersa población donde se tienen un promedio de 500 residentes se recomienda el desarrollo de ortofoto y cartografía de forma digital en 1/2500. (SUNARP, 2007)

2.2.2. Sistema global de navegación por satélite (GNSS)

Se entiende por GNSS a la agrupación de satélites (GPS, GLONASS, Galileo) constelaciones que transfieren o emiten signos de radiofrecuencia que son aplicados para posicionar y localizar cualquier parte del globo terrestre con gran precisión. Los GNSS se dividen en tres segmentos distintos los cuales se relacionan entre sí. (Mactzul, 2018)

- Segmento espacial: Es el conjunto de satélites que forman el sistema y envían señales orientado tanto a la navegación como la comunicación.
- Segmento de control: comprende la agrupación de estaciones rastreadoras y de soporte que están en tierra, debido a que recogen y procesan información de satélites.
- Segmento de usuario: Se encuentra conformado por los equipos que reciben señales procedentes de segmento espacial.

Figura 2: Sistema de navegación por satélite.



Fuente: García, 2008.

2.2.2.1. Método diferencial

Comprende el uso de receptores móviles y las estaciones de referencias (base) colocadas en coordenadas acreditadas con gran exactitud. Con esta metodología se consigue comparar resultados y cuantificar algunas inexactitudes que surgen en el sistema a tiempo real, transmitiendo correcciones al receptor móvil que deberá recibir buscando recalcularse su posición. Para el uso de correcciones diferenciales tenemos dos formas que son postproceso y tiempo real.

2.2.2.1.1. Postproceso

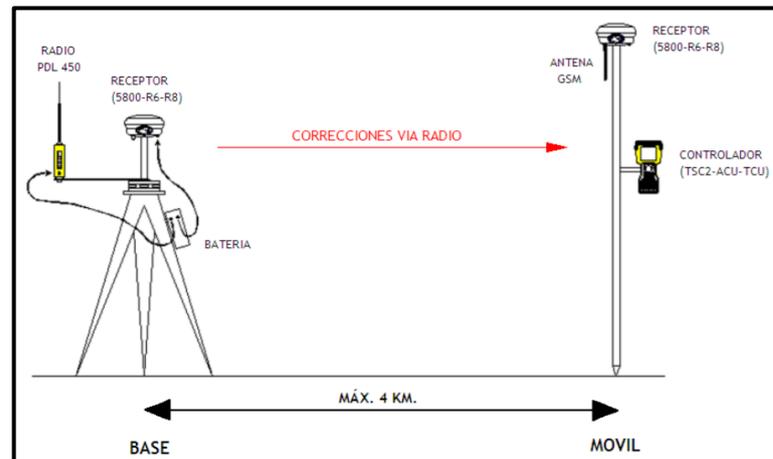
Es una de las formas para aplicar la corrección diferencial que consiste en conectar el GPS a una computadora que tenga software con capacidad para recolectar datos del receptor, dichos datos se deben almacenar para luego hacer el procesamiento y comparación con la información obtenida de las estaciones base.

2.2.2.1.2. Tiempo real (RTK)

Comprende el enlazamiento de una estación móvil (Rover) con la estación base, donde la corrección se aplica a la información que recibe la estación móvil en tiempo real,

por lo tanto, las correcciones tienen precisión mayor cuando la estación móvil se sitúa cerca de la estación de base, debido que las dos medidas pueden estar afectadas por fallos atmosféricos ya que tienen la misma señal de satélites.

Figura 3: Método diferencial RTK.



Fuente: Guía rápida GPS – al top TOPOGRAFÍA

2.2.3. Datum

Es comprendido como el conjunto de puntos referenciales aplicados a la superficie terrestre; por tanto, determina de forma específica que elipsoide será aplicado para otorgar forma a la estructura de coordenadas. Asimismo, dirige al elipsoide a puntos terrestres de control, garantizando de esta manera la precisión de un punto referencial hacia su extensión espacial.

Por otro lado, también el datum se desarrolla sobre el elipsoide escogido donde incorpora variaciones de elevación local, con el elipsoide se genera una superficie suavizada del mundo. Asimismo, es importante considerar que el datum de manera general es comprendido como punto cero o punto referencial. (Pucha et al., 2017)



2.2.3.1. Datum horizontal

Denominado como punto referencial geodésico aplicado para hacer levantamientos de control de manera horizontal, que permite conocer datos como longitud, latitud y azimut partiendo desde el punto cero y los parámetros del elipsoide referencial (IGN, 2015)

2.2.3.2. Datum vertical

Comprende a la superficie nivelada elegida como punto referencial mediante el cual se calculan las elevaciones. A menudo se elige el geoide superficie equipotencial del campo gravitacional de la tierra que se aproxima mucho al punto medio del mar. (IGN, 2015)

2.2.3.3. Datum WGS 84

El datum WGS84 comprende al sistema de coordenadas geográficas global que facilita determinar la ubicación de cualquier punto de la Tierra sin necesidad de tomar o elegir otro punto referencial. WGS84 significa Sistema Geodésico Mundial 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984). Considerado como marco de referencia desarrollado por el departamento de defensa de EE.U.U.

2.2.4. Control geodésico

El control geodésico se sustenta en la superficie matemática denominada Elipsoide WGS - 1984 (Sistema Geodésico Mundial) densificada en la red Geodésica Satelital integrada al Sistema de Referencia Geodésico para América del Sur (SIRGAS) a cargo el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

2.2.4.1. Clasificación de los puntos geodésicos

Para estandarizar un sistema de referencia geodésico, todo trabajo de georreferenciación estará referido a la Red Geodésica Nacional Geodésica (REGGEN). (IGN, 2015)

Tabla 1: Clasificación de los puntos geodésicos.

Orden	Clase	Precisión Relativa
0	Única	1: 100 000 000
A	Única	1: 10 000 000
B	Única	1: 1 000 000
C	Única	1:100 000

Fuente: IGN, 2015

2.2.4.1.1. Punto geodésico de orden “0”

A nivel continental se considera este orden debido que se encuentra orientado a realizar estudios sobre deformaciones regionales y globales asociados a la corteza terrestre, para los resultados geodinámicos y trabajos requieren contar con nivel de precisión máximo de 4.00 mm, dichos puntos se utilizaran hacia el aumento de densidad de la red geodésica Nacional. (IGN, 2015)

2.2.4.1.2. Punto geodésico de orden “A”

Es una de las ordenes que se aplica para hacer levantamiento de deformaciones locales de la corteza terrestre, determinar el sistema referencial geodésico continental básica, además para ejecutar estudios que requieren una máxima precisión de 6.00 mm. (IGN, 2015).



2.2.4.1.3. Punto geodésico de orden “B”

Generalmente es una de las ordenes que son destinados para realizar ingeniería de precisión mayor, geodinámico y estudios donde requieran máxima precisión de 8,00 mm, asimismo para ejecutar levantamientos de densificación de sistemas geodésicos referencia a nivel nacional. Los trabajos realizados bajo esta clasificación se incorporan y ajustan a la red básica geodésica nacional. (IGN, 2015)

2.2.4.1.4. Punto geodésico de orden “C”

Es una de las ordenes utilizados para establecer controles adicionales en espacios tanto urbanos como rurales buscando ayudar en el diseño y ejecución de proyectos asociados a ingeniería básica, planificación rural y urbana, siendo el requisito de precisión máxima de 10,00 mm. (IGN, 2015)

2.2.4.1.5. Puntos de apoyo “PFCH”

Comprende a los vértices de señalización georreferenciales típicos de orden “C” que no se encuentran con monumento encima del terreno y se utilizarán como vértices de fotocontrol y trabajos de obras básicas de ingeniería en ámbito rural como urbano. La precisión de dichos vértices no puede superar los 10,00 mm. (IGN, 2015)

2.2.4.2. Establecimiento de puntos geodésicos

Los vértices deben estar enlazados a la REGGEN. El vínculo se realizará con procedimientos observatorios correspondientes al orden de precisión según al levantamiento que se está realizando. (IGN, 2015)

Como es el caso de vértices geodésicos de orden 0, A o B, la vinculación de debe establecer de acuerdo con observaciones registradas en figuras geométricas circunscritas, que tienen mínimo 8 lados para punto “0” y un mínimo de 3 lados para el orden “A” y

“B”; para vértices geodésicos de orden “C” y vértices de apoyo la vinculación se realizará por línea base. (IGN, 2015)

Tabla 2: Número mínimo de estaciones de control de la REGGEN.

Orden	Número mínimo de estaciones de control de la red geodésica horizontal que se deben enlazar:			Enlace
	0	A	B	
0	8	-	-	Red
A	3	3	-	Red
B	3	3	3	Red
C	1	1	1	Línea Base
Apoyo (PFCH)	1	1	1	Línea Base

Fuente: IGN, 2015

Tabla 3: Separación máxima entre estaciones de control de la REGGEN.

Separación	0	A	B	C	Apoyo (PFCH)
Separación máxima (km) entre estaciones bases dentro del área del proyecto.	4000	1000	500	-	-
Separación máxima (km) entre estaciones bases y el punto a establecer.	3500	500	250	100	100

Fuente: IGN, 2015

2.2.5. Catastro

Es definido como el repertorio estatal con una descripción de la propiedad urbana, rural y privada, el cual facilita conocer espacio y superficies de propiedades, su ubicación y uso, y las informaciones serán utilizados para determinar impuestos de acuerdo con sus características. (Pérez & Merino, 2016)

En tal sentido, el catastro es conceptualizado como un instrumento para intentar y asegurar el orden geoespacial buscando el desarrollo, mediante la identificación completa

y pertinente sobre semblantes importantes que son el bien inmueble, la precisión física, valor económico y situación jurídica. (Diaz, 2017)

Por lo tanto, definimos como un inventario detallado y sistemático donde contempla datos importantes de predios y superficies, presente en los espacios territoriales nacionales, urbanos y rurales, a través de la representación literal y grafica debidamente georreferenciada donde se demuestra identidad global inequívoca, lo que permite estructurar la recopilación de datos territoriales de uso multipropósito. (Rosas et al., 2018)

2.2.5.1. Catastro urbano

Definido como el inventario físico donde se encuentran registrados los bienes inmuebles públicos o privados. Los datos son ingresados mediante fichas catastrales considerando la infraestructura urbana, los límites y el uso del suelo.

El propósito fundamental de un catastro urbano es ubicar y registrar bienes inmuebles con utilidad mixta. El espacio urbano tiene complejidad mayor ya que existe variedad de usos de suelo y construcciones de diversas maneras, admitiendo que los bienes inmuebles sean utilizados con la finalidad comercial, industrial y social.

Figura 4: Catastro urbano



Fuente: Dirección general de catastro España.

2.2.5.2. Tolerancias catastrales registrales

2.2.5.2.1. Tolerancias catastrales registrales de naturaleza urbana

Tabla 4: Tolerancias registral urbana.

Naturaleza Urbana	
Rango de área (m ²)	Tolerancia (%)
Menor de 200	2.5
De 200 a 1000	2
Mayor a 1000	1

Fuente: SNCP, 2008

2.2.6. Drones

La etimología de la palabra Dron deriva de la abeja macho o zángano, en referencia al ruido que hacen sus motores, similar al ruido de los zánganos en vuelo. En la actualidad también se denomina a los Drones como RPA (Aeronave Pilotada a Distancia). (MTC, 2015)

Son sistemas de vuelo controlados a distancia conocidos como drones. Los drones son vehículos que sobrevuelan sin tripulación, las cuales son operados a metros o kilómetros de distancia. (Sanchez, 2017)

El uso de esta tecnología Dron está siendo estudiada y utilizada alrededor del mundo, mayormente empleado para la elaboración de planos catastrales que generalmente es llevado a cabo mediante la aplicación técnicas tradicionales en topografía.

2.2.6.1. Tipos de Drones según su sustentación

Se agrupa fundamentalmente a los Drones de acuerdo a la forma de sustentación que tienen en el aire.

2.2.6.1.1. Drones de ala fija

Son aeronaves no tripulados (UAVs) que siempre tienen un despegue de manera horizontal. Debido a que este tipo de drones tienen diferentes formas geométricas de alas que determinan su diseño, como son el canard, convencional, delta, ala volante, BWB, joined wing, trapezoidal, ala alta, media y baja. No obstante, es posible instaurar diferentes clasificaciones de acuerdo con la geometría que tiene la cola como es cola V, doble cola H, estabilizador horizontal. (Cuerno et al., 2016)

Este tipo de drones requieren contar con velocidad al inicio del vuelo con la finalidad de sustentarse en el aire y necesitan de una persona o mecanismo que los lance para realizar un despegue. Estéticamente son muy parecidos a un avión normal, por lo que este tipo de aeronaves brindan autonomía mayor de vuelo con capacidad de permanecer horas en vuelo y son recomendados para sobrevolar y realizar mapeos superficiales extensos.

Figura 6: Dron de ala fija.



Fuente: Topcon.

2.2.6.1.2. Drones de ala rotatoria o multirrotores

Este tipo de vehículos aéreos no tripulado tienen alas giratorias y vuelan utilizando la sustentación producida de sus palas hélices. Estos ventiladores generalmente están montados sobre un solo mástil y giran alrededor de él, constituyendo una estructura

mecánica llamado rotor. Asimismo, existe una diversidad de drones de ala rotatoria que no UAVs helicóptero, UAVs ciclogiro, UAVs autogiro, UAVs girodino las cuales dependen mucho de la proporción de sus rotores. (Cuerno et al., 2016)

Estos Drones sustentan en el aire por sus palas giratorias que se encuentran incorporados en cada brazo y cada pala giratorias se encuentran impulsada por el motor que facilita encontrar estabilidad mayor cuando está volando. Este tipo de dron se diferencia porque es capaz de permanecer quieto en un mismo lugar cuando está sobrevolando.

Figura 7: Dron de ala rotatoria.



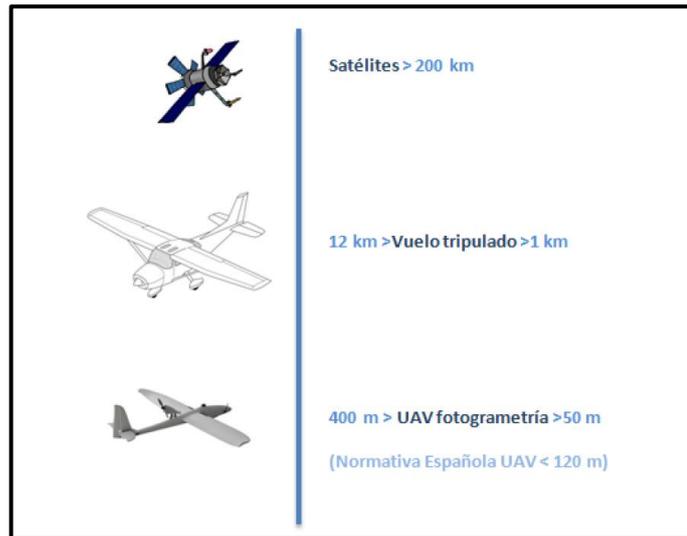
Fuente: DJI.

2.2.7. Fotogrametría

La fotogrametría se puede definir como la tecnología o arte que se aplica para la obtención de datos cuantitativos confiables acerca de objetos físicos y entorno mediante procedimientos como el registro de fotografías, medición y su interpretación respectiva.

La fotogrametría ahora se considera un sistema de detección remota, que comprende la ciencia y tecnología de recopilar datos sobre un objeto sin contacto directo entre este y el sensor, y la principal diferencia entre la fotogrametría aérea y la detección remota es la altura de toma. (Carretero, 2015)

Figura 8: Diferencia entre fotogrametría aérea y teledetección.



Fuente: Carretero, 2015

Es definido como toda técnica que busca determinar el tamaño, posición de los objetos en superficies mediante fotografías, el cual se logra mediante escalas o mediciones desarrolladas a través de intersección de dos o más fotografías. La fotogrametría también permite recopilar ortomosaicos, métodos digitales de terreno que son utilizados en catastro, vías, etc. (Del Río et al., 2019)

2.2.7.1. Proceso fotogramétrico digital

El principal propósito fotogramétrico es obtener datos espaciales o aéreos de objetos mediante fotografías digitales para conseguir geometrías de áreas u objetos en 2D y 3D, muy independiente del método empleados para su elaboración; es decir, cualquier método que se aplique el objetivo fotogramétrico siempre será el mismo. (Zurita, 2015)

2.2.7.1.1. Planificación de vuelo

En esta fase se identifica y elige los parámetros geométricos adecuados con los que va a sobrevolar el Dron, de tal manera que sea adecuado al tipo de trabajo que se desea realizar y de esto dependerá un producto de buena calidad.

Para planificar el vuelo existen una diversidad de aplicaciones mediante ello se puede desarrollar en plan de vuelo de drones, donde el Pix4D Capture es el más conocido, también se tiene Map Pilot, Drone Deploy, etc. Asimismo, es importante tomar en cuenta las características que son fundamentales para realizar un plan de vuelo, las cuales son:

a) Altura de vuelo

Es una de las características que indica la distancia con referencia al suelo que volará el Dron y esto depende directamente del tipo de trabajo y el relieve del terreno que se desea capturar. Para calcular la altura de vuelo se utiliza la siguiente formula:

$$H = \frac{GSD \times R \times f}{Sw \times 100}$$

Donde:

H = Altura de vuelo (m)

GSD = Distancia de muestreo del suelo (cm/pixel)

R = Resolución del sensor horizontal (pixel)

f = Distancia focal (mm)

Sw = Anchura del sensor (mm)

Asimismo, es importante resaltar que la altura que debe volar el dron depende de la cámara digital que se aplicará, el cual debe garantizar el tamaño de pixel medio que cumpla con las exigencias y especificaciones del proyecto. (IGN, 2011)

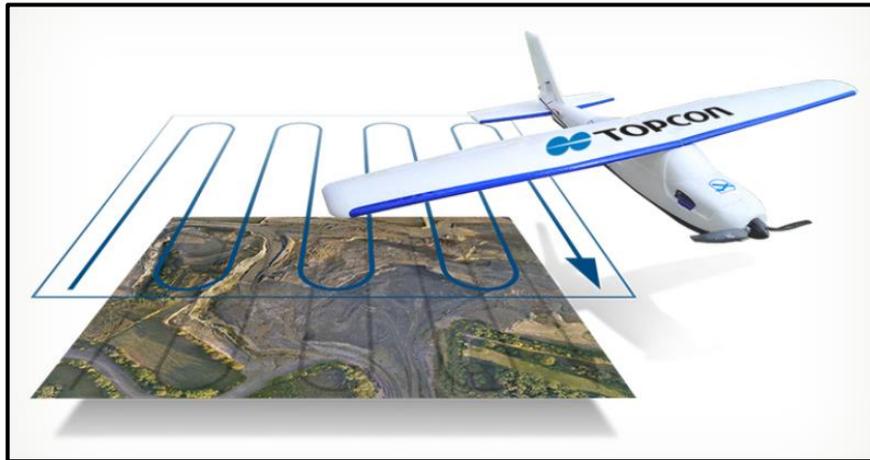
b) Velocidad de vuelo

Esta depende de la capacidad que tiene el sensor (cámara) para capturar fotografías. Es por ese motivo que se sugiere una velocidad promedio que nos permita tomar fotografías nítidas para posteriormente tener un óptimo procesamiento.

c) **Líneas de Vuelo**

Comprende la unión de puntos principales de fotografías sucesivas, así mismo la trayectoria que generalmente se debe seguir es de forma cuadrícula, pero en ocasiones en la que se requiera mejorar la información es necesario una trayectoria de doble cuadrícula.

Figura 9: Líneas de vuelo fotogramétrico.



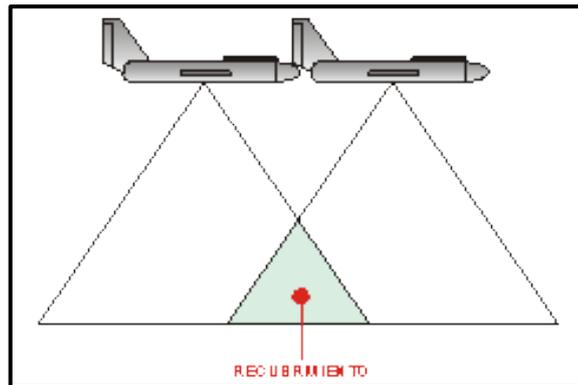
Fuente: TOPCON.

d) **Traslape longitudinal y transversal**

El traslape es la superposición parcial de imágenes obtenidas a través del dron en un levantamiento fotogramétrico. El mismo dependerá del relieve del terreno y debe ser de manera longitudinal y transversal.

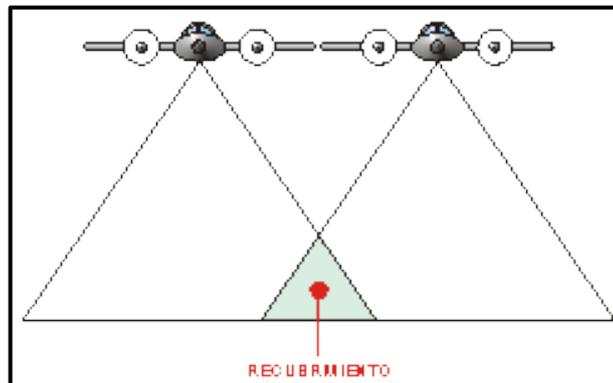
El traslape longitudinal estará al 60% en relieve plano, 65% en relieve ondulado y 70% en relieve montañoso. Además, el traslape transversal tendrá 20% en relieve plano, 25% en relieve ondulado y 30% en relieve montañoso. (IGN, 2011)

Figura 10: Traslape longitudinal.



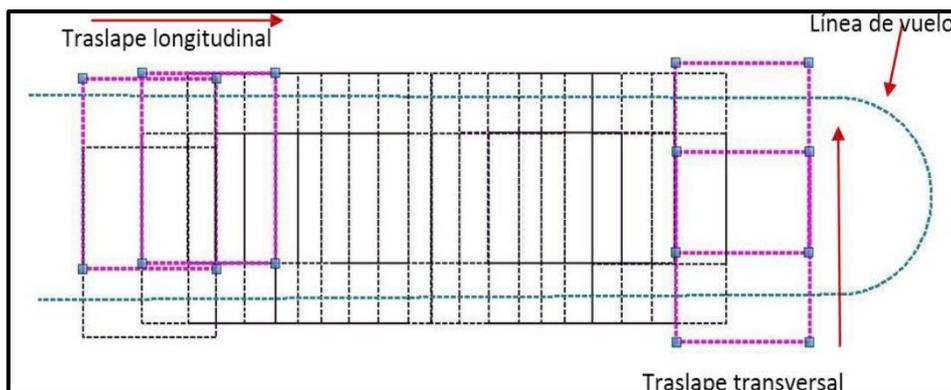
Fuente: Orellana, 2006.

Figura 11: Traslape transversal.



Fuente: Orellana, 2006.

Figura 12: Traslape longitudinal y transversal de la línea de vuelo.



Fuente: COFOPRI - SGT.

e) **Ángulo de inclinación de la cámara**

El ángulo de inclinación de la cámara es un determinante fundamental al momento de poder reconstruir un objeto o superficie. Cuando tenemos un terreno homogéneo sin



presencia objetos que puedan obstruir y reflejar, la cámara adopta posición perpendicular debajo de la horizontal y en ocasiones cuando tenemos presencia de superficies reflectantes, paredes verticales que tienen que ser reconstruidas, se requiere que la cámara adopte posición angular de 80 grados y 60 grados debajo de la horizontal.

f) Señal de satélites

Para poder llevar a cabo el levantamiento fotogramétrico, es primordial contar la señal de un mínimo de 6 satélites, esto con la finalidad de garantizar la geolocalización de las fotografías capturadas e identificar el punto de despegue y aterrizaje del Dron. Así mismo estaríamos asegurando el retorno y aterrizaje de emergencia en caso de que hubiese algún tipo de inconveniente. (Parra, 2019)

g) Despegue y aterrizaje del Dron

Para realizar el despegue es recomendable una zona plana, libre de cualquier interferencia u obstáculo. El piloto tendrá que situarse a una distancia considerable de tal manera que no esté en riesgo su integridad física al momento de que el Dron levante vuelo y es necesario realizar la verificación de lo siguiente:

- Batería del Dron cargada al 100%.
- Calibrar la Unidad de Medida Inercial (IMU).
- Verificar el estabilizador de la cámara (Gimbal).
- Examinar la correcta colocación de las hélices.
- Verificar el vínculo entre el Dron y mando a distancia.
- Revisar la memoria (MicroSD).

