



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

---

**VENTAJAS DE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON EL MÉTODO  
INDIRECTO EN CUANTO A PRECISIÓN, RELACIÓN TIEMPO/ BENEFICIO  
Y COSTO/BENEFICIO DE LA URBANIZACIÓN MANUEL PRADO SECTOR  
3 DEL DISTRITO DE SICUANI**

---

**PRESENTADO POR:**

- **TARCO COLQUE ANDERSON MAX**
- **QUISPE MAMANI DAVID RICARDO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ASESOR: Ing. Robert Milton Merino Yopez**

**CUSCO – PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

A mi padre Wenceslao Ricardo Quispe Osorio:

Por ser el ejemplo y el guía de mi camino, por inculcarme valores, estar siempre a mi lado y apoyarme en el largo camino.

A mi madre Elizabeth Mamani Vásquez:

Por darme la vida, por brindarme su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A mis hermanos Víctor, Annie, Flor y Lucero

Por estar cuando lo necesitaba, por apoyarme cuando lo requería, por estar en los momentos cuando nadie más podía.

A mis tíos:

Por estar siempre pendientes de nosotros, y por ser los padres que nos faltaron en algún momento, por apoyarnos siempre en nuestras decisiones y darnos lo necesario para llegar a este día, los queremos mucho.

A mis docentes:

Por sus enseñanzas y aporte en nuestra formación universitaria, por su paciencia y apoyo permanentes y por esas lecciones de vida que quedarán grabadas en esos rincones apacibles del recuerdo universitario.

A mis amigos y amigas:

Que marcaron en mi vida universitaria, por su amistad, por tan buenos recuerdos, por sus consejos y sobre todo por brindarme su ayuda en los buenos y malos momentos.

David Ricardo Quispe Mamani



A mi padre Maximo Tarco Loayza

Por ser ejemplo de humildad y trabajo y la guía de mi camino, por inculcarme valores, estar siempre a mi lado y por brindarme siempre su apoyo incondicional.

A mi madre Luz Marina Colque Lizarazo

Por brindarme la vida, por su amor incondicional y por su entereza e inteligencia para corregirme en los momentos erróneos de mi vida.

A mis hermanas Angela y Milagros

Porque son símbolo de respeto y apoyo, por la diversión y el compañerismo que compartimos y por estar siempre para mí cuando lo necesité.

A nuestros docentes

Por sus enseñanzas y aportes para el conocimiento propio y en nuestra formación universitaria, por su paciencia y apoyo permanentes y por esas lecciones de vida que quedaran grabadas en el recuerdo de las experiencias universitarias.

A nuestros amigos y amigas

Por marcar nuestra vida universitaria, por su amistad, consejo y todos los buenos momentos que pasamos durante nuestra convivencia en la universidad.

Anderson Max Tarco Colque



## AGRADECIMIENTO

Este trabajo de investigación hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para su elaboración y conclusión. Por ello, es para nosotros un verdadero placer utilizar este espacio para expresarles nuestros agradecimientos.

Primeramente, agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño que tanto tiempo anhelamos, por la salud y fuerza que nos permitió concluir este importante trabajo.

A la Universidad Andina del Cusco por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesional, brindándonos una educación de calidad, tanto en conocimientos como en valores.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Robert Milton Merino Yépez, por aceptar conducir este trabajo de investigación, por su esfuerzo y dedicación, por sus sabios consejos, su experiencia, su paciencia y su motivación.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para nuestra familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta dura tarea. A nuestros padres y tíos, por su ejemplo de lucha y honestidad, paciencia, inteligencia y generosidad, a mis hermanos y hermanas, por sus buenos consejos y apoyo incondicional.



## RESUMEN

En la actualidad el catastro urbano en el Perú es una de las problemáticas más grandes en el ámbito de la planeación y ordenamiento territorial debido a su baja organización y precisión en cuanto al levantamiento catastral refiere, por eso es necesario implementar el uso de técnicas y procesos tecnológicos más avanzados para reducir los aspectos de imprecisión, costo y tiempo de ejecución.

El alcance de la presente investigación es la determinación de la precisión y las relaciones costo-beneficio y tiempo-beneficio del método indirecto respecto al método directo realizado en la Urb. Manuel Prado del Sector 3 del distrito de Sicuani.

Para esto se realizó un vuelo aero-fotogramétrico de la zona de estudio mediante el uso del dron DJI Inspire 2 y se procesarán las imágenes obtenidas en el software Agisoft V 3.0 para así obtener una ortofoto que nos permitió digitalizar un plano a nivel catastral con el uso del software AutoCAD Civil 3D el cual es usado para verificar la precisión del Método Indirecto, paralelo a este proceso se cuantificó tanto el tiempo y costo del proceso para determinar las relaciones mencionadas anteriormente

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el capítulo IV los resultados son favorables porque nos dan precisiones similares, es más rápido y menos costoso que el método directo el cual en la actualidad es el más utilizado en la elaboración de catastro urbano.

Palabras claves: Fotogrametría – UAV – Precisión – Exactitud – Relación tiempo/beneficio – Relación costo/beneficio – Catastro.



## ABSTRACT

At present, the urban cadastre in Peru is one of the biggest problems in the field of planning and land planning due to its low organization and accuracy in terms of cadastral survey, so it is necessary to implement the use of techniques and processes more advanced technology to reduce aspects of inaccuracy, cost and execution time.

The scope of the present investigation is the determination of the precision and the cost-benefit and time-benefit relationships of the indirect method with respect to the direct method carried out in the Manuel Prado Urb of Sector 3 of the Sicuani District.

For this, an aero-photogrammetric flight of the study area was carried out using the DJI Inspire 2 drone and the images obtained in the Agisoft V 3.0 software will be processed to obtain an orthophoto that allowed us to digitize a cadastral level plane with the Using the AutoCAD Civil 3D software which is used to verify the accuracy of the Indirect Method, parallel to this process, both the time and cost of the process were quantified to determine the aforementioned relationships

According to the results obtained, in Chapter IV the results are favorable because they give us similar details, it is faster and less expensive than the direct method which is currently the most used in the development of an urban cadastre.

Keywords: Photogrametry - UAV - Precision - Accuracy – Time/Benefict Ratio - Cost/Benefict Ratio – Cadastre.



## INTRODUCCIÓN

El presente tema de investigación titulado “VENTAJAS DE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL CON EL MÉTODO INDIRECTO EN CUANTO A LA PRECISIÓN, RELACIÓN TIEMPO/ BENEFICIO Y COSTO/BENEFICIO DE LA URBANIZACIÓN MANUEL PRADO SECTOR 3 DEL DISTRITO DE SICUANI” tiene como propósito poner en práctica los conocimientos adquiridos para realizar cartografía catastral con el uso de la fotogrametría y el empleo de drones, para colaborar con el desarrollo de las ciudades y al mismo tiempo poner a disposición un método reciente y práctico para el desarrollo de nuevos proyectos referentes a catastro urbano y ordenamiento territorial.

Bajo este contexto, ya hace varios años se viene comercializando en nuestro país los ya conocidos Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) o en inglés: Unmanned Aerial Vehicles (UAV) pero en su mayoría con fines recreacionales, en este proyecto se pretende darles un uso más técnico, aprovechando su potencial, dado que dichos equipos pueden volar a alturas de 300 mts, alcanzar velocidades horizontales superiores a los 80 km/h y obtener gran resolución en fotografías aéreas que se utilizan posteriormente para la elaboración de la cartografía catastral.

Al realizar este proyecto, se contaba con poca información en cuanto al costo, tiempo y precisión del Método Indirecto debido a su reciente empleo en nuestro medio, por lo que dichos datos se obtuvieron durante la ejecución del Levantamiento Catastral para luego ser comparados con los resultados obtenidos con el Método Directo, que hace uso de la Estación Total, es el más utilizado en el medio y del que existe una data amplia y confiable.

Como resultado del proyecto se presentan el cálculo estimado de las relaciones Costo / Beneficio y Tiempo / Beneficio obtenidas en base a los costos y tiempos empleados en el Levantamiento Catastral por ambos métodos (Directo e Indirecto); también se obtuvo las precisiones alcanzadas por cada uno de los métodos, para de esta manera identificar cuál de los métodos es el más adecuado para la ejecución de Levantamientos Catastrales.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1    Identificación del problema .....	1
1.1.1    Descripción del problema.....	1
1.1.2    Formulación interrogativa del problema .....	5
1.1.2.1    Formulación interrogativa del problema general.....	5
1.1.2.2    Formulación interrogativa de los problemas específicos .....	5
1.2    Justificación e Importancia de la Investigación .....	6
1.2.1    Justificación Técnica: .....	6
1.2.2    Justificación Social.....	7
1.2.3    Justificación por Vialidad.....	7
1.2.4    Justificación por Relevancia: .....	7
1.3    Limitaciones de la investigación .....	7
1.3.1    Limitaciones geográficas .....	7
1.3.2    Limitaciones con respecto al tiempo.....	8
1.3.3    Limitaciones con respecto a los materiales .....	8
1.3.4    Limitaciones con respecto a los procesos.....	8
1.3.5    Otras limitaciones.....	9
1.4    Objetivo de la investigación.....	9
1.4.1    Objetivo general.....	9
1.4.2    Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1    Antecedentes de la tesis o investigación actual .....	10
2.1.1    Antecedentes a nivel nacional.....	10



- 2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.....17
- 2.2 Aspectos teóricos pertinentes.....22
  - 2.2.1 Catastro.....22
  - 2.2.2 Catastro urbano.....22
  - 2.2.3 Predio.....22
  - 2.2.4 Catastro de Predios.....23
  - 2.2.5 Cartografía catastral.....23
  - 2.2.6 Código único catastral.....23
  - 2.2.7 Certificado catastral.....23
  - 2.2.8 Fotogrametría terrestre.....24
  - 2.2.9 Fotogrametría aérea.....24
    - 2.2.9.1 Fotogrametría analógica.....24
    - 2.2.9.2 Fotogrametría analítica.....24
    - 2.2.9.3 Fotogrametría digital.....25
  - 2.2.10 Definición UAV.....25
  - 2.2.11 Levantamiento fotogramétrico.....25
  - 2.2.12 Saneamiento Catastral.....26
  - 2.2.13 Tolerancias catastrales y registrales.....26
  - 2.2.14 Topografía.....28
  - 2.2.15 Levantamiento topográfico.....28
  - 2.2.16 Levantamiento catastral.....28
  - 2.2.17 Banco de Marca (BM).....28
  - 2.2.18 Polígono.....28
  - 2.2.19 Poligonales.....29
  - 2.2.20 Linderación con Fotografías Aéreas, Ortofoto o Drones (UAV).....30
  - 2.2.21 Manual de protocolo de actuación en el levantamiento catastral.....35
    - 2.2.21.1 Planificación de recursos y tiempo.....35
    - 2.2.21.2 Sistema catastral.....36
    - 2.2.21.3 Capacitación.....36
    - 2.2.21.4 Comunicación y sensibilización.....36
    - 2.2.21.5 Trabajos en campo.....37
    - 2.2.21.6 Vuelo fotogramétrico.....38
    - 2.2.21.7 Cámara.....39



2.2.21.8	Aeronave.....	39
2.2.21.9	Control remoto .....	40
2.2.21.10	Especificaciones de los vuelos.....	41
2.2.21.11	Captura de datos.....	41
2.2.21.12	Procesado de imágenes.....	41
2.2.21.13	Apoyo terrestre .....	41
2.2.21.14	Modelo digital de elevación MDT.....	41
2.2.21.15	Ortofoto continua.....	42
2.2.22	Geodesia .....	43
2.2.23	Red geodésica .....	43
2.2.24	Sistema Geodésico Oficial.....	43
2.2.25	Tipo de zonas .....	43
2.2.26	Dron.....	44
2.2.27	Fotogrametría.....	46
2.2.27.1	Método general de la fotogrametría .....	46
2.2.28	Fotointerpretación .....	46
2.2.29	Antropometría.....	47
2.2.30	Densidad Poblacional .....	47
2.2.31	Precisión del levantamiento .....	48
2.2.32	Relación Tiempo – Beneficio (T/B).....	48
2.2.33	Relación Costo – Beneficio (B/C).....	48
2.2.34	Software.....	49
2.2.34.1	PIX4D – MAPPER .....	49
2.2.34.2	Agisoft photoscan.....	54
2.2.34.3	DJI GS PRO (GROUP STATION PRO) .....	56
2.2.35	Prueba t student.....	59
2.2.36	Error e Incertidumbre .....	61
2.2.37	Precisión .....	61
2.2.38	Exactitud.....	61
2.2.39	Píxel.....	61
2.2.40	Megapíxel .....	62
2.2.41	VAN .....	62
2.2.42	TIR .....	63



- 2.3 Hipótesis .....64
  - 2.3.1 Hipótesis general .....64
  - 2.3.2 Sub hipótesis .....64
- 2.4 Variables e indicadores.....65
  - 2.4.1 Variables dependientes .....65
  - 2.4.2 Indicadores de variables dependientes .....65
  - 2.4.3 Variables independientes .....65
  - 2.4.4 Indicadores de variables independientes .....65
- 2.5 Cuadro de operacionalización de variables .....66
- CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....67
  - 3.1 Metodología de la investigación .....67
    - 3.1.1 Enfoque de la investigación .....67
    - 3.1.2 Nivel de la investigación .....67
    - 3.1.3 Método de investigación.....67
  - 3.2 Diseño de la investigación .....68
    - 3.2.1 Diseño metodológico.....68
      - 3.2.1.1 Diseño cuasi - experimental.....68
    - 3.2.2 Diseño de ingeniería.....68
  - 3.3 Población y muestra .....70
    - 3.3.1 Población .....70
    - 3.3.2 Muestra .....70
      - 3.3.2.1 Cuantificación de la muestra.....70
      - 3.3.2.2 Método de muestreo .....70
      - 3.3.2.3 Criterios de evaluación de la muestra .....71
    - 3.3.3 Criterios de inclusión.....71
  - 3.4 Instrumentos.....72
    - 3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos .....72
      - 3.4.1.1 Guías de recolección de datos .....72
    - 3.4.2 Instrumentos de ingeniería – equipos de laboratorio .....75
      - 3.4.2.1 Estación Total Leica TS06: .....75
      - 3.4.2.2 Radios Motorola Talkabout MD200TPR: .....75
      - 3.4.2.3 GPS Garmin Dakota 10:.....76
      - 3.4.2.4 Prismas: .....77



- 3.4.2.5 Porta-Prismas: .....77
- 3.4.2.6 Trípode Topográfico: .....78
- 3.4.2.7 Pintura esmalte sintético en spray GA: .....78
- 3.4.2.8 Molde para Colocación de Puntos de Control: .....79
- 3.4.2.9 Dron DJI Inspire 2:.....79
- 3.4.2.10 Distanciómetro .....80
- 3.4.2.11 Anemómetro .....81
- 3.4.2.12 Laptop Asus ROG GL752 .....81
- 3.4.2.13 AutoCAD CIVIL 3D 2019 .....82
- 3.4.2.14 Placas de bronce.....83
- 3.5 Procedimiento de recolección de datos .....83
  - 3.5.1 Fase 1 - Planificación .....83
    - 3.5.1.1 Selección de la zona de vuelo .....83
    - 3.5.1.2 Colocación de los puntos de control .....85
  - 3.5.2 Fase 2 - Plan de vuelo.....94
    - 3.5.2.1 Selección de la zona de despegue y aterrizaje. ....94
    - 3.5.2.2 Simulación de vuelo .....95
    - 3.5.2.3 Captura de la información. ....99
  - 3.5.3 Fase 3 - Proceso de orto rectificación. ....103
    - 3.5.3.1 Generación del modelo digital de superficie. ....103
  - 3.5.4 Fase 4 - Validación del mosaico orto rectificado.....109
    - 3.5.4.1 Generación de planos catastrales. ....109
    - 3.5.4.2 Precisiones horizontales. ....112
    - 3.5.4.3 Análisis de resultados .....124
- 3.6 Procedimientos de análisis de datos .....132
  - 3.6.1 Fase 1 - Planificación. ....132
    - 3.6.1.1 Verificación de la zona de vuelo.....132
    - 3.6.1.2 Levantamiento de los puntos de control.....134
  - 3.6.2 Fase 2 - Plan de vuelo.....136
    - 3.6.2.1 Verificación de la zona de despegue y aterrizaje.....136
    - 3.6.2.2 Información del vuelo. ....137
    - 3.6.2.3 Exportación de la información.....138
  - 3.6.3 Fase 3 - Proceso de orto rectificación. ....143



3.6.3.1 Generación del mosaico Orto rectificado..... 143

3.6.4 Fase 4 - Validación del mosaico orto rectificado..... 145

3.6.4.1 Plano catastral..... 145

3.6.4.2 Comparación de las precisiones horizontales..... 146

3.6.4.3 Comparación de resultados..... 150

CAPÍTULO IV: RESULTADOS..... 154

4.1 Resultados de la precisión del levantamiento indirecto..... 154

4.2 Resultados de la relación costo-beneficio del levantamiento directo con el levantamiento indirecto..... 157

4.3 Resultados de la relación tiempo-beneficio del levantamiento directo con el levantamiento indirecto..... 158

CAPITULO V: DISCUSIÓN..... 159

GLOSARIO ..... 162

CONCLUSIONES..... 179

RECOMENDACIONES..... 181

REFERENCIAS ..... 183

ANEXOS ..... 186

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Catastro predial. ....	1
Figura 2: Ubicación geográfica de la provincia de Canchis. ....	3
Figura 3: División política de la provincia de Canchis. ....	3
Figura 4: Fotografía satelital de la ciudad de Sicuani. ....	4
Figura 5: Fotografías satelital de la ciudad de sicuani con la zona de estudio demarcada. ....	4
Figura 6: Diagrama de flujo del levantamiento catastral con fotografías aéreas. ....	33
Figura 7: Flujograma de levantamiento catastral. ....	35
Figura 8: Representación del plan de vuelo con las fotografías. ....	38
Figura 9: Cámara. ....	39
Figura 10: Aeronave. ....	39
Figura 11: Control remoto. ....	40
Figura 12: Equipo completo Dron Inspire 2 ....	40
Figura 13: Modelo Digital de Elevación. ....	42
Figura 14: Dron de ala fija. ....	45
Figura 15: Dron de ala rotativa. ....	45
Figura 16: Logo del software PIX4D MAPPER. ....	49
Figura 17: Nube de puntos con autoaprendizaje. ....	50
Figura 18: Soporte de camara para cualquier dron. ....	51
Figura 19: Un flujo de trabajo exclusivo MÓVIL + ESCRITORIO+ NUBE ....	51
Figura 20: Captura de pantalla del software PIX4D MAPPER. ....	52
Figura 21: Proceso en línea. ....	52
Figura 22: Modelo digital de superficie y terreno. ....	53
Figura 23: Cálculo de volumen. ....	53
Figura 24: Modelo texturizado 3D ....	54
Figura 25: Comparaciones de versiones del software Agisoft photoscan. ....	55
Figura 26: Delimitación del área de vuelo. ....	56
Figura 27: Polígono personalizado y ruta de vuelo. ....	57
Figura 28: Velocidad, altitud y resolución. ....	57
Figura 29: Modos de ruta de vuelo. ....	58
Figura 30: Parametros de vuelo y traslapes. ....	58
Figura 31: Diseño de ingeniería. ....	69
Figura 32: Ficha de recolección de datos – Cotización de levantamiento topográfico. ....	72



Figura 33: Ficha de recolección de datos - Levantamiento de PC con estación total. ....73

Figura 34: Ficha de recolección de datos – Levantamiento Aero-fotogramétrico. ....74

Figura 35: Estación Total.....75

Figura 36: Radios Motorola Talkabout MD200TPR.....76

Figura 37: GPS Garmin Dakota 10 .....76

Figura 38: Prismas Topográficos .....77

Figura 39: Portaprismas topográficos.....77

Figura 40: Trípode topográficos.....78

Figura 41: Pintura esmalte sintético en spray .....78

Figura 42: Molde para Colocación de Puntos de Control.....79

Figura 43: Dron DJI Inspire 2. ....80

Figura 44: Distanciómetro digital.....80

Figura 45: Anemómetro.....81

Figura 46: Laptop ASUS ROG GL752. ....82

Figura 47: Software AutoCAD CIVIL 3D 2019.....82

Figura 48: Placas de bronce. ....83

Figura 49: Selección del área de estudio. ....84

Figura 50: Área delimitada de estudio.....84

Figura 51: Extracción de la imagen satelital.....86

Figura 52: Superposición de los puntos de control en la imagen satelital.....86

Figura 53: Replanteo de los puntos de control.....87

Figura 54: Limpieza del área de los puntos de control.....87

Figura 55: Colocación del molde para los puntos de control.....88

Figura 56: Pintado de los puntos de control.....88

Figura 57: Selección de la poligonal abierta de apoyo.....89

Figura 58: Ruptura de la superficie .....89

Figura 59: Colocación de las placas de bronce. ....90

Figura 60: curado de la reposición del pavimento. ....90

Figura 61: Nivelación y configuración de la estación total. ....91

Figura 62: Levantamiento de los puntos de control. ....91

Figura 63: Toma de datos de los puntos de control.....92

Figura 64: Colocación del dron en el punto de despegue.....94

Figura 65: Determinación de la velocidad del viento y temperatura. ....95

Figura 66: Armado y configuración del control remoto.....96



Figura 67: Inicio del software DJI GS Pro .....96

Figura 68: Selección del polígono de vuelo.....97

Figura 69: Selección de la cámara.....97

Figura 70: Selección de la altura de vuelo.....98

Figura 71: Selección de los traslapes de las fotografías. ....98

Figura 72: Seguimiento del dron. ....100

Figura 73: Observación de las características del dron. ....100

Figura 74: Vista de la pantalla del iPad durante el vuelo (pantalla 1 de recorrido).....101

