



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
ELABORACION DE CARTOGRAFIA CATASTRAL URBANA A ESCALA 1/1000  
POR FOTOINTERPRETACIÓN PARA LA CIUDAD DE PUNO

Línea de investigación:

Desarrollo urbano – rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo

**Autora:**

Aquino Bernabé, Marcia Carol

**Asesora:**

Rojas León, Gladys

(ORCID: 0000-0003-2961-9643)

**Jurado:**

Sánchez Carrera, Dante Pedro

Gonzales Alarcón, Angelino Oscar

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2023

## **DEDICATORIA**

Con todo mi cariño y mi amor para mi tío, la persona que hizo todo para que yo pudiera lograr mis sueños, a ti, donde quiera que estés, siempre estás en mi corazón.

Martin Margarito Pino

## AGRADECIMIENTOS

Afortunadamente son muchas las personas a las que debo agradecer, ya sea directa indirectamente el apoyo brindado el cual me han prestado para que esta tesis se haya podido llevar a cabo; por lo que, quiero expresar mi agradecimiento a todos aquellos que estuvieron involucrados en la realización de esta investigación:

- A la Universidad Nacional Federico Villarreal que me acogió como integrante de este grupo de estudiantes para forjarme como profesional.
- A la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo y a todos los profesores miembros de esta casa de estudio, que contribuyeron a mi formación académica y profesional.
- Al Instituto Geográfico Nacional, por haberme dado la oportunidad de trabajar en el área de fotogrametría, en donde pude participar y dirigir muchos proyectos cartográficos de envergadura nacional.
- A la Mg. Ingeniera Gladys Rojas León asesora de esta tesis, por la inestimable y generosa atención que me ha prestado siempre, con sus acertados consejos, ideas y comentarios, los cuales ayudado a hacer de este trabajo de investigación ser algo agradable y gratificante.
- No puedo dejar de mencionar a toda mi familia, a la que durante tanto tiempo he desatendido para poder realizar este trabajo. Mi gratitud a todos ellos por haber antepuesto su comprensión a la necesidad de tenerme con ellos.
- Y finalmente, a Dios nuestro creador.