Generalmente, el dron realiza aterrizaje en el mismo punto de donde despegó, pero en ocasiones en las que se requiera modificar el lugar de aterrizaje se tendrá que buscar un espacio en la cual no haya ningún tipo de peligros o riesgos tanto al equipo y el piloto.

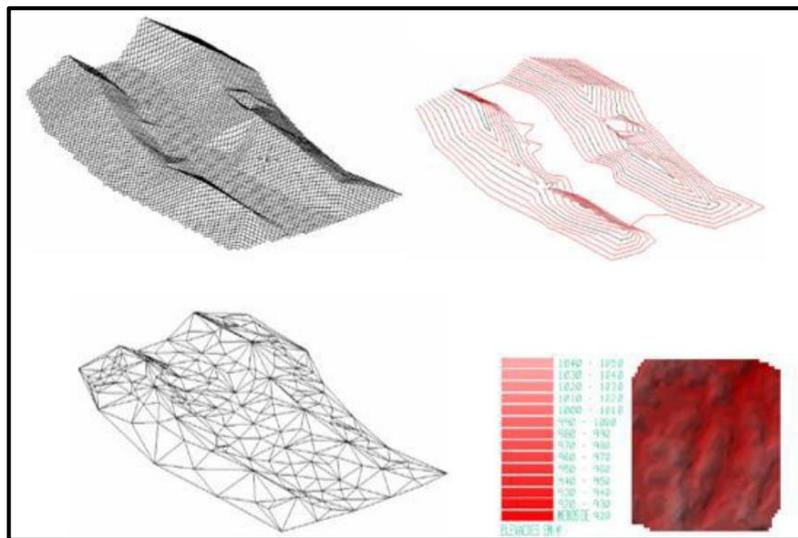
2.2.7.1.2. Productos fotogramétricos

a) Modelo digital de terreno

Es definida como una representación digital de área o espacio terrestre procedentes de la capa de elevaciones llamadas método digital de elevaciones.

Los modelos digitales de terreno representan la forma del terreno al filtrar un modelo digital de superficie. (Vásquez, 2017)

Figura 13: Estructura de un MDT.

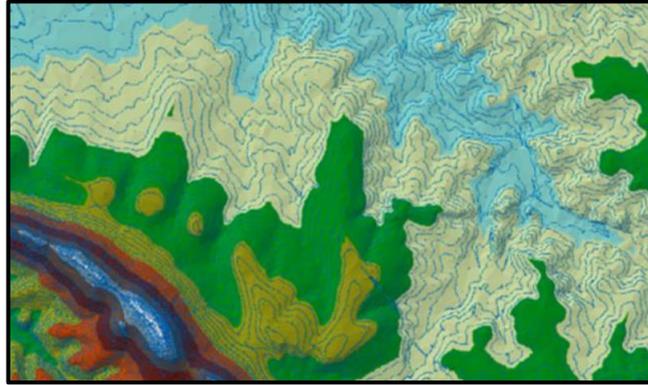


Fuente: Hernández, 2006.

b) Modelo digital de elevaciones

Un modelo digital de elevaciones es comprendido como la estructura cuantitativa de información que demuestra la distribución espacial de la altitud superficial del terreno.

Figura 14: Modelo digital de elevaciones.

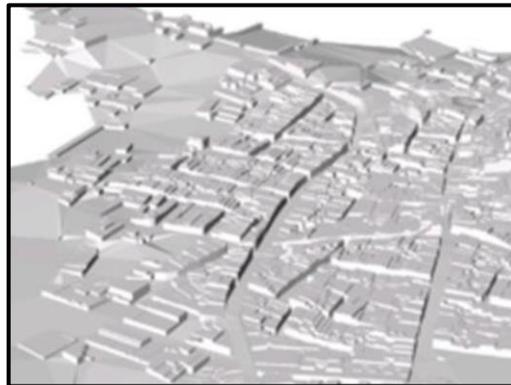


Fuente: Quirós, 2014.

c) Modelo digital de superficie

Un modelo digital de superficie (MDS) hace referencia a la representatividad digital de la superficie que incluye la totalidad de detalles. Asimismo, representa al total de componentes que existen en el terreno, como son edificaciones y la vegetación. (Vásquez, 2017)

Figura 15: Modelo digital de superficie.

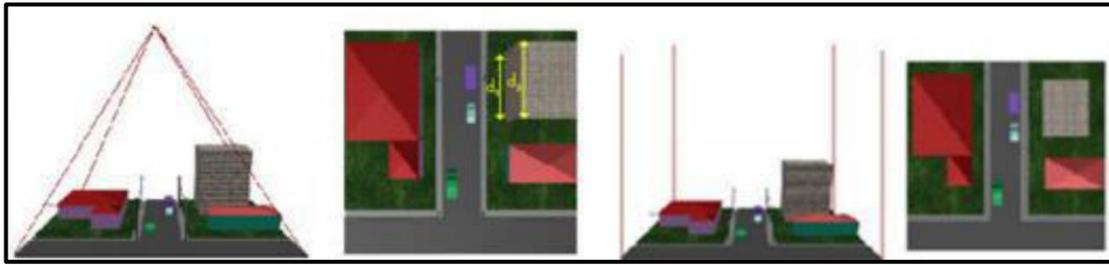


Fuente: Quirós, 2014.

d) Ortoimagen

Denominada como imágenes digitales de la superficie con proyección ortogonal, comprendido en un sistema referencial determinado. Imagen donde se excluye el desplazamiento de los vértices o puntos de imagen a causa de la dirección de sensor y relieve del terreno. (IGAC, 2016)

Figura 16: Ortorrectificación y ortoimagen.



Fuente: Hernández, 2006.

e) **Ortomosaico**

Es la cohesión de dos a más ortofotos formando una representatividad recurrente del territorio. Para su realización depende del empleo de técnicas en las que se vinculan digitalmente múltiples fotografías aéreas, a medida que se van corrigiendo diferentes cambios estructurales en radiometría geometría. (IGAC, 2016)

Figura 17: Ortomosaico.



Fuente: Elaboración propia.

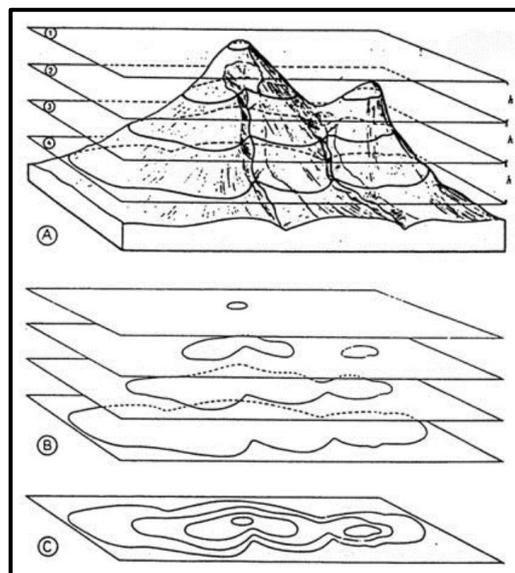
2.2.8. **Topografía**

Esta categoría tiene raíces griegas y se deriva de termino topos que refiere al lugar y graphein que refiere descripción. Tal como, su terminología indica la topografía define una representación visual de un lugar, o en general estudia los elementos por las que están compuestos, por lo que se denomina como una ciencia que tiene la finalidad de estudiar

representaciones y describir si la superficie física presenta irregularidades mediante métodos, técnicas de la topografía, aplicando herramientas o dispositivos de la misma. Entre los métodos de aplicación se encuentra la creación de dibujos representativos de la superficie terrestre, denominado "planta topográfica"; los cálculos de la superficie terrestre, realizadas por procesos topográficos, se denominan "levantamientos topográficos"; Y los cálculos que se hacen en oficina para identificar coordenadas de los vértices que se están midiendo, se llaman "cálculos topométricos". (Calderon, 2019)

Por otro lado, topografía es considerado como la rama de ingeniería propuesta para identificar las posiciones relativas de los vértices o puntos, a través de recolección y proceso de información física del geoide, tomando hipotéticamente que la superficie de la tierra observada es una superficie horizontal plana. (Mendoza, 2015)

Figura 18: Representación del terreno en un plano.



Fuente: Aubouin, Dercourt y Labasse, 1970.

Por lo tanto, la definición general sobre la medición topográfica es que esta depende de los vértices o puntos determinados por el sistema geodésico nacional buscando obtener información detallada, como son obras de ingeniería civil. (Irineu da Silva, 2015)

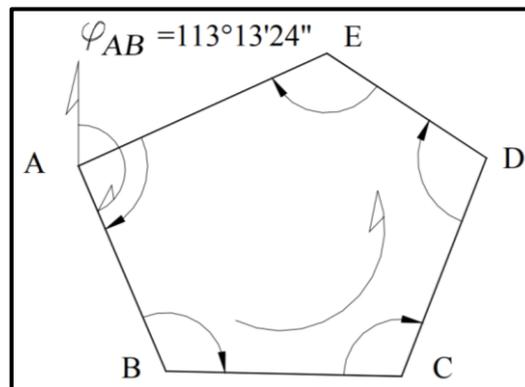
2.2.8.1. Poligonales topográficas

Se denomina a la sucesión de líneas consecutivas que se encuentran entrelazadas mediante puntos y constituye uno de los procedimientos más comunes que se emplea en topografía.

2.2.8.1.1. Poligonal cerrada

Es entendido como la sucesión de líneas consecutivas cuyos extremos coinciden en un mismo punto de coordenadas conocidas. El poligonal cerrada facilita realizar la verificación de precisión de trabajos

Figura 19: Poligonal cerrada.

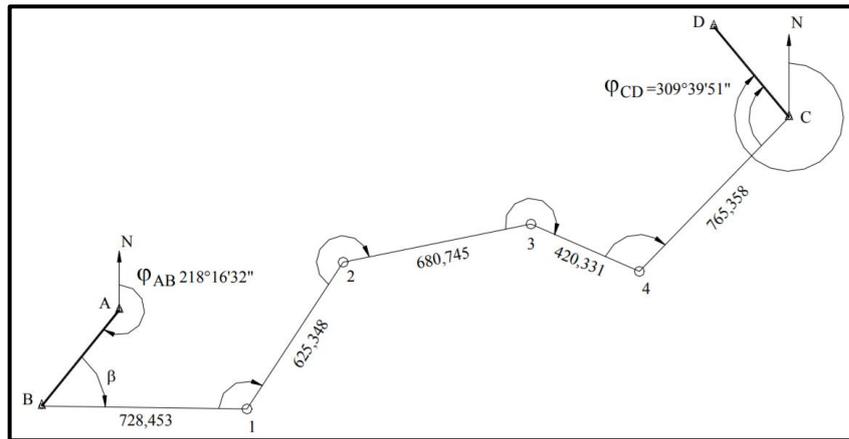


Fuente: Casanova, 2002.

2.2.8.1.2. Poligonal abierta con control

Denominada como la sucesión de líneas consecutivas cuyos extremos no coinciden en un mismo punto, pero ambos extremos tienen puntos de coordenadas conocidas dando posibilidad mayor para realizar controles de cierre lineal como angular.

Figura 20: Poligonal abierta con control.

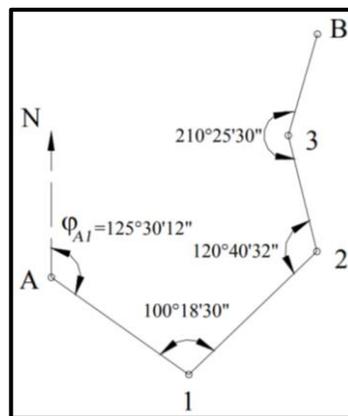


Fuente: Casanova, 2002.

2.2.8.1.3. Poligonal abierta sin control

Son sucesiones de líneas consecutivas cuyos extremos no coinciden en un mismo punto cuyo punto de inicio tiene coordenadas conocidas y el punto final posee coordenadas desconocidas, por lo que no es factible realizar control de cierre lineal.

Figura 21: Poligonal abierta sin control.



Fuente: Casanova, 2002.

2.2.9. Nivelación topográfica

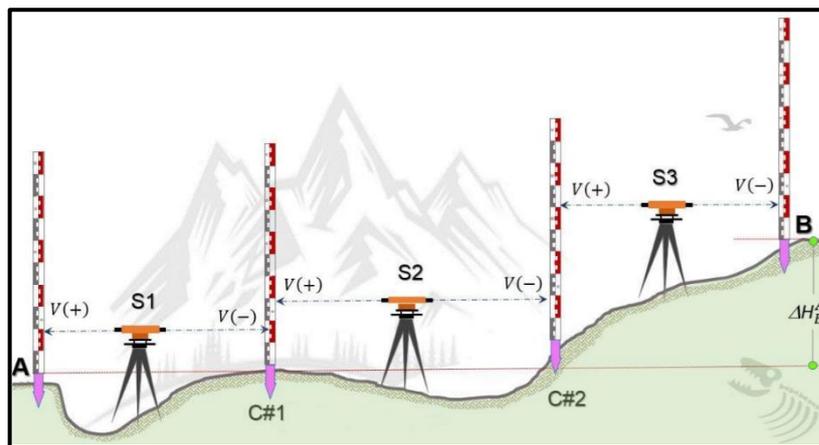
Se denomina nivelación a todo proceso donde se da la altura de uno o más vértices de la tierra asociado a la superficie horizontal referencial dada, llamado superficie comparativa. (Gámez, 2015)

2.2.9.1. Nivelación geométrica

La nivelación diferencial también, llamada nivelación geométrica consiste en realizar mediciones para encontrar desniveles entre dos vértices mediante la visual horizontal desde el nivel hacia los verticales situados en los puntos señalados. (Jiménez et al., 2017)

La nivelación geométrica se caracteriza por el hecho de que las líneas de visión son siempre horizontales. Es uno de los modelos que tiene precisión mayor para calcular la diferencia de cotas o alturas.

Figura 22: Nivelación geométrica.



Fuente: Jiménez, 2017.

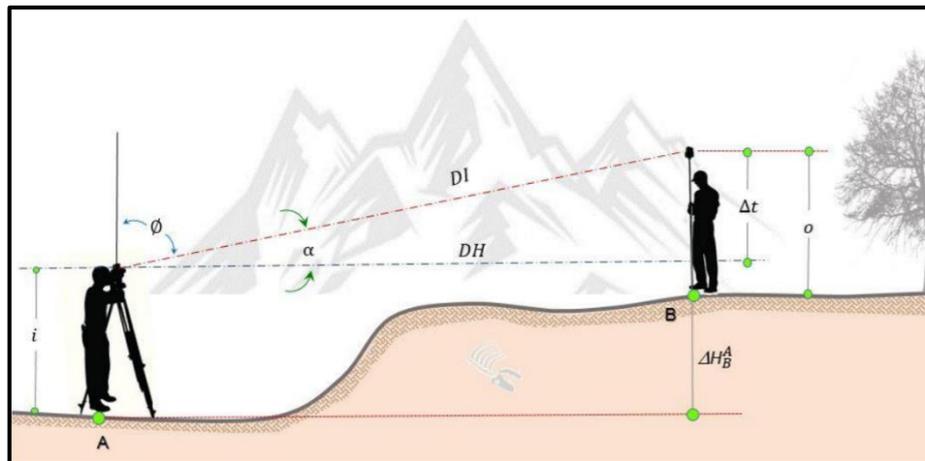
2.2.9.2. Nivelación Trigonométrica

Es un procedimiento altimétrico que permite identificar el desnivel de un vértice con el otro, a través de la medición de distancias inclinadas o mediante el pendiente angular visual, juntamente con la distancia entre los dos vértices. (Jiménez et al., 2017)

Por tanto, es definido como el método que hace uso de la medición de ángulos y distancias buscando calcular los desniveles que pueden surgir entre dos vértices, a través de funciones trigonométricas, donde se considera la altura instrumental y la del prisma. (Jiménez et al., 2017)

Para realizar las nivelaciones trigonométricas, se toma en cuenta que las visuales adquieren cualquier pendiente, las cuales pueden hacer uso de aquellos dispositivos con capacidad de medición de ángulos de inclinación en dichos verticales. Entre ellas, se encuentran la estación total, taquímetro y teodolitos.

Figura 23: Nivelación trigonométrica.



Fuente: Jiménez, 2017.

2.2.10. Metodología para el levantamiento catastral urbano

Para el proceso de levantamiento de datos en campo se puede hacer uso de diferentes métodos como son los mixtos, directo, indirecto.

En la actualidad, se encuentran diferentes variedades metodológicas que facilitan obtener la representación física del terreno para determinada ubicación. Los modelos digitales resultantes del procesamiento de imágenes capturadas por Vehículos Aéreos no Tripulados presentan varias ventajas sobre los métodos que tradicionalmente son utilizados, destacando el tiempo y costo del levantamiento, pero sobre todo la resolución obtenida. (Alejandre & Rodríguez, 2020)



2.2.10.1. Método directo

Es aplicado cuando una vez que la entidad correspondientes que es responsable de generar el catastro a través de levantamiento catastral decide aplicar y utilizar este tipo de método se debe tener la disponibilidad de medios como brigadas de topógrafos, existencia de ortofotos, etc. (SUNARP, 2007)

Se recomienda aplicar esta metodología en áreas en la cual la fotointerpretación no facilite recopilar datos por lo que se procede aplicar método tradicional, aplicando equipos requeridos. (SUNARP, 2007)

2.2.10.2. Método indirecto

Es otra metodología que es aplicado mediante ortofotos y cartografías que han sido obtenidas en la restitución, las cuales facilitan la foto identificación en computador del punto de las propiedades delimitando estos, mediante procedimientos de restitución o digitalización. (SUNARP, 2007)

Mediante el proceso de restitución se obtiene elementos en líneas como son lotes, manzanas, áreas en construcción, es decir todos los elementos foto identificables asociado al objetivo de levantamiento catastral, sin embargo, no se recopila elementos de mobiliario urbanos. Para aplicar esta debe contar con precisión de 30 cm. Además, es importante resaltar que la cartografía debe ser elaborado teniendo en cuentas los parámetros establecidos por el IGN. (SUNARP, 2007)

2.2.10.3. Tolerancias Planimétricas y Altimétricas

2.2.10.3.1. Tolerancias para el método indirecto – Fotogrametría

Para la elaboración de productos cartográficos de calidad, en el apoyo terrestre será necesario que cumpla con las precisiones planimétricas y altimétricas descritas a continuación: (SNCP, 2011)

- La precisión para las baselines será de $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ (mm/Km).
- El error medio cuadrático de las coordenadas de los puntos de apoyo, para la escala 1:500 y 1/1000 de cartografía, en planimetría será menor o igual a 5 cm y en altimetría será menor de 7 cm.

2.2.10.3.2. Tolerancias para el método directo – Estación Total

a) Tolerancias planimétricas

En la actualidad el uso de las estaciones totales es casi genérico, por lo tanto, en los trabajos de levantamientos o replanteos topográficos en la actualidad no se admiten las redes de apoyo con precisión (Error Relativo) mayor de 1/500, y es general la siguiente clasificación:

Tabla 5: Tolerancias planimétricas.

Zona	Precisión
Rural	1/5000
Suburbana	1/7500
Urbana	1/10000 o menor

Fuente: Mendoza, 2015.

b) Tolerancias Altimétricas

Las precisiones o tolerancias en los trabajos de nivelación dependen de la complejidad del proyecto. De acuerdo con las metodologías, la fase y teniendo presente

que debe contarse con circuitos de nivelación, las tolerancias del proyecto se pueden estimar de la siguiente forma:

Tabla 6: Tolerancias altimétricas.

Tipo de Nivelación	Nivelación Geométrica			Nivelación Trigonométrica		
	Alta Precisión	Precisión	Corriente	Precisión	Corriente	Baja Precisión
Precisión	$0.002m\sqrt{K}$	$0.01m\sqrt{K}$	$0.02m\sqrt{K}$	$0.03m\sqrt{K}$	$0.06m\sqrt{K}$	$0.08m\sqrt{K}$

K: Longitud del circuito de recorrido en kilómetros.

Fuente: Manual de vías Chile.

2.2.11. Conversión y Transformación de coordenadas

Un punto por resaltar es diferenciar conversión y transformar coordenadas, ya que conversión consiste en cambiar una estructura de coordenadas por otro, manteniendo el sistema de referencia de siempre, mientras que transformar implica cambiar el sistema referencial por otro sistema. (Tarrío et al., 2017)

2.2.11.1. Conversión de coordenadas

Consiste en cambiar coordenadas en base a la asociación de uno a uno, a partir de sistema de coordenadas a otro fundamentado mediante el mismo datum. Implica convertir coordenadas tomando valores de parámetros exactos, es decir cambiar el sistema de coordenadas geodesias por proyectadas, cartesianas, entre otros. (Tarrío et al., 2017)

2.2.11.2. Transformación de coordenadas

Comprende en cambiar coordenadas de un sistema de referencia a otro sistema de referencia en base a diferentes datum mediante la asociación de uno a uno. Asimismo, se sabe que transformar es diferente a convertir, por lo que los valores que se toman en la



transformación son recopilados de forma empírica mediante el conjunto de vértices que se conocen en ambos sistemas de referencia. (Tarrío et al., 2017)

2.2.11.3. Conversión de coordenadas UTM a coordenadas planas

La utilización de proyecciones cartográficas en área de ingeniería es comúnmente una costumbre en el uso de cartas y planos, debido que hay varios tipos de proyecciones, la proyección más utilizada es la Universal Transversal de Mercator - UTM.