Figura 75: Vista de la pantalla del iPad durante el vuelo (pantalla 2 captura de fotos).....101

Figura 76: Fotografías DJI\_0001 – DJI\_0335 (vuelo 1). ....102

Figura 77: Fotografías DJI\_0336 – DJI\_0672 (vuelo 2). ....102

Figura 78: Fotografías DJI\_0673 – DJI\_0987 (vuelo 3) ....102

Figura 79: Fotografías DJI\_0001 – DJI\_0336 (vuelo 4) .....103

Figura 80: Fotografías DJI\_0337 – DJI\_0667 (vuelo 5) .....103

Figura 81: Importación de las fotografías al software Agisoft. ....104

Figura 82: Alineamiento de las fotografías.....104

Figura 83: Creación de nube de puntos densa.....105

Figura 84: Vista de la nube de puntos densa.....105

Figura 85: Importación de los puntos de control.....106

Figura 86: Ubicación de los puntos de control.....107

Figura 87: Actualización de coordenadas. ....107

Figura 88: Creación de la Ortofoto rectificada. ....108

Figura 89: Creación del modelo digital de elevación. ....108

Figura 90: Exportación de la ortofoto.....109

Figura 91: Delineamiento de los lotes. ....110

Figura 92: Selección de las capas para cada elemento. ....110

Figura 93: Achurado de los lotes.....111

Figura 94: Enumeración de cada lote. ....112

Figura 95: Acotamiento de lotes (método indirecto).....113

Figura 96: Acotamiento de lotes (método directo).....113

Figura 97: Medidas tomadas directamente. ....114

Figura 98: Estacionamiento y configuración de la estación total.....124

Figura 99: Colocación del GPS para la configuración de la estación. ....125

Figura 100: Toma de puntos de la manzana D.....125



Figura 101: Dibujo de la manzana D con los puntos levantados. .... 126

Figura 102: Encuesta N° 1. .... 126

Figura 103: Encuesta N° 2. .... 127

Figura 104: Encuesta N° 3. .... 127

Figura 105: Encuesta N° 4. .... 128

Figura 106: Área de estudio y área de la ciudad. .... 133

Figura 107: Exportación de los puntos de control. .... 134

Figura 108: Puntos exportados sobre el catastro existente ..... 134

Figura 109: Ubicación del polígono abierto de apoyo ..... 135

Figura 110: Cantidad de área cubierta. .... 135

Figura 111: Variación de la velocidad del viento durante la ejecución de la prueba. .... 136

Figura 112: Variación de la temperatura ambiente durante la ejecución de la prueba. .... 137

Figura 113: Variación de la precisión con respecto a la altura. .... 138

Figura 114: Cantidad de fotos tomadas durante cada vuelo. .... 143

Figura 115: Creación de la ortofoto. .... 144

Figura 116: Plano catastral concluido. .... 145

Figura 117: Cantidad de lotes por cada manzana. .... 146

Figura 118: Comparación de promedios por cada lote. .... 149

Figura 119: Comparación de costos de las diferentes cotizaciones y su validación para el levantamiento catastral con el método directo. .... 152

Figura 120: Comparación de tiempos de las diferentes cotizaciones y su validación para el levantamiento catastral con el método directo. .... 152

Figura 121: Comparación del costo para la ejecución del levantamiento catastral con el método indirecto y directo. .... 153

Figura 122: Comparación del tiempo para la ejecución del levantamiento catastral con el método indirecto y directo. .... 153

Figura 123: Comparación de promedios de los diferentes métodos y las medidas tomadas directamente. .... 157



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vías de acceso .....	2
Tabla 2: Cuadro resumen de la ubicación del proyecto.....	5
Tabla 3: Tolerancias Catastrales. ....	27
Tabla 5: Datos de áreas de la zona de estudio y toda la ciudad. ....	85
Tabla 6: Datos de puntos de control. ....	92
Tabla 7: Puntos de control seleccionados para la creación de la poligonal abierta. ....	94
Tabla 8: Datos meteorológicos del área de vuelo. ....	95
Tabla 9: Datos de los vuelos a 40 metros de altura. ....	99
Tabla 10: Datos de los vuelos a 60 metros de altura. ....	99
Tabla 11: Numero de lotes existentes por cada manzana. ....	112
Tabla 12: Medidas de las frenteras de los lotes.....	114
Tabla 13: Puntos levantados por el método directo para la manzana D.....	128
Tabla 14: Validación de costo del levantamiento con el método directo. ....	131
Tabla 15: Validación del tiempo del levantamiento con el método directo. ....	131
Tabla 16: Tiempo de ejecución del levantamiento catastral con el método indirecto. ....	131
Tabla 17: Costo de ejecución del levantamiento catastral con el método indirecto. ....	132
Tabla 18: Área de la zona de estudio.....	133
Tabla 19: Velocidad del viento y temperatura ambiente al inicio y final de la prueba.....	136
Tabla 20: Datos de los vuelos 1, 2 y 3 a 40 metros de altura.....	137
Tabla 21: Datos de los vuelos 4 y 5 a 60 metros de altura. ....	137
Tabla 22: Cantidad de fotos tomadas por cada vuelo.....	138
Tabla 23: Archivo IMU de las fotografías.....	139
Tabla 24: Propiedades de la ortofoto.....	145
Tabla 25: Comparación de la longitud de fachada de terreno (m) por manzanas según el método indirecto, método directo y mediciones comprobadas en campo. ....	146
Tabla 26: Comparación de la Longitud de Fachada (m) según el método indirecto, método directo y mediciones de campo. ....	148
Tabla 27: Cuadro resumen de las cotizaciones para obtener el costo y tiempo para la realización del levantamiento catastral con el método directo. ....	150
Tabla 28: Costo de ejecución del levantamiento catastral de las encuestas y su validación. .	151
Tabla 29: Tiempo de ejecución del levantamiento catastral de las encuestas y su validación. ....	151



Tabla 30: Comparación del costo de ejecución entre el método indirecto y el método directo. ....151

Tabla 31: Comparación del tiempo de ejecución entre el método indirecto y el método directo. ....151

Tabla 32: Comparación de la longitud de fachada de terreno (m) por manzanas según el método indirecto, método directo y mediciones comprobadas en campo. ....154

Tabla 33: Comparación de la Longitud de Fachada (m) según el método indirecto, método directo y mediciones de campo. ....156

Tabla 34: Diferencia de tiempos del método directo y el método indirecto. ....158

Tabla 35: Diferencia de costos del método directo y el método indirecto. ....158

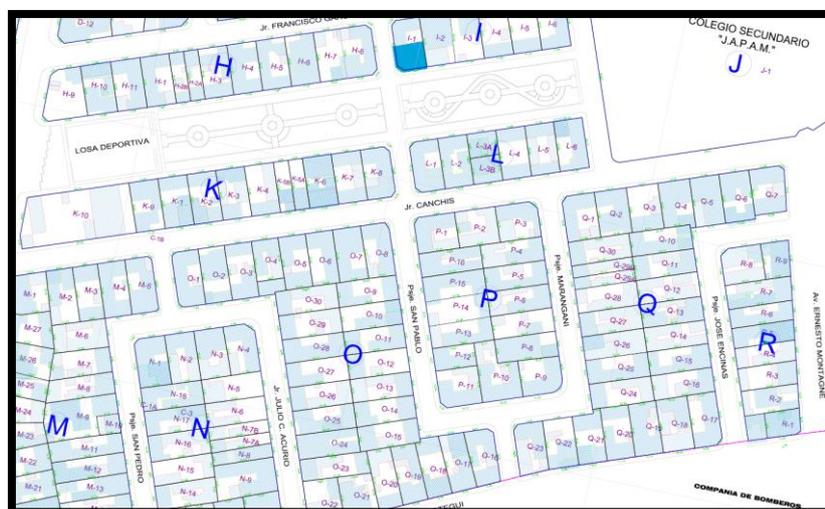
## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Identificación del problema

#### 1.1.1 Descripción del problema

En la Municipalidad provincial de Canchis la cual tiene entera jurisdicción sobre la Urbanización Manuel Prado del distrito de Sicuani, aun no se han implementado directivas ni metodologías para realizar levantamientos catastrales, por esto, mediante la presente investigación se plantea un método recientemente utilizado para la elaboración de catastro urbano, el cual es el de levantamiento catastral con el Método Indirecto, el mismo que con el uso de equipos modernos como el Dron DJI Inspire 2, procesos como la fotogrametría y geo referenciación con el uso de software nuevos como el DJI GO, GSPPro y el Agisoft PhotoScan, pretende hacer del levantamiento catastral un procedimiento más rápido, más barato y de igual o mejor precisión que el levantamiento catastral con el método directo, estas variables se compararán al finalizar la investigación y se encontrara el método más eficiente para realizar un levantamiento catastral.

Figura 1: Catastro predial.



Elaboración propia

La ubicación temporal abarca del 3 de mayo hasta el 16 de mayo del 2018, tiempo en el cual se completaron los trabajos de colocación de puntos de control, simulación de vuelo, captura de información, generación de modelo digital de superficie, ajustes con puntos de control, generación de mosaico orto-rectificado, precisión horizontal y generación de planos catastrales.

El área de estudio debe de cumplir con los parámetros urbanísticos para facilitar el desarrollo del proyecto, estos parámetros son: La zonificación, alineamiento de fachada, usos de los suelos permisibles y compatibles, coeficientes máximos y mínimos de edificación, porcentaje mínimo de área libre, altura máxima y mínima de edificación expresada en metros, área de lote normativo, densidad neta expresada en habitantes por hectárea, exigencias de estacionamientos para cada uno de los usos permitidos, calificación de bien cultural inmueble de ser el caso, fecha de emisión; dichos parámetros están contenidos en el certificado de Parámetros Urbanísticos y Edificatorios, el cual es emitido por las Municipalidades Distritales y tiene una vigencia de 36 meses. De todos los sectores de la ciudad de sicuani, se decidió por el sector 3, específicamente la urbanización Manuel Prado porque cumplía con todas las características que requeríamos.

La urbanización Manuel Prado se encuentra en el sector 3 de la ciudad de Sicuani, como realidad físico-ambiental se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas: Latitud Sur 14°16'05.52" y 14°16'20.77" Longitud Oeste 71°14'01.31" y 71°13'45.13" a una altura promedio de 3568 msnm, ubicado en la parte noroeste del centro de la ciudad. Comprende una superficie de 0.145 Km<sup>2</sup>. o 14.5 hectáreas y un perímetro de 1.70 Km. El ámbito urbano contiene más de 374 lotes divididos en 24 manzanas que representan el 70% de la ocupación del suelo, cuenta con centros educativos que representa el 8% de la ocupación del suelo, cuenta con áreas verdes y de recreación que representan el 12% de la ocupación del suelo y el espacio transitable peatonal y vehicular corresponde al 20% del área total.

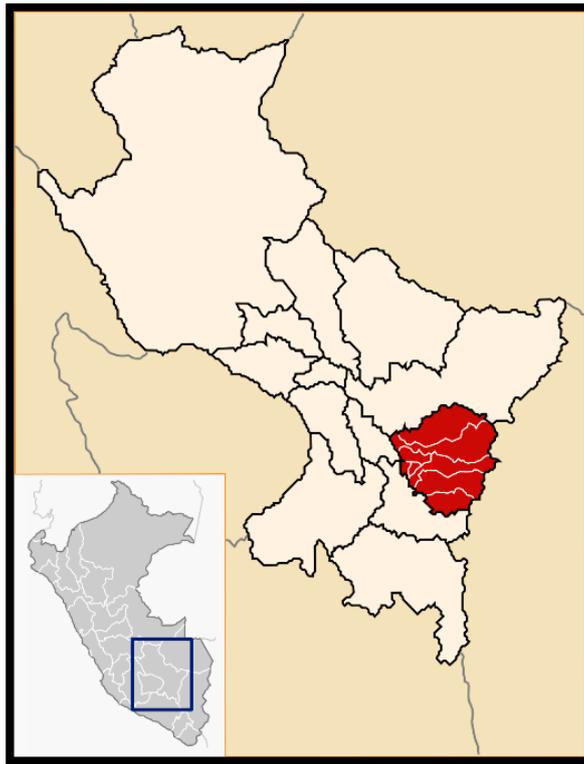
### Accesibilidad

Tabla 1: Vías de acceso

Origen	Destino	tiempo de viaje	Long (Km)	Superficie de vía
Terminal de Cusco	Terminal de Sicuani	2.30 hr	118	Asfalto
Terminal de Sicuani	Urb. Manuel Prado	0.10 hr	2	Pavimento
Estación de Wanchaq	Estación de Sicuani	3.25 hr	123	Línea férrea
Estación de Sicuani	Urb. Manuel Prado	0.15 hr	2.5	Pavimento

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Ubicación geográfica de la provincia de Canchis.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información.

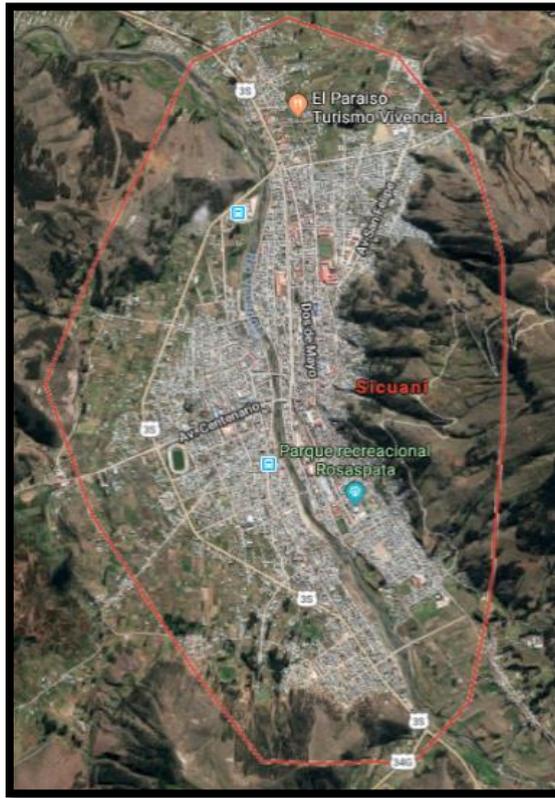
Figura 3: División política de la provincia de Canchis.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información.

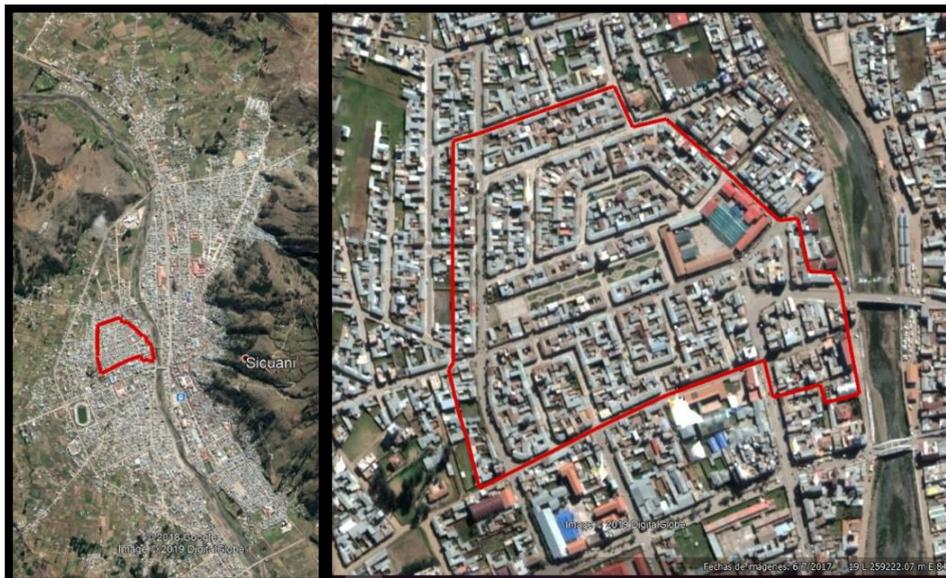
En la Figura 01 se muestra el mapa político de la región del Cusco, resaltando la ubicación geográfica de la provincia de Canchis lugar donde se realizará el proyecto, En la Figura 02 apreciamos la ubicación del distrito de Sicuani en la provincia de Canchis.

Figura 4: Fotografía satelital de la ciudad de Sicuani.



Fuente: Google Earth.

Figura 5: Fotografías satelital de la ciudad de sicuani con la zona de estudio demarcada.



Fuente: Google Earth.

En la Figura 03 tenemos la vista aérea de la ciudad de sicuani, en la Figura 04 resaltamos con el polígono de línea roja la Urb. Manuel Prado que será el área de intervención del proyecto.

Tabla 2: Cuadro resumen de la ubicación del proyecto

Departamento:	Cusco
Provincia:	Canchis
Distrito:	Sicuani
Sector:	3
Urbanización:	Manuel Prado
Latitud Sur	14°16'05.52"
	14°16'20.77"
Longitud Norte	71°14'01.31"
	71°13'45.13"

Elaboración propia

## 1.1.2 Formulación interrogativa del problema

### 1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuáles serán las ventajas en cuanto a precisión, relación tiempo-beneficio y relación costo-beneficio del levantamiento catastral con el método indirecto respecto al método directo de la Urb. Manuel Prado del sector 3 del distrito de Sicuani?

### 1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

#### Problema específico n°01:

¿Cuánto será la variación de la precisión del levantamiento catastral con el método indirecto en alturas de 40 y 60 metros?

#### Problema específico n°02:

¿Cuál será el método más preciso para el levantamiento catastral respecto a las medidas comprobadas en campo?

#### Problema específico n°03:

¿Cuánta diferencia tendrá el tiempo de ejecución del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto?

#### Problema específico n°04:

¿Cuánta diferencia tendrá el costo de ejecución del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto?

**Problema específico n°05:**

¿Cuánta será la relación tiempo/beneficio del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto?

**Problema específico n°06:**

¿Cuánta será la relación costo/beneficio del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto?

**1.2 Justificación e Importancia de la Investigación**

La Investigación sirve para encontrar la variación del método de levantamiento catastral con el método indirecto y el método directo de la Urb. Manuel Prado del sector 3 del distrito de Sicuani.

La importancia de tener un catastro se da por los usos y utilidades como:

- Uso fiscal: el catastro determina el valor de bienes lo que permite equidad en los cobros tributarios.
- Uso para simplificación administrativa: permitirá atención rápida y oportuna de la información que puede solicitar el ciudadano referente a los predios y del territorio.
- Uso como herramienta de gestión: proporciona información a la administración municipal (bienes inmuebles, sus usos, características, y de la infraestructura urbana) para la planificación del desarrollo y reordenamiento.
- Protección del mercado inmobiliario: proporciona información gráfica y alfanumérica, se utiliza la referencia catastral (código catastral permite su identificación sobre la cartografía catastral)
- Apoyo en el registro de la propiedad: permite la ubicación del predio dando referencia sólida y exacta del inmueble por medios de los planos catastrales.

**1.2.1 Justificación Técnica:**

La Investigación servirá para encontrar las diferencias de precisión, tiempo y costo del levantamiento catastral con el Método Indirecto respecto al levantamiento catastral con el Método Directo y de esta forma conocer el mejor método a utilizar para posteriores trabajos de igual o similar propósito.

### 1.2.2 Justificación Social

Dicha investigación beneficiará a la Municipalidad Provincial de Canchis y a sus pobladores ya que una vez finalizado el proyecto servirá de uso fiscal, determinando el valor de los bienes, uso para simplificación administrativa, permitiendo atención rápida y oportuna de información que pueda solicitar el ciudadano, además de su uso como herramienta de gestión, proporcionando información para la planificación del desarrollo y ordenamiento territorial.

### 1.2.3 Justificación por Vialidad

Esta investigación es factible de realizar ya que se cuenta con los equipos de ingeniería (drone DJI Inspire 2) y permisos necesarios (Acceso a trabajos en campo) que serán brindados por el Convenio Marco de Cooperación Académica entre la UAC y la Municipalidad Provincial de Canchis, lo que posibilita la ejecución del proyecto.

### 1.2.4 Justificación por Relevancia:

Dado que el uso del Método Indirecto está siendo recientemente implementado y es desconocido en nuestro medio, esta investigación será una importante base teórico-práctica y servirá de guía previa para futuros proyectos relacionados al catastro urbano y similares; así también se demostrará las ventajas del uso de vehículos aéreos no tripulados y su empleo en trabajos de ingeniería mediante metodologías nuevas, generando así una alternativa diferente a los levantamientos convencionales.

Por lo anteriormente mencionado nuestra justificación de la investigación es de tipo Práctica ya que el resultado de la misma ayudará a determinar si el método es apto o no para la realización del levantamiento catastral en zonas urbanas.