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| RESUMEN .....  | 15        |
| ABSTRACT.....  | 16        |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                       | 17        |
| 1.1. Descripción y formulación del problema .....          | 18        |
| <i>1.1.1. Descripción del problema .....</i>               | <i>18</i> |
| <i>1.1.2. Formulación del problema .....</i>               | <i>19</i> |
| 1.1.2.1. Problema Principal. ....                          | 19        |
| 1.1.2.2. Problema Secundarios .....                        | 19        |
| 1.2. Antecedentes .....                                    | 19        |
| <i>1.2.1. Antecedentes Nacionales .....</i>                | <i>19</i> |
| <i>1.2.3. Antecedentes Internacionales .....</i>           | <i>23</i> |
| 1.3. Objetivos .....                                       | 27        |
| <i>1.3.1. Objetivos Generales .....</i>                    | <i>27</i> |
| <i>1.3.2. Objetivos Específicos.....</i>                   | <i>27</i> |
| 1.4. Justificación.....                                    | 28        |
| 1.5. Hipótesis.....  | 29        |
| <i>1.5.1. Hipótesis General .....</i>                      | <i>29</i> |
| <i>1.5.2. Hipótesis Específico .....</i>                   | <i>29</i> |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                     | 30        |
| 2.1 Bases Teóricas.....                                    | 30        |
| <i>2.1.1 Representación de la tierra en un plano .....</i> | <i>30</i> |
| <i>2.1.2. Proyección.....</i>                              | <i>33</i> |
| <i>2.1.3. Catastro Urbano.....</i>                         | <i>40</i> |
| <i>2.1.4. Ortofoto y Cartografía Digital .....</i>         | <i>41</i> |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.5. Metodologías del Levantamiento Catastral .....                  | 41 |
| 2.2. Levantamiento Fotogramétrico .....                                | 43 |
| 2.2.1. Vuelo Fotogramétrico .....                                      | 44 |
| 2.2.2. Gráfico de línea de vuelo .....                                 | 45 |
| 2.2.3. Líneas de vuelo .....   | 47 |
| 2.2.4. El recubrimiento longitudinal o Traslapo .....                  | 48 |
| 2.2.5. Traslapo o recubrimiento lateral .....                          | 49 |
| 2.3. Determinación de la Escala de Vuelo. ....                         | 50 |
| 2.3.1. Condiciones del vuelo Fotogramétrico con cámara análoga .....   | 51 |
| 2.3.2. Calibración de la Cámara Métrica .....                          | 51 |
| 2.3.3. Condiciones Generales de los Fotogramas.....                    | 53 |
| 2.4. Características de las imágenes .....                             | 54 |
| 2.5. Especificaciones técnicas para el apoyo fotogramétrico.....       | 55 |
| 2.5.1. Preparación de proyecto .....                                   | 55 |
| 2.5.2. Distribución de puntos de Control para Aerotriangulación .....  | 58 |
| 2.5.3. Establecimiento de Redes Geodésicas Locales .....               | 59 |
| 2.5.4. Obtención de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico.....            | 59 |
| 2.6. Especificaciones técnicas para la Aerotriangulación digital.....  | 60 |
| 2.6.1. Orientación interior de la imagen digital .....                 | 61 |
| 2.6.2. Orientación exterior de la imagen digital .....                 | 61 |
| 2.6.3. Cálculo y ajuste del bloque .....                               | 62 |
| 2.7. Especificaciones técnicas para la restitución fotogramétrica..... | 64 |
| 2.7.1. Información a Restituir.....                                    | 64 |
| 2.7.2. Memoria de ejecución del Proceso .....                          | 65 |
| 2.8. Especificaciones técnicas para clasificación de campo .....       | 66 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.8.1. <i>Clasificación de Campo</i> .....   | 66  |
| 2.9. Definición de términos básicos .....  | 68  |
| 2.10. Marco Legal .....  | 72  |
| III. METODO .....  | 77  |
| 3.1. Tipo de Investigación .....   | 77  |
| 3.2. <i>Ámbito temporal y espacial</i> .....   | 78  |
| 3.2.1. <i>Ámbito Temporal</i> .....  | 78  |
| 3.2.2. <i>Ámbito Espacial</i> .....  | 79  |
| 3.3. Variables .....   | 81  |
| 3.4. Población y muestra .....   | 82  |
| 3.4.1. <i>Población</i> .....  | 82  |
| 3.4.2. Muestra .....   | 88  |
| 3.5. Instrumentos .....  | 88  |
| 3.5.1. <i>Equipos</i> .....  | 88  |
| 3.5.2. <i>Materiales</i> .....   | 88  |
| 3.5.3. <i>Software</i> .....   | 89  |
| 3.6. Procedimientos .....  | 90  |
| 3.6.1. <i>Procedimiento para generar la cartografía a escala 1:1000</i> .....  | 90  |
| 3.6.2. <i>Generación de los niveles Cartográficos para el proyecto catastral</i> .....                                 | 94  |
| 3.6.3. <i>Generación de la proyección, valor geográfico, cuadrícula, valor cuadrícula e información marginal</i> ..... | 95  |
| 3.6.4. <i>Creación de cuadrícula para escala 1:1000</i> .....  | 96  |
| 3.6.5. <i>Edición del valor geográfico</i> .....   | 103 |
| 3.6.6. <i>Información Marginal</i> .....   | 105 |
| 3.6.7. <i>Criterio de extracción de la información cartográfica</i> .....  | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.7. Análisis de datos.....  | 129 |
| 3.7.1. <i>Elaboración y supervisión de la cartografía</i> .....          | 129 |
| 3.7.2. <i>Topología</i> .....  | 134 |
| IV. RESULTADOS .....   | 143 |
| 3.8. Presupuesto .....   | 145 |
| 3.8.1. <i>Personal contratado utilizando método indirecto</i> .....      | 145 |
| 3.8.2. <i>Cuadro de gastos utilizando Método Indirecto</i> .....         | 146 |
| 3.8.3. <i>Cuadro de Hectárea elaborado por el Método Indirecto</i> ..... | 147 |
| 3.8.4. <i>Presupuesto utilizando el Método Directo</i> .....             | 148 |
| 3.8.5. <i>Tiempo invertido en el Proyecto catastral de Puno</i> .....    | 150 |
| 3.8.6. <i>Comparación del Método Directo e Indirecto</i> .....           | 151 |
| V. DISCUSION DE RESULTADOS .....   | 152 |
| VI. CONCLUSIONES .....   | 154 |
| VII RECOMENDACIONES .....  | 156 |
| VIII. REFERENCIAS.....   | 157 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>   | <b>Pág.</b> |
|-----------|--|-------------|
| 1         | Cuadro comparativo entre resolución del escaneo y el tamaño pixel terreno    | 50          |
| 2         | Característica de la toma de fotografía con la cámara análoga                | 51          |
| 3         | Comparativo de variables dependiente e independiente                         | 81          |
| 4         | Sistema de coordendas de proyecto catastral Puno 1:1000                      | 93          |
| 5         | Cuadro del personal contratado para el proceso de restitución fotogramétrico | 145         |
| 6         | Cuadro de Gastos utilizando el Método indirecto (Fotointerpretación)         | 146         |
| 7         | Cuadro de Hectárea elaborado por el Método Indirecto                         | 147         |
| 8         | Cuadro de Gasto en la implementación utilizando el método Directo            | 148         |
| 9         | Cuadro de Gasto del levantamiento catastral utilizando el método Directo     | 149         |
| 10        | Tiempo en Horas invertido utilizando el Método Indirecto                     | 150         |
| 11        | Tiempo en Horas invertido utilizando el Método Directo                       | 150         |
| 12        | Comparación de Método Directo e Indirecto                                    | 151         |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Pág.</b> |
|-----------|---|-------------|
| 1         | Comparación de las superficies del terreno, geoide y el Elipsoide | 31          |
| 2         | Punto de coincidencia geoide-elipsoide: Datum                     | 32          |
| 3         | Fases de la proyección de la tierra sobre un plano.               | 34          |
| 4         | Proceso de transformación de la figura de la tierra a un plano    | 35          |
| 5         | Proyección cónica conforme a Lambert.                             | 36          |
| 6         | Proyección Mercator   | 37          |
| 7         | Huso de proyección y sistema de coordenadas                       | 38          |
| 8         | Cuadrícula UTM  | 39          |
| 9         | levantamiento catastral por método directo                        | 42          |
| 10        | levantamiento catastral por Método Indirecto                      | 43          |
| 11        | Vuelo Fotogramétrico de la ciudad de Puno.                        | 44          |
| 12        | Líneas de vuelo de la ciudad de Puno                              | 46          |
| 13        | Característica de avión fotogramétrico                            | 47          |
| 14        | Ángulo dirección de vuelo fotogramétrico                          | 48          |
| 15        | Cámara ADS80 para el uso Fotogramétrico                           | 52          |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 16 | Apoyo terrestre de puntos de control para la Orto rectificación de las fotos aéreas | 57 |
| 17 | Líneas de vuelo fotogramétrico  | 58 |
| 18 | Puntos de apoyo Fotogramétrico  | 60 |
| 19 | Proceso de Aerotringulación Digital   | 63 |
| 20 | Componente de la Restitución Fotogramétrica   | 65 |
| 21 | Proceso cartográfico digital  | 78 |
| 22 | Ubicación de la ciudad de Puno  | 80 |
| 23 | Ubicación de centro poblado   | 83 |
| 24 | Ubicación del Lago Titicaca   | 85 |
| 25 | Plano catastral de la ciudad de Puno  | 86 |
| 26 | Restitución Fotogramétrico de la ciudad de Puno                                     | 87 |
| 27 | Configuración de la ventana de inicio del MicroStation V.8                          | 90 |
| 28 | Configuración de la hoja 3D para la restitución                                     | 91 |
| 29 | Verificación del formato de la hoja catastral 1:1000                                | 91 |
| 30 | Asignación de la referencia espacial a la hoja del proyecto                         | 92 |
| 31 | Configuración del sistema de coordenada del proyecto                                | 93 |
| 32 | Activación de la latitud para la Restitución Fotogramétrica                         | 94 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 33 | Creación de los niveles de información cartográfica     | 95  |
| 34 | Generación de proyección de las hojas 1:1000            | 96  |
| 35 | Generación de proyección, etiqueta                      | 97  |
| 36 | Configuración de la proyección                          | 98  |
| 37 | Configuración de etiquetas                              | 99  |
| 38 | Configuración de etiqueta                               | 100 |
| 39 | Configuración de cuadrícula                             | 100 |
| 40 | Configuración del valor cuadrícula                      | 101 |
| 41 | Creación de cuadrícula cada 100 x 100                   | 102 |
| 42 | Configuración de cuadrícula cada 100 x 100              | 103 |
| 43 | Creación de grillado y etiquetas                        | 104 |
| 44 | Generación de la información marginal                   | 105 |
| 45 | Configuración de la escala gráfica y datos geográficos  | 106 |
| 46 | Configuración del membrete y cuadro de empalmes gráfica | 106 |
| 47 | Representación de la hoja marginal de Puno              | 107 |
| 48 | Identificación del límite de manzana                    | 108 |
| 49 | Digitalización de Lotes                                 | 109 |
| 50 | Digitalización de áreas construidas                     | 110 |