Las coordenadas UTM son proyecciones geodésicas que se realizan sobre la superficie de la tierra, por consiguiente, no representan con exactitud la realidad, situación que hace que sea necesario realizar una conversión, pues si no fuese así estaríamos replanteando vértices que no representan con exactitud la superficie topográfica.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Geodesia

Es considera una parte de área de ingenierías encargado de identificar las formas y dimensiones de la superficie terrestre, asimismo también se encarga de estudiar y medir extensiones grandes de la tierra, siempre considerando la curvatura de la tierra, su presentación grafica comprende la cartografía. (Mendoza, 2015)

2.3.2. Geoide

El geoide es una extensión del nivel medio del mar por debajo de los continentes, lo que da como resultado una superficie equipotencial llamada geoide. Esta forma se acepta como la real forma de la tierra, pero tiene la desventaja de ser irregular, lo que la hace inutilizable como superficie de referencia. (García et al., 2017)



2.3.3. Elipsoide

Es definido como la superficie curvatura cerrada, que en geodesia tiene origen gracias al requerimiento de brindar explicación matemáticamente la superficie de la tierra, debido que el elipsoide es una superficie que geoméricamente tienen mayor aproximación a la forma de la tierra. (Herrera, 2015)

2.3.4. Georreferenciación

Denominado también como geolocalización, permite identificar de manera precisa el lugar que ocupa un cuerpo en la superficie terrestre, a través de coordenadas (longitud, latitud y altura). (Beltrán, 2015)

La georreferenciación es un proceso para proveer de coordenadas a los planos, lo cual permite que puedan ser visualizados en su lugar geográfico correspondiente. (Cascón et al., 2019)

2.3.5. Cartografía

Es un proceso gráfico que facilita representaciones en el área geográfica a través de sistemas de medición y proyección, logrando como resultado una representatividad del terreno en planos a escala. Las diferentes dimensiones donde se hace procesamiento de datos las cuales pueden ser presentados en vectores, líneas, puntos o en formato ráster u otras imágenes todos ellos bidimensionales, sin embargo, hoy en día la información también se puede visualizar tridimensionalmente utilizando modelos 3D. (Sanchez, 2017)

2.3.6. Ortofoto

Es una representación fotográfica de una área o espacio terrestre donde todos los elementos son de la misma escala, sin fallas ni distorsiones, válido como un plano cartográfico. (SUNARP, 2007)



2.3.7. Ground sample distance (GSD)

Hace referencia a las medidas del pixel en áreas de terreno. Si se tiene un GSD de 4 cm/pixel, estaríamos representando que 4 centímetros en el terreno equivalen a un pixel en la fotografía. (SNCP, 2011)

2.3.8. Resolución de imagen

La resolución determina la calidad de una imagen digital, que depende del tamaño del píxel. Si es demasiado grande, la imagen perderá información, pero si es demasiado pequeña, la imagen será de gran calidad, con el inconveniente de que también requiere mucho espacio de almacenamiento. La unidad en la que se expresa la resolución es píxeles por pulgada. (Claros et al., 2016)

2.3.9. Estación Total

Es un instrumento topográfico constituido por un teodolito electrónico que incluye un distanciómetro, también lleva en su interior una libreta electrónica y un microprocesador, el cual le permite registrar los datos de campo, obviando la libreta tradicional. La Estación Total permite obtener trabajos de alta precisión y un gran ahorro de tiempo. (Mendoza, 2015)

2.3.10. Coordenadas

Las coordenadas son cantidades lineales o angulares que designan la posición horizontal y vertical de un punto sobre la superficie de la tierra en un mapa. (IGN, 2015)

2.3.11. Exactitud

Es el grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura elipsoidal, con respecto a su valor verdadero. (SUNARP, 2007)



2.3.12. Precisión

Calidad asociada con el refinamiento de los instrumentos de medición, indicada por el grado de uniformidad en mediciones repetitivas. Generalmente se mide considerando el error medio cuadrático o error probable. (SUNARP, 2007)

2.3.13. Zona Urbana

Área comprendida dentro del ámbito urbano establecido por las municipalidades en el plan de acondicionamiento territorial, para ser desarrolladas con fines urbanos.

2.3.14. Manzana

Es la agrupación de lotes que están delimitados generalmente por calles y/o accidentes geográficos naturales.

2.3.15. Predio

Es el área delimitada por una línea poligonal continua y cerrada; y se extiende al subsuelo y al sobresuelo, excluyéndose del suelo y subsuelo a los recursos naturales, los yacimientos, restos arqueológicos y otros bienes regidos por leyes especiales.

2.3.16. Predio Urbano

Unidad mínima de observación del catastro que se encuentra ubicado en zona urbana, donde existe la continuidad en las construcciones, cuyo uso y destino predominante puede ser habitacional, industrial, comercial o de servicios públicos y cuenta con equipamiento urbano e infraestructura vial.

2.3.17. Altimetría

Nivelar significa determinar la altura de un punto sobre el plano de referencia horizontal. Este diseño ha sido utilizado durante mucho tiempo, prueba de ello es la



presencia de las grandes fortalezas del imperio Inca, las pirámides de Egipto, o construcciones modernas. En la actualidad, la construcción de edificaciones, caminos, canales y grandes obras civiles no están excluidas del proceso de nivelación; incluso los constructores (albañiles) utilizan el principio de los vasos comunicantes para determinar inmediatamente los niveles indicados en los planos. (Mendoza, 2017)

2.3.18. Software Pix4D Mapper

Pix4D Mapper es un programa de escritorio que, a partir de imágenes obtenidas de tierra o aire, genera orto mosaicos de alta gama, DSM (modelo digital de superficie) y nube de puntos. (Sanchez, 2017)

2.3.19. Software AutoCAD Civil 3D

El software de diseño AutoCAD civil 3D es compatible con BIM (modelado de información de construcción) y proporciona funciones integradas para mejorar la documentación de dibujo, diseño y construcción. Beneficiarse de un flujo de trabajo más eficiente para el modelado de superficies y caminos, diseño de emplazamientos, análisis de aguas pluviales y aguas sanitarias, además de producción y documentación de planos. (Autodesk, 2020)

2.3.20. Planimetría

Representa el terreno, sin importar cuán irregular o diferente sea la elevación en la que se encuentre. Para esto, es importante proyectar a la horizontal las longitudes inclinadas que se deben intervenir en la elaboración de un plano. (Mendoza, 2017)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación política

- País : Perú
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Lugar : Barrio Santiago de Chejoña

3.1.2. Ubicación UTM – Datum WGS 84

Tabla 7: Ubicación UTM – Datum WGS 84 del lugar de investigación.

Este	Norte	Zona
392493.162	8246230.609	19 Sur

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Ubicación geográfica – Datum WGS 84

Tabla 8: Ubicación geográfica – Datum WGS 84 del lugar de investigación.

Latitud Sur	Longitud Oeste	Zona
-15°51'15.205"	-70°00'14.569"	19 Sur

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Límites

Tabla 9: Límites del lugar de investigación.

Lindero	Colindante
Norte	Barrio Chanu Chanu
Oeste	Cerro Chejoña
Sur	Centro Poblado de Salcedo
Este	Lago Titicaca

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Vías de acceso

Tabla 10: Vías de acceso al lugar de investigación.

Tramo	Carretera	Distancia	Tiempo
Plaza de Armas – Barrio Santiago de Chejoña	Pavimento Flexible	4.20 km	12 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: Acceso desde la plaza de armas al lugar de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materiales

Tabla 11: Vías de acceso al lugar de investigación.

Método Indirecto - Fotogrametría	Método Directo – Estación Total
Cemento	Cemento
Hormigón	Hormigón
Agua	Agua
Yeso	Marcadores
Pintura	Pintura
Varillas de 1/2"	Varillas de 1/2"
Placas de Bronce	Librera de Campo

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Equipos e Instrumentos

Tabla 12: Vías de acceso al lugar de investigación.

Método Indirecto - Fotogrametría	Método Directo – Estación Total
Receptor GNSS - HIPER HR TOPCON	Estación Total - Leica TS06 Plus R500.
Receptor GNSS – GR5	GPS Navegador - Garmin Map 64S.
Computadora Portátil - Dell CORE i9 8va Generación.	Computadora Portátil - Dell CORE i9 8va Generación.
Dron - Phantom 4 Pro.	Cámara Fotográfica - Lumix ZS60K.
Cámara Fotográfica - Lumix ZS60K.	Impresora - Epson EcoTank L800.
Memoria microSD - 128 GB.	Prismas, Mini Prismas y Accesorios
Impresora - Epson EcoTank L800.	Radios - Motorola T100.
Disco Duro Portátil - Toshiba de 1 TB.	Bipies
Celular	Flexómetro

Fuente: Elaboración propia.



3.2.3. Software

Tabla 13: Vías de acceso al lugar de investigación.

Software (Licencia Estudiante)
Pix4d Mapper 4.5.6
AutoCAD Civil 3D 2021
Recap 2021
Google Earth Pro
IBM SPSS Statistics 25
Microsoft Office 2019
Global Mapper 21

Fuente: Elaboración propia.

3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación según su naturaleza es CUANTITATIVA porque se recolecta datos para probar hipótesis, a base de la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. (Hernández & Mendoza, 2018)

3.3.2. Nivel de investigación

La presente investigación es DESCRIPTIVA porque se busca especificar las propiedades de cualquier fenómeno que sea sometido a análisis. Por otro lado, miden o evalúan con la precisión posible diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación corresponde a un diseño NO EXPERIMENTAL en su clasificación DESCRIPTIVO – COMPARATIVO, debido a



que se comparan las coordenadas planas, distancias, altitudes, áreas y perímetros obtenidos del proceso fotogramétrico con Dron y Estación Total en el barrio Santiago de Chejoña, Puno.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.5.1. Población

La población para el presente estudio está constituida por los predios y calles que se encuentran dentro del área perteneciente al barrio Santiago de Chejoña, Puno.

3.5.2. Muestra

El tamaño de muestra está conformado por 15 predios urbanos y 03 tramos de calles que presentan desniveles en el barrio Santiago de Chejoña, Puno.

3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos en la presente investigación son datos primarios cuantitativos, puesto que se obtuvieron directamente en campo a través del vuelo fotogramétrico con Dron Phantom 4 Pro a una altura de 100 metros con un GSD de 3.46 centímetros y se comprobó la planimetría y altimetría mediante el levantamiento topográfico con una Estación Total Leica TS06 Plus R500 de 5" para determinar la precisión entre ambos métodos.

3.7. VARIABLES

3.7.1. Variable independiente

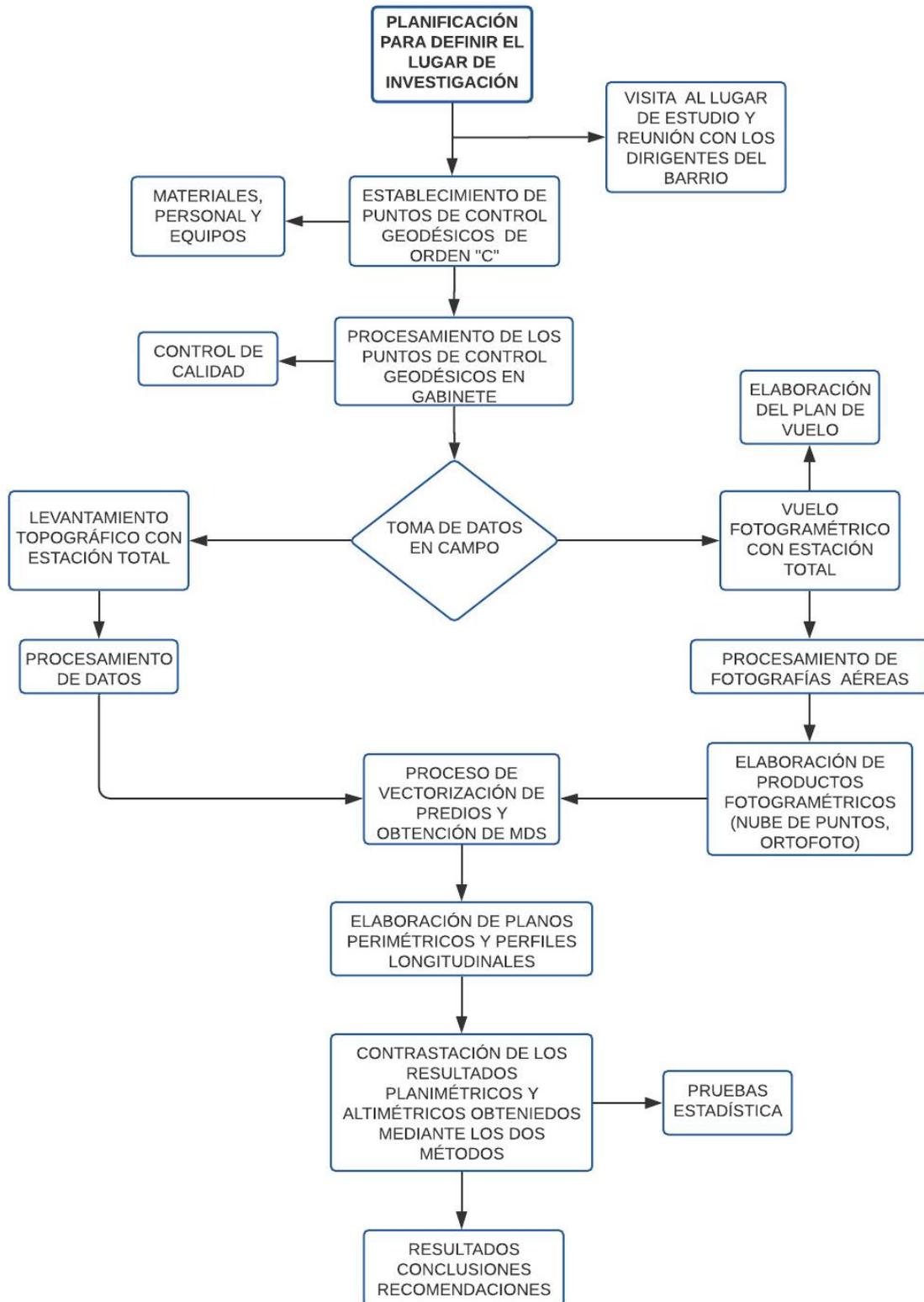
- Fotogrametría con Dron

3.7.2. Variable dependiente

- Plano base catastral urbano

3.8. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

3.8.1. Flujoograma de los trabajos en campo y gabinete

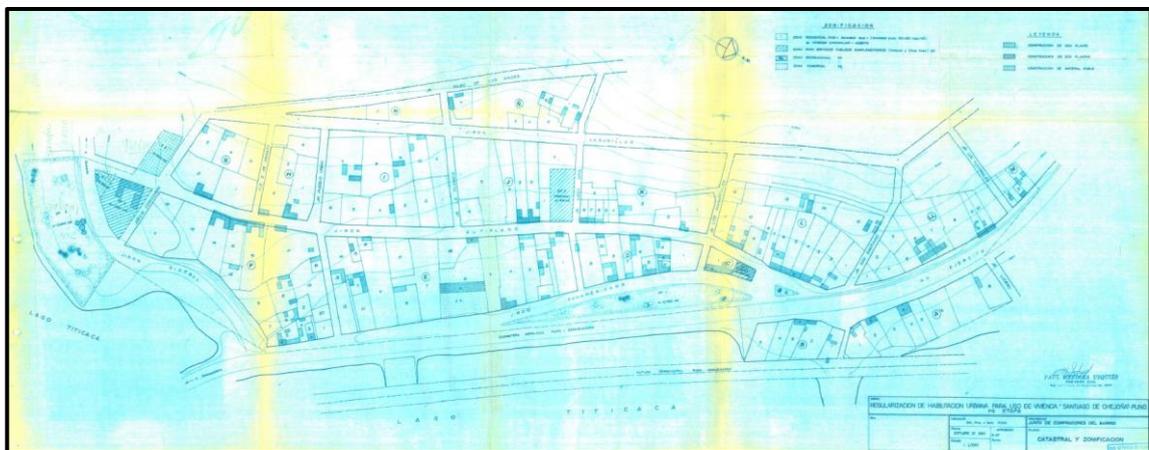


3.8.2. Método Indirecto – Fotogrametría

3.8.2.1. Planificación

Se ha recopilado toda la información necesaria como planos, delimitaciones del barrio, así mismo; se ha identificado la estación de rastreo permanente del IGN para poder enlazar los puntos geodésicos, también se ha solicitado los permisos necesarios a la directiva del barrio.

Figura 25: Plano existente del lugar de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Imagen satelital del lugar de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

3.8.2.2. Reconocimiento del área de investigación

Se ha recorrido todo el barrio y se ha determinado la ubicación de los puntos geodésicos de tal manera que sean visibles entre sí y se garantice su permanencia en el tiempo. Este reconocimiento a la vez ayudó a que se pueda establecer una red de apoyo en el área del proyecto y la ubicación de los puntos de fotocontrol.

3.8.2.3. Monumentación y georreferenciación de los puntos de control geodésicos

En el proceso de monumentación se realizaron los trabajos de campo para el establecimiento y materialización de los puntos geodésicos PCG1 y PCG2 de acuerdo a la norma técnica geodésica “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA POSICIONAMIENTO GEODÉSICO ESTÁTICO RELATIVO CON RECEPTORES DEL SISTEMA SATELITAL DE NAVEGACIÓN GLOBAL” del IGN.

Figura 27: Vista aérea de la ubicación de los puntos de control geodésicos.



Fuente: Elaboración propia.

Se establecieron 2 puntos de control geodésicos enlazados a la red geodésica nacional del Perú. Se utilizó el método Estático Diferencial, el cual consistió en el estacionamiento simultaneo de los receptores GNSS en ambos puntos y se enlazó a la

estación de rastreo permanente PU02 de IGN que está ubicado en el distrito de Juliaca, provincia de San Román y departamento de Puno, seguidamente se ha realizado el post proceso de dicha información obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 14: Coordenadas UTM – WGS 84 de los puntos de control geodésicos.

Punto	Este	Norte	Elevación
PCG1	392439.3802	8246355.5301	3883.309
PCG2	392493.1615	8246230.6088	3877.924

Fuente: Elaboración propia.

Para los trabajos de georreferenciación se ha tomado en cuenta la ficha oficial de la estación de rastreo permanente PU02, ubicada en la Universidad Peruana Unión en la ciudad de Juliaca, proporcionada por el IGN. (Ver Anexo A)

Figura 28: Georreferenciación del punto de control geodésico PCG1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Georreferenciación del punto de control geodésico PCG2.



Fuente: Elaboración propia.

3.8.2.4. Señalización y georreferenciación de los puntos de fotocontrol en el área de investigación

Los puntos de fotocontrol han sido establecidos y distribuidos estratégicamente en toda el área de estudio, es decir que tienen que estar fijos y colocados de manera que se puedan apreciar con claridad en las fotografías que tomaron con el Dron en todo su recorrido.

La georreferenciación de los puntos de fotocontrol es el proceso que se utilizó para poder determinar las coordenadas planimétricas y altimétricas, generalmente este procedimiento se lleva a cabo con equipos GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) en modo RTK (Cinemática en Tiempo Real) con el que se pudieron obtener resultados al centímetro de precisión.

Figura 30: Vista aérea de la ubicación de los puntos de fotocontrol.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Coordenadas UTM – WGS 84 de los puntos de fotocontrol.

Punto	Este	Norte	Elevación
CH1	392437.9370	8246249.7730	3894.799
CH2	392521.5240	8245906.7780	3893.192
CH3	392525.6130	8246083.5550	3859.727
CH4	392577.0520	8246249.5770	3842.286
CH5	392598.7750	8246206.7490	3838.906
CH6	392705.1260	8246014.9280	3839.272
CH7	392646.4670	8245862.7500	3853.395
CH8	392779.9450	8245850.0250	3823.948
CH9	392851.3830	8246000.8310	3819.593
CH10	392956.4830	8245967.8430	3814.367
CH11	392972.2800	8246099.2900	3812.737
CH12	392761.3220	8246183.8600	3815.272
CH13	392706.1130	8246157.3150	3824.029
CH14	392580.8210	8246322.8210	3834.251
CH15	392554.1830	8246429.7200	3833.783
CH16	392663.6160	8246366.0840	3815.188
CH17	392696.5720	8246489.6420	3816.855
CH18	392555.4180	8246530.2000	3817.647
CH19	392414.1790	8246695.5980	3815.249
CH20	392360.4390	8246542.1850	3837.222
CH21	392406.1700	8246411.0520	3863.883
CH22	392530.0100	8246298.0130	3862.281

Fuente: Elaboración propia.



Se establecieron 22 puntos de fotocontrol en toda el área del proyecto. Para el caso de catastro urbano se distribuyó los puntos de fotocontrol de forma homogénea teniendo en cuenta los cambios de pendiente, de tal manera que se puedan colocar tanto en la parte más baja, media y alta de la zona de trabajo y de esta manera obtener una ortofoto de calidad y precisión.

3.8.2.5. Planificación de vuelo fotogramétrico

La planificación de vuelo consistió en la elección de los parámetros adecuados respecto al vuelo proyectado y es de mucha importancia de acuerdo al tipo de trabajo que se desea realizar y de esto dependerá un producto de buena calidad.

Para la planificación de vuelo existen una diversidad de aplicaciones con el cual podríamos generar el plan de vuelo, en este caso se utilizó el Pix4D Capture. Las características importantes para la planificación de vuelo son las siguientes:

a) Altura de vuelo

La altura de vuelo nos indica la distancia con referencia al suelo que volará el Dron, para este caso fue necesario considerar información básica como el relieve, clima y otros. El vuelo se realizó a una altura de 100 metros con un tamaño GSD de 3.46 centímetros.

b) Velocidad de vuelo

Para asignar la velocidad de vuelo se sugiere una velocidad promedio que nos permita capturar fotografías nítidas para posteriormente tener un óptimo procesamiento. Es por ese motivo que se optó por una velocidad de 10 m/s.



c) Líneas de vuelo

Las líneas de vuelo son la trayectoria que debe seguir el Dron en todo su recorrido, en este caso fue necesario utilizar una trayectoria de doble cuadrícula para asegurar una mejor reconstrucción del área de estudio.

d) Traslape longitudinal y transversal

El traslape es la superposición de las fotografías tomadas por el Dron, en este apartado para el traslape longitudinal se consideró 80% y el traslape transversal 40%.

e) Ángulo de inclinación de la cámara

El ángulo de inclinación de la cámara es un factor importante a la hora de poder reconstruir una superficie. En esta ocasión ante presencia de objetos reflectantes (calaminas), paredes verticales que tienen que ser reconstruidas, fue necesario que la cámara tenga un ángulo de 70 grados debajo de la horizontal.

f) Despegue y aterrizaje del Dron

Para el despegue y aterrizaje del Dron fue necesario buscar una zona plana y libre de cualquier interferencia u obstáculo. Se contaron con la señal de 15 satélites en órbita garantizando una óptima geolocalización del Dron. El piloto se tuvo que situar a una distancia considerable de tal manera que no se ponga en riesgo su integridad física al momento del despegue y aterrizaje del Dron.

3.8.2.6. Ejecución del vuelo fotogramétrico

Para ejecutar el vuelo fotogramétrico se utilizó el mismo programa con el cual se planificó el vuelo que es el Pix4D Capture, para lo cual se tuvo que verificar que el Dron y su control remoto estuvieran funcionando correctamente y de ser así se ejecuta el vuelo como se muestra a continuación.

Figura 31: Ejecución del vuelo fotogramétrico.



Fuente: Elaboración propia.

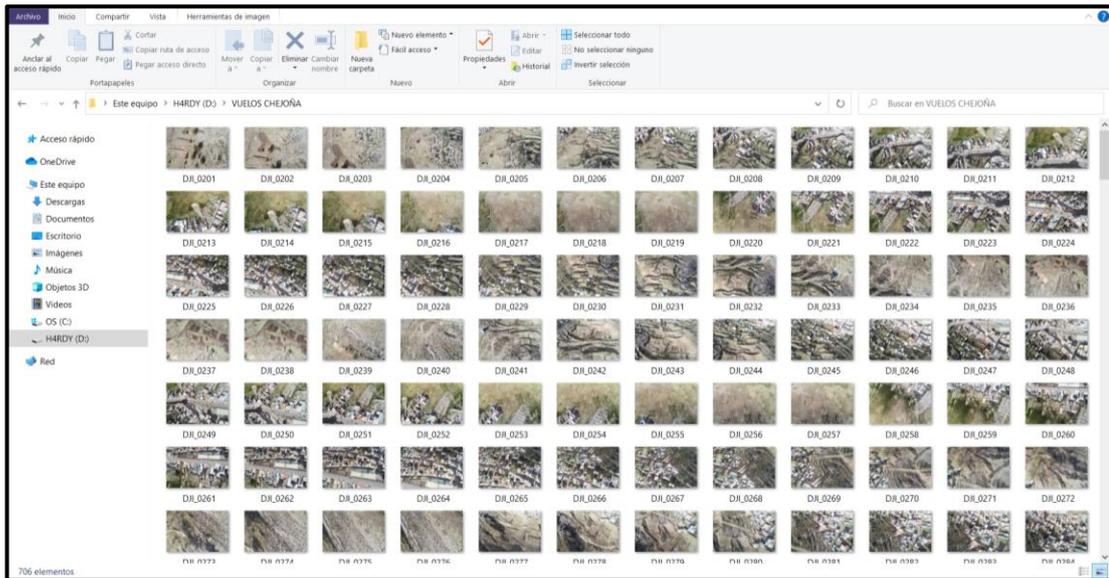
3.8.2.7. Procesamiento de las fotografías aéreas

El procesamiento de las fotografías aéreas fue necesario para la obtención de información tridimensional a partir de las fotografías capturadas por el Dron. Para el procesamiento de las fotografías aéreas se utilizó los softwares Pix4D Mapper y AutoCAD Civil 3D. Los pasos que se realizaron fueron los siguientes:

a) **Descarga de fotografías del Dron al computador**

Para la descarga de fotografías del Dron a la computadora se utilizó un adaptador MicroSD, seguidamente se procedió a verificar y eliminar las fotografías defectuosas.