## 1.3 Limitaciones de la investigación

### 1.3.1 Limitaciones geográficas

- Ubicación Geográfica: Urb. Manuel Prado Distrito de Sicuani – Cusco; Específicamente la zona nombrada el sector N° 3 del Distrito.
- Ámbito de Influencia Teórica: La rama en la cual se desarrollará la investigación es de Ingeniería de Transportes específicamente en el ámbito de catastro urbano, mediante el levantamiento catastral con el Método Indirecto usando el Dron DJI Inspire 2.



### 1.3.2 Limitaciones con respecto al tiempo

- El presente estudio se limita a un tiempo de 3 años dado que este es el periodo en que se deben actualizar los catastros en cada distrito.

### 1.3.3 Limitaciones con respecto a los materiales

- El presente estudio se limita a la determinación del nivel de precisión en el levantamiento catastral con el Método indirecto que hace uso del Dron DJI Inspire 2 en comparación al Método Directo con estación total.
- El análisis y proceso de datos se limita por el uso del software Agisoft V 3.0 hasta la fase 3 que comprende el proceso de orto-rectificación y la generación de la ortofoto.
- La obtención de fotografías se realizará con el uso de la cámara Zenmuse X5S que cuenta con una resolución de 20.8 MP lo cual asegura la calidad de las fotografías a procesar.

### 1.3.4 Limitaciones con respecto a los procesos

- Se limita a realizar el levantamiento catastral en base a fotografías aéreas obtenidas por el dron para la obtención de una ortofoto georreferenciada y la generación de planos catastrales a partir de esta.
- Durante la etapa de vuelo del levantamiento, la investigación se limita a la obtención de información y fotografías a una altura de vuelo de 40 y 60 m que es constante en toda la duración del vuelo; esto debido a que dichas alturas proporcionan una resolución óptima en las fotografías que serán utilizadas posteriormente en la generación de la ortofoto y protegen el equipo ante posibles obstáculos que se encuentren durante el proceso de vuelo.
- El presente estudio se limita al seguimiento del procedimiento detallado en el manual de levantamiento catastral urbano de la SUNARP y el SNCP y el marco legal estipulado en la ley 28294 “Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios”.
- En cuanto a la variable de precisión, la investigación se limita a la comparación de longitudes de facha de los predios dentro de la zona de estudio, debido a que esta es la única medida verificable en campo y es la que se tomará como medida base.



### 1.3.5 Otras limitaciones

- La concepción de la tesis se restringe a financiamiento conjunto a cargo del programa de Investigación Científica para el Desarrollo Sostenible convenio específico entre la Universidad Andina del Cusco y la Municipalidad Provincial de Canchis.
- En relación a la variable dependiente del levantamiento catastral; los datos obtenidos respecto al costo y tiempo con el Método Directo se limitan solo a la estimación propia y estimación mediante cotizaciones debido a que dicho levantamiento ya ha sido ejecutado y proporcionado por la Municipalidad Provincial de Canchis.
- Los datos obtenidos de la investigación en cuanto a costo y tiempo son referentes solamente al proceso de levantamiento y no consideran requisitos previos tales como capacitaciones o aprendizaje de ambos métodos.

## 1.4 Objetivo de la investigación

### 1.4.1 Objetivo general

Determinar la precisión, la relación tiempo-beneficio y la relación costo-beneficio del levantamiento catastral con el Método Indirecto respecto al Método Directo de la Urb. Manuel Prado del Sector 3 del distrito de Sicuani.

### 1.4.2 Objetivos específicos

#### Objetivo específico n°01:

Determinar la variación de precisión en el levantamiento catastral con el método indirecto en alturas de 40 y 60 metros.

#### Objetivo específico n°02:

Determinar el método más preciso entre el levantamiento directo o indirecto respecto a las medidas comprobadas en Campo.

#### Objetivo específico n°03:

Determinar la diferencia de tiempos de ejecución del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto.

**Objetivo específico n°04:**

Determinar la diferencia de costos de ejecución del levantamiento catastral con el método directo y método indirecto.

**Objetivo específico n°05:**

Determinar la relación tiempo beneficio del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto.

**Objetivo específico n°06:**

Determinar la relación costo beneficio del levantamiento catastral con el método directo y el método indirecto.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual

#### 2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

Existen diversas investigaciones referidas y/o relacionadas sobre el tema de investigación que estamos desarrollando, las cuales se citan a continuación.

**Título:** *"PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO CATASTRAL DE PREDIOS RURALES MEDIANTE E USO DEL GPS EN LA SELVA"*

**Autor:** Raymundo Antonio Chihuan Gaspar

**Universidad:** Universidad Nacional de Ingeniería, 2002

**Lugar:** Lima - Perú

**Resumen:**

El estudio del proyecto de Tesis: **"PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO CATASTRAL DE PREDIOS RURALES MEDIANTE EL USO DEL GPS EN LA SELVA"**, tiene como propósito poner en práctica los conocimientos teórico - práctico adquiridos a través de nuestra formación en esta casa de estudio, contribuyendo de esta manera al desarrollo de la Zona de Selva y al mismo tiempo poner a disposición de los estudiantes de Ingeniería Civil, profesionales y otros interesados, los alcances necesarios para futuros proyectos en lo que se refiere a Levantamiento Catastral con GPS en Zona de Selva. Se pretende contribuir con una metodología integrada para llevar a cabo un levantamiento catastral



en las zonas rurales del Perú en especial en la Selva. Combinando la eficacia de dos modernas tecnologías para efectos de levantamiento, se ha logrado que la tecnología que proponemos facilite y haga más expedito el levantamiento catastral de diversas zonas geográficas del país.

Se considera que este enfoque brindara al Ministerio de Agricultura los medios para alcanzar los objetivos de producción del Proyecto Especial Titulación de Tierras - PETT, al tiempo que cumple con los principios fundamentales del levantamiento catastral. En vez de considerar al GPS y al Estación Total como herramientas independientes una de la otra para realizar los levantamientos, se propone integrarlos para crear un sistema uniforme de producción para levantamientos catastrales, sistema que puede resolver los problemas que se presentan ante los distintos tipos de límites y de condiciones geográficas.

### **Conclusiones:**

El levantamiento con GPS se diferencia esencialmente del levantamiento clásico porque es independiente del clima y no hay necesidad de tener ínter visibilidad entre los puntos en medición.

La presente tesis constituye una innovación y un aporte tecnológico para la comunidad de agrimensores del país, y contribuirá a la modernización del Sistema de Información Catastral del Perú.

El establecimiento de una red de prueba, en el Balneario de Santa Rosa a 30 Km. al norte de Lima. Con ello será posible efectuar las pruebas y la evaluación del equipo GPS y el software de post-procesamiento.

La presente metodología, permitirá estandarizar procesos y procedimientos técnicos en el PETI, servirán para los técnicos, profesionales y empresas externas, dedicados a realizar levantamientos catastrales de predios rurales, mediante el empleo de la tecnología GPS.

Lo más difícil de la implementación de un sistema GPS aplicado al Catastro Rural, es la etapa de capacitación del personal a la nueva tecnología adquirida.

Todas las aplicaciones de GPS reducen la necesidad de mano de obra y por ende, los costos de operación o servicio debido a la eliminación de trabajos convencionales.

Como todo producto de alta tecnología que ingresa al mercado, los precios de los sistemas GPS decrecen a través del tiempo y cada vez son más accesibles para los profesionales que se dedican al Levantamiento Catastral.



El uso de GPS contribuye de distintos modos: determinación de puntos de control terrestre, navegación de aviones fotogramétricos, determinación de coordenadas y orientación. Generalmente tienen que ser relacionados los productos fotogramétricos con la Red Nacional por lo menos a través de un punto de control con coordenadas conocidas.

Las aplicaciones de la presente metodología se pueden extender para efectuar mediante el empleo de la tecnología GPS, levantamientos catastrales de Comunidades Campesinas, Nativas, Reservas Naturales, terrenos eriazos y otros.

Se requieren al menos dos receptores y el seguimiento de cuatro satélites comunes con una buena geometría. Los datos deben ser observados y recolectados en tiempos comunes.

**Título:** “*NUEVO SISTEMA DE GESTIÓN DEL CATASTRO MUNICIPAL*”

**Autor:** Rocío Eva Gutiérrez Abarca

**Universidad:** Universidad Nacional de Ingeniería, 2004

**Lugar:** Lima - Perú

**Resumen:**

A través de los años el catastro ha sido concebido sólo como un tema tributario, y por tanto se convierte en un tema bastante incómodo para los gobernantes, sobre todo durante una campaña política donde incorporarlo en un plan de gobierno no les da los beneficios electorales esperados.

Es decir, aún se tiene una cultura equivocada referente a la importancia y fines del catastro en nuestra sociedad, y mientras no se tenga una definición clara y una visión completa de los fines del catastro, así como su impacto en el país, el catastro no va a recibir la importancia que éste realmente merece.

Es por este motivo que surge la necesidad de dar a conocer la importancia de un catastro multipropósito y el cómo gestionarlo a fin de generar un impacto positivo para el desarrollo sostenible del país.

El catastro se define como un inventario de todos los bienes inmuebles de una jurisdicción territorial. La información catastral debidamente recolectada, organizada, interrelacionada, automatizada, mantenida y actualizada, permite proporcionar una imagen completa de los datos físicos, jurídicos y económicos, que, al ser gestionadas mediante medios informáticos,



garantizan una adecuada coordinación y administración territorial, permitiendo el desarrollo sostenible del territorio.

Los gobiernos locales tienen la competencia en material catastral y son los encargados de ser promotores del desarrollo económico, social, cultural y político de sus ciudadanos, es en este sentido, que el catastro debe ser percibido como una herramienta para optimizar la gestión municipal a través de la valiosa cantidad de información que se puede manejar en beneficio de la planificación y gestión municipal.

El presente trabajo de investigación pretende mostrar la problemática actual del catastro en el Perú y presentar un modelo de catastro multipropósito que responda con los fines de la gestión municipal promoviendo el desarrollo del país.

### **Conclusiones:**

El Catastro Multipropósito es una solución efectiva y altamente rentable para las municipalidades. Y debe ser concebido como un moderno sistema de información territorial, que permite contar con la información apropiada en el momento indicado para discernir mejor en la toma de decisiones.

El catastro debe dejar de ser una entidad cuya vida económica dependa de la caridad pública o de la voluntad del político de turno para pasar a ser una empresa rentable que genere recursos y se autofinancie. Si bien es cierto requiere de una inversión inicial, el catastro es un proyecto sumamente rentable no sólo porque la inversión es recuperada sólo en el primer año del cobro del impuesto predial, sino porque su desarrollo a nivel de SIC permite que no se desactualice rápidamente como los catastros tradicionales de declaraciones juradas en papel y un plano final que no permite una actualización sistemática de los cambios que se van produciendo, lo que resulta finalmente en una mala inversión al quedar rápidamente desactualizado.

Es una tarea urgente informatizar los municipios e implementar el uso obligatorio de Sistemas de Información Catastral como instrumento indispensable para administrar y planear el desarrollo de las ciudades que día a día crecen y se transforman en sistemas complejos. Sobre todo, porque el SIC maneja infinidad de datos y a la hora de decidir nos ayudan a optimizar la eficacia de las acciones, reducir la incertidumbre, anticipar la aparición de hechos anormales, disminuir el tiempo de reacción ante hechos inesperados y racionalizar decisiones.



**Título:** “COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRÍA CON DRONES AL MÉTODO TRADICIONAL”

**Autor:** Hilario Tacca Qquelca

**Universidad:** Universidad Nacional del altiplano, 2015

**Lugar:** Puno – Perú

**Resumen:**

El presente trabajo de investigación titulado —COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO UTILIZANDO LA FOTOGRAMETRIA CON DRONES AL METODO TRADICIONAL”. se ha realizado en la obra, “Construcción de la Vía Costa Verde, Tramo Callao KM 0+000 al KM 4+987.26l, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, en la Ciudad de Lima, ubicado en la costa central del país, a orillas del Océano Pacífico, con coordenadas UTM del centroide: N 8664788.627, E 267783.453 a una altitud de 10.12 m.s.n.m., con un clima mayormente cálido durante la mayor parte del año, para el cual se ha planteado realizar la digitalización y vectorización de imágenes de las formas del terreno, obtenidas a través de una cámara aérea instalada en un UAV (Unmanned aerial vehicle). Vehículo aéreo no tripulado, denominado también DRONE.

El objetivo principal de la presente investigación es comprobar el resultado de medidas obtenidas en forma directa con una estación total, equipo que es catalogado como instrumento de alta precisión una vez configurado; con las medidas obtenidas de las fotos aéreas tomadas desde un Drone (UAV), y con el apoyo de un software especializado en este tema, con la finalidad de comparar la precisión adecuada. A partir de este procesamiento se puede obtener el modelamiento en forma virtual, así mismo la comparación de tiempo en cada una de las modalidades de trabajo, y así determinar la forma más adecuada para su ejecución.

La conclusión nos da a conocer en un nivel de precisión, costo y tiempo en un 95% de confianza, en la comparación hecha tanto con la estación total, así como el procesamiento de las aerofotos obtenidas con el Drone (UAV). Esto quiere decir que ambos métodos son similares estadísticamente en resultado de medidas.



La obtención de un modelamiento en el Pix4D, con el uso de estos equipos voladores (Drones), se ha obtenido en menor tiempo con respecto a una estación total, además no contar con la disponibilidad de personal en campo, sin embargo en la etapa de gabinete el tiempo es mucho mayor en el procesamiento y la obtención del modelamiento del mismo, de los datos obtenidos con estación total.

En cuanto a costo de alquiler del equipo en la investigación fue significativamente mayor, ya que el propietario considera al realizar la renta del equipo, sin embargo en este tipo de trabajo existe un costo – pérdida, ante la posible pérdida del equipo como suele darse en caso de surgir algún accidente, tal como ha sucedido en nuestro proyecto, que al culminar la toma de datos el tercer día el equipo sufrió una descompensación repentina y se precipito a tierra teniendo como resultado la pérdida total de la cámara del dron.

Como conclusión general se puede determinar que se ha logrado a un nivel de confianza estadísticamente de 95%, al ser comparado los resultados entre el método directo a través de la toma de datos con la estación total, y el método indirecto con la toma de información gráfica con la utilización del Drone DJI con el uso del software Pix4D Mapper.

#### **Conclusiones:**

-Los datos obtenidos en campo tomados con el dron Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo, el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza.

- Los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el dron Phantom 2 Visión +, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además se requiere mucho menos personal que el método clásico.

- Los costos realizados con el método indirecto es menor en comparación del método tradicional que es el uso de la estación total en la toma general de datos.

**Título:** *“APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA GEORREFERENCIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO TÉCNICO DE ALCANTARILLADO EN LA EPS GRAU S.A. PIURA - 2015”*

**Autor:** Victor Gabriel Panta Ramirez

**Universidad:** Universidad Nacional de Piura, 2017



**Lugar:** Piura - Perú

**Resumen:**

El Presente tema de investigación tiene como finalidad actualizar el Catastro Técnico de la empresa EPS GRAU S.A a nivel de las Ciudades de Piura y Castilla, ya que no se ha realizado un Catastro Técnico desde el año 2002, tal es así que en el PMO (Plan maestro optimizado) Piura y Castilla contienen 435.37 km de redes de Alcantarillado y en el presente Catastro Técnico Georreferenciado se obtienen 857.207 km de redes de Alcantarillado.

Además, en este trabajo se aplica el software Quantum GIS que nos permite con exactitud migrar del Autocad y del Excel a un sistema cartográfico, para obtener una correcta visualización de las redes de Alcantarillado en un sistema Georreferenciado, y ofrecer también un entorno apropiado para la realización de consultas específicas ya que se trabaja conectado a una base de datos en POSTGRE SQL y este a la vez a un programa administrador NAVICAT para la impresión de reportes de consultas.

En el capítulo I se desarrollan aspectos generales sobre el problema de la investigación, objetivos e hipótesis general y específica.

En el capítulo II se desarrollan aspectos teóricos relacionados al Catastro Técnico y conceptos de Georreferenciación y Software QGIS. En el capítulo III es el cuerpo principal del tema, donde se relaciona la situación actual del sistema de alcantarillado en Piura y Castilla y la forma metodológica e ilustrativa de aspectos y software relacionados a como se ha realizado el Catastro Técnico Georreferenciado 2015.

**Conclusiones:**

El catastro técnico georreferenciado con el GPS constituye un complemento para la actualización de las redes de Alcantarillado en las zonas donde no está bien definido el manzaneo y no se puede realizar el método de la triangulación es decir se realiza con puntos waypoint bien promediados que da el GPS.

Donde el manzaneo coincide con la realidad es conveniente catastrar con el método de la triangulación o con wincha de cinta métrica por ser el más exacto y más rápido de ubicar los buzones o las redes de Alcantarillado con respecto al manzaneo.

El software QGIS representa una mejor manera de realizar consultas y toma de decisiones en base a los resultados del personal de campo, por ejemplo, para encontrar el metrado de redes de



Alcantarillado en una zona u obtener una tabla de consultas sobre las propiedades de todo el sistema de Catastro.

La metodología empleada en la más conveniente ya que Georreferenciar con GPS la totalidad de los buzones representan un mayor gasto de dinero y de tiempo y para una mejor exactitud se tiene que promediar hasta 03 veces la toma de puntos en un lapso de 90 minutos lo que alargaría el tiempo necesario.

Con la realización de presente catastro técnico se tomó como ejemplo de aplicación para la realización de los próximos catastros de la zona Piura, para mejora de las operaciones y supervisión por parte del organismo supervisor del agua y alcantarillado SUNNAS.

### **2.1.2 Antecedentes a nivel internacional**

**Título:** *“ESTUDIO Y DISEÑO DE METODOLOGÍA CON TÉCNICAS GPS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL DEL MUNICIPIO PALAVECINO (VENEZUELA)”*

**Autor:** Santana J. Camargo S.

**Universidad:** Universidad Politécnica de Valencia, 2011

**Lugar:** Valencia - España

#### **Resumen:**

La posibilidad de mantener una cartografía actualizada de algún lugar o de la toma de imágenes aéreas de un sitio en específico, lo más reciente posible con una alta resolución; es uno de los grandes problemas que se encuentran empresas proyectistas, ayuntamientos, oficinas de catastro y hasta los Institutos

Cartográficos, debido a su alto coste y el momento adecuado para la captura de las imágenes aéreas. El desarrollo de nuevas tecnologías ha dado la posibilidad de realizar ciertas aplicaciones, para dar soluciones de falta de cartografía reciente, de alta precisión y disponibilidad, prescindiendo de grandes empresas satelitales o aerográficas; mediante metodologías que propongan un bajo coste y alta portabilidad a cualquier lugar.

Se propone una metodología de generación y actualización cartográfica catastral mediante un sistema que permita la obtención de imágenes aéreas de baja altura, que funciona a control remoto mediante un helicóptero no tripulado que a su vez sirve de plataforma aerotransportadora de una serie de equipos que permiten tomar fotografías aéreas en el lugar



deseado a través de un receptor GPS que indica la posición del helicóptero durante una ruta de vuelo prediseñada además de un seguimiento en tierra, donde se manifiestan las incidencias del vuelo en un ordenador portátil con aditamentos de transmisores de video y telemetría.

La cámara digital compacta a bordo del helicóptero realizará la captura de imagen en el lugar planificado la cual será almacenada en una tarjeta compacta para luego ser procesadas posteriormente a ortofotos digitales y mapas vectoriales en diferentes formatos como producto final, a través de software de fotogrametría

La metodología se propone para un municipio venezolano como territorio piloto dentro del programa nacional de generación y actualización del catastro nacional de Venezuela; que busca solventar deficiencias detectadas ante la ejecución de dicho programa; y satisfaciendo los requerimientos de las Normas Técnicas Catastrales Venezolanas.

### **Conclusiones:**

La factibilidad de aplicación de la metodología es cuestionable en función de los resultados obtenidos; además si se toma en cuenta el criterio de desarrollo de la metodología se fundamenta en ser sencilla, de bajo coste y de portabilidad a cualquier lugar que se desee estudiar, analizar y generar cartografía actualizada.

No es menos cierto que se pueden encontrar las situaciones que dificulten la aplicación de la metodología, pero en función de condiciones climáticas favorables permite que se realice sin ningún problema dentro de algunos parámetros aceptables. Por consiguiente, se pueden disertar algunos aspectos de los cuales se ha partido y tomado como referencia

La aplicación de prescripciones técnicas de vuelos de gran altura y cámaras fotogramétricas digitales de gran formato NO es aplicable a este sistema utilizado en la metodología, en donde a las exigencias en cuanto a ciertos parámetros.

La posibilidad de usar un software restituidor como el caso de PhotoModeler, que es específicamente para fotogrametría terrestre; de bajo coste con precisiones tolerables en los RMS de píxeles residuales en su referenciación, permite el manejo de formar el par estéreo de las fotografías tomadas con el helicóptero rc, dado que la variación hasta  $\pm 10$  grados que se producen en los ejes XYZ durante el vuelo son favorables para la aplicación de la orientación de las imágenes; tomando en cuenta la precisión del píxel encontrada a pesar de ser una cámara compacta digital no fotogramétrica, pero que el mismo software restituidor puede crear un



fichero con los parámetro de longitud focal (c), dimensiones de matriz de la cámara y las distorsiones radiales necesarias para el proceso de restitución

Las precisiones del producto final están influenciadas por la precisión que presente la coordenada de punto de control o punto de apoyo que se le introduce; de al menos un punto en el software PhotoModeler, el cual, si se encuentran bien orientadas las imágenes con valores por debajo de 5 píxeles en el RMS residual, se considera bueno.