|    |                                   |     |
|----|-----------------------------------|-----|
| 51 | Área construida precarias         | 111 |
| 52 | Identificación de tragaluz        | 112 |
| 53 | Identificación de área libre      | 113 |
| 54 | Identificación de poste 1 foco    | 113 |
| 55 | Identificación de poste 2 foco    | 114 |
| 56 | Identificación de poste 3 foco    | 114 |
| 57 | Poste de alta tensión             | 115 |
| 58 | Antena de comunicación            | 115 |
| 59 | Poste de media tensión            | 116 |
| 60 | Identificación Semáforo           | 116 |
| 61 | Digitalización de Pared o muro    | 117 |
| 62 | Digitalización de cerco           | 117 |
| 63 | Identificación de Loza deportiva  | 118 |
| 64 | Identificación Monumento y pileta | 118 |
| 65 | Identificación de zanja           | 119 |
| 66 | Identificación de campo deportiva | 120 |
| 67 | Identificación de estadio         | 120 |
| 68 | Identificación buzón de desagüe   | 121 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 69 | Identificación buzón de teléfono                                   | 121 |
| 70 | Identificación reservorio  | 122 |
| 71 | Identificación Pantano   | 122 |
| 72 | Identificación de carretera pavimentada                            | 123 |
| 73 | Identificación de carretera Afirmada                               | 123 |
| 74 | Identificación de Trocha Carrozable                                | 124 |
| 75 | Identificación de Camino Herradura                                 | 124 |
| 76 | Identificación de Vereda   | 125 |
| 77 | Identificación de Berma  | 125 |
| 78 | Identificación de Árbol  | 126 |
| 79 | Identificación de Árbol Agrupados                                  | 126 |
| 80 | Identificación de Jardín   | 127 |
| 81 | Identificación de Terreno Cultivo                                  | 127 |
| 82 | Identificación de Parque   | 128 |
| 83 | Identificación de Puente Vial                                      | 128 |
| 84 | Verificación de la información cartográfico de la ciudad de Puno   | 129 |
| 85 | Procedimiento de edición y revisión de la información Cartográfica | 130 |
| 86 | Revisión de duplicidad del archivo editado                         | 131 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 87 | Revisión de duplicidad del archivo editado  | 132 |
| 88 | Selección de atributos de la ciudad de Puno | 133 |
| 89 | Conversión de formato 3D a 2D               | 134 |
| 90 | Determinación de topología                  | 135 |
| 91 | Errores topológicos                         | 135 |
| 92 | Edición topológicos                         | 136 |
| 93 | Identificación de área catastral            | 136 |
| 94 | Separación de área libre cartográfico       | 137 |
| 95 | Exportación e importación de escala         | 138 |
| 96 | Tabla de niveles catastrales                | 139 |
| 97 | Validación de la información catastral      | 140 |
| 98 | Restitución fotogramétrica cartográfica     | 141 |
| 99 | Cuadro de empalme de la ciudad de Puno      | 144 |