Figura 32: Descarga de las fotografías al computador.

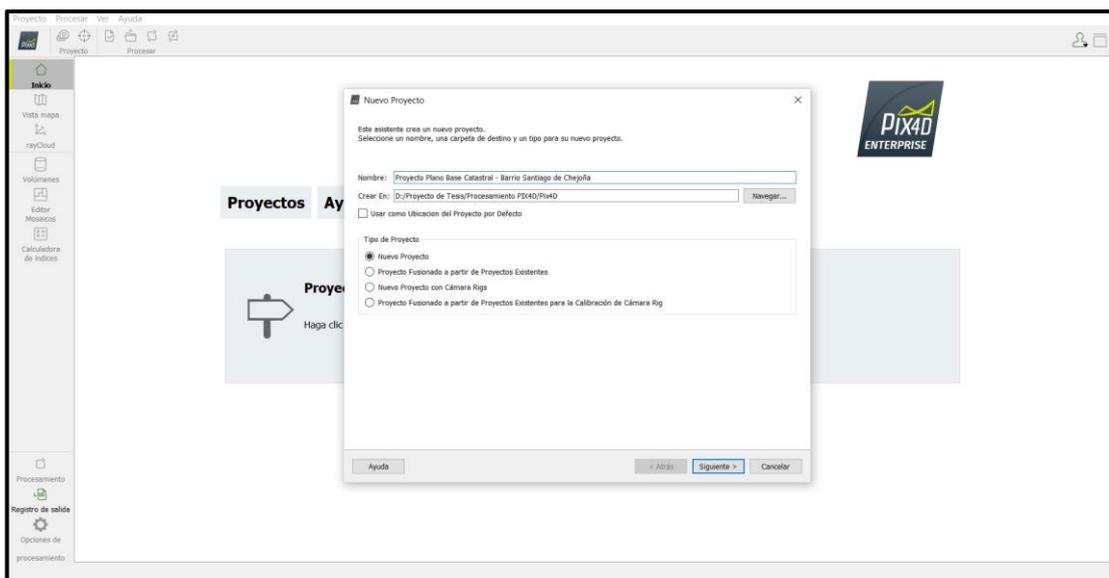


Fuente: Elaboración propia.

b) Creación de un nuevo proyecto en Pix4D Mapper

Para iniciar el procesamiento de las fotografías aéreas es necesario la creación de un nuevo proyecto en donde digitaremos el nombre y seleccionamos la ruta donde se guardará.

Figura 33: Creación de un nuevo proyecto.

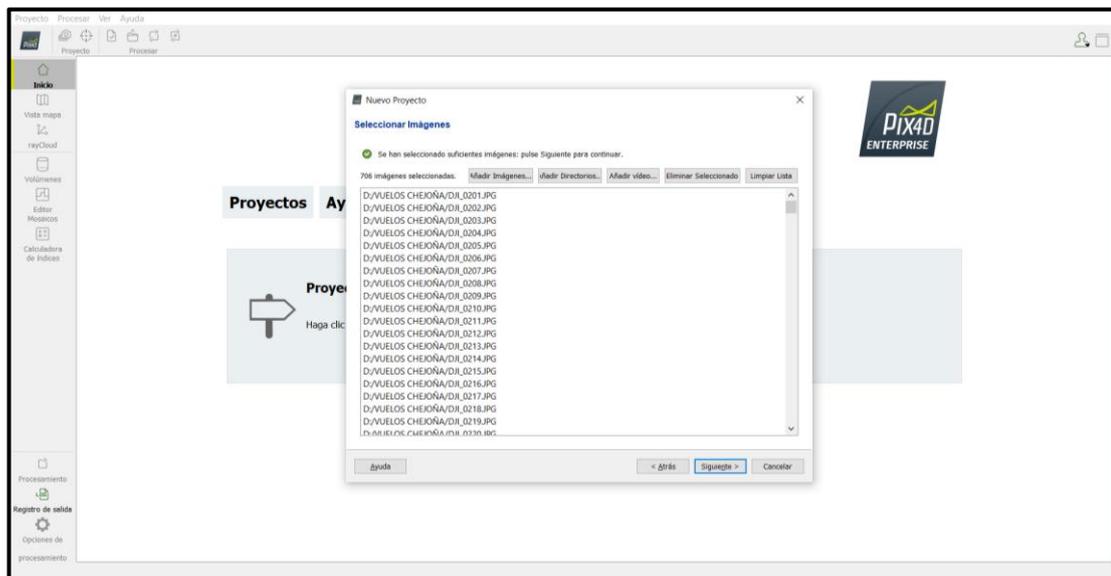


Fuente: Elaboración propia.

c) **Importación de fotografías**

Luego de asignar el nombre y dirección de ubicación del nuevo proyecto se procede a añadir todas las fotografías que vamos a procesar.

Figura 34: Importación de las fotografías.

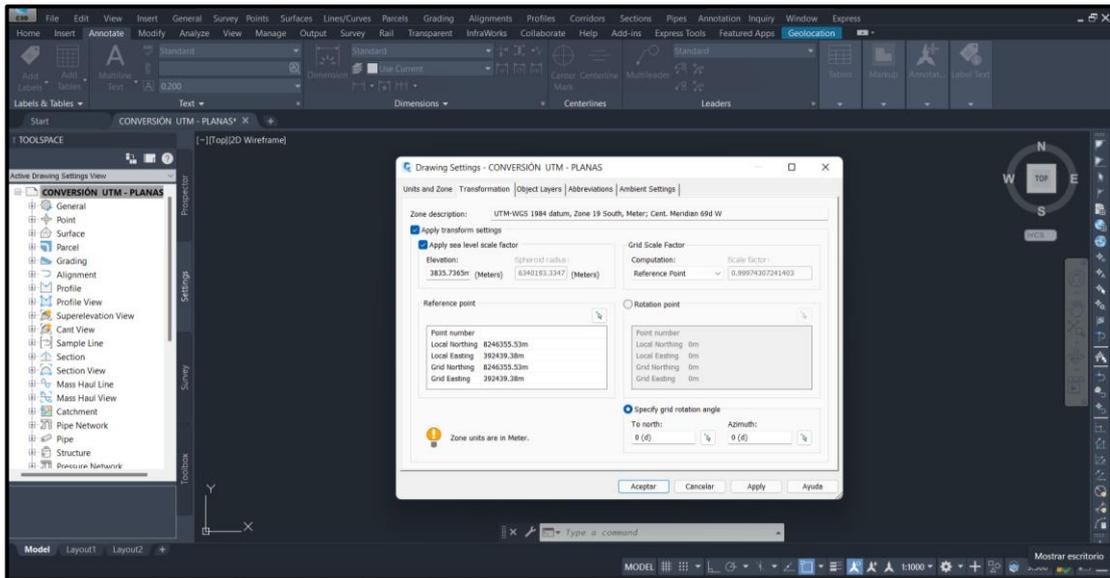


Fuente: Elaboración propia.

d) **Importación y georreferenciación de los puntos de fotocontrol terrestre**

En este procedimiento utilizamos los puntos de control terrestres georreferenciados colocados con el equipo GNSS en modo RTK distribuidos estratégicamente en toda el área de trabajo. Los puntos obtenidos del levantamiento RTK en primera mano son coordenadas UTM y requieren ser transformadas a coordenadas planas tomando como punto base el punto geodésico PCG1, para ello se utilizó el AutoCAD Civil 3D. Para este trabajo se generaron 22 puntos en coordenadas planas de control terrestre, los cuales utilizaremos en el proceso de georreferenciación en el software Pix4D Mapper.

Figura 35: Conversión de coordenadas UTM a Planas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Coordenadas planas de los puntos de fotocontrol.

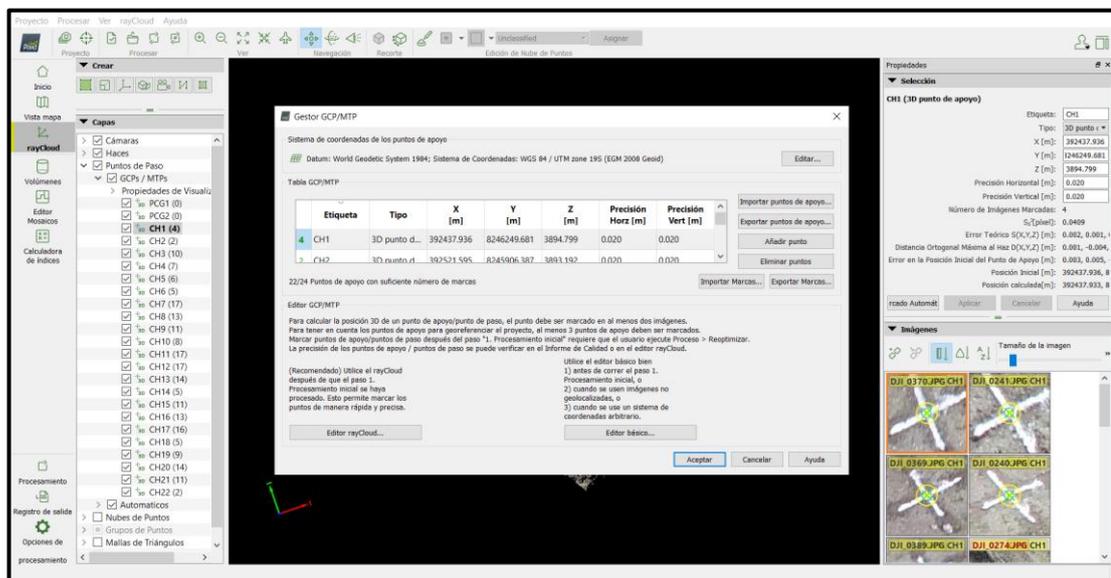
Punto	Este	Norte	Elevación	Factor Escala
CH1	392437.9360	8246249.6810	3894.799	0.99974308
CH2	392521.5950	8245906.3870	3893.192	0.99974285
CH3	392525.6880	8246083.3190	3859.727	0.99974284
CH4	392577.1710	8246249.4860	3842.286	0.99974271
CH5	392598.9120	8246206.6210	3838.906	0.99974265
CH6	392705.3550	8246014.6340	3839.272	0.99974237
CH7	392646.6460	8245862.3240	3853.395	0.99974252
CH8	392780.2380	8245849.5900	3823.948	0.99974217
CH9	392851.7370	8246000.5260	3819.593	0.99974198
CH10	392956.9270	8245967.5100	3814.367	0.99974170
CH11	392972.7370	8246099.0700	3812.737	0.99974166
CH12	392761.5990	8246183.7120	3815.272	0.99974222
CH13	392706.3420	8246157.1450	3824.029	0.99974236
CH14	392580.9430	8246322.7930	3834.251	0.99974270
CH15	392554.2820	8246429.7840	3833.783	0.99974277
CH16	392663.8080	8246366.0930	3815.188	0.99974248
CH17	392696.7930	8246489.7570	3816.855	0.99974239
CH18	392555.5180	8246530.3500	3817.647	0.99974276
CH19	392414.1570	8246695.8900	3815.249	0.99974314
CH20	392360.3710	8246542.3460	3837.222	0.99974328
CH21	392406.1420	8246411.1000	3863.883	0.99974316
CH22	392530.0880	8246297.9630	3862.281	0.99974283

Fuente: Elaboración propia.

Para la geolocalización de las fotografías se procedió a seleccionar el sistema de coordenadas horizontal que en nuestro caso es el DATUM WGS 84 zona 19 L Sur y el sistema de coordenadas vertical EGM 2008.

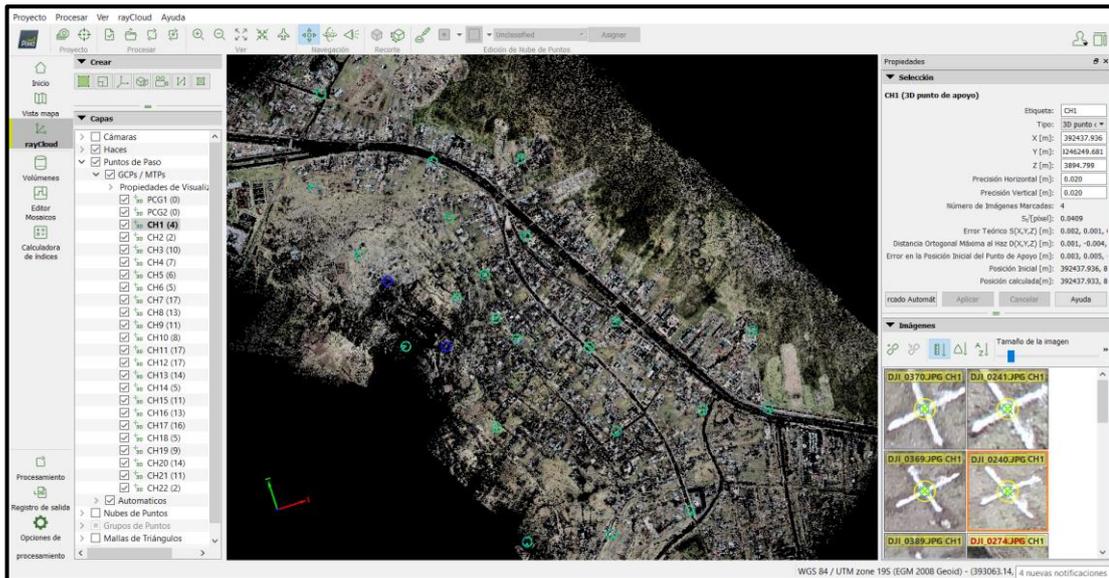
Para iniciar la georreferenciación importamos todos los puntos de fotocontrol en coordenadas planas y los enlazamos con cada fotografía en donde aparece la marca de cada uno de los puntos de control terrestre.

Figura 36: Importación y geolocalización de las fotografías aéreas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37: Georreferenciación de los puntos de fotocontrol terrestre.



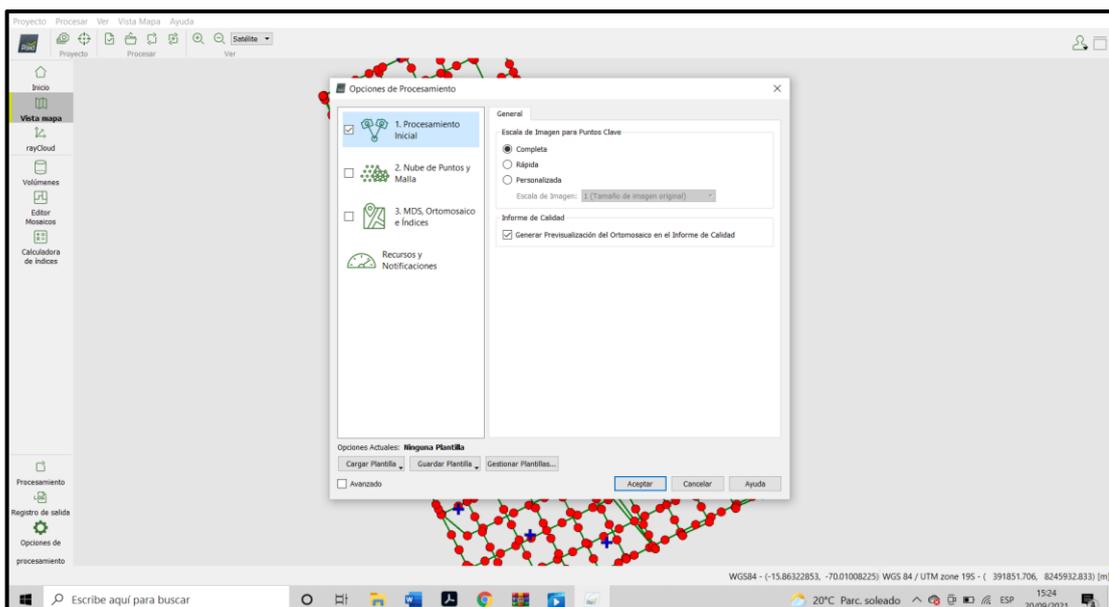
Fuente: Elaboración propia.

e) Procedimiento inicial

El procedimiento inicial consiste en la orientación y calibración de las fotografías.

Para ello en escala de imagen para puntos clave se seleccionó la opción completa para la obtención de un producto de buena calidad.

Figura 38: Procedimiento inicial.

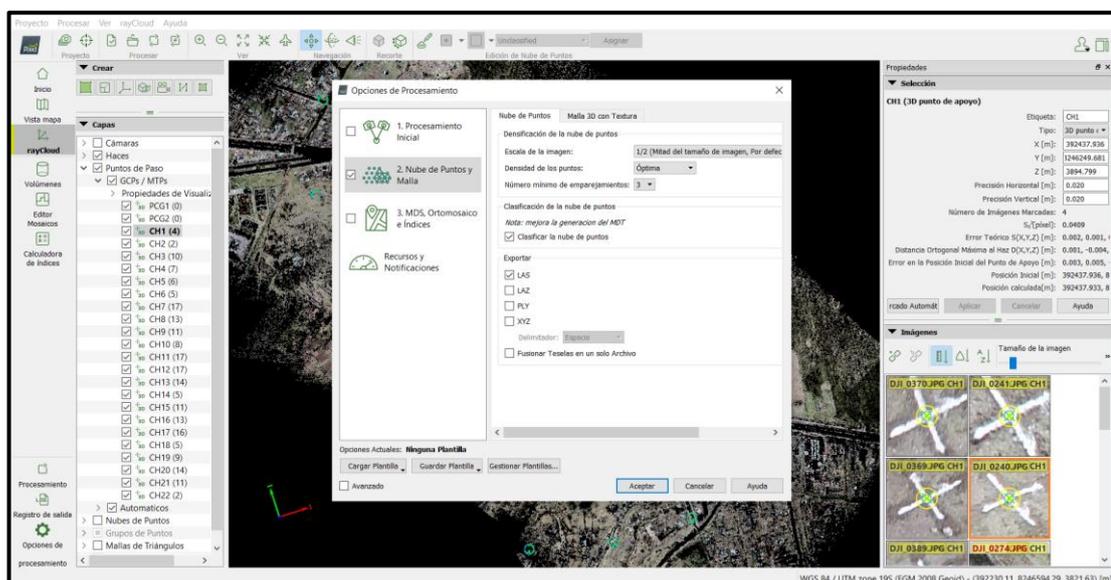


Fuente: Elaboración propia.

f) Generación de la nube de puntos densa

La generación de nube de puntos densa es la proyección planimétrica y altimétrica a partir de las fotografías aéreas tomadas por el Dron. Para la generación de nube de puntos se utilizaron los siguientes parámetros: escala de imagen por defecto, densidad de puntos óptima, número mínimo de emparejamientos 3 y exportar la nube de puntos en formato LAS.

Figura 39: Generación de la nube de puntos densa.

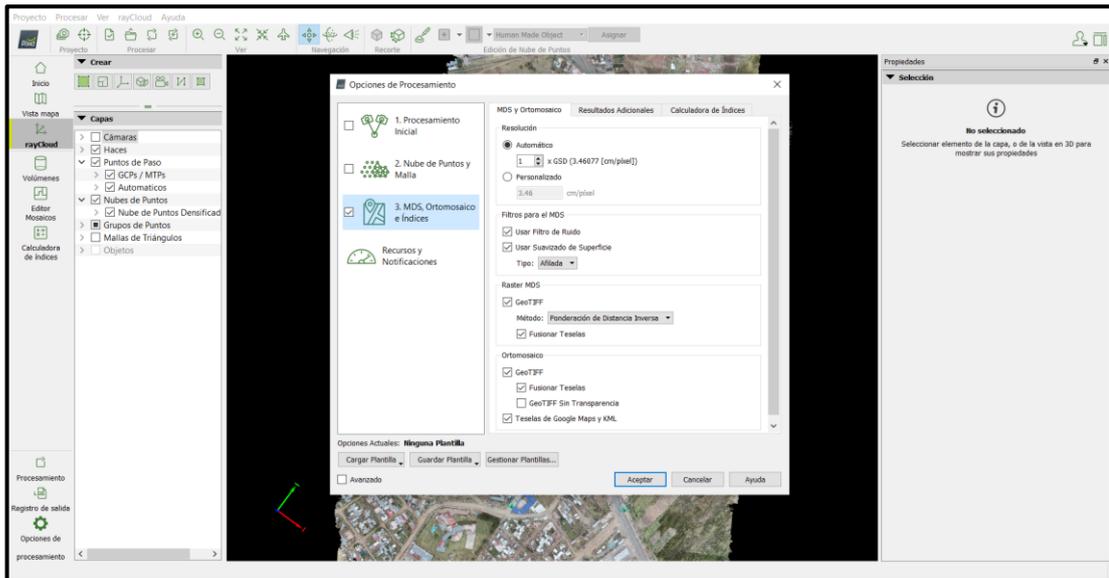


Fuente: Elaboración propia.

g) Generación del MDS y ortomosaico

Los modelos digitales de superficie representan todos los elementos tridimensionales existentes en la superficie de la tierra y un ortomosaico es un producto de imagen fotogramétricamente rectificado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes, donde no presenta distorsión geométrica. Para la generación del MDS y ortomosaico se utilizaron los siguientes parámetros más resaltantes: se usó filtro de ruido y suavizado de superficie. En este paso se obtienen los productos del procesamiento de las fotos.

Figura 40: Generación de la nube de puntos densa.

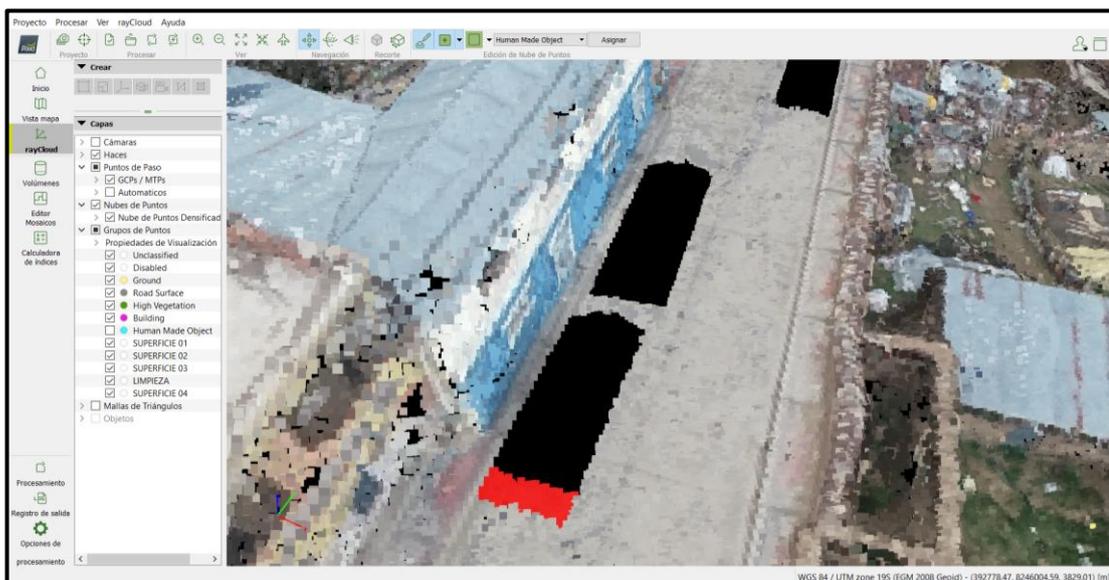


Fuente: Elaboración propia.

h) Clasificación de la nube de puntos

Una vez terminada la generación de la nube de puntos densa se inició la clasificación de los diferentes tipos de puntos que existen en el proyecto con la finalidad de poder exportar información específica. Fue necesario realizar la limpieza de los puntos de ruido presentes en la nube de puntos densa para obtener óptimos resultados.