**Título:** “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO”

**Autor:** Ing. Alvaro Iván Posadas López

Ing. Johnny Roberto Kestler Soto

Arq. Estuardo Josué Mendoza Guzmán

Ing. Marvin Enrique Canales Portillo

Arq. Eulalio Matias Garcia Raxjal

Ing. Harry Efrain Ochaeta Galindo

**Universidad:** Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012

**Lugar:** Guatemala - Guatemala

**Resumen:**

Este trabajo del “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN ÁREA RURAL POR EL MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO”, cuenta dentro del mismo siete partes integrales que dan al final una visual del que hacer Catastral, principalmente en el área rural.

Tenemos en la primera parte de Generalidades como se define que es Catastro, así como de las ciencias y disciplinas auxiliares que utiliza el mismo, se verá también en qué consiste y qué equipo se utiliza tanto en el método Directo como Indirecto.

La segunda parte muestra los datos generales sobre el área sujeta de análisis y estudio catastral en un área rural.



La tercera parte se ve el trabajo realizado por el Método Directo desde el uso de equipo hasta los resultados obtenidos de un trabajo de campo y en la cuarta parte haciendo uso del Método Indirecto, como desde el uso de un Sistema de Proyección Cartográfico, se obtienen resultados del área sujeta a análisis y comparación.

La quinta y sexta parte se ve en forma sucinta, sobre las precisiones según el Manual de Normas Técnicas y Procedimientos Catastrales del RIC, se tienen los costos que tiene tanto el uso de un Método Directo como Indirecto.

Por último, se tienen gráficas de comparación sobre precisión, costos y tiempo del Método Directo con respecto al Método Indirecto, así como un análisis de lo realizado.

### **Conclusiones:**

Hay aspectos muy importantes a considerar al momento de seleccionar el método de levantamiento pues, aunque el método indirecto ofrece una reducción considerable en cuanto a tiempo, se sacrifica la precisión, no solo por estar limitada por la resolución fotográfica, sino también por los puntos de control que puedan ser reconocidos en campo. Así mismo, aunque se tenga la ventaja de poder tener acceso a reconocer los linderos sin necesidad del permiso del propietario esta puede estar limitada por la vegetación predominante en la región.

Aunque el método directo presenta más garantía en lo que respecta a precisión pues los errores pueden ser chequeados en campo y de ser detectados en gabinete pueden ser replanteados en base a las estaciones de control existentes en campo, sin embargo el costo es más elevado, debiendo ser considerado también el riesgo que pueden correr tanto el personal de campo como el equipo de medición, así mismo la cobertura de este método estará limitado por la disposición de los propietarios a permitir el ingreso a su propiedad para la medición del mismo.

Debido a que es un levantamiento rural se utilizó una ortofoto del Instituto Geográfico Nacional ya que este cumple con la precisión requerida por el Registro de Información Catastral lo que permite una reducción en costo hasta de un 95% con relación al método directo.

En lo que respecta al tiempo, el método indirecto permite reducir hasta en un 65% el tiempo comparado con el tiempo utilizado por el método directo este porcentaje se reflejó en el área y lugar sujeta a estudio ya que la visión en pantalla fue clara y sin problemas de vegetación que cubriera los linderos.



La Precisión obtenida por el método directo es 7 veces más precisa que la obtenida por el método indirecto. Al comparar las coordenadas de resultantes de un vértice de un predio, realizado mediante los dos métodos se determinó que la precisión obtenida por el método directo es de 0.10 m. pero para este caso en particular ya que se trata de un área rural la precisión de ambos métodos está dentro de los parámetros que se han establecido en la Ley del RIC.

La selección entre utilizar un método indirecto o un indirecto va a depender de la finalidad del catastro y de la precisión requerida para el efecto.

**Título:** *“LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CATASTRAL DEL BARRIO SAN FRANCISCO DE BAÑOS, DE LA PARROQUIA LA MERCED DEL CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA”*

**Autor:** Fausto Emilio Alomoto Cauja

**Universidad:** Universidad Central del Ecuador, 2013

**Lugar:** Quito - Ecuador

**Resumen:**

Tesis de grado previo a la obtención del título de Perito Geomensor, Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemáticas.

El presente proyecto se realizó gracias a un convenio entre la Universidad Central del Ecuador y el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial (GADP) La Merced; está basado en una restitución cartográfica realizada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) sobre la Parroquia La Merced y sus alrededores, para la Dirección de Territorio y Catastro del IMQ.

Este trabajo servirá a la Parroquia para planificar y organizar convenientemente proyectos a futuro, catastrar las propiedades que forman parte de su territorio; y, a sus moradores para legalizarlas, para el avance ordenado de la Parroquia y de la ciudad.

**Conclusiones:**

La Topografía es el primer trabajo que debe realizarse antes de cualquier emprendimiento proyectivo y/o constructivo.

Los datos de los levantamientos topográficos servirán para que el GADP La Merced para que pueda planificar convenientemente su desarrollo en diversos campos, como dotación de servicios básicos, manejo del turismo, producción agrícola, etc.



Los datos topográficos permitirán la actualización de información del estado físico del territorio barrial y por lo mismo el parroquial.

El uso de equipos de moderna tecnología permite la realización de trabajos topográficos con mayor comodidad, celeridad, precisión y exactitud.

En cuanto a los levantamientos cartográficos, sus bases de datos, indudablemente que sirven a los gobiernos seccionales (parroquiales y cantonales), a más de la distribución del suelo también de las construcciones que se encuentran ocupando territorio.

El Catastro permite a los gobiernos mejores recaudaciones de impuestos a la propiedad.

## **2.2 Aspectos teóricos pertinentes**

### **2.2.1 Catastro**

Se denomina catastro al inventario físico contenido en una jurisdicción territorial, sea urbana o rural, y lo inventariado puede ser físico natural o artificial, como son árboles, postes de alumbrado eléctrico, terrenos sin construir, predios, bosques, lagos, vías, etc. El Catastro toma información que cualifica o caracteriza cada registro físico, de manera física, legal, fiscal y económica. (Ministeria de vivienda, construcción y saneamiento, junio 2006)

### **2.2.2 Catastro urbano**

Es el inventario de los bienes inmuebles, infraestructura y mobiliario urbano de una ciudad, debidamente clasificado en sus aspectos físicos, legales, fiscales y económicos. Está conformado por los Componentes Catastrales Urbanos (CCU) y los Componentes Catastrales Prediales (CCP). La elaboración del catastro urbano es responsabilidad de los gobiernos locales, al ser estos los responsables se le denomina catastro urbano municipal (CUM). (Ministeria de vivienda, construcción y saneamiento, junio 2006)

### **2.2.3 Predio**

Es la superficie delimitada por una línea poligonal continua y cerrada; y se extiende al subsuelo y al sobresuelo, comprendidos dentro de los planos verticales del perímetro superficial, excluyéndose del suelo y subsuelo a los recursos naturales, los yacimientos, estos arqueológicos y otros bienes regidos por leyes especiales. (Congreso de la república del Perú, 2004)



#### **2.2.4 Catastro de Predios**

Es el inventario físico de los predios orientado a un uso multipropósito, y se encuentra constituido por la suma de predios contiguos que conforman el territorio de la República, a los cuales se les asigna un Código Único Catastral con referencia al titular o titulares del derecho de propiedad del predio. El catastro proporcionará a los usuarios información actualizada de todos los derechos registrados sobre un predio, mediante su interconexión con el Registro de Predios. El catastro comprende la información gráfica, con las coordenadas de los vértices de los linderos de predios, en el Sistema de Referencia Geodésica Oficial en vigencia, y un banco de datos alfanumérico con la información de los derechos registrados. (Congreso de la república del Perú, 2004)

#### **2.2.5 Cartografía catastral**

Es la representación de un conjunto de predios a escalas 1:10 000, 1:5 000, 1:1 000 o escalas intermedias o mayores de acuerdo con las series cartográficas que muestra la información topográfica, planimétrica y altimétrica de los predios. (Congreso de la república del Perú, 2004)

#### **2.2.6 Código único catastral**

Es la identificación alfanumérica de predios. El Registro de Predios inscribe el Código Único Catastral (CUC). En los casos de los regímenes de propiedad exclusiva y propiedad común, se asigna a cada una de las unidades de propiedad exclusiva un Código Único Catastral. El reglamento de la presente Ley define las características del Código Único Catastral a ser asignado, el mismo que será elaborado en coordinación con el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI y otorgado por las Municipalidades Distritales a nivel nacional. (Ley N.º 28294, 2006, art. 3).

#### **2.2.7 Certificado catastral**

Es el documento con valor jurídico y efectos legales que emite la entidad catastral competente a favor de cualquier persona que lo solicite. La expedición del Certificado Catastral está sujeta al pago de los derechos correspondientes, según tasa que se establecerá en el reglamento de la presente Ley, con excepción de las que corresponda fijar a los Gobiernos Locales. Las Tasas se fijarán atendiendo al criterio establecido (Ley N.º 27444, 2001, art. 45).



### **2.2.8 Fotogrametría terrestre.**

Tiene su principal aplicación en la arquitectura y la arqueología y se basa en el principio de la toma de fotografías desde la tierra, la fotografía es usada en una posición tal que el eje de la cámara fotográfica resulta horizontal y paralelo al terreno o corteza terrestre; donde la posición de la cámara y el objeto es perfectamente conocida. (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

### **2.2.9 Fotogrametría aérea.**

Es la que utiliza fotografías aéreas obtenidas desde una cámara de toma de vistas, ubicada en una plataforma especial (vehículo aéreo). Donde el eje óptico de la cámara fotográfica resulta sensiblemente perpendicular al terreno o corteza terrestre. También dependiendo del método empleado, se pueden distinguir tres tipos diferentes de fotogrametría: (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

- Fotogrametría Analógica.
- Fotogrametría Analítica.
- Fotogrametría Digital.

#### **2.2.9.1 Fotogrametría analógica**

Se basa en la utilización de aparatos de restitución ópticos o mecánicos, donde el operador realiza la alineación de las imágenes para crear un modelo estereoscópico debidamente nivelado y escalado. Por otro lado, la confección de mapas, con información planialtimétrica, se realiza con el principio de la marca flotante o graficadoras basadas en este principio.

#### **2.2.9.2 Fotogrametría analítica**

Con la utilización de los restituidores analógicos y la incorporación de las computadoras se da inicio a la fotogrametría analítica. Se crea al restituidor analítico agilizando los tiempos y logrando niveles de detalle a diferentes escalas. Se posibilita el vuelco de la información a programas de tipo CAD. Esto únicamente supuso una evolución en el modo de trabajar apoyada por la aparición de los sistemas informáticos, obteniendo mejores precisiones y mayor rendimiento al sustituir la analogía mecánica por los cálculos matemáticos.



### 2.2.9.3 Fotogrametría digital

Finalmente, el avance tecnológico hizo posible llegar a la fotogrametría digital. El uso de las computadoras y los programas aplicados dan origen a los modelos digitales del terreno 3D. Las imágenes digitales son ingresadas a la computadora y el operador puede identificar con buena precisión los puntos homólogos o bien la computadora realiza estas operaciones por comparación de imágenes; finalmente el resultado es una imagen en formato raster o vectorial. Esta salida (digital) puede ser utilizada como información de base para la generación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

### 2.2.10 Definición UAV

El término vehículo aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) se hizo común en los años 90 para describir a las aeronaves robóticas y reemplazó el término vehículo aéreo pilotado remotamente (Remotely Piloted Vehicle, RPV), el cual fue utilizado durante la guerra de Vietnam y con posterioridad. El documento Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary editado por el Ministerio de Defensa de los Estados Unidos define UAV como: “Un vehículo aéreo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar una carga de pago letal o no. No se consideran UAV a los misiles balísticos o semibalísticos, misiles crucero y proyectiles de artillería”.

### 2.2.11 Levantamiento fotogramétrico

El levantamiento fotogramétrico es la aplicación de la fotogrametría a la topografía. Pese a que la fotogrametría no es una ciencia nueva (sus inicios se estiman a mediados del siglo XIX) sus aplicaciones en topografía son mucho más recientes. Si se trabaja con una foto se puede obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si se trabaja con dos fotos, en la zona común a estas (zona de solape), se podrá tener visión estereoscópica, o dicho de otro modo, información tridimensional. Básicamente, es una técnica de medición de coordenadas 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de



referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición. (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

### **2.2.12 Saneamiento Catastral**

Es el conjunto de procedimientos técnicos y legales que se ejecutan de manera progresiva, a fin de rectificar las inexactitudes y actualizar la información registral de un predio, adecuándola a la realidad física del mismo. (Congreso de la república del Perú, 2004).

### **2.2.13 Tolerancias catastrales y registrales**

**FINALIDAD:** Establecer los rangos de tolerancias en las mediciones de áreas de los predios urbanos y rurales, efectuadas por los diferentes métodos que ofrece la Geomática, a fin de tener un catastro preciso y ordenado para la inscripción de actos de transferencia y gravamen en el Registro de Predios.

**ALCANCE:** La presente Directiva es de aplicación obligatoria para todas las Entidades Generadoras de Catastro y toda persona natural o jurídica que se le encargue dicha facultad conforme lo estipula los literales r) y s) del artículo 3° del Reglamento de la Ley N°28294, aprobado por Decreto Supremo N°005-2006-JUS, así como para los Registradores Públicos y de las Áreas de Catastro del Registro de Predios de la SUNARP.

Se aplica en todos los procesos de levantamiento catastral efectuados por las entidades generadoras de catastro y por el registro de predios en los siguientes casos:

Caso 1.- cuando el resultado del levantamiento catastral no coincida con su correspondiente habilitación urbana

Caso 2.- cuando la información gráfica registral no coincida con la información gráfica registral y/o título de predio.

Caso 3.- cuando en el título de transferencia de dominio o gravamen describe al predio de manera diferente a la partida registral

Tabla 3: Tolerancias Catastrales.

NATURALEZA URBANA		NATURALEZA RURAL	
Rango de área (m <sup>2</sup> )	Tolerancia (%)	Rango de área (Ha)	Tolerancia (%)
Menores de 200	2.5	Menores de 1	7.5
De 200 a 100	2	De 1 a 5	6.3
Mayores a 1000	1	Mayores a 5	3

Fuente: (Directiva N.º01-2008-SNCP/CNC, 2008)

Cuando las mediciones catastrales efectuadas estén dentro del rango de tolerancias establecidas en la presente Directiva, los datos catastrales previos no se modificarán a fin de no afectar propiedades de terceros.

Cuando las mediciones catastrales excedan las tolerancias establecidas en la presente Directiva, deberán ser rectificadas siguiendo los procedimientos de actualización y mantenimiento catastral vigente.

Para el caso de mantenimiento catastral urbano, se debe considerar una tolerancia del 1%. (Directiva N.º01-2008-SNCP/CNC, 2008)

Según la Resolución N° 02 – 2010-SNCP/CNC, se resuelve:

Artículo 01.- Aprobar la modificación de los literales b) y h) del ítem tercero denominado Definiciones, de la Directiva N° 01-2008-SNCP/CNC, “Tolerancias Catastrales – Registrales”, las cuales quedan redactados de la siguiente manera:

b) Mediciones de Áreas. - Determina el área de un predio, mediante diferentes técnicas de medición y cálculo; que implica sus medidas perimétricas y perímetro.

h) Tolerancia Catastral – Registral. - Rango aceptable en la diferencia de áreas de un mismo predio. Esta diferencia puede generarse por variaciones en las medidas perimétricas y/o perímetro.

Artículos 2.- Aprobar la incorporación de 2 ítems adicionales al numeral 7 denominado Disposiciones de la (Directiva N.º01-2008-SNCP/CNC, 2008), “Tolerancias Catastrales – Registrales”, las cuales quedan redactados de la siguiente manera:

“e. Se precisa que la tolerancia catastral – registral, también es aplicable cuando se presenten variaciones en las medidas perimétricas y/o perímetro del predio, siempre que



el área no exceda los rangos establecidos en el literal a), que precede. Esta disposición implica que los rangos de áreas se apliquen a las medidas perimétricas y/o perímetro”.

“f. Las disposiciones contenidas en la presente directiva serán de aplicación para las entidades formalizadoras, siempre que no se contrapongan con otras disposiciones especiales establecidas en su marco legal”.

#### **2.2.14 Topografía**

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. (Montes de Oca, 2004)

#### **2.2.15 Levantamiento topográfico**

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano de cualquier parte de la superficie de la tierra. (Franquet & Querol, 2010)

#### **2.2.16 Levantamiento catastral**

El levantamiento catastral incluye varias etapas, dependiendo del método utilizado pueden cambiar de nombre. Pero, en general, todos tienen una secuencia que implica la captura de datos en campo, su procesamiento en gabinete mediante programas informáticos, y su validación posterior con la población. (Cruz, 2009).

#### **2.2.17 Banco de Marca (BM)**

Es un punto de referencia de carácter permanente, del cual se conoce su localización y elevación, y sirve de base para un trabajo de Nivelación precisa o un replanteo topográfico. (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

#### **2.2.18 Polígono**

Se entiende por polígono aquella forma geométrica que esté compuesta por muchos lados, pudiendo estar los mismos dispuestos de manera regular o irregular. La palabra polígono proviene del griego y significa "muchos ángulos". Los polígonos son formas



planas que son, además, cerradas y que normalmente tienen a partir de tres lados en adelante. (Bembibre, 2010)

Los polígonos están compuestos por varios lados que son aquellos que le dan límite a la figura y marcan su superficie, además de definirlos en el espacio. Los lados de un polígono están siempre cerrados, por lo cual este tipo de figuras geométricas no pueden ser nunca abiertas. Cuando dos lados se juntan o se unen en un punto se forma un ángulo que será elemento característico y distintivo de este tipo de polígono específico, pudiendo ser más grande o más bajo dependiendo del tipo de unión de lados que se genere. Este ángulo nunca puede llegar a ser de 180 grados sin embargo porque si así lo fuera formaría un nuevo segmento o línea. (Bembibre, 2010)

### 2.2.19 Poligonales

El uso de poligonales es uno de los procedimientos topográficos más comunes. Se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y elaboración de planos, para el replanteo de proyectos y para el control de ejecución de obras.

Una poligonal es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices. Para determinar la posición de los vértices de una poligonal en un sistema de coordenadas rectangulares planas, es necesario medir el ángulo horizontal en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre vértices consecutivos. (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

En forma general, las poligonales pueden ser clasificadas en:

- **Poligonales Cerradas:** En las cuales el punto de inicio es el mismo punto de cierre, proporcionando por lo tanto control de cierre angular y lineal.
- **Poligonales Abiertas:** De enlace con control de cierre en las que se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final, y la orientación de las alineaciones inicial y final, siendo también posible efectuar los controles de cierre angular y lineal.



- **Poligonales Abiertas: Sin Control:** En las cuales no es posible establecer los controles de cierre, ya que no se conocen las coordenadas del punto inicial y/o final, o no se conoce la orientación de la alineación inicial y/o final.

### 2.2.20 Linderación con Fotografías Aéreas, Ortofoto o Drones (UAV)

**1. Aplicación y Medios** Para llevar a cabo la linderación con fotos aéreas, el jefe de grupo, deberá proporcionar a los verificadores catastrales a su cargo, copias laser de las fotos aéreas correspondiente a su zona de trabajo; verificándose que la foto a trabajar no corresponda a la última foto de la línea de vuelo, si así lo fuera, sólo se linderará el área que corresponde al modelo fotogramétrico (traslape).

En el caso de la linderación con ortofotos, se deberá tener mayor cuidado en la foto identificación de los predios, ya que el trabajo con ortofotos, la digitalización del lindero se realiza directamente y no requiere del proceso de restitución.

Para el caso de linderación con drones, podrá utilizarse cualquiera de los dos casos mencionados anteriormente, ya que su aplicación se adecua indistintamente para fotos aéreas u ortofoto.

### 2. Fase de Campo - Instrucciones para la linderación

- a) El verificador catastral, debidamente acreditado por el Gobierno Regional, se hará presente en el predio el día y hora indicada previamente en la comunicación personal.
- b) El primer paso para el inicio de la fotoidentificación de los linderos, será el de ubicar o identificar los linderos de un predio en la foto (copias láser u ortofotos) y en el terreno, a través de detalles naturales o características más resaltantes del lugar.
- c) Luego, el verificador registral, en compañía del propietario o poseedor o representante designado, debidamente acreditado procederá a recorrer el perímetro del predio, trazando el mismo en la foto u ortofoto con bolígrafo de tinta seca de color rojo y de punta fina (por ningún motivo utilizará plumón). De ser necesario, terminada la fotoidentificación del predio, ésta deberá ser verificada con el informante.