## RESUMEN

**Objetivo:** Establecer los criterios de elaboración de cartográfica catastral urbana a escala 1:1000 por fotointerpretación para la ciudad de Puno. **Método:** El presente trabajo de Investigación tiene un enfoque cuantitativo y los alcances serán de tipo descriptivo y explicativo. Se realizó el levantamiento de información catastral sobre un área de 2,322.94 hectáreas aproximadamente, utilizando imágenes de vuelo fotogramétrico obtenidas con una cámara ADS80, dichas imágenes cubrieron toda el área de interés en 11 líneas de vuelo, con una resolución espacial de 10 cm. **Resultados:** Se ha propuesto una metodología para el levantamiento de información catastral para la zona urbana de la ciudad de Puno y reglas de extracción de información cartográfica tales como el área construida, delimitación de manzana, delimitación de lotes, entre otras, dado que dicha información facilitará la implementación de planes y programas de desarrollo urbano en dicha ciudad. Asimismo, se ha trabajado con un equipo de 11 operadores fotogramétricos y 02 revisores para poder cubrir el área de trabajo, culminando el citado levantamiento en 02 meses, teniendo como área restituida por día 43.5 Ha, significando un costo de S/.142.637,86 soles para todo el proyecto, con lo cual se tiene un catastro donde se ha realizado el levantamiento de todos los elementos difíciles de obtener en campo o de acceso restringido o peligroso en poco tiempo. **Conclusiones:** En ese sentido, la elaboración de la Cartografía Catastral Urbana a escala 1:1000 por Fotointerpretación, permitirá realizar de forma rápida y confiable el levantamiento de información para la ciudad de Puno.