Figura 41: Clasificación de la nube de puntos.

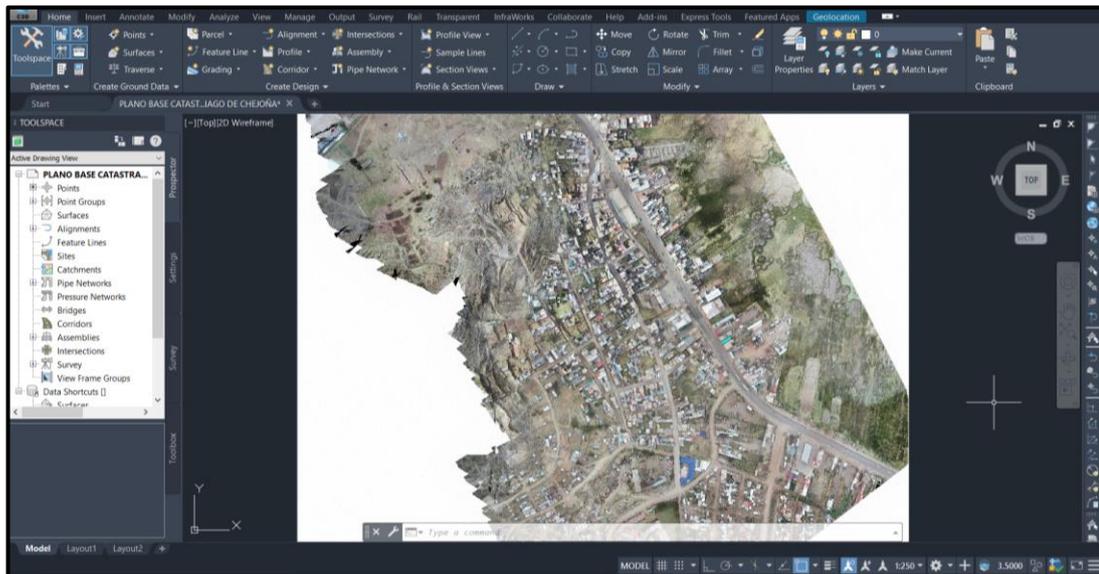


Fuente: Elaboración propia.

i) Importación del ortomosaico al AutoCAD Civil 3D

Para importar del ortomosaico al AutoCAD Civil 3D es conveniente exportar que el archivo de imagen se encuentre en formato ECW por ser más liviano y manejable.

Figura 42: Importación del ortomosaico al AutoCAD Civil 3D.



Fuente: Elaboración propia.

j) Vectorización del ortomosaico

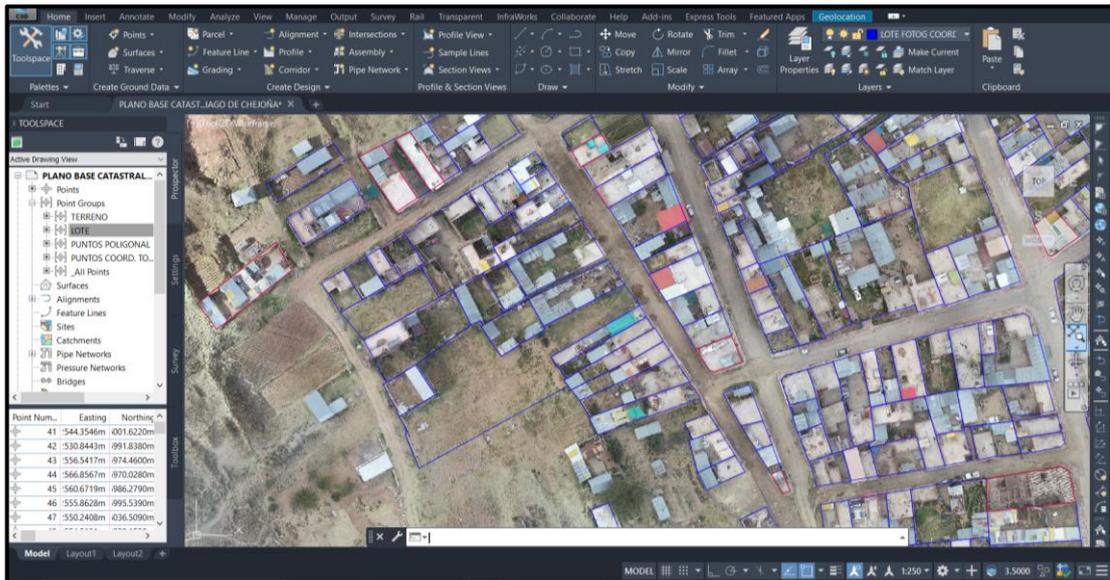
Una vez importado el ortomosaico se procedió a vectorizar detalladamente los predios del área de investigación.

Figura 43: Vectorización del predio en las fotografías.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 44: Vectorización de los predios del lugar de investigación.

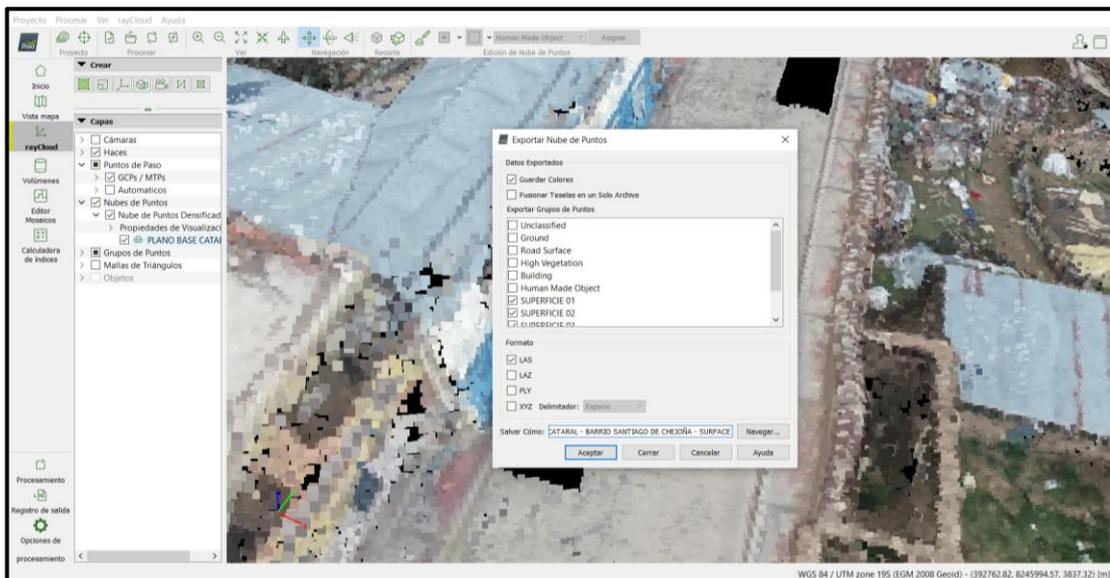


Fuente: Elaboración propia.

k) Exportación de la nube de puntos en formato LAS

Una vez clasificado la nube de puntos densa se exportan los puntos de interés en formato LAS para ser procesados en otro software.

Figura 45: Exportación de la nube de puntos en formato LAS.

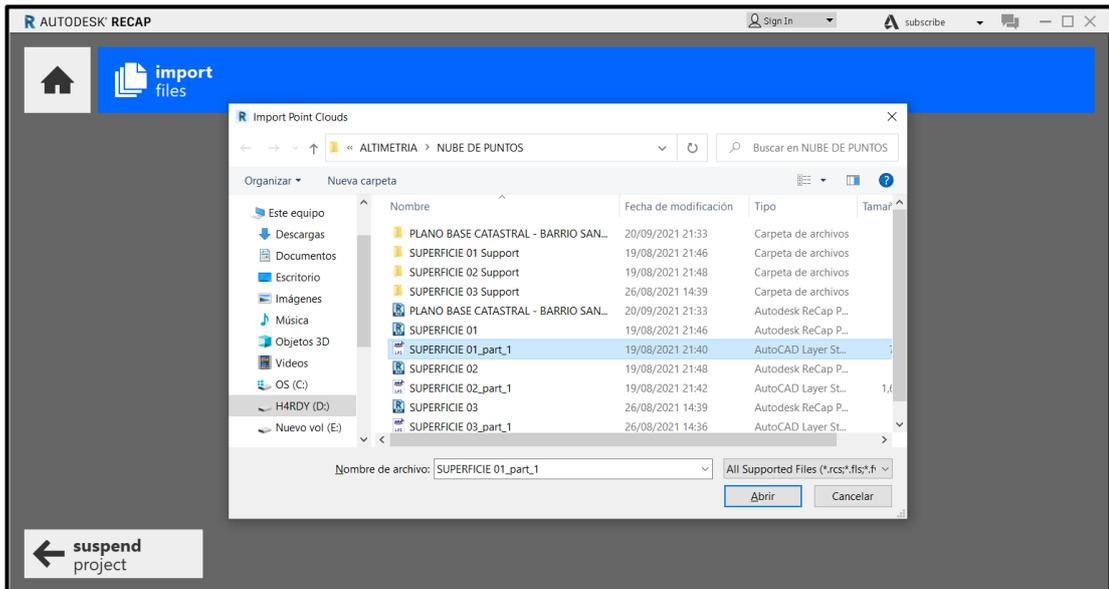


Fuente: Elaboración propia.

l) Importación de la nube de puntos al Autodesk Recap

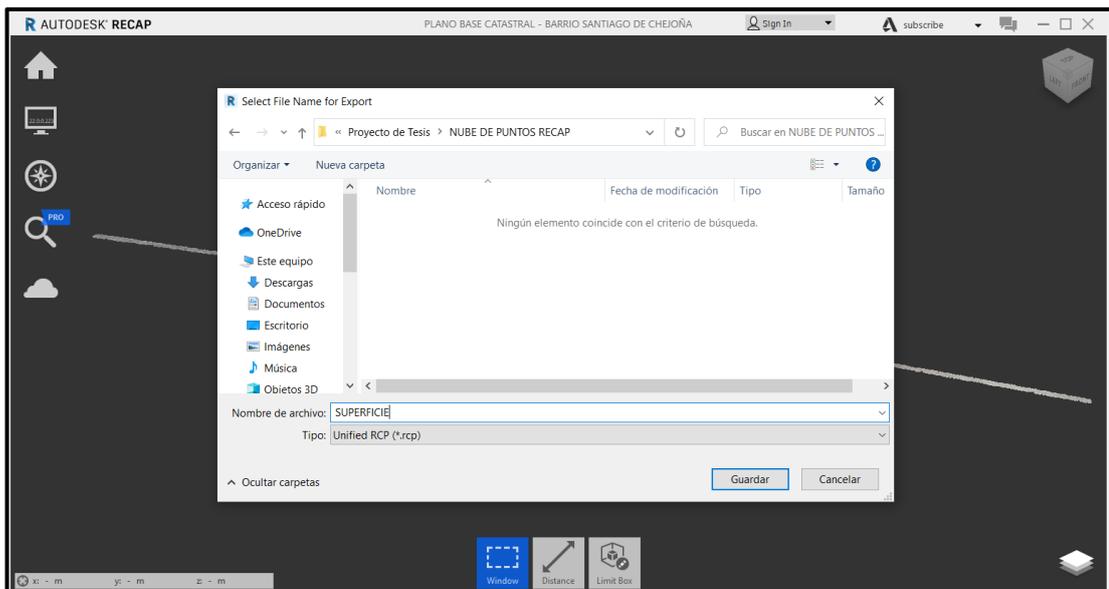
La nube de puntos que fueron exportados del Pix4D Mapper en formato LAS no son legibles por el AutoCAD Civil 3D es por ese motivo que se requiere una conversión a formato RCS.

Figura 46: Importación de la nube de puntos en formato LAS.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 47: Exportación de la nube de puntos en formato RCS.

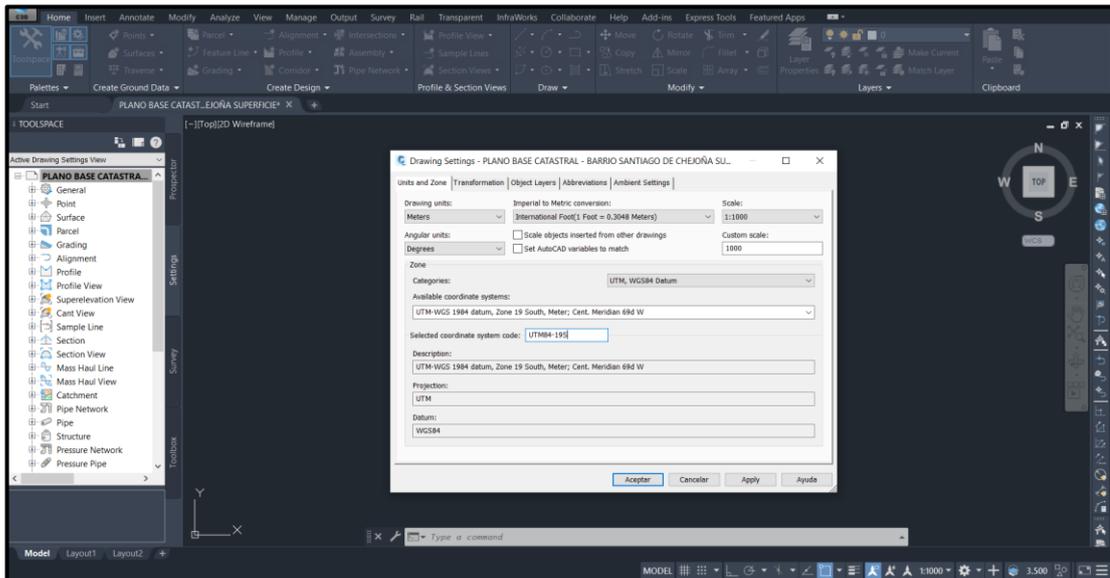


Fuente: Elaboración propia.

m) Importación de la nube de puntos

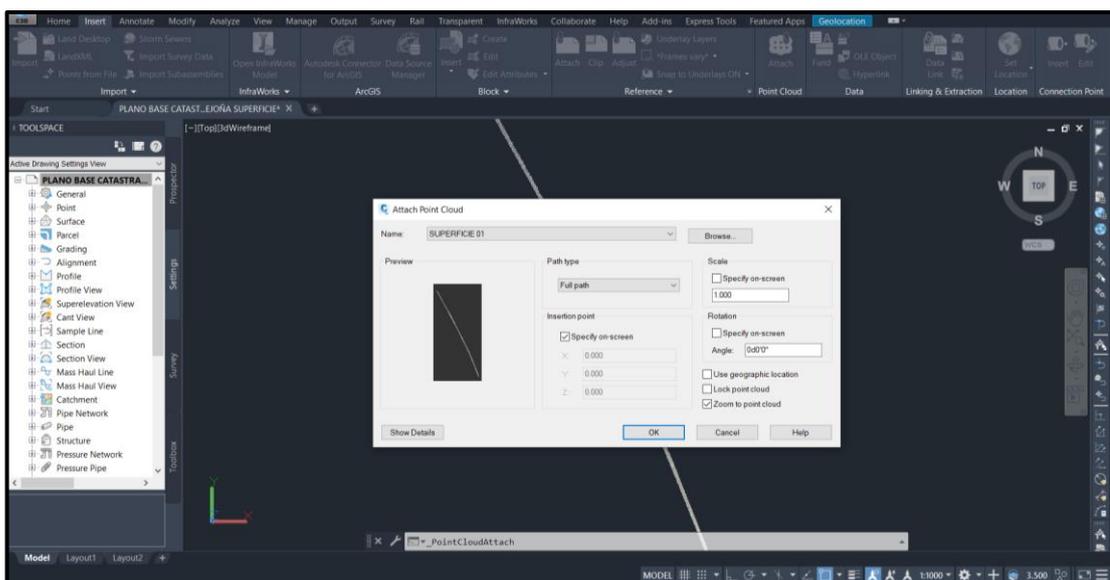
Previamente es necesario asignar el sistema de coordenadas con las cuales vamos a trabajar y posteriormente importar la nube de puntos en formato RCS que admite el AutoCAD Civil 3D.

Figura 48: Asignación del sistema de coordenadas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 49: Importación de la nube de puntos.

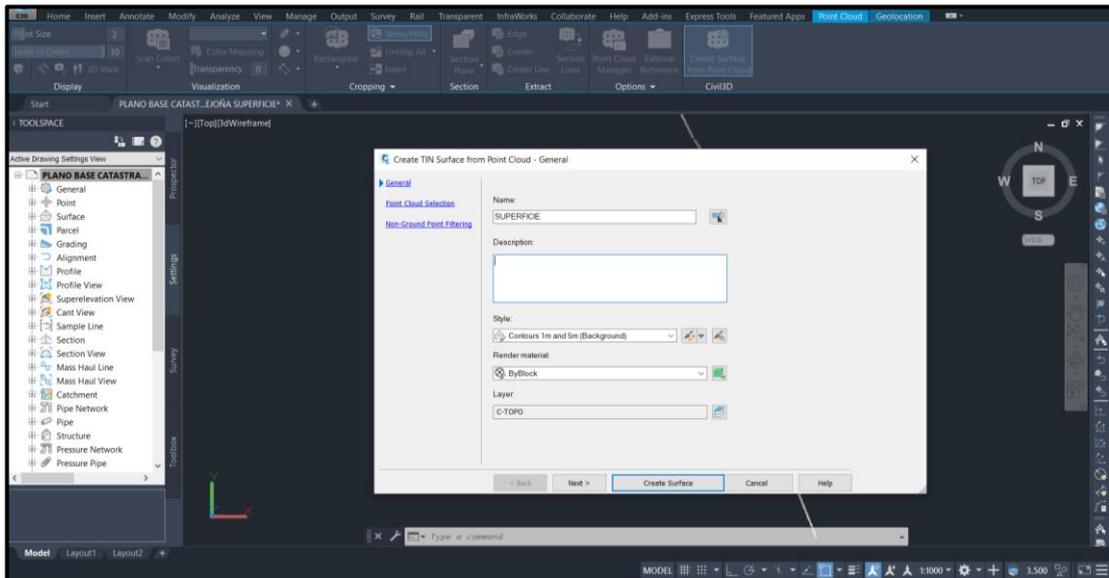


Fuente: Elaboración propia.

n) Generación de superficie

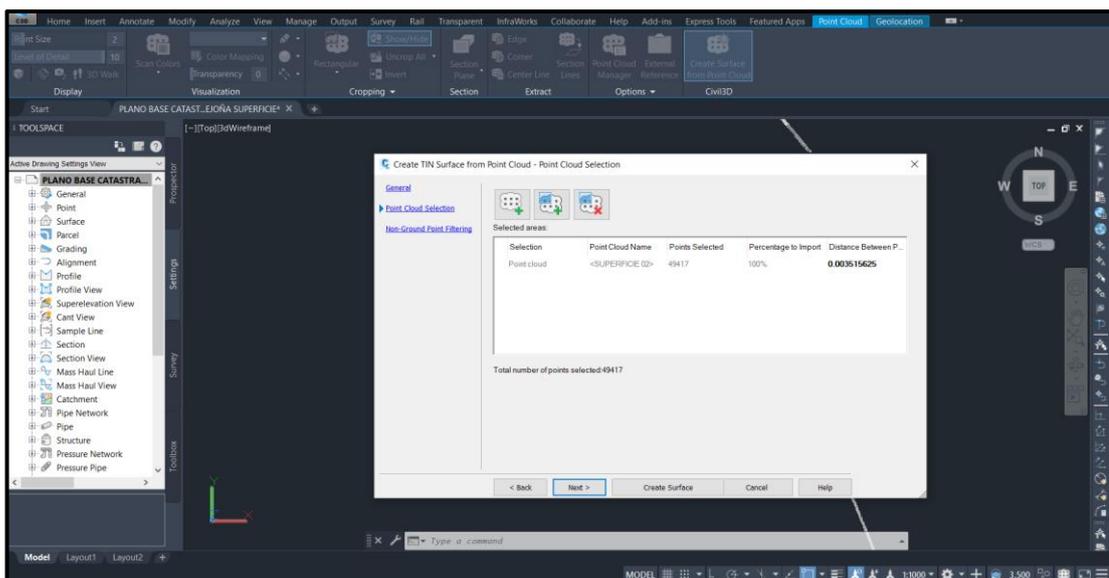
Para realizar la generación de superficie se utilizó la nube de puntos densificada con una distancia entre puntos de 3 centímetros y como la nube de puntos se clasificó anteriormente no es necesario activar la filtración de puntos.

Figura 50: Creación de superficie.



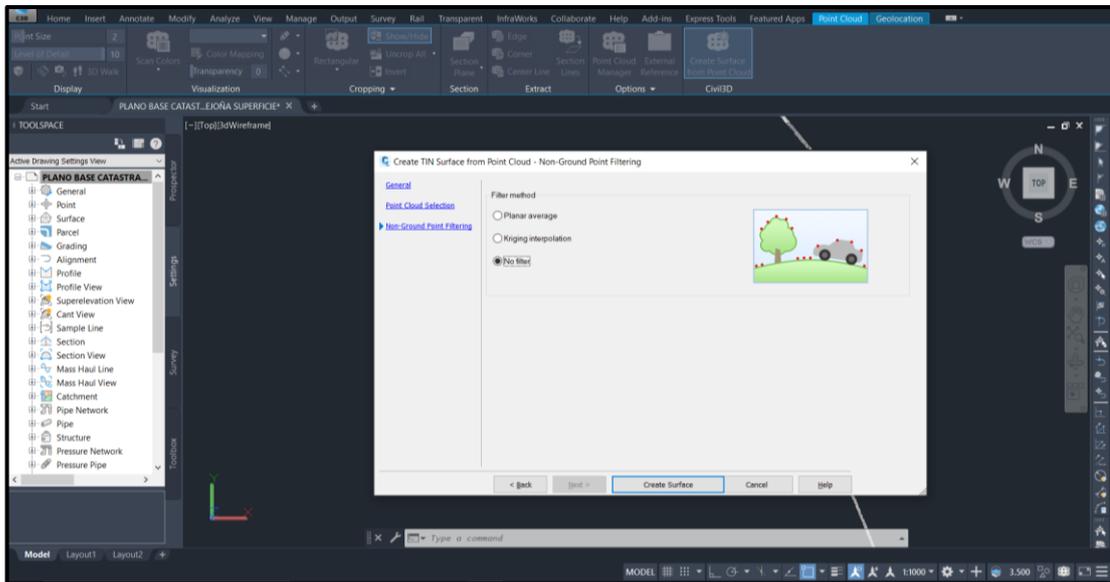
Fuente: Elaboración propia.

Figura 51: Asignación de distancia entre puntos.