- d) La unidad catastral de seis dígitos será colocada dentro del predio linderado (su ubicación deberá tener en consideración la orientación de toma de la fotografía-norte-), que será correlativo dentro del sector de trabajo y que no se deberá repetir dentro del ámbito correspondiente a la unidad territorial.
- e) En caso que, por el tamaño del predio, el total de dígitos de la Unidad Catastral (6 dígitos) no se pueda consignar en la foto o en el plano, se podrán anotar los últimos dígitos teniendo mucho cuidado en que éstos sean números correlativos, para evitar cualquier confusión.
- f) En caso de predios colindantes con diferentes series de unidades catastrales, debe consignarse obligatoriamente con los seis dígitos; en caso de no ser posible, debe indicarse este hecho en una hoja anexa a la foto o al plano.
- g) Teniendo en cuenta el traslape (modelo fotogramétrico) entre fotos de una misma línea de vuelo o de las líneas paralelas, se deberá linderar los predios ubicados en los centros de las fotografías, ya que en estas partes de las fotos las formas de los predios no están distorsionadas.
- h) Un mismo predio no debe ser linderado en dos fotografías sucesivas.
- i) En caso de predios cuyos linderos no son fotoidentificables o se encuentran colindantes, pero fuera de los límites del vuelo fotográfico, en sectores cubiertos de nubosidad o en zonas oscuras no fotoidentificables dentro del proyecto de vuelo, la linderación será ejecutada por métodos topográficos, con el uso de equipos GPS o Estación Total, según el tamaño de los predios.
- j) En caso de tener que linderar en zonas oscuras de la foto, pero que sean fotoidentificables, el color de tinta para delimitar los linderos e indicar su unidad catastral deberá ser de color blanco (el color rojo en estas zonas no es distinguible, dificultando el trabajo de restitución).
- k) Al momento de la linderación se deberá tener en cuenta los caminos o vías de accesos a los predios. Por razones de escala, los anchos de las vías y de los canales deberán ser medidos e indicados en las ampliaciones fotográficas, los mismos que serán considerados en la digitalización de los linderos. (Ministerio de Agricultura, 2019)



1) Simultáneamente con el trabajo de linderación se identificará y colocará en las fotocopias los nombres de los accidentes naturales y artificiales más importantes (ríos, puentes, carreteras, cerros, ciudades, caseríos etc.), así como los límites políticos y comunales de acuerdo a las especificaciones técnicas para el Catastro Rural.

### **3. Fase de Gabinete**

En gabinete, la información de linderos consignada en las fotos o material de trabajo de campo, será editada a las ortofotos, esta transcripción al igual que en el proceso de la linderación se hará con un bolígrafo de tinta seca en color rojo y de punta fina (jamás se debe usar plumón).

Conjuntamente a la transcripción de linderos, se revisará el llenado de las fichas catastrales rurales y que su numeración sea la misma a la asignada al predio.

Se verificará que la linderación transcrita sea la misma que fue identificada en el material de campo. Asimismo, se verificará la relación de unidades catastrales asignadas para cada sector de trabajo, la misma que será contrastada con el trabajo de campo (predios linderados y fichas), a fin de verificar que el total de predios linderados y sus códigos sea el mismo al total del número de fichas.

Este trabajo también deberá ser sometido a un control de calidad que permita minimizar los errores.

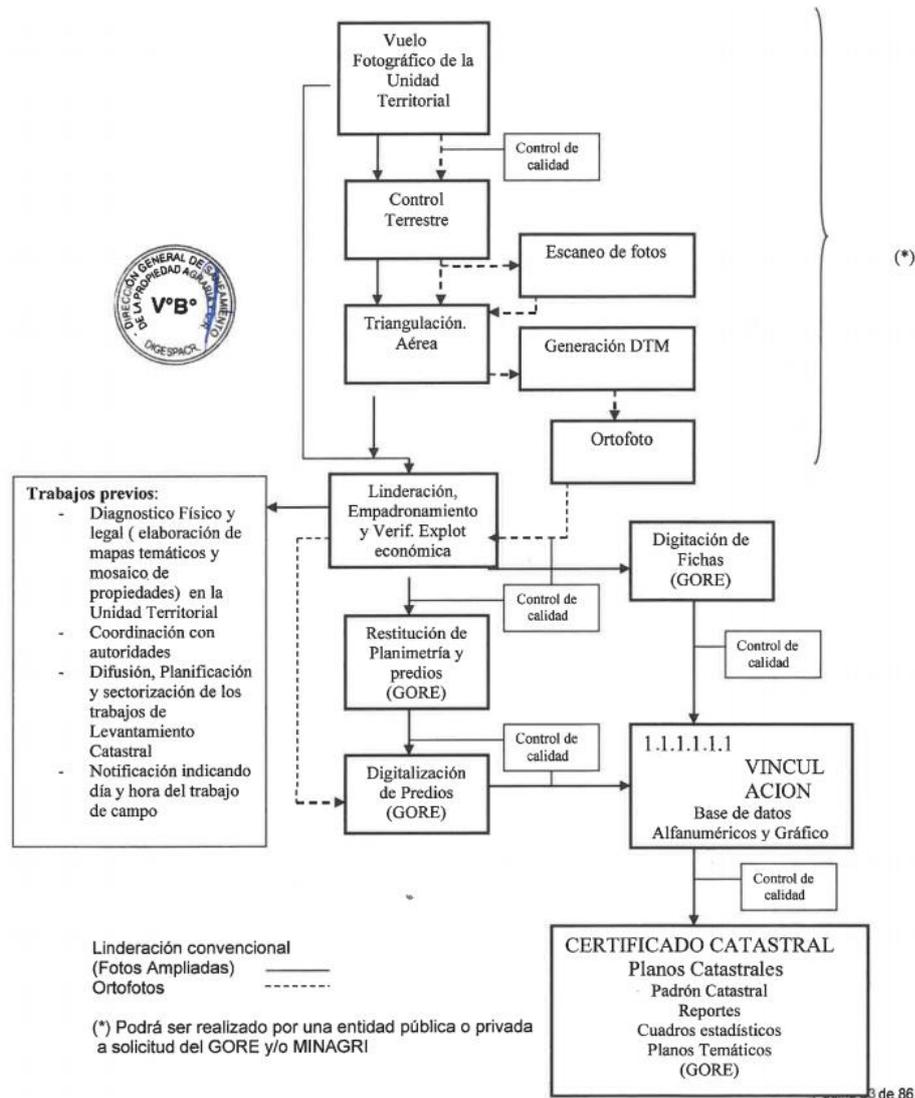
a) Digitación de fichas catastrales. - Todas las fichas catastrales de predios rústicos con levantamiento catastral serán convenientemente digitadas en el SSET. La digitación de fichas debe ser sometida a control de calidad a fin de verificar que la información digitada concuerde con la levantada en campo. Esto de acuerdo al Manual de Usuario del SSET.

b) Control de Calidad. - En todas las fases de campo y gabinete, se llevará a cabo una revisión y verificación de la información a través de un riguroso control de calidad que estará a cargo del Jefe de Grupo o Jefe de Brigada, según corresponda, del responsable de catastro, profesionales especialistas agrónomo y legal y el jefe regional. Por último, del personal técnico de la -DIGESPACR del MINAGRI. Para el control de calidad, la dependencia del Gobierno Regional deberá tener en consideración lo siguiente:



- Todos los predios rústicos linderados deberán tener asignado una Unidad Catastral, además de la toponimia o simbología (para el caso de iglesias, cementerios, escuelas u otros).
- Que no haya duplicidad de unidades catastrales.
- Que al empalmar las fotos linderadas en campo, no haya superposición de predios.
- Que las fotos al momento de la linderación tengan los límites políticos, comunales, zonas arqueológicas, reservas etc., así como también los nombres (toponimia) que les corresponda.
- Que los signos convencionales que se utilicen en la linderación sean los indicados en las Normas y Especificaciones Técnicas.
- Que los linderos dibujados en las ortofotos sean exactamente los mismos de las fotos linderadas en campo.
- Que, en las fotos ampliadas, las vías de comunicación (camino, carreteras, caminos de herradura, canales, ríos, quebradas, etc.), sean identificadas con precisión. produzca
- Que la toponimia sea legible cuidando la caligrafía y ortografía.
- Que todos los predios correspondientes a los sectores a sean linderados.
- Que no queden linderos abiertos.
- Que las fotocopias u ortofotos utilizadas en la linderación de campo, sean firmadas por los verificadores catastrales.
- Para usar productos generados por vehículos aéreos no tripulados (UAV) o drones, la metodología de procesamiento de la información catastral es la misma

Figura 6: Diagrama de flujo del levantamiento catastral con fotografías aéreas.



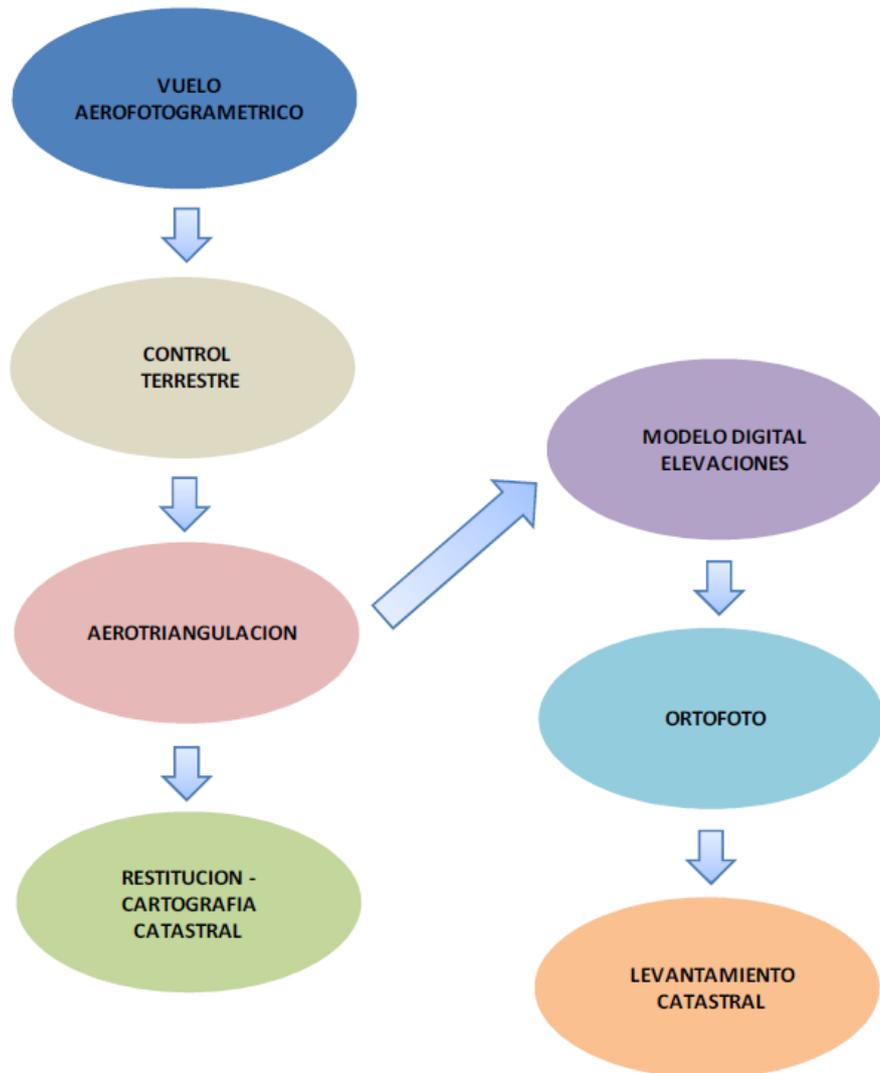
Fuente: RD 0042-2019 (Ministerio de Agricultura, 2019)

El objetivo de este proceso es la obtención de ortofoto mapas digital y continuo en el espacio tanto para la zona rural como para la zona urbana. Dado las diferentes necesidades de precisión en cada ámbito, se elaborará ortofoto mapas a diferentes escalas según la Directiva N.º 02-2006-SNCP/CNC.

A continuación, mencionaremos el procedimiento protocolar para la realización del levantamiento catastral urbano según el manual de la SUNARP – SNCP.

### 2.2.21 Manual de protocolo de actuación en el levantamiento catastral

Figura 7: Flujograma de levantamiento catastral.



Fuente: Manual de Protocolo de Actuación en el Levantamiento Catastral

#### 2.2.21.1 Planificación de recursos y tiempo

Antes de comenzar los trabajos de campo, estos deben estar bien planificados en el tiempo y bien dimensionados en cuanto a recursos humanos y materiales.

En función del tamaño del distrito ningún proceso de levantamiento catastral (urbano y rural conjuntamente) no debería sobrepasar 1 año de duración, por lo que el número de brigadas y el dimensionamiento de la oficina técnica a base debe condicionarse para cumplir estos plazos.



En esos plazos deben estar incluidos los trabajos de campo, los controles de calidad, la digitación de la información y el archivamiento de la información generada en el proceso. (SUNARP, 2007)

#### **2.2.21.2 Sistema catastral**

Los responsables de la generación de la información catastral deberán contar con las herramientas informáticas necesarias para poder gestionar y mantener toda la información catastral generada, además, todos los agentes implicados en el mantenimiento catastral a nivel nacional deben contar con un mismo sistema catastral:

- Que provea una cobertura completa en lo que se refiere a aplicaciones informáticas necesarias para la gestión y actualización permanente del catastro. La cobertura es completa para todos los EGC capaces de llevar a cabo un mantenimiento catastral a nivel nacional.
- Que permita la integración e intercambio de información catastral con otros agentes afines al catastro, pudiendo realizar la visión de un catastro multifinalitario a nivel nacional
- Que permita el acceso a información y servicios catastrales a todos los ciudadanos del país, incluyendo profesionales y empresas que realizan actividades relacionadas con el catastro.

#### **2.2.21.3 Capacitación**

Es lógico pensar que todos los procesos implicados en el levantamiento catastral, obligatoriamente, necesitarán de recursos humanos para llevar a buen fin cada uno de los procesos y subprocesos, por tanto, para cada uno de los procesos descritos en este capítulo se les deberá dotar con la cantidad de recursos humanos suficientes en cuanto a número y capacidad. (SUNARP, 2007)

#### **2.2.21.4 Comunicación y sensibilización**

Hasta que el catastro nacional del país sea una herramienta de la que dependen muchas instituciones, organizaciones, usuarios particulares, etc. Para llevar a



cabo sus trabajos, será necesario en el proceso de implementación hacer una campaña de difusión publicitando las ventajas y posibilidades del uso de la información catastral, porque con ello se garantiza el éxito del levantamiento catastral. (SUNARP, 2007)

#### **2.2.21.5 Trabajos en campo**

Esta actuación es la más compleja dentro de todo el proceso de implementación de un catastro a nivel nacional, por el volumen de información a capturar, la gran cantidad de recursos humanos que requerirá el proceso, necesidades que se concentrarán en un periodo de tiempo muy concreto y que para satisfacerlas habrá que dotarse del personal y dar solución a las dificultades con las que se encontrarán las brigadas de campo y que serán de toda índole. (SUNARP, 2007)

Esta acción comprende los siguientes subprocesos:

- Recopilación de información catastral existente: gráfica y alfanumérica
- Inclusión en la cartografía digital de la información existente: límites administrativos, toponimia, límites de comunidades campesinas y nativas, sitios arqueológicos, zonas naturales de especial protección, etc.
- Sectorización del terreno atendiendo a superficie, en este proceso se dimensionará exactamente el proyecto, calculando el número exacto de sectores, manzanas, lotes y una estimación de predios de manera que pueda dimensionarse las necesidades humanas necesarias.
- Asignación de los sectores de trabajo a los coordinadores y supervisores, y estos concretarlos a las brigadas
- Elaboración y presentación del plan de trabajo a las autoridades
- Presentación del plan de trabajo a la ciudadanía
- Acreditación del personal de campo.
- Trabajo en campo
- Entrega de la documentación validada en campo y controles de calidad
- Exposiciones públicas.

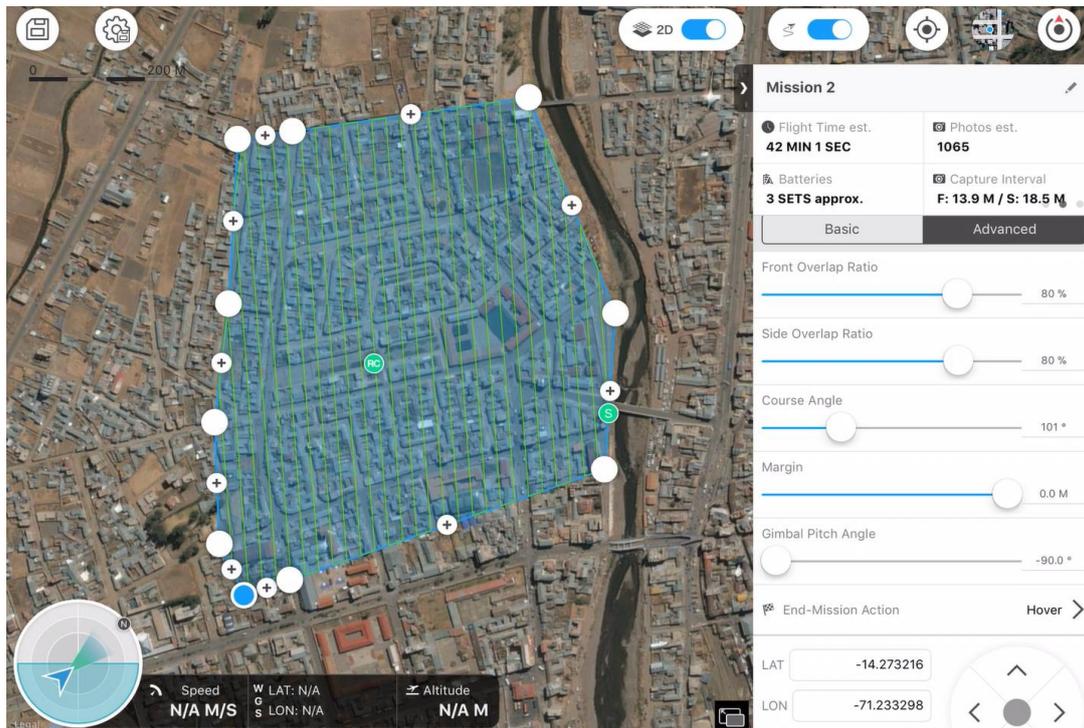
### 2.2.21.6 Vuelo fotogramétrico.

Previamente a la ejecución del vuelo fotogramétrico, habrá que elaborar un plan de vuelo y ser validado por los responsables catastrales de la municipalidad respectiva.

En el plan de vuelo se definirán las líneas de vuelo y disposición de las imágenes a capturar, junto con parámetros técnicos de cada una de ellas. También se definirá las especificaciones del equipamiento a emplear para el trabajo y su configuración específica para cada proyecto a realizar. No olvidemos que se plantean diferentes tipos de vuelo en cuanto a su altura, que vendrá determinado por el tamaño del pixel a capturar, o la escala.

Para la captura de imágenes podría utilizarse una cámara fotogramétrica digital de gran formato (SUNARP, 2007)

Figura 8: Representación del plan de vuelo con las fotografías.



Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.21.7 Cámara

La cámara viene integrada en el Inspire 2, cuentan con el nuevo sistema de procesamiento de imagen CineCore 2.0 capaz de grabar videos en 5.2K en CinemaDNG1, Apple ProRes 2, etc, Esta cámara está integrado en el morro de la aeronave y funciona con cualquier cámara conectada a través del puerto específico del estabilizador, es compatible con X4S3 y X5S (www.dji.pe, 2017)

Figura 9: Cámara.



Fuente: (www.dji.pe, 2017)

### 2.2.21.8 Aeronave

Estructura: Diseño evolucionado con carcasa de aleación de magnesio-aluminio y brazos de fibra de carbono.

Configuración: detección visual, cámara FPV (en primera persona) de 2 ejes, amplio rango de cámaras compatibles

Propulsión: velocidad máxima de 94 km/h (58 mph), empuje de 2 kg por rotor, hélices de 15", tiempo de vuelo máximo de 27 minutos con X4S.

Batería: batería dual redundante, con autocalentamiento, 98Wh (www.dji.pe, 2017)

Figura 10: Aeronave.



Fuente: (www.dji.pe, 2017)

### 2.2.21.9 Control remoto

- Tecnología lightbridge: la frecuencia de la señal puede cambiar entre 2.4 GHz y 5.8 GHz.
- Intervalo controlable: 7 km, sin obstáculos, sin interferencias, según las normas de la FCC
- Modo maestro-esclavo: compatible con varios controles remoto esclavos
- Puertos: puerto de extensión, puerto HDMI, puerto USB. (www.dji.pe, 2017)

Figura 11: Control remoto.