**Palabras claves:** Fotointerpretación, restitución, catastro y cartografía.

## ABSTRACT

**Objective:** To establish the criteria for the elaboration of urban cadastral cartography at a scale of 1:1000 by photo-interpretation for the city of Puno. **Method:** This research work has a quantitative approach and the scope will be descriptive and explanatory. Cadastral information was collected over an area of approximately 2,322.94 hectares, using photogrammetric flight images obtained with an ADS80 camera. These images covered the entire area of interest in 11 flight lines, with a spatial resolution of 10 cm. **Results:** A methodology has been proposed for the collection of cadastral information for the urban area of the city of Puno and rules for the extraction of cartographic information such as the built area, block delimitation, lot delimitation, among others, since said information It will facilitate the implementation of urban development plans and programs in said city. Likewise, a team of 11 photogrammetric operators and 02 reviewers have been worked to be able to cover the work area, culminating the aforementioned survey in 02 months, having an area restored per day of 43.5 Ha, meaning a cost of S/.142,637.86 soles for the entire project, with which there is a cadastre where all the elements difficult to obtain in the field or with restricted or dangerous access have been surveyed in a short time. **Conclusions:** In this sense, the elaboration of the Urban Cadastral Cartography at a scale of 1:1000 by Photointerpretation, will allow the rapid and reliable collection of information for the city of Puno.

**Keywords:** Photointerpretation, restitution, cadastre and cartography.

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías implementadas en la elaboración de la cartografía digital utilizando la fotogrametría como herramienta y la fotointerpretación como técnica de extracción e identificación cartográfica, así como por su economía y al ser menos pesado en la obtención de la información cartográfica al llegar a lugares de difícil acceso por el hombre. Se elaboro esté presente trabajo de investigación que tiene como objetivo principal demostrar las ventajas de la fotointerpretación como la técnica más eficiente para llevar a cabo el levantamiento catastral urbano de la municipalidad provincial de Puno donde estableceremos los criterios de elaboración y las metodologías cartográficas para catastro urbano para escala 1:1000 correspondiente, en un área de 2322.94 hectáreas aproximadamente. Se mostrará las reglas de extracciones de la información cartográfica tales como las edificaciones urbanas a nivel predial, topografía, vías de comunicación, terreno de cultivo entre otras, dicha información facilitará la implementación de planes y programas de desarrollo urbano como el tendido de redes de agua potable y alcantarillado, transporte y electricidad. Para la realización de dicho trabajo de investigación se obtuvieron imágenes a través de un vuelo fotogramétrico utilizando una cámara ADS80 las cuales cubrieron toda el área de interés en 11 líneas de vuelo y el trabajo de campo está comprendido por 30 puntos de fotocontrol horizontal referido a la estación de rastreo permanente y por 20 puntos de fotocontrol vertical referido a puntos acotados a Datum vertical de nivel medio de mar, dicha información se encuentra a una resolución espacial de 10cm. La fotointerpretación nos permitió poder obtener información de zonas de difícil acceso, así como ubicar con precisión grandes áreas que presentan problemas de delimitación predial, ordenamiento territorial e incluso de pérdida de áreas verde por invasiones o usurpaciones de terrenos.

## **1.1. Descripción y formulación del problema**

### ***1.1.1. Descripción del problema***

Los nuevos procesos de implementación cartográfica se digitan utilizando la fotogrametría como herramienta y la fotointerpretación como técnica para la identificación; estos a su vez ha traído una gran incertidumbre debido a que, para dichos procesos dentro de la fotogrametría, no cuentan con una guía metodológica en el proceso de levantamiento catastral urbano.

Asimismo, para realizar el análisis de fotointerpretación de la ciudad de Puno se debe de tener en cuenta varios criterios de aplicación fotogramétricos para la elaboración de la cartografía catastral urbana; así como también no se cuenta con una guía de los procesos de levantamiento catastral y de los procesos fotogramétricos catastrales utilizados en la extracción de información necesaria para contar con un catastro multipropósito.