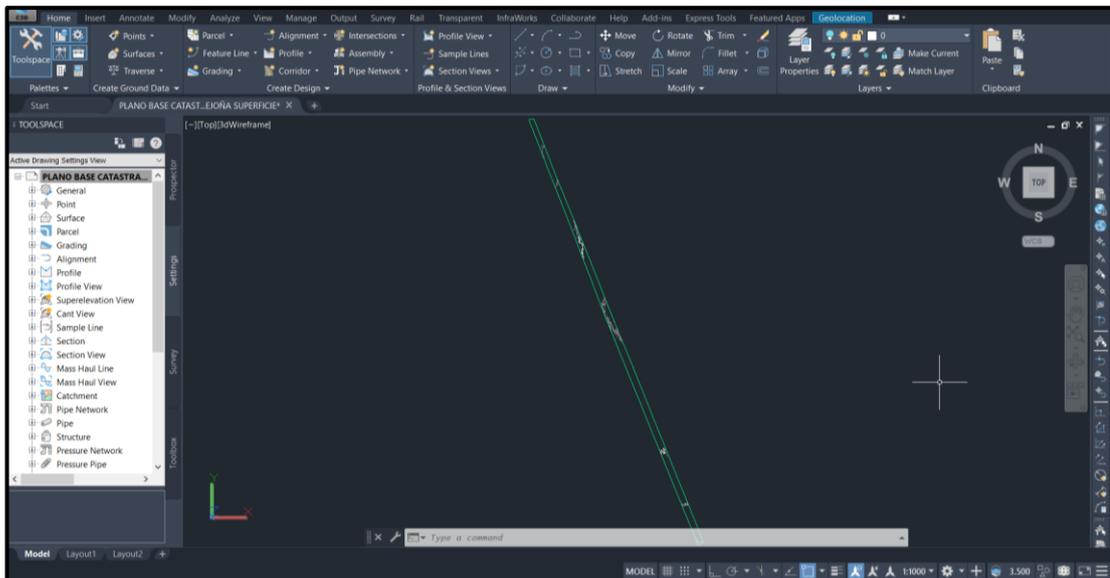
Fuente: Elaboración propia.

Figura 52: Filtración de puntos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 53: Generación de superficie.

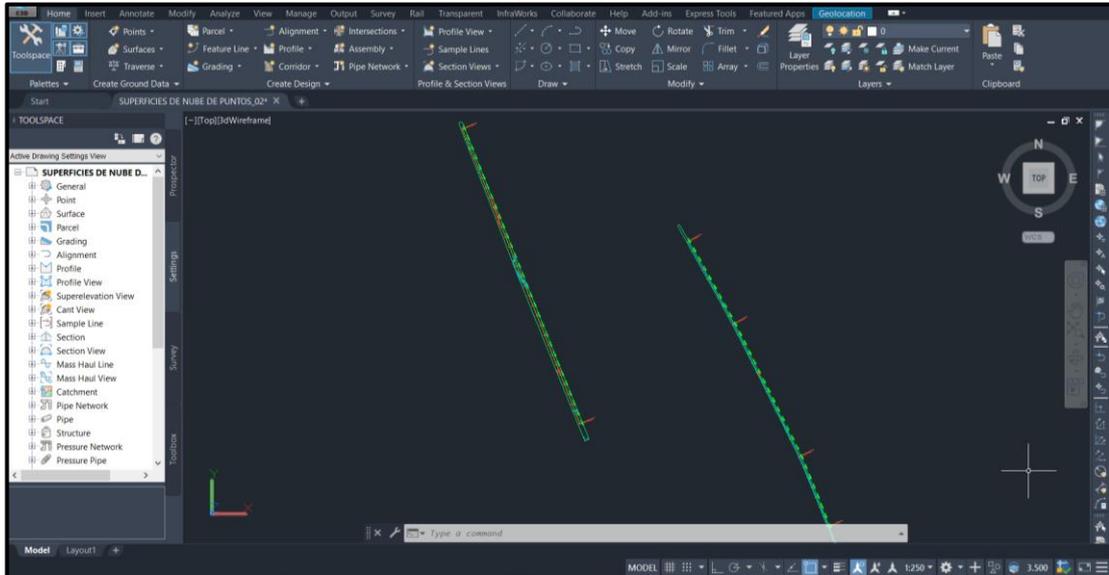


Fuente: Elaboración propia.

o) Creación de alineamiento

Una vez culminada la generación de superficie se traza una polilínea en el eje de las vías para poder crear el alineamiento con progresivas cada 5 metros.

Figura 54: Creación del alineamiento.

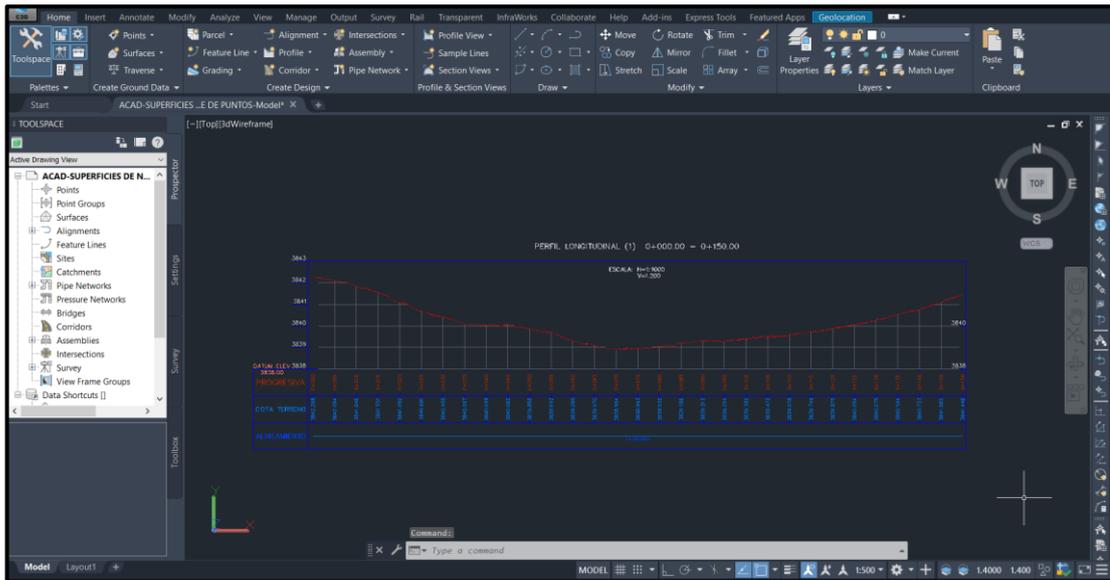


Fuente: Elaboración propia.

p) Creación del perfil longitudinal

El perfil longitudinal es la representación gráfica del terreno en el plano vertical, Para efectos de estudio se obtuvieron altitudes cada 5 metros en el eje de la vía.

Figura 55: Creación del perfil longitudinal.



Fuente: Elaboración propia.

3.8.3. Método Directo – Estación Total

3.8.3.1. Monumentación y georreferenciación de la poligonal de apoyo

En la ejecución se llevó una poligonal cerrada utilizando como base los puntos geodésicos PCG1 y PCG2 previamente convertidos en coordenadas planas. La poligonal cuenta con 15 puntos de apoyo colocados en campo. (Ver Anexo D)

Figura 56: Ubicación de los puntos de la poligonal cerrada de apoyo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 57: Compensación de los puntos de la poligonal topográfica WGS 84.

LADO		DISTANCIA	COORDENADAS SIN COMPENSAR		PROYECCIONES POR CUADRANTE		CORRECCIONES POR CUADRANTE		CORRECCIONES ACUMULADAS		COORDENADAS COMPENSADAS	
ESTACIÓN	PUNT. VISADO		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
	PCG2		392493.209	8246230.501							392493.209	8246230.501
PCG1			392439.380	8246355.530							392439.380	8246355.530
PC1		16.542	392437.639	8246371.980	1.741687	16.450042	0.00016846	0.00189680	0.00016846	0.00189680	392437.639	8246371.982
PC2		145.633	392368.954	8246500.398	68.684800	128.418110	0.00664329	0.01480747	0.00681175	0.01670427	392368.961	8246500.415
PC3		119.594	392349.469	8246618.394	19.484758	117.996020	0.00188459	0.01360573	0.00869634	0.03031000	392349.478	8246618.425
PC4		218.197	392556.972	8246550.924	207.503411	67.470417	0.02007002	0.00777979	0.02876636	0.03808979	392557.001	8246550.962
PC5		97.360	392606.556	8246467.136	49.583461	83.788276	0.00479578	0.00966135	0.03356214	0.04775114	392606.589	8246467.183
PC6		103.804	392679.961	8246393.740	73.405235	73.395365	0.00709986	0.00846298	0.04066200	0.05621411	392680.002	8246393.796
PC7		242.029	392785.317	8246175.846	105.356367	217.894116	0.01019022	0.02512465	0.05085221	0.08133876	392785.368	8246175.927
PC8		212.205	392911.890	8246005.522	126.572822	170.324527	0.01224230	0.01963956	0.06309452	0.10097832	392911.953	8246005.623
PC9		59.148	392853.320	8245997.274	58.570273	8.247929	0.00566500	0.00095104	0.06875951	0.10192936	392853.389	8245997.376
PC10		125.333	392849.644	8245871.995	3.675773	125.278917	0.00035553	0.01444550	0.06911504	0.11637486	392849.713	8245872.111
PC11		89.549	392780.088	8245815.594	69.556293	56.400512	0.00672758	0.00650336	0.07584262	0.12287821	392780.164	8245815.717
PC12		139.037	392654.488	8245875.226	125.599885	59.631516	0.01214821	0.00687591	0.08799083	0.12975413	392654.576	8245875.355
PC13		146.733	392512.706	8245913.019	141.781968	37.793327	0.01371335	0.00435782	0.10170418	0.13411195	392512.808	8245913.153
	PCG2 - LLEG.	317.916	392493.105	8246230.330	19.600857	317.310744	0.00189582	0.03658805	0.10360000	0.17070000	392493.209	8246230.501
	PCG2		392493.209	8246230.501								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Puntos de la poligonal topográfica WGS 84.

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
PCG1	392439.3800	8246355.5300	3883.309
PC1	392437.6390	8246371.9820	3880.973
PC2	392368.9600	8246500.4140	3849.066
PC3	392349.4770	8246618.4220	3817.419
PC4	392556.9990	8246550.9590	3816.774
PC5	392606.5870	8246467.1800	3826.422
PC6	392679.9990	8246393.7920	3815.476
PC7	392785.3640	8246175.9210	3814.986
PC8	392911.9490	8246005.6150	3814.285
PC9	392853.3840	8245997.3680	3819.645
PC10	392849.7080	8245872.1020	3817.657
PC11	392780.1580	8245815.7080	3820.433
PC12	392654.5690	8245875.3460	3852.147
PC13	392512.8000	8245913.1430	3895.747
PCG2	392493.2090	8246230.5010	3877.924

Fuente: Elaboración propia.

3.8.3.2. Levantamiento topográfico con Estación Total

El levantamiento topográfico consistió en la recolección de información planimétrica y altimétrica en campo del área de estudio de manera que se represente lo más real posible el terreno en un plano, para ello se ha seguido la siguiente metodología:

Figura 58: Levantamiento topográfico con Estación Total.



Fuente: Elaboración propia.

a) Verificación de la Estación Total

Antes de poder iniciar los trabajos de campo es necesario y primordial que el equipo cuente con un certificado de calibración no mayor a 6 meses para así garantizar la operatividad del equipo y evitar cometer errores de medición por equipo descalibrado.

b) Creación de un nuevo proyecto y configuración

Para poder iniciar los trabajos de campo primeramente se debe realizar la creación de un nuevo archivo donde se debe configurar los siguientes parámetros para corregir la medición de distancias electrónicas que presentan las estaciones totales.

- Factor escala: 1.000
- Temperatura: 15 °C
- Presión atmosférica: 474 mm de Hg
- PPM: 109 (calculado automáticamente)



c) Montaje de la Estación Total

Consiste en el estacionamiento de la Estación Total en un punto topográfico de coordenadas conocidas que generalmente se encuentra marcado o en el mejor de los casos monumentado. En el proceso de estacionamiento es necesario orientar la Estación Total para ellos se requiere otro punto topográfico de coordenadas conocidas.

d) Recolección de datos

Una vez concluido la creación de un nuevo proyecto, configuración, estacionamiento y orientación de la Estación Total se procede con la recolección de puntos topográficos por radiación del área de estudio.

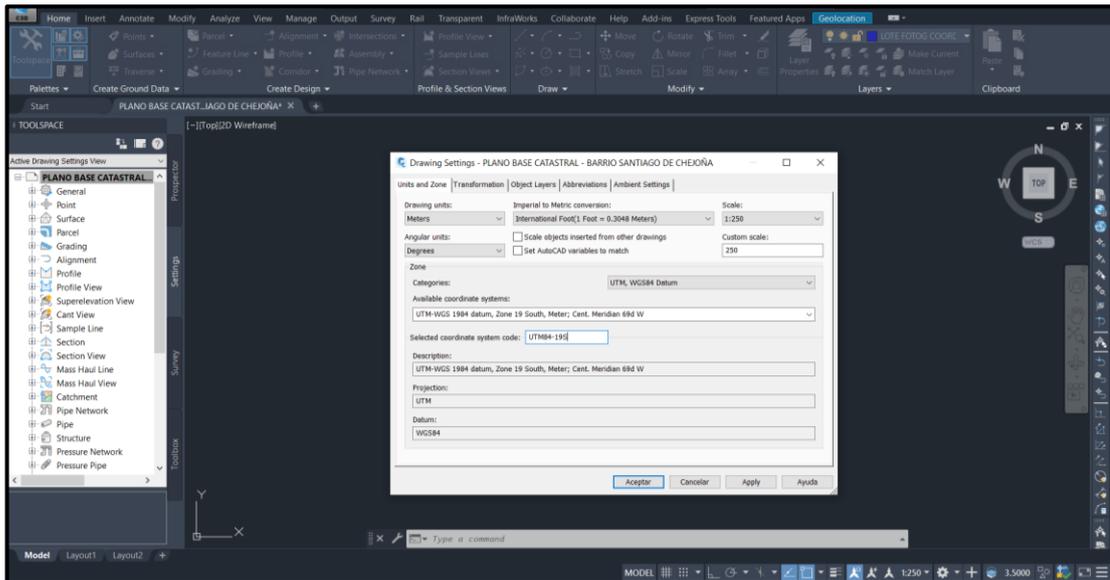
3.8.3.3. Procesamiento del levantamiento topográfico

Para el procesamiento de las fotografías aéreas se utilizó el software AutoCAD Civil 3D. Los pasos que se realizaron fueron los siguientes:

a) Creación del proyecto

Para la iniciar con la creación de un nuevo proyecto es necesario asignar el sistema de coordenadas (UTM - WGS 84, Zona 19 Sur) con el cual vamos a trabajar.

Figura 59: Asignación del sistema de coordenadas.

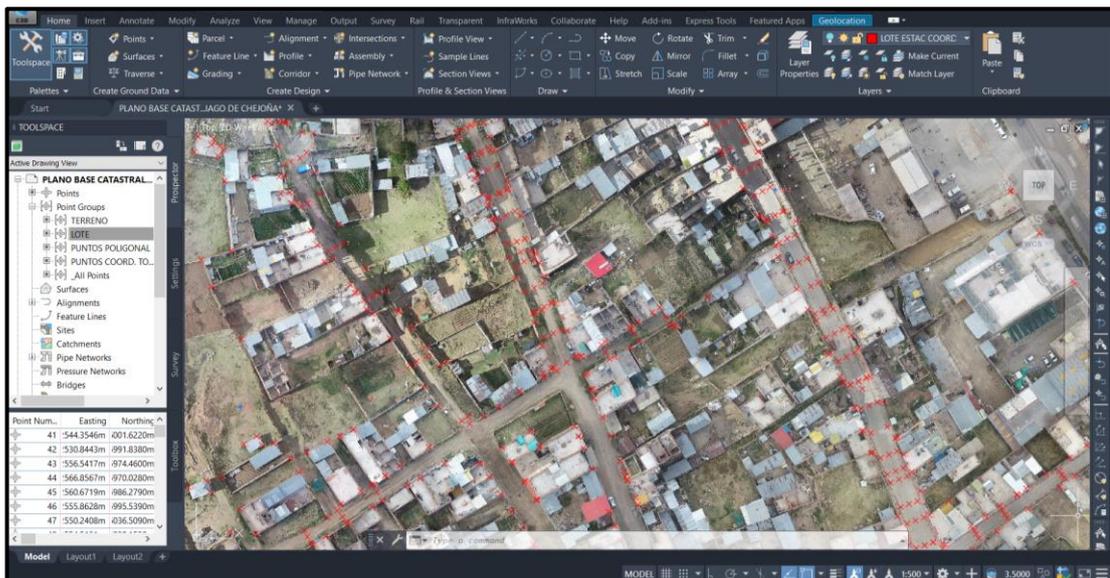


Fuente: Elaboración propia.

b) Importación de puntos

Para realizar la importación de puntos obtenidos con la Estación Total es necesario que el archivo esté en formato CSV o TXT ambos reconocibles por el software.

Figura 60: Importación de puntos.

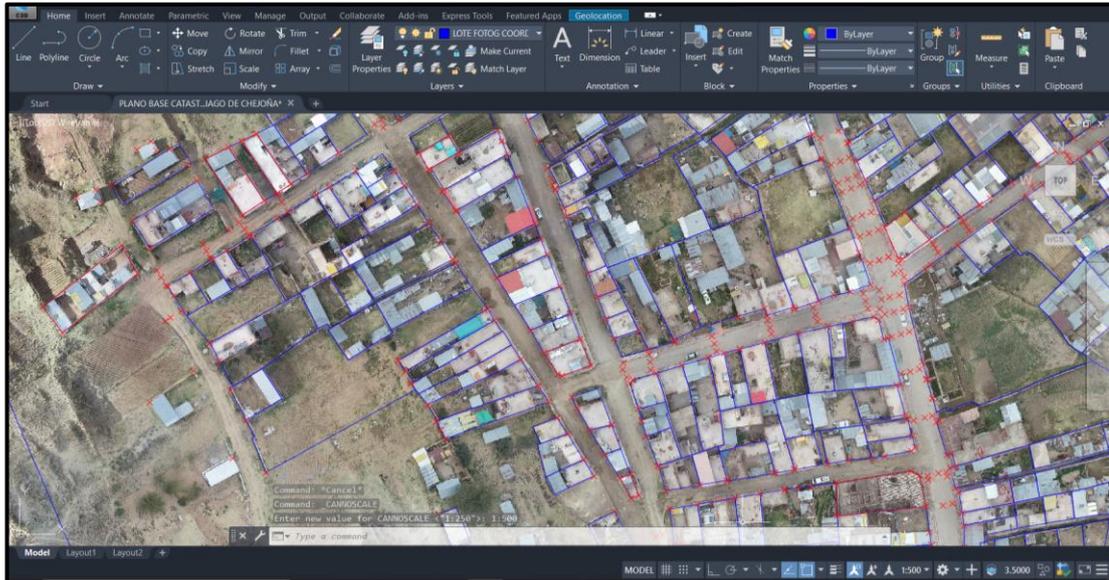


Fuente: Elaboración propia.

c) Vectorización de los predios

La vectorización de predios consistió en la unión con polilíneas de los puntos obtenidos en campo pertenecientes a los lotes.

Figura 61: Vectorización de predios.

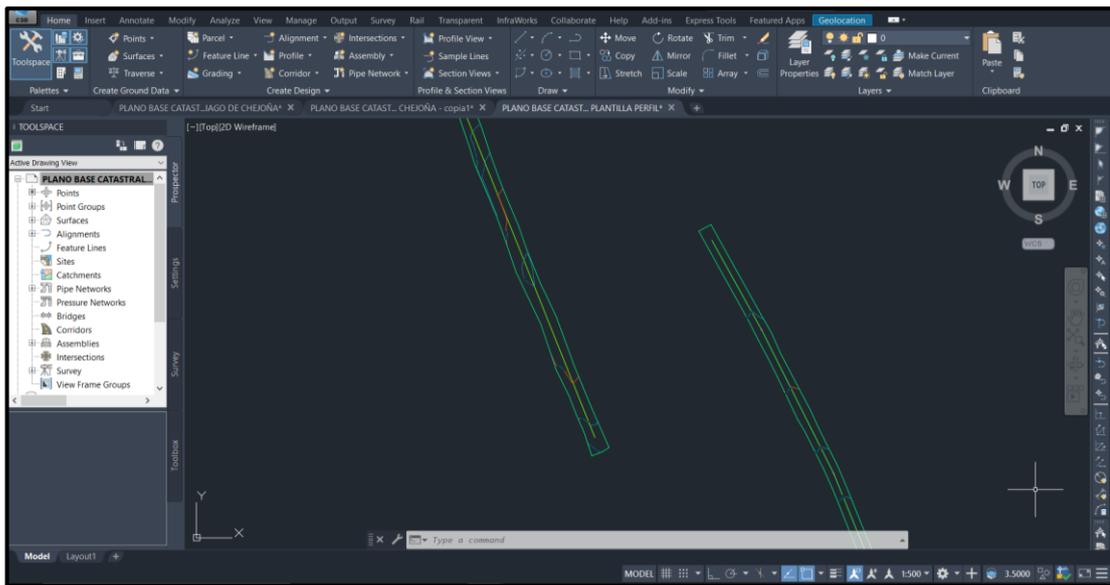


Fuente: Elaboración propia.

d) Generación de la superficie

Una vez culminada la importación de puntos se procedió a generar la superficie con la información del levantamiento topográfico de las calles producto de trabajos de campo.

Figura 62: Generación de superficie.

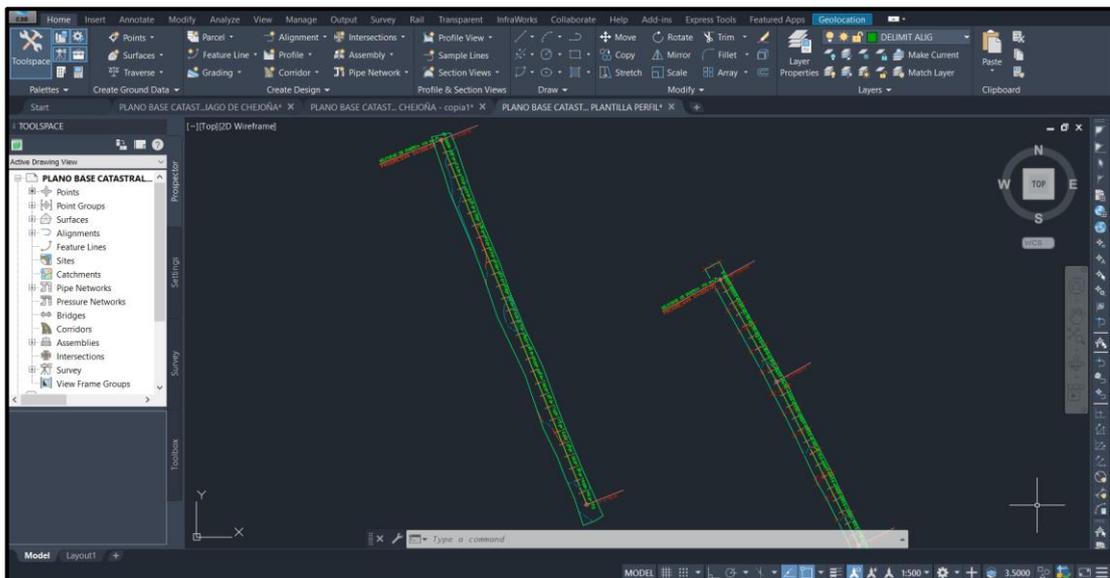


Fuente: Elaboración propia.

e) Generación del alineamiento

Una vez culminada la generación de superficie se traza una polilínea en el eje de las vías para poder crear el alineamiento con progresivas cada 5 metros.

Figura 63: Generación de alineamiento.