Fuente: (www.dji.pe, 2017)

Figura 12: Equipo completo Dron Inspire 2



Fuente: (www.dji.pe, 2017)



#### **2.2.21.10 Especificaciones de los vuelos**

Los trabajos de captura de imagen se realizarán en horario en el que se garantice un ángulo de elevación solar mayor de 40°. Las condiciones meteorológicas serán las óptimas para la captura de imágenes, es decir, tiempo claro, sin nubes o brumas, evitando las horas del día que puedan provocar los efectos de reflexiones especulares, hot shot y efectos producidos por el clima. (SUNARP; SNCP, 2011)

#### **2.2.21.11 Captura de datos**

Durante el vuelo no se debe exceder la distancia máxima entre aeronave y control remoto intentando visualizar en todo momento el equipo UAV. (SUNARP; SNCP, 2011)

#### **2.2.21.12 Procesado de imágenes**

Estas deben ser procesadas mediante programas informáticos comerciales y específicos asegurando la precisión relativa. (SUNARP; SNCP, 2011)

#### **2.2.21.13 Apoyo terrestre**

Comprenden las operaciones necesarias de campo y gabinete para determinar la posición planimétrica y altimétrica de los puntos de apoyo necesarios para el ajuste de los fotogramas del vuelo realizado

Para la elección de los puntos de apoyo del vuelo realizado, se preferirán elementos artificiales a los naturales, procurando siempre seleccionar aquellos que conserve su forma y posición en el tiempo. Los puntos de apoyo serán siempre sobre el terreno. (SUNARP; SNCP, 2011)

#### **2.2.21.14 Modelo digital de elevación MDT**

Para la generación de la ortoimagen se utilizará un modelo digital de superficie (MDS) obtenido a partir del MDT generado anteriormente, adaptando la altimetría de aquellas zonas que pertenecen a la superficie, pero son construcciones artificiales (puentes, casas, carreteras, etc.)

La obtención del modelo digital del terreno se hará a nivel del suelo natural. Además, se dibujarán líneas de ruptura o break definitorias del terreno que ayuden a modelar con mayor precisión un modelo digital de superficie para la posterior generación de la ortofoto. (SUNARP; SNCP, 2011)

Figura 13: Modelo Digital de Elevación.



Fuente: (SUNARP; SNCP, 2011)

#### 2.2.21.15 Ortofoto continua

Las imágenes procedentes del vuelo fotogramétrico serán rectificadas empleando el modelo digital de superficie. Con imágenes ortorrectificadas se generará un mosaico para obtener la zona de trabajo. Posteriormente se cortarán por hojas, obteniendo así las ortofotos en formatos establecidos.

Las imágenes deberán estar orientadas al norte UTM

La generación del mosaico se realizará utilizando la parte central de los fotogramas ortorrectificados, evitando así las distorsiones que se dan en el borde de las imágenes.

Se garantizará una cobertura total de la zona de trabajo.



### 2.2.22 Geodesia

es una ciencia interdisciplinaria que utiliza sensores remotos transportados en satélites espaciales y plataformas aéreas y mediciones terrestres para estudiar la forma y las dimensiones de la Tierra, de los planetas y de sus satélites, así como sus cambios; para determinar con precisión su posición y la velocidad de los puntos u objetos en la superficie u orbitando el planeta, en un sistema de referencia terrestre materializado, y la aplicación de este conocimiento a distintas aplicaciones científicas y técnicas, usando la matemática, la física, la astronomía y las ciencias de la computación. (Franquet & Querol, 2010)

La diferencia entre levantamiento topográfico y levantamiento geodésico es que la geodesia considera la curvatura terrestre, mientras que se hace un arreglo oportuno en el levantamiento topográfico considerando la superficie de la tierra plana, la longitud máxima recomendada para hacer un levantamiento topográfico es de 5 km ya que después de esa longitud se comienza a notar la curvatura de la tierra.

### 2.2.23 Red geodésica

Es el conjunto de puntos físicamente establecidos mediante marcas, situados sobre el terreno y dentro del ámbito del territorio nacional, parcial o total, enlazado y ajustado al Sistema Geodésico Oficial. (SUNARP; SNCP, 2011).

### 2.2.24 Sistema Geodésico Oficial

Es la Red Geodésica Nacional, implementada por el Instituto Geográfico Nacional-IGN, conformada por el conjunto de puntos localizados a lo largo y ancho del país, determinados físicamente mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica, altura o del campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos. (Congreso de la república del Perú, 2004)

### 2.2.25 Tipo de zonas

- Zona Catastrada

Es un ámbito geográfico dentro del territorio nacional, cuyo levantamiento y cartografía catastral está finalizada a fin de ingresar a la BDC del SNCP



- Zona no Catastrada

Ámbito geográfico dentro del territorio nacional cuyo levantamiento catastral no se ha ejecutado.

- Zona Catastral

Ámbito geográfico que se encuentra en proceso de efectuar el levantamiento catastral. (Congreso de la república del Perú, 2004)

### 2.2.26 Dron

También denominado UAV (unmanned aerial vehicle), cuya traducción es vehículo aéreo no tripulado, vehículo o nave con capacidad de realizar misiones con cierto grado de autonomía, la novedad de la llegada a las aplicaciones civiles dificulta la existencia de un consenso en su definición, que cuestiona en determinadas ocasiones, si un determinado sistema responde o no al concepto de UAV, existe por ello cierta variedad de términos que, con mayor o menor acierto son utilizados para referirse a este tipo de aeronaves. (Tacca Qquelca, 2015).

Así en el pasado fueron denominados ROA (Remotely Piloted Aircraft), o UA (unmanned aircraft), en la actualidad se usa UAV.

Estas denominaciones hacen referencia a la ausencia de tripulación en el vehículo, lo que no es sinónimo de autonomía. Ya que en el intermedio de su desplazamiento existe un control o previa configuración por el técnico operador.

#### Tipos de drones

Dependiendo el tipo de misión u objetivo que se pretende realizar, uno de estos modelos se impondrá sobre el otro. Por ejemplo, en aquellos casos donde se requiera que el dispositivo realice maniobras en forma estacionaria y/o a baja velocidad, el dron más adecuado sería el de ala rotativa. En cambio, si se desea utilizar estos dispositivos para realizar vuelos a velocidades y alturas superiores, por ejemplo, para recolectar datos cartográficos, la opción más prudente sería optar por los drones de ala fija.

La diferencia entre los tipos de drones sin contar su estructura física es el caso de los multicópteros, su sistema de propulsión les proporciona la capacidad de realizar vuelos

en estático. Todo lo contrario que los dispositivos de ala fija, ya que sus características hacen que necesiten estar en constante movimiento. **“Aunque al tener un peso más ligero que un multirrotor les dota de una mayor autonomía”** (Torre, 2018)

Figura 14: Dron de ala fija.



Fuente: (Pérez Lance, Gabriel; Addati, Gastón A., 2014)

Figura 15: Dron de ala rotativa.



Fuente: (Pérez Lance, Gabriel; Addati, Gastón A., 2014)



### 2.2.27 Fotogrametría

La fotogrametría puede definirse como la técnica para obtener información cuantitativa y cualitativamente válida, a partir de fotografías. La fotogrametría puede dividirse en dos áreas, métricas e interpretativa. La métrica es de especial interés para los topógrafos, ya que se aplica a la determinación de distancias, elevaciones, áreas, volúmenes, secciones transversales y en la elaboración de mapas ortográficos con base en mediciones hechas en fotografías. En esta aplicación se utiliza, principalmente, la fotografía aérea (realizada a bordo de vehículos aeronáuticos), pero en casos especiales se emplea también la fotografía terrestre (realizada por cámaras emplazadas en la tierra). PAUL R. (1994) citado por (Tacca Qquelca, 2015)

La fotogrametría surge como ciencia en 1840, como resultado de una combinación de la óptica, la fotografía y las matemáticas. Se ocupa de obtener información métrica de objetos físicos y del medio ambiente a partir de la interpretación de imágenes fotográficas. El objetivo del método general de la Fotogrametría consiste en obtener una información tridimensional a partir de información bidimensional dada por las fotografías. (Juan Sani, 2014).

#### 2.2.27.1 Método general de la fotogrametría

- Orientación Interna: puede considerarse como el proceso que permite transformar las coordenadas instrumentales en foto coordenadas.
- Orientación externa: permite transformar las fotos coordenadas en coordenadas terreno.

Proceso de auto calibración: es el que los abarca a todos ellos contemplando la transformación global desde las coordenadas instrumentales a las coordenadas terreno. (Juan Sani, 2014)

### 2.2.28 Fotointerpretación

Interpretar una fotografía es examinar las imágenes fotográficas de los objetos con el propósito de identificar esos objetos, definir su categoría, su naturaleza, sus límites y sus relaciones con el medio.

La fotointerpretación es el estudio de la imagen de aquellos objetos fotografiados y la deducción de su significado. (GONZÁLEZ VÁZQUEZ & MAREY PÉREZ, 2012)

### 2.2.29 Antropometría

Se considera a la antropometría como la ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano, con el fin de establecer diferencias entre individuos, grupos, razas, etc.

Las dimensiones del cuerpo humano varían de acuerdo al sexo, edad, raza, nivel socioeconómico, etc.; por lo que esta ciencia dedicada a investigar, recopilar y analizar estos datos, resulta una directriz en el diseño de los objetos y espacios arquitectónicos, al ser estos contenedores o prolongaciones del cuerpo y que por lo tanto, deben estar determinados por sus dimensiones.

Estas dimensiones son de dos tipos esenciales: estructurales y funcionales.

Las estructurales son las de la cabeza, troncos y extremidades en posiciones estándar. Mientras que las funcionales o dinámicas incluyen medidas tomadas durante el movimiento realizado por el cuerpo en actividades específicas.

Al conocer estos datos se conocen los espacios mínimos que el hombre necesita para desenvolverse diariamente, los cuales deben de ser considerados en el diseño de su entorno. (Mogollón Flores, 2015)

### 2.2.30 Densidad Poblacional

El concepto de densidad de población forma parte de la terminología propia de demografía, una disciplina que, a su vez, pertenece a la geografía humana. La demografía estudia todo lo concerniente a las poblaciones y un aspecto relevante es, precisamente, la densidad de población. Se trata de un valor numérico que establece el número de habitantes en función del área de un territorio determinado, lo cual se mide normalmente en habitantes por kilómetro cuadrado. (Navarro, 2015)

Cuando consultamos los datos de un país aparecen una serie de datos relevantes que permiten tener una idea aproximada sobre su realidad social (población, extensión, fronteras, kilómetros de costa, lenguas, etc.). El número de habitantes/kilómetro cuadrado es algo más que un simple valor numérico, ya que representa un aspecto básico sobre la población de un país y vale la pena mencionar por qué es importante dicho dato:

- Permite conocer la población relativa de un país, es decir, la proporción que hay entre su extensión y el número de personas que habitan,



- La densidad de población está relacionada con la idiosincrasia de una nación (predominio de lo urbano sobre lo rural, política de natalidad y toda una serie de factores asociados)
- El número de personas en una extensión determinada es un condicionante de la economía y de la vida social en general.

### **2.2.31 Precisión del levantamiento**

Cualquier levantamiento está sujeto a errores, los cuales pueden ser inherentes a la medida por el método o instrumento utilizado (error accidental), pueden deberse a un error en el mismo sentido y constante para un periodo de tiempo (error sistemático) o estar motivados simplemente por una equivocación (error grosero) Jimenez (2011) citado por (Tacca Quelca, 2015)

### **2.2.32 Relación Tiempo – Beneficio (T/B)**

La relación entre los beneficios y la cantidad de tiempo necesario para terminar un producto o servicio es un cociente adimensional que se obtiene al dividir los tiempos requeridos por dos métodos empleados para el mismo proceso, lo cual habilita las siguientes opciones:

- Si,  $T_a / T_b < 1$ ; El primer método es más eficiente que el segundo.
- Si,  $T_a / T_b = 1$ ; Ambos métodos producen resultados iguales empleando el mismo tiempo
- Si,  $T_a / T_b > 1$ ; El segundo método es más eficiente que el primero

### **2.2.33 Relación Costo – Beneficio (B/C)**

Es el proceso de colocar cifras monetarias en los diferentes costos y beneficios de una actividad. Mediante esta relación, podemos estimar el impacto financiero acumulado de lo que queremos lograr.

Se utiliza al comparar los costos y beneficios de las diferentes decisiones. Por sí solo puede no ser una guía clara para tomar una buena decisión. Existen otros puntos que deben ser tomados en cuenta, ejm: la seguridad, bienestar social, obligaciones legales, satisfacción al cliente, etc.

El Análisis Costo – Beneficio involucra los 6 pasos siguientes:

- Llevar a cabo una Lluvia de ideas o reunir datos provenientes de factores importantes relacionados con cada una de las decisiones.
- Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos como la mano de obra, serán exactos mientras que otros deberán ser estimados.
- Sumar los costos totales para cada decisión propuesta.
- Determinar los beneficios para cada decisión.
- Poner las cifras de los costos y beneficios totales en la forma de una relación donde los beneficios son el numerador y los costos son el denominador.

$$\frac{B}{C} = \frac{BENEFICIOS}{COSTOS}$$

- Comparar las relaciones Beneficios a Costos para las diferentes decisiones propuestas. La mejor solución, en términos financieros es aquella con la relación más alta beneficios a costos. (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000)

## 2.2.34 Software

### 2.2.34.1 PIX4D – MAPPER

Es un paquete de software exclusivo que combina miles de imágenes aéreas tomadas por vehículos aéreos no tripulados u otro tipo convencional de aeronave en precisos mapas profesionales en 2D y modelos 3D, en sólo un par de clicks. Está disponible tanto como servicio “point cloud” y licencia de escritorio. (aerovision.pe, 2015)

Figura 16: Logo del software PIX4D MAPPER.



Fuente: pix4d.com

*Clasifica la nube de puntos de color en cinco grupos:*

- Suelo
- Superficies de la carretera (cubiertas de asfalto)
- Vegetación elevada
- Edificios
- Edificaciones realizadas por el hombre

*Nube de puntos 3D*

La nube de puntos 3D derivada de imágenes superpuestas le proporciona la ubicación precisa en el espacio de los objetos reconstruidos, se muestran en colores RGB o en los colores originales.

*Funciones revolucionarias en Pix4Dmapper 4.0*

En el pasado INTERGEO, se anunció la última característica: clasificación supervisada de nubes de puntos por auto aprendizaje. A partir de la versión 4.0 se incluye oficialmente esta nueva característica.

Figura 17: Nube de puntos con autoaprendizaje.



Fuente: pix4d.com

Clasifique automáticamente su nube de puntos densos en cinco grupos: suelo, superficies de caminos, edificios, vegetación alta y objetos hechos por el hombre.

Siempre tratando de mejorar nuestra experiencia de usuario, el equipo de desarrollo de Pix4D ha mejorado la velocidad de procesamiento de la generación de malla 3D texturizada, especialmente la malla de nivel de detalle (LoD).

De acuerdo con los 24 proyectos que probamos, la generación de una malla LoD en mosaico es ahora un 680% más rápida y le ahorra el 89% del tiempo de procesamiento.

Figura 18: Soporte de cámara para cualquier dron.



Fuente: pix4d.com

Pix4Dmapper, soporta las últimas cámaras de drones precalibradas, incluido el DJI Phantom 4 RTK. Como piloto de drones, puedes disfrutar de un procesamiento automático para tu misión de mapeo. Simplemente arrastre las imágenes a Pix4Dmapper y use la configuración de la cámara detectada automáticamente por el software.

#### *Administre los dispositivos asociados con su licencia*

Desactive fácilmente la licencia vinculada a ciertas computadoras inaccesibles y mantenga el control total de su licencia Pix4Dmapper flotante en todo momento.

Figura 19: Un flujo de trabajo exclusivo MÓVIL + ESCRITORIO+ NUBE



Fuente: pix4d.com

Figura 20: Captura de pantalla del software PIX4D MAPPER.



Fuente: pix4d.com

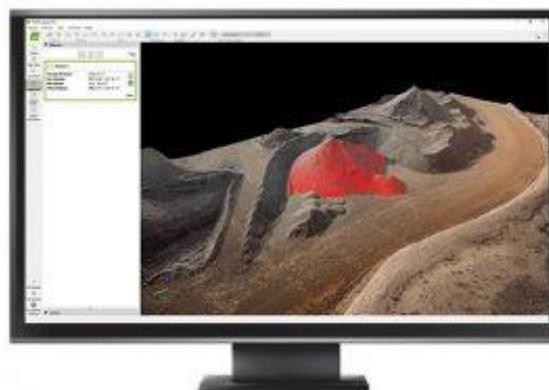
Con cualquier cámara, cualquier imagen; o con la aplicación de planificación de vuelo Pix4Dcapture en su teléfono móvil o tableta para operaciones de vuelo con drones; podrá capturar imágenes que se procesarán de forma óptima en Pix4D Mapper.

Procese

Elija el procesamiento fuera de línea, en su ordenador con Pix4D para tener un control total sobre los datos, sin necesidad de una conexión a Internet.

Pix4D procesa por usted. Elija el procesamiento en línea para obtener resultados completamente automáticos y sin hardware en la nube de Pix4D.

Figura 21: Proceso en línea.



Fuente: pix4d.com

### Analice

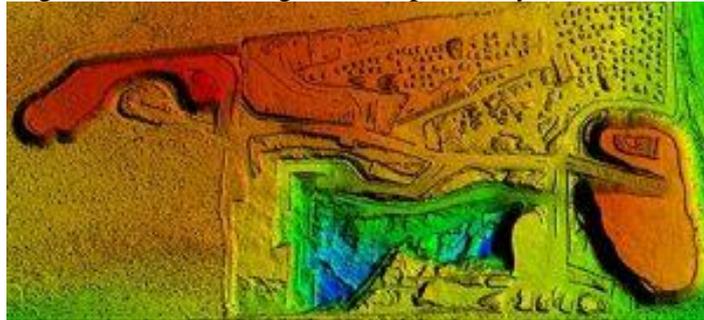
En el escritorio, obtenga acceso a funciones avanzadas de edición, control de calidad y mediciones. Para la nube, supervise los proyectos a lo largo del tiempo, utilice la plantilla de dibujo para la construcción y el mapa NDVI automático para la agricultura.

### Comparta

Colabore y anote fácilmente proyectos en línea, luego comparta mapas, modelos y análisis desde una URL simple.

La nube de puntos 3D derivada de imágenes superpuestas le proporciona la ubicación precisa en el espacio de objetos reconstruido, que se muestra en colores RGB o de clasificación originales.

Figura 22: Modelo digital de superficie y terreno



Fuente: pix4d.com

### Modelo digital de superficie y terreno

Modelos digitales que le brindan el valor de elevación de cada píxel, con o sin objetos sobre el suelo, listos para su flujo de trabajo GIS preferido.

Figura 23: Cálculo de volumen



Fuente: pix4d.com

### Ortomosaico

Un mapa de alta resolución con cada píxel de las imágenes originales correctamente proyectadas en el modelo de superficie digital, sin distorsiones de perspectiva y con geolocalización precisa.

Obtenga volúmenes calculados en una representación perfecta de sus existencias, con una altura de base totalmente ajustable que permita realizar mediciones precisas.

### Líneas de contorno

Genera una representación simplificada de la topografía con contornos cerrados que muestran la elevación.

Figura 24:Modelo texturizado 3D



Fuente: pix4d.com

Malla triangular 3D completa con texturas fotorrealistas, perfecta para compartir y visualizar.

### Termografía

Un mapa radiométricamente preciso con un valor de temperatura de cada píxel

#### **2.2.34.2 Agisoft photoscan**

Es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno. (Geobit Consulting SL, 2019)

### FUNCIONALIDADES

- Aerotriangulación
- Generación de modelos digitales poligonales (con y sin textura)
- Definición de sistemas de coordenadas geográficas estándar
- Generación de modelos digitales de elevación geo-referenciados
- Generación de ortofoto verdadera geo-referenciada

Figura 25: Comparaciones de versiones del software Agisoft photoscan.