La fotointerpretación hoy en día se constituye como uno de los métodos más valiosos en la obtención de la información espacial de manera indirecta a través de las fotografías aéreas y de las imágenes satelitales, permitiendo así llegar a lugares de difícil acceso por el profesional geográfico, siendo el principal problema que el fotogrametra debe de contar con ciertos criterios de aplicación cartográfica como son los de la geografía física, geomorfología, catastro, hidrología, entre otros, para así poder elaborar la cartografía catastral urbana para la ciudad de Puno.

Por ello, surgen varias interrogantes entre instituciones públicas y privadas que elaboran cartografía catastral urbana, dado que no hay una guía metodología para el levantamiento de información catastral urbana escala 1:1000, que permita que todas las instituciones generadoras de catastro puedan partir de una línea base para la elaboración de sus proyectos.

## ***1. 1.2. Formulación del problema***

### **1.1.2.1. Problema Principal.**

¿Cuáles son los criterios de aplicación de la fotointerpretación en la elaboración de la cartografía catastral urbana a escala 1:1000 para la ciudad de Puno?

### **1.1.2.2. Problema Secundarios**

- ¿Cuáles son los procesos de levantamiento catastral urbano a escala 1:1000 por fotointerpretación para la ciudad de Puno?
- ¿Cuáles son los procesos fotogramétricos catastrales urbano a escala 1:1000 para la ciudad de Puno?
- ¿En qué manera contar con una guía metodológica ayudará en el proceso de levantamiento catastral urbano utilizando la fotointerpretación para la ciudad de Puno?

## **1.2. Antecedentes**

### ***1.2.1. Antecedentes Nacionales***

- **Romero (2018)**, En su tesis metodología de Levantamiento de Información catastral con drone y procesamiento Geoespacial en el asentamiento humano Los Olivos de Pro, distrito de Los Olivos tiene como objetivo principal proponer una metodología de levantamiento de información catastral con el uso de DRONE que permitirá realizar el levantamiento y procesamiento geoespacial de forma rápida en el espacio urbano de asentamientos humanos y producir planos temáticos con fines de gestión y planificación territorial. La metodología que se ha planteado consiste en realizar dos levantamientos: gráfica y alfanumérica, para el levantamiento de información gráfica se utilizó dos metodologías, la directa e indirecta y para el levantamiento de información alfanumérica se elaboró ficha catastral urbana en la base a la ficha oficial de la SNCP, para ello se levantó información predio

por predio de toda la zona de estudio, se realizó el control de calidad y la sistematización de fichas catastrales generando con ello una Base de Datos Alfanumérica.

- **Rivadeneira (2018)**, Lineamientos técnicos administrativos del Catastro Urbano para mejorar la recaudación del Impuesto al Patrimonio Predial en la Municipalidad distrital de Pimentel – Provincia de Chiclayo, año 2016. En ese sentido, la presente tesis muestra la importancia de tener un Catastro Predial Urbano, actualizado y debidamente gestionado lo que optimiza decididamente la recaudación de dicho tributo y, por ende, en mayores ingresos al municipio. Para ello, se seleccionó como objeto específico de estudio a la Municipalidad Distrital de Pimentel, la cual representa en la Provincia de Chiclayo, una de las que mayor crecimiento urbano ha presentado en estos últimos años y en el que se han podido identificar los problemas comunes que aquejan a la mayoría de las municipalidades en nuestro país como son la desactualización de la información catastral, la descoordinación con los entes encargados de centralizar la información como son los Registros Públicos y el Sistema Nacional Integrado de Catastro.

- **Flores (2018)**, en su tesis Gestión Municipal y Catastro Urbano en la Municipalidad Distrital de los Olivos – Lima 2018 tuvo como objetivo general determinar la relación entre Gestión Municipal y el Catastro Urbano del Distrito Los Olivos, Lima – 2018. Los instrumentos que se utilizaron fueron cuestionarios en escala de Likert para las variables Gestión Municipal y Catastro Urbano. Estos instrumentos fueron sometidos a los análisis respectivos de confiabilidad y validez, que determinaron que los cuestionarios tienen la validez y confiabilidad. El método empleado fue hipotético deductivos.