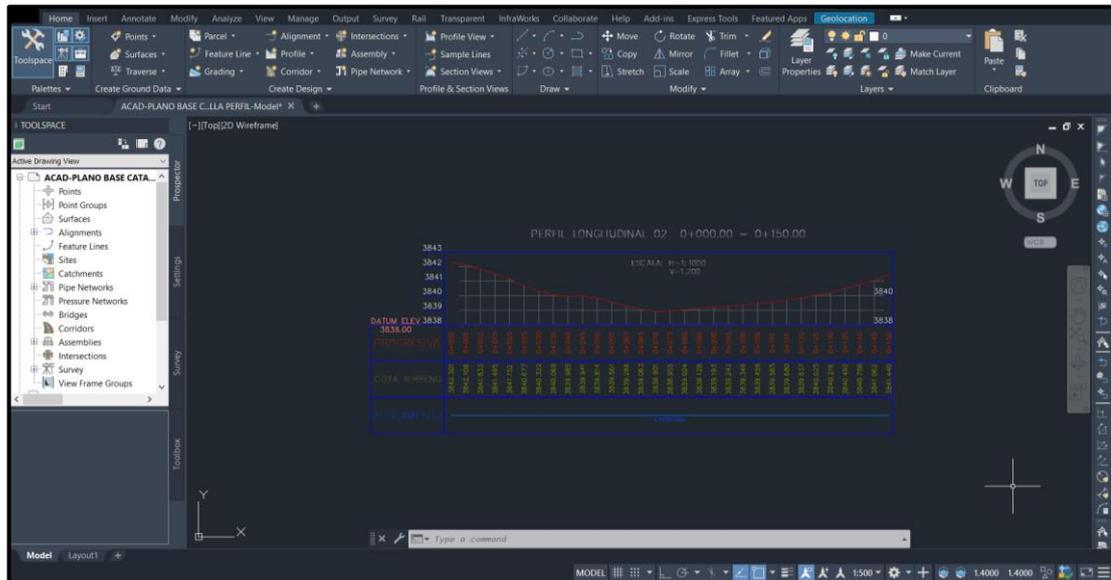


Fuente: Elaboración propia.

f) Generación del perfil longitudinal

El perfil longitudinal es la representación gráfica del terreno en el plano vertical que en este caso contiene un alineamiento en el eje de la vía. Para efectos de estudio se obtuvieron altitudes cada 5 metros.

Figura 64: Generación del perfil longitudinal.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Coordenadas de los predios

Tabla 18: Coordenadas de predios 1 al 6.

Predio Urbano	Vértice	Estación Total		Dron	
		Este	Norte	Este	Norte
1	A	392548.7870	8246463.9710	392548.7930	8246463.9510
	B	392556.6380	8246464.4030	392556.6310	8246464.3740
	C	392554.0490	8246452.7750	392554.0520	8246452.8030
	D	392549.2560	8246453.5750	392549.2700	8246453.5920
2	A	392635.5680	8246324.2870	392635.5870	8246324.3070
	B	392659.9710	8246330.9800	392660.0190	8246330.9990
	C	392663.0670	8246324.7890	392662.9960	8246324.8020
	D	392637.6080	8246314.7920	392637.6340	8246314.8040
3	A	392657.9580	8246314.7770	392657.9460	8246314.7590
	B	392665.9780	8246318.4300	392665.9190	8246318.4360
	C	392670.9330	8246309.9370	392670.9040	8246309.8920
	D	392661.2740	8246304.5480	392661.2520	8246304.5030
	E	392659.5730	8246308.8430	392659.5260	8246308.8570
	F	392660.2110	8246309.0820	392660.1670	8246309.0950
4	A	392664.8030	8246238.5460	392664.8570	8246238.5340
	B	392671.1340	8246242.5200	392671.1300	8246242.4920
	C	392674.5860	8246236.1230	392674.6190	8246236.1590
	D	392668.6960	8246232.6120	392668.7570	8246232.6090
	E	392667.1640	8246232.8560	392667.2160	8246232.8770
5	A	392758.5200	8246046.4310	392758.5320	8246046.4530
	B	392764.8520	8246051.2150	392764.8670	8246051.1910
	C	392772.5150	8246042.5740	392772.5360	8246042.5800
	D	392764.0640	8246036.5190	392764.0530	8246036.5210
	E	392762.8510	8246036.6570	392762.8720	8246036.6790
6	A	392743.6130	8245966.7290	392743.6380	8245966.7260
	B	392766.8070	8245970.4460	392766.8440	8245970.5030
	C	392769.3970	8245968.9830	392769.4310	8245968.9270
	D	392771.4260	8245959.4300	392771.4510	8245959.4410
	E	392743.8910	8245956.4730	392743.9150	8245956.4860

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Coordenadas de predios 7 al 15.

Predio Urbano	Vértice	Estación Total		Dron	
		Este	Norte	Este	Norte
7	A	392676.4970	8245968.2620	392676.5470	8245968.2730
	B	392679.8000	8245969.4970	392679.7710	8245969.4650
	C	392682.3890	8245962.8710	392682.4750	8245962.9140
	D	392680.0140	8245962.0290	392680.1010	8245962.0760
8	A	392653.0940	8246007.2950	392653.0480	8246007.2770
	B	392664.2240	8246011.5970	392664.2250	8246011.6020
	C	392667.5110	8246003.3300	392667.5850	8246003.3770
	D	392658.6180	8246000.1130	392658.5970	8246000.0960
	E	392657.2780	8246000.7110	392657.2220	8246000.7610
9	A	392614.1970	8246069.5780	392614.2640	8246069.6230
	B	392623.5000	8246074.9810	392623.5100	8246075.0310
	C	392626.5440	8246069.7150	392626.5430	8246069.7430
	D	392617.1860	8246064.3400	392617.2390	8246064.3890
10	A	392559.3870	8246073.3230	392559.3570	8246073.3130
	B	392563.8740	8246075.5990	392563.8670	8246075.5760
	C	392574.5400	8246059.8680	392574.5340	8246059.9000
	D	392570.3310	8246057.1090	392570.3270	8246057.1250
11	A	392548.0530	8246067.6790	392548.1030	8246067.7040
	B	392555.1530	8246071.3710	392555.2370	8246071.3780
	C	392566.3010	8246054.7120	392566.2760	8246054.7250
	D	392559.6180	8246050.2790	392559.6290	8246050.3000
12	A	392497.6810	8246021.6960	392497.6510	8246021.7010
	B	392522.1280	8246040.7590	392522.1270	8246040.8200
	C	392527.0060	8246031.9790	392527.0310	8246032.0100
	D	392503.7760	8246013.5660	392503.7470	8246013.5430
13	A	392512.4800	8246133.4670	392512.4320	8246133.4030
	B	392522.5930	8246136.3490	392522.5420	8246136.3750
	C	392549.5750	8246143.2390	392549.5410	8246143.2500
	D	392551.7900	8246138.2830	392551.7490	8246138.2870
	E	392515.9480	8246124.2300	392515.9290	8246124.1650
14	A	392579.6320	8246196.0260	392579.6770	8246196.0250
	B	392590.5100	8246197.7410	392590.5040	8246197.7360
	C	392591.5490	8246192.6160	392591.5790	8246192.5930
	D	392589.2470	8246192.2290	392589.2490	8246192.1890
	E	392579.9390	8246191.0430	392579.9410	8246191.0250
15	A	392579.3060	8246209.2650	392579.2500	8246209.2410
	B	392585.6940	8246209.7760	392585.6620	8246209.7910
	C	392587.2250	8246204.8730	392587.1910	8246204.8680
	D	392586.5350	8646203.3580	392586.5020	8646203.3550
	E	392580.3370	8246202.0620	392580.3810	8246202.0890

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Distancias, áreas y perímetros de predios

Tabla 20: Distancias, áreas y perímetros de predios 1 al 7.

Predio Urbano	Lado	Distancia		Área (m ²)		Perímetro (m)	
		Estación Total	Dron	Estación Total	Dron	Estación Total	Dron
1	A - B	7.864	7.849	69.813	69.381	35.042	34.920
	B - C	11.913	11.854				
	C - D	4.859	4.847				
	D - A	10.407	10.370				
2	A - B	25.305	25.332	216.964	216.3933	69.290	69.189
	B - C	6.922	6.875				
	C - D	27.352	27.262				
	D - A	9.712	9.721				
3	A - B	8.813	8.780	100.937	101.200	41.133	41.178
	B - C	9.833	9.892				
	C - D	11.061	11.054				
	D - E	4.620	4.684				
	E - F	0.681	0.684				
	F - A	6.125	6.084				
4	A - B	7.475	7.418	55.492	55.100	29.313	29.195
	B - C	7.269	7.231				
	C - D	6.857	6.852				
	D - E	1.551	1.564				
	E - A	6.161	6.129				
5	A - B	7.936	7.911	109.980	109.722	41.793	41.752
	B - C	11.550	11.530				
	C - D	10.397	10.424				
	D - E	1.220	1.192				
	E - A	10.691	10.694				
6	A - B	23.490	23.511	288.831	289.106	74.183	74.175
	B - C	2.974	3.029				
	C - D	9.766	9.699				
	D - E	27.693	27.694				
	E - A	10.260	10.243				
7	A - B	3.527	3.437	21.427	21.020	20.318	20.187
	B - C	7.114	7.088				
	C - D	2.520	2.518				
	D - A	7.157	7.144				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Distancias, áreas y perímetros de predios 8 al 15.

Predio Urbano	Lado	Distancia		Área (m ²)		Perímetro (m)	
		Estación Total	Dron	Estación Total	Dron	Estación Total	Dron
8	A - B	11.932	11.985				
	B - C	8.897	8.885				
	C - D	9.457	9.568	97.058	97.707	39.554	39.705
	D - E	1.468	1.528				
	E - A	7.801	7.739				
9	A - B	10.758	10.712				
	B - C	6.082	6.096	65.257	64.956	33.663	33.562
	C - D	10.791	10.734				
	D - A	6.031	6.020				
10	A - B	5.031	5.046				
	B - C	19.007	18.961	96.651	96.690	48.632	48.602
	C - D	5.033	5.040				
	D - A	19.562	19.555				
11	A - B	8.002	8.025				
	B - C	20.045	19.979	163.493	163.028	56.960	56.864
	C - D	8.020	7.985				
	D - A	20.893	20.874				
12	A - B	31.001	31.058				
	B - C	10.044	10.083	304.357	305.954	80.848	81.043
	C - D	29.643	29.718				
	D - A	10.161	10.184				
13	A - B	10.516	10.537				
	B - C	27.847	27.861				
	C - D	5.429	5.432	296.686	298.470	92.157	92.212
	D - E	38.499	38.504				
	E - A	9.867	9.878				
14	A - B	11.012	10.961				
	B - C	5.229	5.254				
	C - D	2.333	2.366	58.365	58.591	32.950	32.969
	D - E	9.383	9.380				
	E - A	4.993	5.008				
15	A - B	6.409	6.435				
	B - C	5.136	5.154				
	C - D	1.665	1.662	46.556	46.319	26.818	26.744
	D - E	6.332	6.251				
	E - A	7.276	7.241				

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Diferencias y desplazamientos de los vértices de predios

Tabla 22: Diferencias y desplazamientos de los vértices de predios 1 al 7.

Predio Urbano	Vértice	Diferencia Estación Total - Dron		Desplazamiento
		Este	Norte	
1	A	-0.006	0.020	0.021
	B	0.007	0.030	0.030
	C	-0.003	-0.028	0.028
	D	-0.014	-0.017	0.022
2	A	-0.019	-0.020	0.028
	B	-0.048	-0.018	0.051
	C	0.071	-0.013	0.072
	D	-0.026	-0.012	0.028
3	A	0.013	0.018	0.022
	B	0.059	-0.006	0.060
	C	0.030	0.045	0.054
	D	0.022	0.044	0.049
	E	0.047	-0.014	0.049
	F	0.044	-0.013	0.046
4	A	-0.055	0.013	0.056
	B	0.003	0.028	0.028
	C	-0.033	-0.036	0.048
	D	-0.061	0.003	0.061
	E	-0.052	-0.021	0.056
5	A	-0.012	-0.022	0.025
	B	-0.015	0.024	0.029
	C	-0.021	-0.006	0.022
	D	0.010	-0.002	0.010
	E	-0.021	-0.022	0.030
6	A	-0.025	0.004	0.025
	B	-0.036	-0.057	0.068
	C	-0.034	0.056	0.066
	D	-0.025	-0.011	0.027
	E	-0.024	-0.014	0.027
7	A	-0.050	-0.011	0.052
	B	0.029	0.032	0.043
	C	-0.086	-0.043	0.096
	D	-0.087	-0.047	0.099

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Diferencias y desplazamientos de los vértices de predios 8 al 15.

Predio Urbano	Vértice	Diferencia Estación Total - Dron		Desplazamiento
		Este	Norte	
8	A	0.046	0.018	0.050
	B	-0.001	-0.005	0.005
	C	-0.074	-0.047	0.088
	D	0.021	0.017	0.027
	E	0.056	-0.050	0.075
9	A	-0.067	-0.045	0.080
	B	-0.010	-0.050	0.051
	C	0.001	-0.028	0.028
	D	-0.053	-0.049	0.072
10	A	0.030	0.010	0.031
	B	0.006	0.023	0.024
	C	0.007	-0.032	0.032
	D	0.004	-0.016	0.016
11	A	-0.050	-0.025	0.055
	B	-0.085	-0.007	0.085
	C	0.025	-0.013	0.028
	D	-0.011	-0.021	0.024
12	A	0.031	-0.005	0.031
	B	0.001	-0.061	0.061
	C	-0.024	-0.031	0.039
	D	0.029	0.023	0.037
13	A	0.047	0.064	0.080
	B	0.052	-0.025	0.058
	C	0.034	-0.011	0.035
	D	0.041	-0.004	0.041
	E	0.019	0.065	0.068
14	A	-0.045	0.001	0.045
	B	0.006	0.005	0.008
	C	-0.031	0.023	0.039
	D	-0.001	0.041	0.041
	E	-0.001	0.018	0.019
15	A	0.055	0.024	0.060
	B	0.032	-0.015	0.035
	C	0.034	0.005	0.034
	D	0.033	0.003	0.033
	E	-0.045	-0.027	0.052

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Diferencias de distancias, áreas y perímetros de predios

Tabla 24: Diferencias de distancias, áreas y perímetros de predios 1 al 8.

Predio Urbano	Lado	Diferencia Estación Total - Dron		
		Distancia (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)
1	A - B	0.014	0.433	0.121
	B - C	0.058		
	C - D	0.012		
	D - A	0.037		
2	A - B	-0.027	0.570	0.101
	B - C	0.047		
	C - D	0.090		
	D - A	-0.009		
3	A - B	0.032	-0.262	-0.045
	B - C	-0.059		
	C - D	0.007		
	D - E	-0.064		
	E - F	-0.002		
	F - A	0.040		
4	A - B	0.057	0.392	0.119
	B - C	0.039		
	C - D	0.005		
	D - E	-0.013		
	E - A	0.031		
5	A - B	0.025	0.258	0.041
	B - C	0.019		
	C - D	-0.028		
	D - E	0.028		
	E - A	-0.004		
6	A - B	-0.021	-0.275	0.008
	B - C	-0.055		
	C - D	0.068		
	D - E	0.000		
	E - A	0.017		
7	A - B	0.089	0.406	0.130
	B - C	0.026		
	C - D	0.002		
	D - A	0.013		
8	A - B	-0.053	-0.650	-0.151
	B - C	0.011		
	C - D	-0.111		
	D - E	-0.061		
	E - A	0.063		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 25: Diferencias de distancias, áreas y perímetros de predios 9 al 15.

Predio Urbano	Lado	Diferencia Estación Total - Dron		
		Distancia (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)
9	A - B	0.047	0.301	0.101
	B - C	-0.014		
	C - D	0.057		
	D - A	0.011		
10	A - B	-0.015	-0.038	0.031
	B - C	0.045		
	C - D	-0.007		
	D - A	0.007		
11	A - B	-0.023	0.464	0.096
	B - C	0.066		
	C - D	0.034		
	D - A	0.018		
12	A - B	-0.057	-1.597	-0.194
	B - C	-0.038		
	C - D	-0.075		
	D - A	-0.024		
13	A - B	-0.021	-1.783	-0.055
	B - C	-0.014		
	C - D	-0.004		
	D - E	-0.005		
	E - A	-0.011		
14	A - B	0.051	-0.227	-0.018
	B - C	-0.025		
	C - D	-0.032		
	D - E	0.003		
	E - A	-0.015		
15	A - B	-0.027	0.237	0.075
	B - C	-0.018		
	C - D	0.002		
	D - E	0.082		
	E - A	0.035		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Altitudes de los perfiles longitudinales

Tabla 26: Altitudes de los perfiles longitudinales

Progresiva	Perfil Longitudinal 01		Perfil Longitudinal 02		Perfil Longitudinal 03	
	Estación Total	Dron	Estación Total	Dron	Estación Total	Dron
0+000	3815.080	3815.104	3823.345	3823.381	3842.301	3842.268
0+005	3815.093	3815.099	3823.444	3823.504	3842.108	3842.094
0+010	3815.111	3815.169	3823.538	3823.540	3841.833	3841.846
0+015	3815.148	3815.157	3823.625	3823.666	3841.495	3841.551
0+020	3815.170	3815.203	3823.705	3823.730	3841.152	3841.092
0+025	3815.186	3815.249	3823.785	3823.807	3840.677	3840.681
0+030	3815.189	3815.186	3823.866	3823.902	3840.322	3840.408
0+035	3815.180	3815.222	3823.990	3824.035	3840.068	3840.097
0+040	3815.168	3815.194	3824.117	3824.147	3839.985	3840.039
0+045	3815.155	3815.169	3824.255	3824.283	3839.941	3840.082
0+050	3815.143	3815.124	3824.381	3824.407	3839.814	3839.856
0+055	3815.132	3815.159	3824.468	3824.518	3839.561	3839.692
0+060	3815.125	3815.121	3824.608	3824.688	3839.288	3839.295
0+065	3815.107	3815.121	3824.782	3824.810	3839.063	3839.070
0+070	3815.088	3815.090	3824.933	3824.968	3838.901	3838.904
0+075	3815.073	3815.092	3825.078	3825.128	3838.955	3838.943
0+080	3815.063	3815.053	3825.250	3825.283	3839.024	3839.032
0+085	3815.053	3815.058	3825.433	3825.439	3839.128	3839.186
0+090	3815.043	3815.046	3825.616	3825.640	3839.193	3839.313
0+095	3815.015	3815.024	3825.788	3825.791	3839.242	3839.254
0+099	3814.993	3814.998	-	-	-	-
0+100	-	-	3825.952	3825.991	3839.346	3839.392
0+105	-	-	3826.113	3826.161	3839.459	3839.472
0+110	-	-	3826.273	3826.323	3839.565	3839.578
0+115	-	-	3826.484	3826.539	3839.680	3839.749
0+120	-	-	3826.703	3826.762	3839.837	3839.875
0+125	-	-	3826.967	3826.988	3840.025	3840.054
0+130	-	-	3827.239	3827.311	3840.216	3840.275
0+135	-	-	3827.541	3827.577	3840.492	3840.544
0+140	-	-	3827.839	3827.887	3840.756	3840.733
0+145	-	-	3828.135	3828.196	3841.062	3841.082
0+150	-	-	3828.447	3828.505	3841.440	3841.448

Fuente: Elaboración propia.



4.1.6. Diferencia de altitudes de los perfiles longitudinales

Tabla 27: Diferencia de las altitudes de perfiles longitudinales.

Progresiva	Diferencia de Altitudes Estación Total - Dron		
	Perfil Longitudinal 01	Perfil Longitudinal 02	Perfil Longitudinal 03
0+000	-0.024	-0.036	0.033
0+005	-0.006	-0.060	0.014
0+010	-0.058	-0.002	-0.013
0+015	-0.009	-0.041	-0.056
0+020	-0.033	-0.025	0.060
0+025	-0.063	-0.022	-0.004
0+030	0.003	-0.036	-0.086
0+035	-0.042	-0.045	-0.029
0+040	-0.026	-0.030	-0.054
0+045	-0.014	-0.028	-0.141
0+050	0.019	-0.026	-0.042
0+055	-0.027	-0.050	-0.131
0+060	0.004	-0.080	-0.007
0+065	-0.014	-0.028	-0.007
0+070	-0.002	-0.035	-0.003
0+075	-0.019	-0.050	0.012
0+080	0.010	-0.033	-0.008
0+085	-0.005	-0.006	-0.058
0+090	-0.003	-0.024	-0.120
0+095	-0.009	-0.003	-0.012
0+099	-0.005	-	-
0+100	-	-0.039	-0.046
0+105	-	-0.048	-0.013
0+110	-	-0.050	-0.013
0+115	-	-0.055	-0.069
0+120	-	-0.059	-0.038
0+125	-	-0.021	-0.029
0+130	-	-0.072	-0.059
0+135	-	-0.036	-0.052
0+140	-	-0.048	0.023
0+145	-	-0.061	-0.020
0+150	-	-0.058	-0.008

Fuente: Elaboración propia.



4.2. RESULTADO PARA EL OBJETIVO GENERAL

En la presente investigación se ha obtenido un plano base catastral urbano evaluado y posteriormente validado con Estación Total; demostrando que las áreas, perímetros, distancias y coordenadas planas son semejantes y cumplen con las tolerancias catastrales y registrales de naturaleza urbana, afirmando así que el plano base catastral urbano generado a partir de fotogrametría con Dron es preciso al comprobar con una Estación Total. Aprobando así la hipótesis general planteada al inicio.

4.3. RESULTADO PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

4.3.1. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis en este trabajo de investigación es una herramienta para determinar si es posible o no generar el plano base catastral urbano mediante el proceso fotogramétrico con Dron. Para determinar el comportamiento entre ambos métodos se tiene una muestra de 15 predios urbanos y este proceso es el adecuado para comparar las áreas y perímetros.

4.3.2. Planteamiento de hipótesis

H_0 = No existe diferencia en precisión de las áreas y perímetros obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.

H_1 = Existe diferencia en precisión de las áreas y perímetros obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.

4.3.3. Nivel de significancia

El nivel de significancia que se tomó para este trabajo de investigación en la prueba estadística fue de un 5% ($\alpha = 0.05$).

4.3.4. Prueba estadística

Para comprobar la hipótesis de este trabajo de investigación se compararon las áreas y perímetros utilizando la prueba estadística T - Student en el software IBM SPSS STATISTICS.

4.3.4.1. Comparación de áreas y perímetros

Tabla 28: Comparación de áreas con la prueba T - Student.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Áreas Estación Total - Áreas Fotogrametría	-,118000	,727242	,187773	-,520733	,284733	-,628	14	,540

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

Tabla 29: Comparación de perímetros con la prueba T - Student.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Perímetros Estación Total - Perímetros Fotogrametría	,023800	,100516	,025953	-,031864	,079464	,917	14	,375

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

4.3.5. Toma de decisión

Si la probabilidad obtenida $p < \alpha$, se rechaza H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida $p > \alpha$, se acepta H_0 (Se rechaza H_1)

De la tabla 23, donde se compararon las áreas de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas, se obtuvo que:

$$p = 0.540 > \alpha = 0.05$$



De la tabla 24, donde se compararon los perímetros de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas, se obtuvo que:

$$p = 0.375 > \alpha = 0.05$$

4.3.6. Interpretación

Según la tabla 23, donde se comparan las áreas de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas se obtiene un valor $p = 0.540$ mayor a 0.05 , por lo tanto, las áreas a partir de la fotogrametría con Dron y Estación Total son iguales.

Según la tabla 24, donde se comparan los perímetros de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas se obtiene un valor $p = 0.375$ mayor a 0.05 , por lo tanto, los perímetros a partir de la fotogrametría con Dron y Estación Total son iguales.

En conclusión, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, por lo tanto, son precisas de las áreas y perímetros obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total, demostrando que es posible la generar el plano base catastral urbano mediante el proceso fotogramétrico con Dron obteniendo un producto cartográfico urbano en donde las áreas y perímetros de los predios son estadísticamente iguales.

4.4. RESULTADO PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

4.4.1. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis en este trabajo de investigación es una herramienta para comprobar con Estación Total las coordenadas planas y distancias obtenidas del proceso fotogramétrico con Dron. Para determinar la precisión entre ambos métodos se tiene una

muestra de 15 predios urbanos y este proceso es el adecuado para comparar las coordenadas planas y distancias.