 VERSIÓN ESTÁNDAR	 VERSIÓN PROFESIONAL
<p><u>FUNCIONALIDADES</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✈ Triangulación fotogramétrica</li><li>✈ Nubes de puntos densas</li><li>✈ Texturizado del modelo 3D</li></ul>	<p><u>FUNCIONALIDADES</u></p> <p>A la versión estándar añade soporte para ...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✈ Clasificación de objetos</li><li>✈ Modelos de elevación georreferenciados</li><li>✈ DSM y DTM</li><li>✈ Ortomosaicos de imágenes georeferenciados</li><li>✈ Medición de distancias, áreas y volúmenes</li><li>✈ Soporte para puntos de control</li><li>✈ Detección automática de objetivos</li><li>✈ Procesamiento imágenes multiespectrales</li><li>✈ Modelado 4D para escenas dinámicas</li><li>✈ Scripting en Python</li></ul>

Fuente: Elaboración Propia

## VENTAJAS

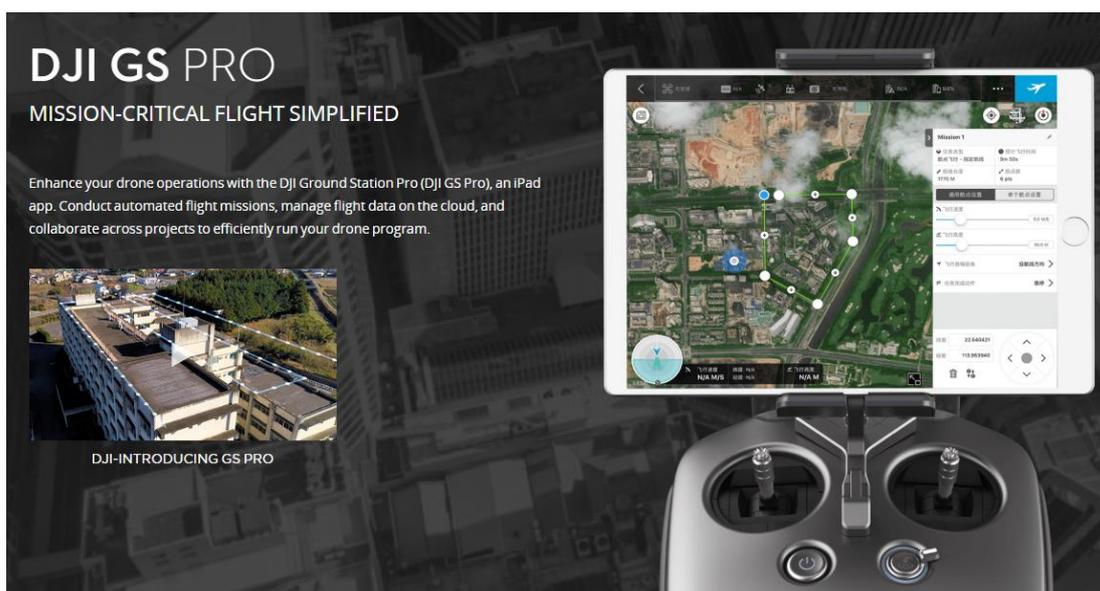
- Simplifica el levantamiento topográfico, permitiendo la medición rápida de entornos complejos cuando dispone de un buen punto de vista. (ej. excavaciones, escarpes rocosos, acopios, escombreras, etc.)
- Minimice su tiempo de medición y reduzca los riesgos laborales
- El levantamiento fotogramétrico contiene mucha información potencial. Tal vez no la necesite ahora, pero, de hecho, si está en las fotos podrá restituirla más tarde sin volver al lugar.
- Usted puede obtener su modelo topográfico a partir de imágenes aéreas de dominio público.

## APLICACIONES

- Creación de contenidos 3D en general para su posterior reproducción, modelado, digitalización y simulación de objetos o escenarios.
- Sistemas de Información Geográfica
- Patrimonio cultural
- Producción de efectos digitales
- Medición / Ingeniería inversa

### 2.2.34.3 DJI GS PRO (GROUP STATION PRO)

Figura 26: Delimitación del área de vuelo.



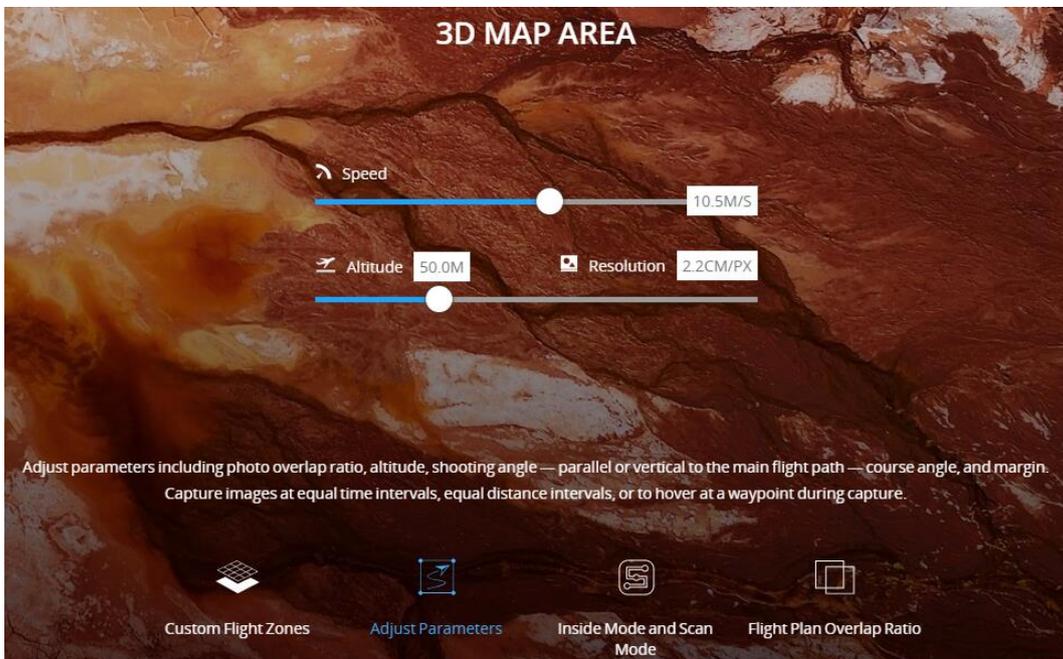
Fuente: (DJI, 2019)

Figura 27: Polígono personalizado y ruta de vuelo.



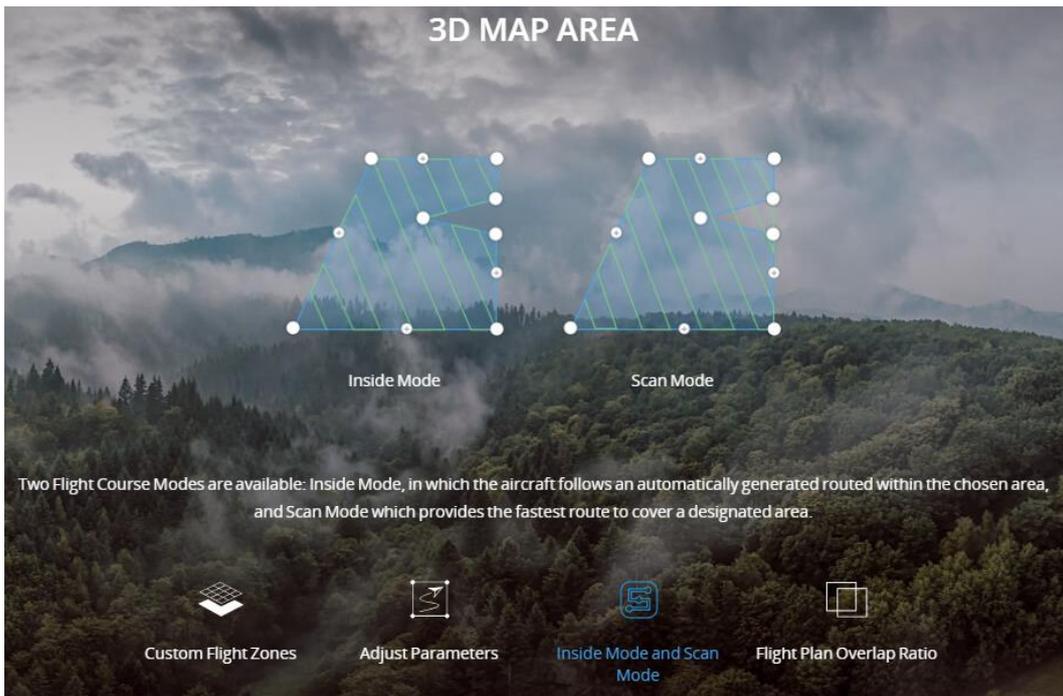
Fuente: (DJI, 2019)

Figura 28: Velocidad, altitud y resolución.



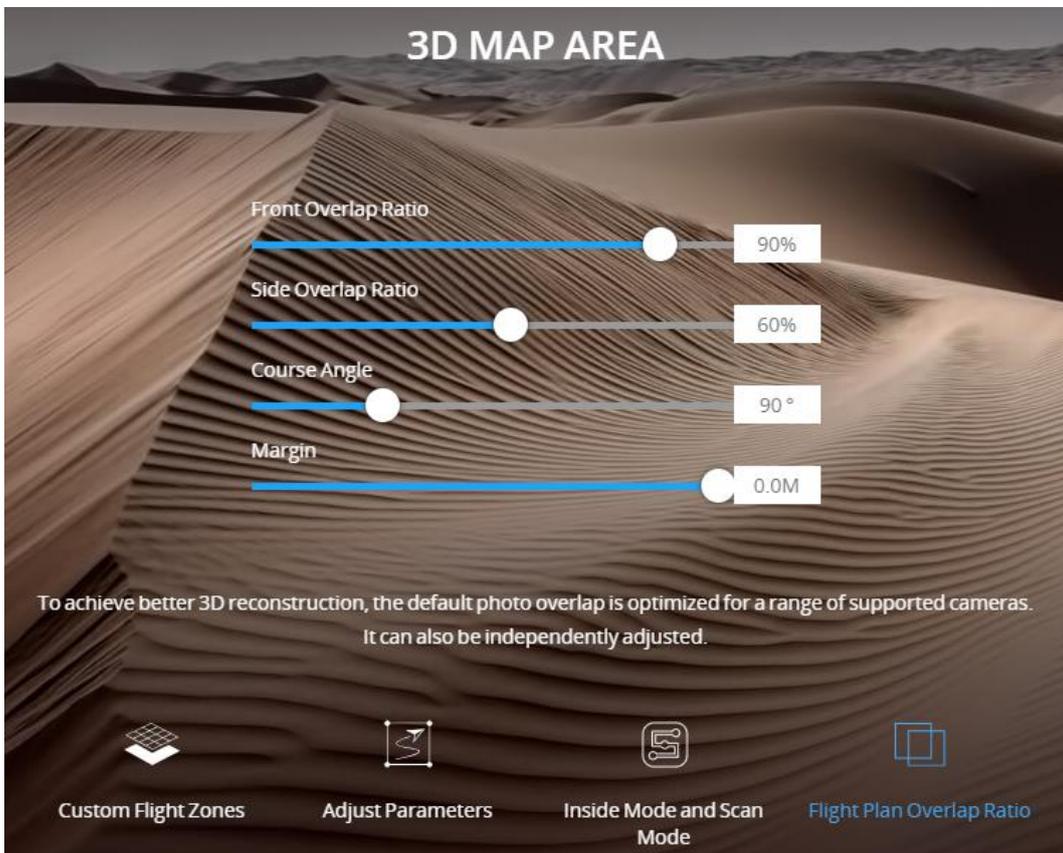
Fuente: (DJI, 2019)

Figura 29: Modos de ruta de vuelo.



Fuente: (DJI, 2019)

Figura 30: Parametros de vuelo y traslapos.



Fuente: (DJI, 2019)

### 2.2.35 Prueba t student

La prueba t-Student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente (aunque en este último caso es preferible realizar una prueba no paramétrica). Para conocer si se puede suponer que los datos siguen una distribución normal, se pueden realizar diversos contrastes llamados de bondad de ajuste, de los cuales el más usado es la prueba de Kolmogorov. A menudo, la prueba de Kolmogorov es referida erróneamente como prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que en realidad esta última, sirve para contrastar si dos poblaciones tienen la misma distribución. Otros tests empleados para la prueba de normalidad son debidos a Saphiro y Wilks. Existen dos versiones de la prueba t-Student: una que supone que las varianzas poblacionales son iguales y otra versión que no asume esto último. Para decidir si se puede suponer o no la igualdad de varianza en las dos poblaciones.

Normalmente un investigador no conoce los valores de las varianzas de la población. En la sección previa, se ilustró por lo que se refiere a muestras grandes el uso de un procedimiento de prueba y un intervalo de confianza en el cual se utilizaron las varianzas muestrales en lugar de las varianzas de la población. En realidad, con muestras grandes, el teorema del límite central permite utilizar estos métodos incluso cuando las dos poblaciones de interés no son normales. No obstante, existen muchos problemas en los cuales por lo menos un tamaño de muestra es pequeño y los valores de la varianza de la población son desconocidos. Sin el teorema del límite central, se procede haciendo suposiciones específicas sobre las distribuciones de población subyacentes. El uso de procedimientos inferenciales que se desprenden de estas suposiciones se limita entonces a situaciones en las que las suposiciones se satisfacen por lo menos de forma aproximada.

(Devore, 2008)

#### Suposiciones

Ambas poblaciones son normales, de modo que  $X_1, X_2, \dots, X_m$  es una muestra aleatoria de una distribución normal y también lo es  $Y_1, \dots, Y_n$  (con las  $X$  y  $Y$  independientes entre sí). La factibilidad de estas suposiciones puede ser juzgada construyendo una curva de probabilidad normal de las  $x_i$  y otra de las  $y_j$ .

## Teorema

Cuando ambas distribuciones de población son normales, la variable estandarizada

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y} - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{m} + \frac{S_2^2}{n}}} \quad (9.2)$$

tiene aproximadamente una distribución  $t$  con  $\nu$  grados de libertad estimado a partir de los datos como sigue

$$\nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}\right)^2}{\frac{(s_1^2/m)^2}{m-1} + \frac{(s_2^2/n)^2}{n-1}} = \frac{[(es_1)^2 + (es_2)^2]^2}{\frac{(es_1)^4}{m-1} + \frac{(es_2)^4}{n-1}}$$

donde

$$es_1 = \frac{s_1}{\sqrt{m}}, es_2 = \frac{s_2}{\sqrt{n}}$$

(redondear  $\nu$  al entero más cercano hacia abajo).

La manipulación de  $T$  en un enunciado de probabilidad para aislar  $\mu_1 - \mu_2$  da un intervalo de confianza, en tanto que al reemplazar  $\mu_1 - \mu_2$  con el valor nulo  $\Delta_0$  se obtiene un estadístico de prueba.

Procedimientos  $t$  con dos muestras

El **intervalo de confianza  $t$  con dos muestras para  $\mu_1 - \mu_2$**  con nivel de confianza de  $100(1 - \alpha)\%$  es entonces

$$\bar{x} - \bar{y} \pm t_{\alpha/2, \nu} \sqrt{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}$$

Se puede calcular un límite de confianza unilateral como se describió con anterioridad.

La **prueba  $t$  con dos muestras** para probar  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$  es como sigue:

$$\text{Valor estadístico de prueba: } t = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \Delta_0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}}$$

Hipótesis alternativa

Región de rechazo con una prueba a nivel  $\alpha$  aproximado

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 > \Delta_0$$

$$t \geq t_{\alpha, \nu} \quad (\text{cola superior})$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 < \Delta_0$$

$$t \leq -t_{\alpha, \nu} \quad (\text{cola inferior})$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq \Delta_0$$

$$\text{o } t \geq t_{\alpha/2, \nu} \quad \text{o } t \leq -t_{\alpha/2, \nu} \quad (\text{dos colas})$$

Se puede calcular un valor  $P$  como se describió en la sección 8-4 para la prueba con una muestra.



### 2.2.36 Error e Incertidumbre

El término error de medida es la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia (valor convencional o valor verdadero), mientras que define la incertidumbre de medida como un parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza. Si bien el error es teóricamente desconocido, la incertidumbre sí que puede ser evaluada. Conviene no confundir también el error de medida con un error humano o equivocación. (Ruiz, 2010).

### 2.2.37 Precisión

Se define el concepto *precisión de medida* como la proximidad existente entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones específicas. Estas condiciones se denominan principalmente condiciones de repetitividad, o de reproducibilidad, y por tanto, frecuentemente, el término precisión denota simplemente repetitividad, es decir, está asociado a la dispersión de las mediciones reiteradas, la cual es habitual expresarla numéricamente mediante medidas de dispersión tales como la desviación típica, la varianza o el coeficiente de variación bajo las condiciones especificadas. (Ruiz, 2010)

### 2.2.38 Exactitud

Se define la *exactitud de medida* como la proximidad existente entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando. Así pues, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida. Se suele decir también que una medida es más exacta cuando ofrece una incertidumbre de medida más pequeña, aunque no siempre es así como se ha mencionado anteriormente. (Ruiz, 2010)

### 2.2.39 Píxel

Un píxel o pixel, plurales píxeles (acrónimo del inglés picture element), es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital. Las cámaras digitales usan componentes de electrónica fotosensible, como los CCD (del inglés Charge-Coupled Device) o sensores CMOS, que graban niveles de brillo en una base por-píxel. En la mayoría de las cámaras digitales, el CCD está cubierto con un mosaico de filtros de color, teniendo regiones color rojo, verde y azul (RGB) organizadas comúnmente según el filtro de Bayer, así que cada píxel-sensor puede grabar el brillo de un solo color primario. La cámara interpola la información de color de los píxeles vecinos, mediante un proceso



llamado interpolación cromática, para crear la imagen final. (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

#### **2.2.40 Megapíxel**

Un megapíxel o megapixel (Mpx) equivale a 1 millón de píxeles, a diferencia de otras medidas usadas en la computación en donde se suele utilizar la base de 1024 para los prefijos, en lugar de 1000, debido a su conveniencia respecto del uso del sistema binario. Usualmente se utiliza esta unidad para expresar la resolución de imagen de cámaras digitales; por ejemplo, una cámara que puede tomar fotografías con una resolución de  $2048 \times 1536$  píxeles se dice que tiene 3.1 megapíxeles ( $2048 \times 1536 = 3,145,728$ ). La cantidad de megapíxeles que tenga una cámara digital define el tamaño de las fotografías que puede tomar y el tamaño de las impresiones que se pueden realizar; sin embargo, hay que tener en cuenta que la matriz de puntos está siendo distribuida en un área bidimensional y, por tanto, la diferencia de la calidad de la imagen no crece proporcionalmente con la cantidad de megapíxeles que tenga una cámara, al igual que las x de una grabadora de discos compactos. (CLAROS, GUEVARA, & PACAS, 2016)

#### **2.2.41 VAN**

El Valor Actual Neto de un proyecto es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios. (Mete Marcos, 2014)

Si el Valor Actual Neto de un proyecto independiente es mayor o igual a 0 el proyecto se acepta, caso contrario se rechaza. Para el caso de proyectos mutuamente excluyentes, donde debo optar por uno u otro, debe elegirse el que presente el VAN mayor.

Explicación del criterio de aceptación Un VAN negativo no implica necesariamente que no se estén obteniendo beneficios, sino que evidencia alguna de estas situaciones: que no se están obteniendo beneficios o que estos no alcanzan a cubrir las expectativas del proyecto. Lamentablemente el VAN no nos aclara con precisión en cual de estas situaciones no encontramos, beneficios inexistentes o beneficios insuficientes, solamente nos indica que el proyecto debe rechazarse. (Mete Marcos, 2014)



Por lo tanto, un VAN igual a 0 no significa que no haya beneficios sino que ellos apenas alcanzan a cubrir las expectativas del proyecto.

Asimismo, un VAN mayor a 0 indica que el proyecto arroja un beneficio aún después de cubrir las expectativas.

Los principales supuestos que sustentan y que a la vez limitan el cálculo y la utilización del VAN son los siguientes:

- Los ingresos son reinvertidos a una tasa igual a la tasa de expectativa hasta el final del proyecto.
- Los egresos tienen un costo financiero igual a la tasa de expectativa.

#### **2.2.42 TIR**

TIR es la abreviatura utilizada habitualmente para denominar la tasa interna de rentabilidad o de retorno de un proyecto de inversión. Este concepto tiene una utilidad particular cuando queremos conocer la rentabilidad que nos genera un proyecto de inversión que requiere una serie de desembolsos a lo largo del tiempo y que, también en distintos momentos, permite obtener una serie de ingresos. (Carrasco Castillo, 2011)

Es otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0.

El argumento básico que respalda a este método es que señala el rendimiento generado por los fondos invertidos en el proyecto en una sola cifra que resume las condiciones y méritos de aquel. Al no depender de las condiciones que prevalecen en el mercado financiero, se la denomina tasa interna de rendimiento: es la cifra interna o intrínseca del proyecto, es decir, mide el rendimiento del dinero mantenido en el proyecto, y no depende de otra cosa que no sean los flujos de efectivo de aquel. (Mete Marcos, 2014)

#### **Criterio de aceptación:**

**Proyectos independientes:** surge de la comparación entre la TIR y la tasa de expectativa o alternativa/oportunidad.



o Si la TIR es mayor a la tasa de expectativa, el proyecto es financieramente atractivo ya que sus ingresos cubren los egresos y generan beneficios adicionales por encima de la expectativa o alternativa.

o Si la TIR es menor a la tasa de expectativa, el proyecto no es financieramente atractivo ya que hay alternativas de inversión que pueden generar mejores resultados. Dentro de este escenario se nos pueden presentar dos alternativas:

o TIR menor a la expectativa, pero mayor a 0: significa que los ingresos apenas cubren los egresos del proyecto y no se generan beneficios adicionales.

o TIR menor a 0: significa que los ingresos no alcanzan a cubrir los egresos, por ende, el proyecto genera pérdidas.

o Si la TIR es igual a la tasa de expectativa es indiferente realizar el proyecto o escoger las alternativas, ya que generan idéntico beneficio. En caso de no existir alternativas debería llevarse a cabo el proyecto ya que los ingresos cubren los egresos y generan beneficios.

## 2.3 Hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general

El nivel de precisión en el levantamiento catastral con el Método indirecto es mayor respecto al plano existente y las medidas comprobadas en campo; el tiempo se ve significativamente reducido y el costo es más elevado con respecto al método directo usado en la Urb. Manuel Prado del sector 3 del distrito de Sicuani por lo que es aceptable su aplicación.

### 2.3.2 Sub hipótesis

#### Sub hipótesis n°01

A una altura de vuelo de 40 y 60 metros se obtuvieron precisiones de 15 mm/px y 28 mm/px respectivamente, entonces la variación de la precisión es de 13 mm/px.