- **Rosas et al. (2018)**, En su tesis postgrado Modernización del catastro en el Perú: creación del organismo técnico especificado – ente Rector del Sistema Nacional Catastral nos menciona que la investigación plantea la modernización del catastro en el Perú, a partir de la creación del Organismo Técnico Especializado (OTE) como ente rector del Sistema Nacional

Catastral (SINACAT), necesario para dinamizar la gestión pública desde el uso de data territorial confiable y constante de cada unidad territorial y de todo en su conjunto, con fines multipropósito. Por ello, proponemos las reformas institucionales necesarias para la creación de la Superintendencia Nacional del Catastro (SUNACAT), estableciendo su organización, funciones y actuación, así como considerando para ello los planteamientos normativos, tecnológicos y de administración. Cabe precisar que, como producto de la investigación, por ende, se ha identificado que solo el 0,3% del total de 1.876 municipalidades distritales ha desarrollado su catastro municipal. Dicha situación es palpable luego de 14 años de promulgada la Ley N° 28294 - “Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios” (SNCP) en el año 2004.

- **Chihuan (2002)**, 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 conocimiento teórico - práctico adquirido 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.

- **La Cruz (2014)**, Repercusión del catastro municipal en el desarrollo urbano del distrito de Santa María, en el año 2013, nos aborda que el catastro municipal le va a permitir un apoyo sobre los registros de las propiedades en este distrito, además de la información de los bienes inmuebles, sus usos y características a fin de apoyarse en la eficaz planificación del

desarrollo y reordenamiento urbano del distrito de Santa maría. Para la realización del informe de investigación se hizo un adecuado informe de técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección, además de minucioso tratamiento y procesamiento de datos. El estudio es de carácter no experimental: exploratorio y descriptivo, su enfoque es mixto, por hacer uso de los aportes de la investigación cuantitativa y cualitativa.

- **Yupari et al. (2014)**, Sistema de Información Geográfica (SIG) aplicado al catastro urbano en el sector de Mollepata, Distrito de Ayacucho Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho nos indica que teniendo en cuenta el uso con variados propósitos del Catastro urbano para las diferentes entidades y los interesados o propietarios de los predios hace que esta sea una herramienta de gestión. Para la procura del desarrollo de una población, ya que para realizar planes de desarrollo es necesario tener conocimiento de ciertos aspectos que permitan conocer la realidad de la población, como son tipo de vivienda, servicios con los que cuenta, vías de acceso, datos de propiedad etc. Es por estas razones es que nace el interés de los pobladores del sector de Mollepata para la implementación de un servicio de catastro en su jurisdicción.

- **Panta (2017)**, Aplicación de una Metodología para la Georreferenciación y actualización del catastro Técnico de alcantarillado en la EPS Grau S.A. Piura – 2015. Nos indica que la tesis 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.

- **Villacorta (2015)**, Levantamiento catastral de territorios indígenas en el sector del río Tamboryacu afluente del río Napo haciendo uso de receptores GPS. Nos menciona que se realizó en el distrito de Napo, provincia de Maynas, del departamento de Loreto, con la pretensión de utilizar y aplicar los modernos sistemas de posicionamiento global (GPS) y los sistemas de información geográfica (SIG) al levantamiento catastral del territorio de comunidades nativas. El objetivo general fue sanear física y legalmente el territorio de las comunidades indígenas ubicadas en el sector del Río Tamboryacu con la finalidad de promover su continuidad histórica. El método realizado fue el establecimiento de estación referencia GPS, elaboración del Plano base hidrográfica de la zona de estudio, digitalización de los planos.

### ***1.2.3. Antecedentes Internacionales***

- **Baquero et al. (2017)**, Metodología de captura para el barrido predial masivo empleando UAV, prueba piloto para el catastro multipropósito. La desactualización cartográfica se fundamenta principalmente en las capacidades reducidas de captura de información, como problemas de acceso por el conflicto armado y zonas meteorológicamente complejas. Es por ello que actualmente se proponen nuevos métodos de captura, como es la implementación de aeronaves remotamente tripuladas, imágenes de satélite de alta resolución y la responsabilidad de las entidades privadas que aporten información avalada por el IGAC como apoyo a la actualización catastral con enfoque multipropósito.