4.4.2. Planteamiento de hipótesis

Ho = No existe diferencia en precisión de las coordenadas planas y distancias obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.

Hi = Existe diferencia en precisión de las coordenadas planas y distancias obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.

4.4.3. Nivel de significancia

El nivel de significancia que se tomó para este trabajo de investigación en la prueba estadística fue de un 5% ($\alpha = 0.05$).

4.4.4. Prueba estadística

Para comprobar la hipótesis de este trabajo de investigación se comprobaron las precisiones de las coordenadas planas y distancias tanto en conjunto como individualmente utilizando la prueba estadística T - Student en el software IBM SPSS STATISTICS.

4.4.4.1. Comprobación de coordenadas planas

Tabla 30: Comparación de las coordenadas en conjunto de todos los lotes.

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Total de lotes	ESTE Est. Total -	-,004435	,038832	,004675	-,013763	,004894	-,949	68	,346
	ESTE Fot. NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,005029	,029010	,003492	-,011998	,001940	-1,440	68	,154

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

Tabla 31: Comparación de las coordenadas individuales de los lotes 1 al 9.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Lot 1	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,004000	,008679	,004340	-,017811	,009811	-,922	3	,425
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	,001000	,027749	,013874	-,043155	,045155	,072	3	,947
Lot 2	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,005500	,052475	,026238	-,089000	,078000	-,210	3	,847
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,016000	,004082	,002041	-,022496	-,009504	-7,838	3	,004
Lot 3	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	,035500	,017513	,007150	,017121	,053879	4,965	5	,004
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	,012500	,027704	,011310	-,016573	,041573	1,105	5	,319
Lot 4	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,039200	,026281	,011753	-,071832	-,006568	-3,335	4	,029
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,002800	,025665	,011478	-,034667	,029067	-,244	4	,819
Lot 5	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,011600	,013221	,005913	-,028016	,004816	-1,962	4	,121
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,005600	,018889	,008447	-,029054	,017854	-,663	4	,544
Lot 6	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,029000	,006042	,002702	-,036502	-,021498	-10,733	4	,000
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,004400	,040581	,018148	-,054788	,045988	-,242	4	,820
Lot 7	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,048500	,054458	,027229	-,135155	,038155	-1,781	3	,173
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,017250	,036573	,018286	-,075446	,040946	-,943	3	,415
Lot 8	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	,009600	,051743	,023140	-,054647	,073847	,415	4	,700
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,013400	,033351	,014915	-,054811	,028011	-,898	4	,420
Lot 9	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,032250	,032857	,016429	-,084533	,020033	-1,963	3	,144
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,043000	,010231	,005115	-,059279	-,026721	-8,406	3	,004

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

Tabla 32: Comparación de las coordenadas individuales de los lotes 9 al 15.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Lote 10	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	,011750	,012230	,006115	-,007711	,031211	1,921	3	,150
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,003750	,024851	,012426	-,043294	,035794	-,302	3	,783
Lote 11	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,030000	,047265	,023633	-,105209	,045209	-1,269	3	,294
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,016500	,008062	,004031	-,029329	-,003671	-4,093	3	,026
Lote 12	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	,008750	,026209	,013105	-,032955	,050455	,668	3	,552
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,018500	,035903	,017951	-,075629	,038629	-1,031	3	,379
Lote 13	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	,038600	,012779	,005715	,022733	,054467	6,754	4	,003
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	,017600	,043547	,019475	-,036470	,071670	,904	4	,417
Lote 14	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	-,014600	,021813	,009755	-,041684	,012484	-1,497	4	,209
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	,017400	,015534	,006947	-,001888	,036688	2,505	4	,066
Lote 15	ESTE Est. Total - ESTE Fot.	,022200	,038330	,017142	-,025393	,069793	1,295	4	,265
	NORTE Est. Total - NORTE Fot.	-,002000	,019647	,008786	-,026395	,022395	-,228	4	,831

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

4.4.4.2. Comprobación de distancias

Tabla 33: Comparación de las distancias en conjunto de todos los lotes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Total de lotes	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,005290	,040735	,004904	-,004496	,015075	1,079	68	,285

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

Tabla 34: Comparación de las distancias individuales de todos los lotes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Lote 1	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,030750	,021884	,010942	-,004073	,065573	2,810	3	,067
Lote 2	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,025250	,053444	,026722	-,059791	,110291	,945	3	,414
Lote 3	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	-,007500	,044872	,018319	-,054590	,039590	-,409	5	,699
Lot 4	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,023800	,027743	,012407	-,010648	,058248	1,918	4	,128
Lote 5	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,008600	,023330	,010434	-,020368	,037568	,824	4	,456
Lote 6	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,001400	,045374	,020292	-,054939	,057739	,069	4	,948
Lote 7	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,032750	,039407	,019704	-,029955	,095455	1,662	3	,195
Lote 8	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	-,030000	,067487	,030181	-,113796	,053796	-,994	4	,376
Lote 9	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,025000	,032568	,016284	-,026823	,076823	1,535	3	,222
Lote 10	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,007750	,027072	,013536	-,035328	,050828	,573	3	,607
Lote 11	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,024250	,037053	,018526	-,034709	,083209	1,309	3	,282
Lote 12	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	-,048500	,022472	,011236	-,084258	-,012742	-4,316	3	,023
Lote 13	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	-,010800	,007225	,003231	-,019771	-,001829	-3,343	4	,029
Lote 14	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	-,003800	,033454	,014961	-,045339	,037739	-,254	4	,812
Lote 15	DIST. Est. Total - DIST. Fot.	,015000	,043789	,019583	-,039372	,069372	,766	4	,486

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

4.4.5. Toma de decisión

Si la probabilidad obtenida $p < \alpha$, se rechaza H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida $p > \alpha$, se acepta H_0 (Se rechaza H_1)

De la tabla 25, donde se comparan las coordenadas planas de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas, se obtuvo que:

$$p \text{ (Este)} = 0.346 > \alpha = 0.05$$

$$p \text{ (Norte)} = 0.154 > \alpha = 0.05$$

De la tabla 28, donde se comparan las distancias de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas, se obtuvo que:

$$p = 0.285 > \alpha = 0.05$$

4.4.6. Interpretación

Según la tabla 25, donde se comparan las coordenadas planas de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestra apareadas se obtiene un valor p (Este) = 0.346 y p (Norte) = 0.154 ambos mayores a 0.05, por lo tanto, las coordenadas planas a partir de fotogrametría con Dron y Estación Total son iguales.

Según la tabla 28, donde se comparan las distancias de todos los lotes en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas se obtiene un valor $p = 0.285$ mayor a 0.05, por lo tanto, los distancias a partir de fotogrametría con Dron y Estación Total son iguales.

En conclusión, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, por lo tanto, se demostró que son precisas las coordenadas planas y distancias obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.



4.5. RESULTADO PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

4.5.1. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis en este trabajo de investigación es una herramienta para comprobar con Estación Total las altitudes obtenidas del proceso fotogramétrico con Dron. Para determinar la precisión altimétrica entre ambos métodos se tiene una muestra de tres perfiles longitudinales y este proceso es el adecuado para comparar las altitudes.

4.5.2. Planteamiento de hipótesis

H_0 = No existe diferencia en precisión de las altitudes obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.

H_1 = Existe diferencia en precisión de las altitudes obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.

4.5.3. Nivel de significancia

El nivel de significancia que se tomó para este trabajo de investigación en la prueba estadística fue de un 5% ($\alpha = 0.05$).

4.5.4. Prueba estadística

Para comprobar la hipótesis de este trabajo de investigación se comprobaron las precisiones altimétricas tanto en conjunto como individualmente utilizando la prueba estadística T - Student en el software IBM SPSS STATISTICS.

Tabla 35: Comparación de las altitudes de todos los perfiles longitudinales.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Todas las altitudes	-,03019	,03289	,00361	-,03737	-,02301	-8,363	82	,000

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

Tabla 36: Comparación de las altitudes individuales de perfiles longitudinales.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
ALTITUDES Est. Total - ALTITUDES Fot. Perf. 01	-,01538	,02086	,00455	-,02487	-,00589	-3,380	20	,003
ALTITUDES Est. Total - ALTITUDES Fot. Perf. 02	-,03894	,01883	,00338	-,04584	-,03203	-11,513	30	,000
ALTITUDES Est. Total - ALTITUDES Fot. Perf. 03	-,03148	,04558	,00819	-,04820	-,01476	-3,846	30	,001

Fuente: IBM SPSS STATISTICS.

4.5.5. Toma de decisión

Si la probabilidad obtenida $p < \alpha$, se rechaza H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida $p > \alpha$, se acepta H_0 (Se rechaza H_1)

De la tabla 30, donde se comparan las altitudes de todos los perfiles longitudinales en conjunto con la prueba T Student para muestras apareadas, se obtuvo que:

$$p = 0.000 < \alpha = 0.05$$

4.5.6. Interpretación

Según la tabla 30, donde se comparan las altitudes de todos los perfiles longitudinales en conjunto con la prueba T - Student para muestras apareadas se obtiene un valor $p = 0.000$ menor a 0.05, por lo tanto, las altitudes a partir de fotogrametría con Dron y Estación Total son diferentes.

En conclusión, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se demostró que no son precisas las altitudes obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con una Estación Total.

4.6. TOLERANCIAS PLANIMÉTRICAS Y ALTIMÉTRICAS

4.6.1. Tolerancias Método – Fotogrametría

Tabla 37: Tolerancia método fotogrametría.

Punto de fotocontrol	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)
CH1	0.003	0.005	-0.007
CH2	-0.002	-0.005	0.000
CH3	0.014	-0.009	-0.004
CH4	-0.010	0.017	0.012
CH5	0.009	0.001	0.010
CH6	0.042	-0.011	0.012
CH7	-0.009	-0.003	-0.003
CH8	-0.012	0.006	0.004
CH9	0.033	-0.011	-0.013
CH10	-0.023	0.004	0.009
CH11	-0.002	-0.001	0.006
CH12	-0.018	0.001	0.006
CH13	-0.015	-0.003	-0.012
CH14	-0.034	-0.001	0.036
CH15	0.001	0.037	-0.006
CH16	-0.019	0.016	0.013
CH17	0.027	0.004	-0.013
CH18	0.006	-0.049	0.016
CH19	-0.001	0.004	0.001
CH20	-0.001	-0.003	0.008
CH21	-0.005	-0.003	-0.007
CH22	0.027	-0.010	-0.006

Fuente: Informe de procesamiento con Pix4D Mapper.

El error medio cuadrático en $X = 0.018551$, $Y = 0.014963$ y $Z = 0.011769$ cumplen con las tolerancias en fotogrametría.

4.6.2. Tolerancias Método – Estación Total

4.6.2.1. Tolerancia planimétrica

Tabla 38: Tolerancia método Estación Total – planimetría.

Poligonal Topográfica		
Perímetro de Poligonal	Error de cierre Lineal	Tolerancia
		$\frac{1}{\frac{\text{Perímetro de la poligonal}}{\text{Error de cierre lineal}}}$
2033.091 metros	0.200 metros	1/10165

Fuente: Elaboración propia.

La poligonal topográfica que se utilizó para el levantamiento con Estación Total se encuentra dentro de las precisiones requeridas para zona urbana.

4.6.2.2. Tolerancia altimétrica

Tabla 39: Tolerancia método Estación Total – altimétrica.

Nivelación Trigonométrica	
Longitud del Circuito (K)	Tolerancia
	$0.06m\sqrt{K}$
2.033 kilómetros	0.085 metros

Fuente: Elaboración propia.

La nivelación trigonométrica ordinaria que se realizó se encuentra dentro de la tolerancia máxima permitida.

4.7. TOLERANCIAS CATASTRALES URBANAS

Tabla 40: Diferencia de áreas y tolerancias catastrales urbanas.

Predio	Diferencia de Áreas	
	Estación Total - Dron	Tolerancias
1	0.433 m2	1.745 m2
2	0.570 m2	4.339 m2
3	0.262 m2	2.523 m2
4	0.392 m2	1.387 m2
5	0.258 m2	2.750 m2
6	0.275 m2	5.777 m2
7	0.406 m2	0.536 m2
8	0.650 m2	2.426 m2
9	0.301 m2	1.631 m2
10	0.038 m2	2.416 m2
11	0.464 m2	4.087 m2
12	1.597 m2	6.087 m2
13	1.783 m2	5.934 m2
14	0.227 m2	1.459 m2
15	0.237 m2	1.164 m2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Porcentaje de error y tolerancias catastrales urbanas.

Predio	Porcentaje de Error	
	Estación Total - Dron	Tolerancias
1	0.620%	2.0%
2	0.263%	2.5%
3	0.260%	2.0%
4	0.706%	2.0%
5	0.234%	2.0%
6	0.095%	2.5%
7	1.896%	2.0%
8	0.669%	2.0%
9	0.461%	2.0%
10	0.040%	2.0%
11	0.284%	2.0%
12	0.525%	2.5%
13	0.601%	2.5%
14	0.388%	2.0%
15	0.510%	2.0%

Fuente: Elaboración propia.

4.8. DISCUSIÓN

En la directiva de tolerancias catastrales y registrales tiene por finalidad establecer y ordenar los rangos de tolerancias en las mediciones de áreas de los predios urbanos y rurales, con la finalidad de tener un catastro preciso y ordenado para la inscripción de diferentes actos en el registro de predios. (SNCP, 2008)

Al cual se responde que los resultados obtenidos a través del proceso fotogramétrico con el Dron Phantom 4 Pro con una muestra de 15 predios seleccionados, todas ellas se encuentran dentro del rango de las tolerancias catastrales registrales de naturaleza urbana. Por lo tanto, es conveniente usar los Drones para un levantamiento catastral urbano.

En la comparación de los datos obtenidos en campo tomados con Estación Total y Dron, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo, el método indirecto es más viable por su versatilidad, así mismo, la fotogrametría constituye una técnica que permite obtener datos de la superficie de terreno en un corto lapso de tiempo mediante la toma de fotografías aéreas. El uso de Drones constituye una herramienta adecuada reduciendo el tiempo de trabajo en campo y permite obtener resultados confiables a comparación de otros instrumentos topográficos convencionales, presentando muchas ventajas al campo de la fotogrametría y el área de la ingeniería civil. (Jimenez et al., 2019)

Al cual se responde que los resultados obtenidos en cuanto a la precisión de las coordenadas planas, los vértices de los 15 predios seleccionados levantados con Dron y Estación Total tienen datos muy similares y están dentro de los parámetros para la producción de cartografía a escala 1/1000.



En la comparación entre el levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS existe diferencia de precisión. Este resultado permite indicar que el levantamiento topográfico con RPAS tiene una precisión de trabajo menor al levantamiento topográfico tradicional, se enlazó a dos puntos geodésicos de control y a una nivelación geométrica de un BM oficial. La precisión vertical de trabajo que tiene el levantamiento topográfico tradicional de 0.010 metros supera a lo obtenido en el levantamiento topográfico con RPAS de 0.022 metros. (Pedraza, 2019)

Al cual se responde que los levantamientos topográficos con Drones tienen una precisión menor en comparación con los levantamientos tradicionales. De manera general las precisiones altimétricas obtenidas con el levantamiento topográfico con Dron en este caso llegaron a ser a lo mucho el doble del tamaño de pixel (3.46 cm) de la ortofoto, por lo tanto, los levantamientos topográficos indirectos se pueden usar en trabajos donde no se requiera información con mayores precisiones.



V. CONCLUSIONES

Con respecto al Plano base catastral urbano donde se evaluaron las áreas, perímetros, coordenadas planas y distancias de los 15 predios en estudio levantados con Estación Total y Dron, se evaluó mediante la prueba estadística T - Student con un nivel de significancia del 5%, se concluye estadísticamente no existen diferencias entre ambos métodos, por lo tanto, se afirma que la generación del plano base catastral urbano a partir de fotogrametría con Dron a una altura de vuelo de 100 metros es óptimo al comprobar con una Estación Total en el barrio Santiago de Chejoña, Puno.

En cuanto a la generación del plano base catastral se evaluaron las áreas y perímetros de los 15 predios en estudio levantados con Estación Total y Dron, donde se evaluó con la prueba estadística T - Student con un nivel de significancia del 5% obteniendo un valor $p = 0.540$ para las áreas y un valor $p = 0.375$ para los perímetros, se concluye que estadísticamente no existen diferencias entre ambos métodos, por lo tanto, se confirma que es posible generar el plano base catastral urbano a partir del proceso fotogramétrico con Dron a una altura de vuelo de 100 metros y cumple con las tolerancias catastrales y registrales de naturaleza urbana.

Con respecto a las precisiones de las coordenadas planas y distancias se evaluaron 15 predios en estudio levantados con Estación Total y Dron, donde se evaluó con la prueba estadística T - Student con un nivel de significancia del 5% obteniendo valor $p = 0.346$ para el Este, valor $p = 0.154$ para el Norte y valor $p = 0.285$ para las distancias, se concluye que estadísticamente no existen diferencias entre ambos métodos, por lo tanto, se confirma que en levantamientos catastrales urbanos son precisas las coordenadas planas y distancias obtenidas mediante el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.



En relación a las precisiones de las altitudes de los tres perfiles longitudinales levantados con Estación Total y Dron a una altura de 100 metros, se evaluó con la prueba estadística T - Student con un nivel de significancia del 5% obteniendo un valor $p = 0.000$ para las elevaciones, se concluye que estadísticamente si existen diferencias entre ambos métodos, por lo tanto, en levantamientos catastrales urbanos no son precisas las altitudes obtenidas con el proceso fotogramétrico con Dron al comprobar con Estación Total.



VI. RECOMENDACIONES

Para ejecutar el vuelo fotogramétrico se recomienda realizarlo por mañana y con buena iluminación solar, porque de esta manera estaríamos garantizando la estabilidad del Dron en el aire y evitaríamos la captura de fotografías oscuras producto de la sombra.

Se recomienda utilizar la información altimétrica de levantamientos con Dron en trabajos a nivel de perfil en donde las precisiones requeridas sean menores en comparación con los levantamientos tradicionales y a la vez se desarrolla el trabajo en menor tiempo y con menos personal.

Se recomienda realizar investigaciones con Dron a diferentes alturas de vuelo debido a que a mayor altura de vuelo se tiene mayor cobertura en la foto.

Es recomendable realizar todas las configuraciones en la Estación Total como temperatura, presión, constante de prisma, factor escala y otros para que de esta manera se puedan obtener resultados confiables.

Recomendamos dar a conocer la utilidad de las geotecnologías en las mediciones a las autoridades municipales y otras autoridades, mediante capacitaciones por parte de la universidad, especialmente por la EPITA.



VII. REFERENCIAS

- Alejandrez, J., & Rodríguez, C. (2020). Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado. *Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias*.
- Autodesk. (2020). *Definición de AutoCAD Civil 3D*.
- Beltrán, G. (2015). La geolocalización Social. *Polígonos, Revista de Geografía*.
- Calderon, J. (2019). *GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA PARA CATASTRO URBANO UTILIZANDO FOTOGRAMETRÍA CON DRON COMPLEMENTADO CON EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO*.
- Carretero, S. (2015). *Modelos digitales del terreno mediante fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Cascón, J., López, A., Ruiz, A., & Herrera, E. (2019). Proyecto Histocarto: aplicación de SIGs (georreferenciación y geolocalización) para mejorar la recuperación de la documentación histórica gráfica. *El Profesional de La Información*.
- Claros, R., Guevara, A., & Pacas, N. (2016). Aplicación de fotogrametría aérea en levantamiento topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados. *Universidad de El Salvador*.
- Cuerno, C., García, L., Sánchez, A., Carrió, A., Sanchez, J. L., & Campoy, P. (2016). Evolución histórica de los vehículos aéreos no tripulados hasta la actualidad. *Dyna*.
- Del Río, O., Espinoza, T., Sáenz, A., & Córtes., F. (2019). Levantamientos Topográficos



con Drones. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*.

Díaz, E. (2017). Levantamiento topográfico con fines catastrales del Terreno Ubicado en la comarca los Altos municipio y departamento de Masaya. In *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*.

Dolores, L. (2017). Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulados para plano catastral en San Juan de Lurigancho 2017. In *Universidad Cesar Vallejo*.

Gámez, W. (2015). TEXTO BASICO AUTOFORMATIVO DE TOPOGRAFIA GENERAL. *Universidad Nacional Agraria*.

García, A., Rosique, M., & Torres, M. (2017). Topografía y Cartografía Mineras. *Universidad Politécnica de Cartagena*.

Guzmán, A., Reyes, S., & Gonzáles, I. (2020). Evaluación del uso de una UAV (DRON) en un Levantamiento Fotogramétrico y Topográfico, con fines Catastrales. In *Instituto Politécnico Nacional*.

Herrera, R. (2015). *Geodesia Satelital*.

IGAC. (2016). Especificaciones Técnicas Cartografía Básica Digital. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.

IGN. (2011). *Especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:1000*.

IGN. (2015). *Norma Técnica Geodésica: Especificaciones técnicas para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global*.



- Irineu da Silva, P. (2015). *Topografía para Engenharia*.
- Jiménez, G., Garzón, J., & Londoño, D. (2017). INTRODUCCIÓN A LA ALTIMETRÍA. In *Universidad del Quindío*.
- Jimenez, N., Magaña, A., & Soriano, E. (2019). Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de Drones Y GPS como métodos indirectos. In *UES*.
- Mactzul, A. (2018). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LEVANTAMIENTOS ALTIMÉTRICOS POR GPS, ESTACIÓN TOTAL Y MÉTODO DE NIVELACIÓN DIFERENCIAL. In *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Mendoza, J. (2015). *Topografía Técnicas Modernas*.
- Mendoza, J. (2017). *Topografía Técnicas Modernas*.
- MTC. (2015). *Norma Técnica Complementaria 001-2015*.
- Parra, R. (2019). *Modelo Analítico de los Parámetros para la Fotogrametría con Drones en Obras Viales*. Universidad Peruana Los Andes.
- Pedraza, A. (2019). Análisis comparativo del levantamiento topográfico tradicional y el levantamiento topográfico con RPAS en la Huaca Aznapuquio, Los Olivos - 2019. In *Universidad Cesar Vallejo*.
- Pérez, J., & Merino, M. (2016). *Definición de Catastro*.
- Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., Gonzáles, V., & Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG*.
- Romero, L. (2018). "Metodología de levantamiento de información catastral con Drone y procesamiento geoespacial en el Asentamiento Humanos Los Olivos De Pro.



Distrito De Los Olivos.” In *Universidad Nacional Federico Villarreal*.

Rosas, A., Rojas, G., & Herrera, E. (2018). MODERNIZACIÓN DEL CATASTRO EN EL PERÚ: CREACIÓN DEL ORGANISMO TÉCNICO ESPECIALIZADO – ENTE RECTOR DEL SISTEMA NACIONAL CATASTRAL. In *Universidad del Pacífico*.

Sanchez, I. (2017). Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis - 2017. *Universidad Cesar Vallejo*.

SNCP. (2008). Tolerancias catastrales - registrales. *Diario Oficial El Peruano*.

SNCP. (2011). *Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro*.

SUNARP. (2007). *Manual de Levantamiento Catastral Urbano*.

Tacca, H. (2015). Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. In *Universidad Nacional del Altiplano*.

Tarrío, J., Aravena, S., & Silva, C. (2017). ASESORÍA EN GEODESIA Y CARTOGRAFÍA APLICADA A SIG. *Universidad de Santiago de Chile*.

Vásquez, J. (2017). Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte. *Instituto Mexicano Del Transporte*.

Zurita, B. (2015). Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica. In *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.



ANEXOS

Anexo A. Ficha Técnica del IGN.

Anexo B. Informe de Procesamiento con Pix4D Mapper.

Anexo C. Especificaciones de los Equipos Utilizados.

Anexo D. Planos.

Anexo E. Compensaciones de la Poligonal Topográfica y Nivelación Trigonométrica.

Anexo F. Panel Fotográfico.