#### Sub hipótesis n°02

El Método Indirecto es más preciso que el Método Directo para realizar levantamientos catastrales en base a las medidas comprobadas en campo.

**Sub hipótesis n°03**

El tiempo de ejecución del levantamiento catastral con el método directo fue de 40 horas y con el método indirecto fue de 10 horas.

**Sub hipótesis n°04**

El costo del levantamiento catastral con el método directo fue de 3000 soles y con el método indirecto fue de 5000 soles.

**Sub hipótesis n°05**

La relación tiempo beneficio obtenida es de 4 por esto decimos que el método indirecto es 400% más rápido que el método directo.

**Sub hipótesis n°06**

La relación costo beneficio encontrada es de 0.6 por lo que podemos decir que el método indirecto es 60% más costoso que el levantamiento topográfico existente.

**2.4 Variables e indicadores****2.4.1 Variables dependientes**

- Precisión
- Relación tiempo/beneficio
- Relación costo/beneficio

**2.4.2 Indicadores de variables dependientes**

- Longitud
- Tiempo del levantamiento catastral
- Costo del levantamiento catastral.

**2.4.3 Variables independientes**

- Levantamiento catastral con el método indirecto

**2.4.4 Indicadores de variables independientes**

- Tiempo de vuelo

- Altura de vuelo
- Cámara del dron
- Velocidad del dron

2.5 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 4: Cuadro de operacionalización de variables.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>					
X1: Precisión	Es la dispersión del conjunto de valores que se obtiene a partir de las mediciones repetidas de una magnitud: a menor dispersión, mayor precisión.	Precisión total del proyecto	Error de medición	centímetros	Hoja de calculo
X2: Relación Tiempo/Beneficio	Es una relación inversamente proporcional: a menor tiempo de ejecución de un proyecto, mayor será el beneficio que se obtenga.	Tiempo total de la ejecución del levantamiento catastral	Tiempo del levantamiento catastral	Horas	Análisis matemático
X3: Relación Costo/Beneficio	Es una relación inversamente proporcional: a menor costo de ejecución de un proyecto, mayor será el beneficio que se obtenga.	Costo de los equipos, instrumentos y personal para el levantamiento catastral	Costo del levantamiento catastral	Soles	Encuestas
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>					
Y1: Levantamiento catastral	Posibilita obtener una representación detallada del terreno mediante la toma de fotografías aéreas	Tiempo de vuelo del dron	Tiempo de vuelo	hr	Dron
		Altura de vuelo del dron	Altura de Vuelo	m	
		Calidad de cámara del dron	Cámara del dron	MPx	
		Área levantada del dron	Velocidad del dron	Km/hr	
		Precisión del vuelo	Longitud del pixel	cm/px	
		Programas para el levantamiento	Software's	Versión	

Fuente: Elaboración propia



## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 Metodología de la investigación

#### 3.1.1 Enfoque de la investigación

##### **Cuantitativa**

El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, replicables y que estos pueden ser reproducidos con las mismas condiciones en cualquier momento. Además, nos permite hacer el uso de datos numérico. (Sampieri, 1999)

Es cuantitativa porque está orientada hacia la descripción, predicción y explicación, dirigido hacia datos medibles u observables.

La presente investigación se considera de tipo CUANTITATIVO, porque los datos obtenidos en laboratorio son medibles, así mismo se comprobó las hipótesis planteadas en la presente investigación. También es aplicativo porque nos permite hacer uso de los conocimientos de una ciencia para resolver un problema específico.

#### 3.1.2 Nivel de la investigación

La presente investigación tiende a tener los siguientes alcances o niveles:

##### **Nivel descriptivo**

Los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno suceso, comunidad, contexto o situación. En este tipo de estudios se debe visualizar que se medirá (que conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre que o quienes se recolectaran los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, hechos, etc.). (Sampieri, 1999, Pág. 103)

#### 3.1.3 Método de investigación

##### **Hipotético – deductivo**

El método hipotético-deductivo lo empleamos corrientemente tanto en la vida ordinaria como en la investigación científica, es el camino lógico para buscar la solución a los problemas que nos planteamos. Consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar con los datos disponibles si estos están de acuerdo con aquellas. (Cegarra Sanchez, 2004)



El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

En la presente investigación se usa el método hipotético deductivo porque partimos de una hipótesis la cual vamos a demostrar mediante una serie de pasos los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables y/o resultados que permiten demostrar la hipótesis, comparándolos con la experiencia.

### **3.2 Diseño de la investigación**

#### **3.2.1 Diseño metodológico**

##### **3.2.1.1 Diseño cuasi - experimental**

La presente investigación es cuasi – experimental: Es particularmente útil para estudiar problemas en los cuales no se puede tener control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible, aun cuando se estén usando grupos ya formados. Una característica es el incluir “grupos intactos”, es decir grupos ya constituidos.

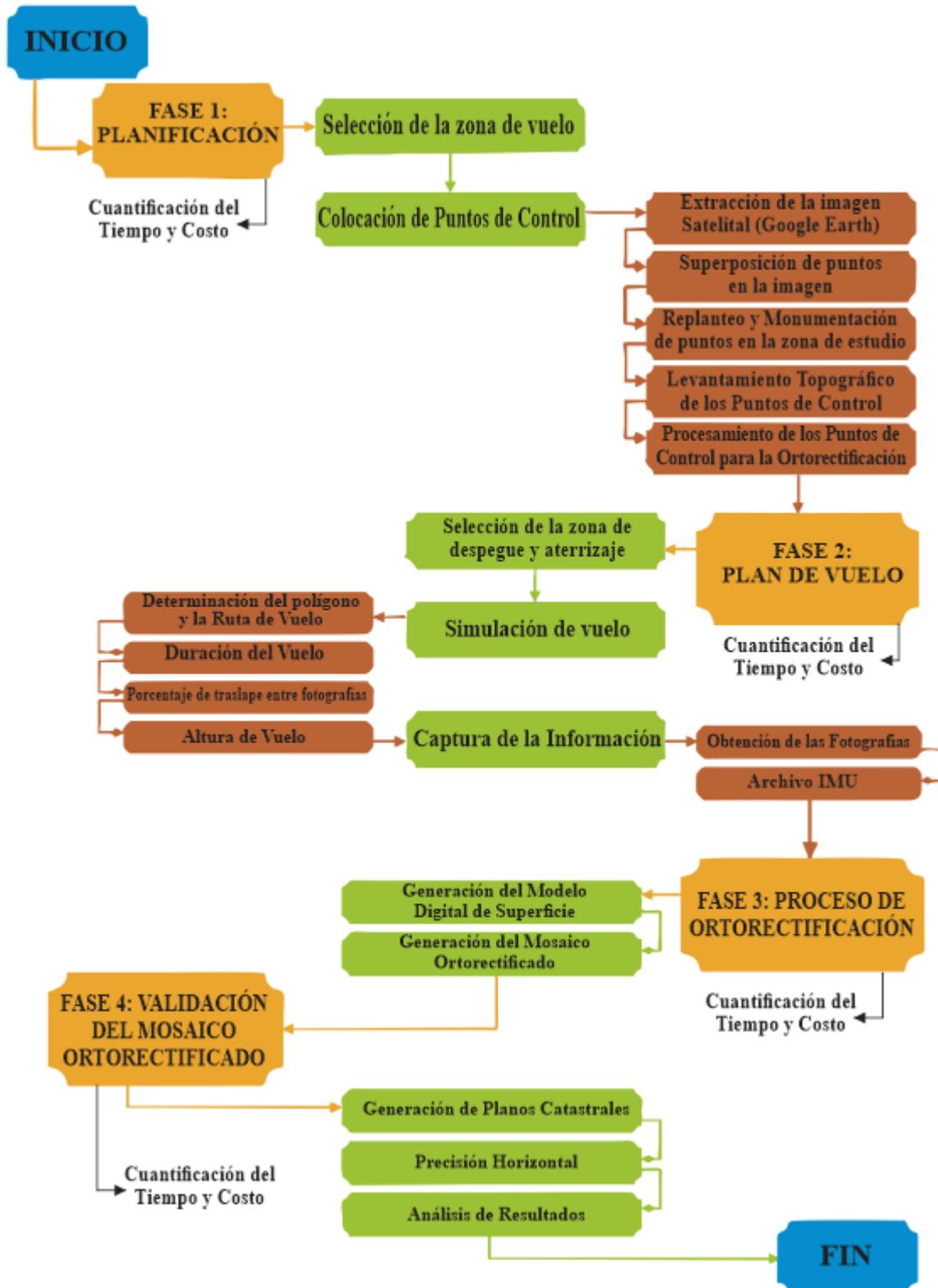
El presente diseño que se utilizara en la investigación es cuasi - experimental debido a que se tiene que extraer datos de las mediciones de los lotes ubicados en la Urb. Manuel Prado del sector 3 del distrito de Sicuani y a la vez se realizará el levantamiento indirecto de la misma zona.

- Manipulación intencional de variables.
- Medición de variables.
- Control y validez.
- Grupos de comparación

#### **3.2.2 Diseño de ingeniería**

Esta etapa permite evaluar los datos obtenidos de los diferentes ensayos realizados e interpretar cada uno de los resultados. Así mismo esta etapa permite utilizar bibliografía clasificada para el empleo de fórmulas u otras relaciones que permitan calcular algún parámetro que sea necesario conocerlo.

Figura 31: Diseño de ingeniería.



Fuente: Elaboración propia.



### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Un estudio no será mejor por tener una población más grande; la calidad de un trabajo investigativo estriba en delimitar claramente la población con base en el planteamiento de problema. (Sampieri, 2014)

Basados en el planteamiento del problema, la población de la presente investigación es el distrito de Sicuani ubicado en la parte sur de la ciudad del Cusco, en la provincia de Canchis y abarca un área aproximada de 4.13 km<sup>2</sup> o 413 ha.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta. Para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir la unidad de muestro/análisis (si se trata de individuos, organizaciones, periodos, comunidades, situaciones, piezas producidas, eventos, etc.). una vez definida la unidad de muestreo/análisis se delimita la población. (Sampieri, 2014)

La muestra para la presente investigación ya se encuentra definida por criterios técnicos de desarrollo y factibilidad y cumple con los parámetros urbanísticos requeridos para realizar un estudio de este tipo. En este caso se trata de la Urb. Manuel Prado ubicada en el Sector 3 del distrito de Sicuani; dicha Urbanización cuenta con un levantamiento con el método directo con el que se realizaran las comparaciones en base al replanteo de medidas en campo y se determinará la precisión del levantamiento con el Método Directo e Indirecto

##### **3.3.2.1 Cuantificación de la muestra**

La muestra es única y consta de un área aproximada de 14.5 ha, que abarca 374 lotes divididos en 24 manzanas dentro de la Urb. Manuel Prado del distrito de Sicuani, provincia de Canchis en el departamento de Cusco.

##### **3.3.2.2 Método de muestreo**

En las muestras no probabilistas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. (Sampieri, 2014)

El método de muestra consistió en la elección por métodos no aleatorios, indicando que la muestra es igual a la población; es decir que las características son similares a las de la población



objetivo. La muestra lo determina el investigador de modo subjetivo, el mayor problema es no poder cuantificar bien la muestra.

### 3.3.2.3 Criterios de evaluación de la muestra

- Se realizaran vuelos fotogramétricos con el Dron DJI Inspire 2 para la obtención de fotografías aéreas las cuales posteriormente serán digitalizadas y procesadas en el software Agisoft v 3.0 para la generación de la ortofoto sobre la cual se digitalizará el plano catastral para posteriormente realizar la comparación entre ambos métodos directo e indirecto.
- La Urb. Manuel Prado cuenta con un desarrollo amplio en cuanto a aspectos relacionados al catastro como son el saneamiento básico, iluminación y demás condiciones que la hacen apta para este tipo de análisis.
- Dicha urbanización cuenta además con un catastro existente y registrado en la municipalidad Provincial de Canchis lo que facilita la comparación de ambos métodos con las medidas reales verificadas en campo
- La muestra se evaluará a nivel de predios individuales mediante la comparación de las medidas de longitud de fachada de los métodos directo e indirecto con las medidas comprobadas en campo y también se compararán las variables de costo-beneficio y tiempo-beneficio entre ambos métodos determinando de esta forma el método más preciso, rápido y menos costoso de ambos.

### 3.3.3 Criterios de inclusión

Se tomaron los siguientes criterios de inclusión:

- Lotes de vivienda ubicados dentro de la Urb. Manuel Prado del sector 3 del distrito de Sicuani.
- Lotes saneados y que se encuentren dentro del catastro elaborado por la Municipalidad Provincial de Canchis para la posterior comparación de medidas.
- La visibilidad del lote en la ortofoto generada debe ser clara para el dibujo y medición de las longitudes de cada predio y no provocar fallas fuera del rango establecido
- Para la evaluación estadística de las variables se usará un porcentaje de error permisible del 5 % en cada uno de los lotes analizados y un intervalo de confianza del 95%.

### 3.4 Instrumentos

#### 3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

##### 3.4.1.1 Guías de recolección de datos

En la presente investigación se usaron guías de recolección de datos que permitieron llevar en orden toda la información de los diferentes ensayos que se realizaron en la presente investigación.

Figura 32: Ficha de recolección de datos – Cotización de levantamiento topográfico.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i> <i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i> <i>“Año de la lucha contra la corrupción e impunidad”</i>	
<i>Programa de Investigación Científica para el Desarrollo Sostenible - Convenio UAC Municipalidad Provincial de Canchis</i>		
TESIS: “VENTAJAS DEL MÉTODO INDIRECTO EN EL LEVANTAMIENTO CATASTRAL EN CUANTO A LA PRECISIÓN, RELACIÓN TIEMPO-BENEFICIO Y RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA URBANIZACIÓN MANUEL PRADO DEL SECTOR 3 DEL DISTRITO DE SICUANI		
Responsable:.....		Fecha:...../...../.....
<b>COTIZACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS</b>		
<i>EMPRESA:</i>		
<i>COSTO TOTAL</i>	<i>TELÉFONO:</i>	
<i>TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL LEVANTAMIENTO:</i>		
<i>ELABORACIÓN DE PLANOS:</i>		
<i>DIRECCIÓN</i>		
<i>DESCRIPCIÓN: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA URB. MANUEL PRADO DEL SECTOR 3 DEL DISTRITO DE SICUANI</i> <i>ÁREA APROXIMADA: 14.5 HA</i>		

Fuente: Elaboración propia.





### 3.4.2 Instrumentos de ingeniería – equipos de laboratorio

#### 3.4.2.1 Estación Total Leica TS06:

Es un instrumento electroóptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica y vienen provisto de diversos programas sencillos que permiten, entre otras funciones, el cálculo de coordenadas de campo, replanteo de puntos de forma sencilla y cálculos de azimut y distancias. (Todoequipos SA, s.f.)

Figura 35: Estación Total



Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2.2 Radios Motorola Talkabout MD200TPR:

Con un alcance de hasta 20 millas y libertad para comunicarse de forma inalámbrica, el Talkabout MD200TPR para la comunicación en interiores y exteriores no lo hará perder velocidad. El alcance real variará según el terreno y las condiciones, y a menudo es menor que el máximo posible. Su alcance real estará limitado por varios factores que incluyen, entre otros, el terreno, las condiciones climáticas, la interferencia electromagnética y las obstrucciones. (buytwowayradios, 2019)

Figura 36: Radios Motorola Talkabout MD200TPR



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.3 GPS Garmin Dakota 10:

La navegación en exteriores se combina con la simplicidad de las pantallas táctiles en la unidad Dakota 10. Este resistente GPS, que cabe en la palma de la mano, dispone de pantalla táctil, receptor GPS de alta sensibilidad. (GARMIN, 2019)

Figura 37: GPS Garmin Dakota 10



Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2.4 Prismas:

Son objetos circulares formados por una serie de cristales que tienen la función de reflejar la señal EMD emitida por la estación total. La distancia del aparato al prisma es calculada en base al tiempo que tarda en ir y regresar al emisor. (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2018)

Figura 38: Prismas Topográficos



Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2.5 Porta-Prismas:

También llamado jalón o baliza es un accesorio para realizar mediciones con instrumentos topográficos, consta de una vara larga de sección cilíndrica en cuya parte superior se monta un prisma y rematada por un regatón de acero en la parte inferior el cual se clava al terreno, a la vez cuenta con un nivel tipo ojo de buey para lograr perpendicularidad al momento de realizar las mediciones.

Figura 39: Portaprismas topográficos



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.6 Trípode Topográfico:

Es el soporte para diferentes instrumentos de medición como teodolitos, estaciones totales, niveles o tránsito. Cuenta con tres pies de madera o metálicas que son extensibles y terminan en regatones de hierro con estribo para pisar y clavar en el terreno. (Grupo de Ingeniería Gráfica y Simulación)

Figura 40: Trípode topográficos



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.7 Pintura esmalte sintético en spray GA:

Es una pintura en aerosol que consta de un recipiente que almacena líquido que tiene un dispositivo en la parte superior que permite expulsar ese líquido en forma vaporizada (reducido a gotas muy finas). Este dispositivo es usualmente activado de forma manual.

Figura 41: Pintura esmalte sintético en spray

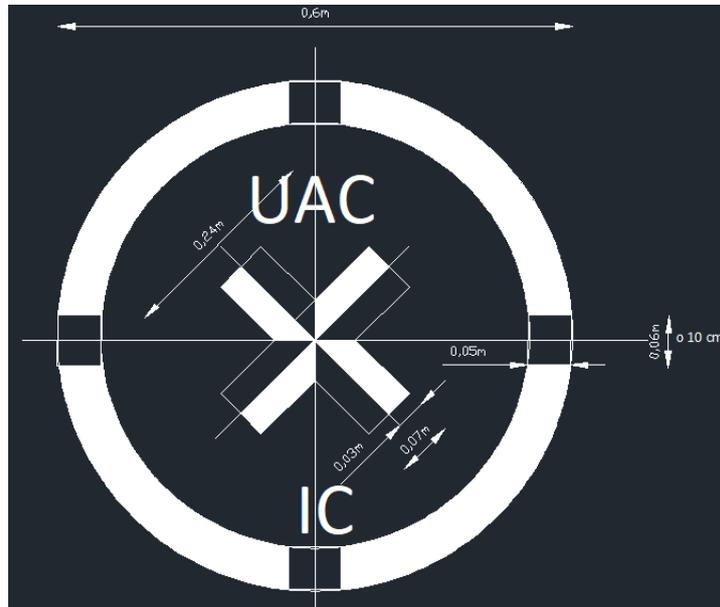


Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.8 Molde para Colocación de Puntos de Control:

Es una pieza hueca diseñada bajo criterios propios de visibilidad aérea de tal forma que se observe de forma clara y precisa el punto central el cual servirá como punto de control para la rectificación fotográfica, dicho molde es diseñado a criterio del operador.

Figura 42: Molde para Colocación de Puntos de Control



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.9 Dron DJI Inspire 2:

El Inspire 2 es un potente sistema de filmación aérea dotado de una agilidad y velocidad líderes en su clase, con características de redundancia para una fiabilidad máxima y nuevas funciones inteligentes que facilitan la filmación de romas complejas. Gracias a su estructura de vuelo rediseñada y el uso de baterías dobles, la autonomía de vuelo ha aumentado a 25 minutos.

La unidad de cámara es ahora independiente del procesador de imagen, por lo que tendrá la flexibilidad necesaria para elegir el sistema de estabilizador y cámara perfecto para cada una de sus escenas. Esto significa que, independientemente de la cámara que elija, dispondrá de la misma potencia de procesamiento para respaldarla y cuando use el Zenmuse X5S podrá captar videos en RAW. (www.dji.pe, 2017)

Figura 43: Dron DJI Inspire 2.



Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2.10 Distanciómetro

Es un instrumento de medición electrónica que sirve para calcular la distancia entre la base del dispositivo y el punto en la superficie a la que se apunta, también se le conoce como medidor laser; durante la investigación este dispositivo se utilizó para el replanteo de medidas de fachada en los diferentes lotes estudiados en campo debido a que este dispositivo cuenta con mayor exactitud y su uso es bastante práctico en relación a la cinta métrica. (ECURED, 2019)

Figura 44: Distanciómetro digital.



Fuente: Amazon.es

### 3.4.2.11 Anemómetro

Es un dispositivo meteorológico que sirve para calcular la velocidad del viento, también es utilizado en el vuelo de aeronaves no tripuladas, previo a realizar el vuelo para determinar la velocidad del viento y ver si las condiciones son óptimas, en el caso de la presente investigación se obtuvieron velocidades de viento menores a los 5 km/hr lo cual indica brisas suaves que no afectan el trayecto ni provocan esfuerzos en el dron durante la fase del vuelo. (Infoagro, s.f.)

Figura 45: Anemómetro.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.12 Laptop Asus ROG GL752

Esta laptop cuenta con un procesador Intel® Core™ i7 de séptima generación turbo boost hasta 3.8 GHz con cuatro núcleos y gráficos dedicados NVIDIA® GeForce® GTX™ de 4GB con soporte Microsoft DirectX 12, ROG GL752, una memoria RAM de 16 GB y está hecho para los procesos más exigentes y pesados que se requiere en el procesamiento de las imágenes para la obtención de las ortofotos. (ASUS, 2019)