- **Guerrero et al. (2016)**, Actualización de Catastro municipal de la urbanización Guarda Carranco. Este estudio catastral en el municipio de Mateare gira en función de la determinación de los valores de las propiedades existentes en la urbanización “Guarda Barranco”. El mismo contribuirá en cierta medida con el avance de la base del catastro municipal, lo que se derivará en incremento en los ingresos brutos de la comuna. Por otra parte, el análisis realizado revela características importantes sobre los aspectos económicos,

sociales, ambientales e institucionales. La actualización catastral en Nicaragua era un tema relegado hasta hace unos años atrás cuando el actual gobierno inicio el plan de barrido catastrales en el municipio de Chinandega, León, Madriz y Estelí. De la misma forma, se interesó por realizar el barrido catastral de muchos barrios para garantizar y legalizar la tenencia de la Tierra a sus poseedores.

- **López (2018)**, Catastro y registro de la distribución de patógenos identificados en mamíferos nativos amenazados de Chile, asociándolos al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Es por esto que el objetivo del presente estudio es generar un catastro y registro de la distribución de patógenos identificados en mamíferos nativos amenazados de Chile, asociándolos al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

- **Dávila (2017)**, Levantamiento y actualización de predios rurales e integración en un Sistema de Información Geográfica en el Cantón Patate, Provincia de Tungurahua en la República del Ecuador. Nos menciona que tiene como objetivo levantar, actualizar e integrar un sistema catastral rural en el Cantón Patate que permita identificar y registrar los diversos componentes del entorno, en base al desarrollo de un Sistema de Información Geográfico moderno y eficaz que además de recopilar y procesar información necesaria para el avalúo de predios, también sirva para la gestión y planificación de otros proyectos, desarrollándose en dos etapas: la primera es recopilación de información en campo en el Cantón Patate, Provincia del Tungurahua y la segunda es la digitalización y elaboración de la base de datos en el área de cartografía que se encuentra en la provincia de Pichincha, Cantón Quito. Para su ejecución se contó con 47 polígonos que corresponden al área de intervención conformados por 13168 predios, encontrándose también edificaciones dentro de la zona rural. Estos polígonos fueron definidos en base a la información de la Municipalidad del Cantón Patate (si existía) y estos siguieron límites físicos claramente identificables (vías, senderos, etc.).

- **Urroz et al. (2017)**, Levantamiento topográfico con fines catastrales del terreno ubicado en la comarca los Altos municipio y departamento de Masaya. El presente trabajo se basó en el levantamiento Topográfico - Planímetro con fines catastrales de la propiedad ubicada en la comarca los Altos - departamento de Masaya, donde realizó el trabajo de campo, con los métodos e instrumentos necesarios para el levantamiento de una poligonal cerrada con todos los datos obtenidos en el trabajo de campo, procedió al trabajo de gabinete.

- **Zurita (2015)**, Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica. Nos menciona que la realidad catastral de la mayoría de los municipios del Ecuador es la desactualización o ausencia de sus bases cartográficas y alfanuméricas, utilizadas para la valoración de los bienes inmuebles y planificación territorial. La evolución de la tecnología ha permitido mejorar una técnica de obtención remota de información, la fotogrametría, la que permite generar cartografía a partir de fotografías ya sean estas tomadas desde el aire o desde la superficie terrestre, las principales empresas dedicadas a la geotrónica, han dotado a la población civil de nuevas tecnologías para mejorar la técnica mencionada anteriormente, en la parte aérea se han desarrollado sistemas que ya no necesitan la intervención humana, los UAV y en la parte terrestre se han diseñado equipos de medición con un corto tiempo de captura de la información en campo que permite el modelamiento tridimensional de los objetos. Mediante el uso de las nuevas tecnologías se pretende diseñar y probar una metodología que permita la obtención o actualización del catastro físico, para así proveer a las entidades que administran el territorio de un mejor criterio para establecer las contribuciones que debe realizar la sociedad y administrar eficazmente su jurisdicción territorial.

- **Ron et al. (2017)**, Elaboración de la norma técnica para la generación de cartografía catastral de escala 1:1000, empleando UAV. Dada la alta demanda de estudios de actualizaciones y levantamientos catastrales por parte de los municipios, ha sido notorio el

crecimiento de la aplicación de nuevas tecnologías, que abaraten costos y reduzcan tiempos para la generación de la información. Entre ellas, el uso de sistemas UAV para la obtención de productos cartográficos. Por ello en este proyecto de investigación se obtuvo una normativa técnica para la elaboración cartográfica con fines catastrales mediante UAV's, proponiendo así, un esquema básico para mejor conocimiento de los equipos, manejo de los mismos y aplicación de los sistemas de procesamiento. A fin de lograr el objetivo se realizaron los procesos de validación de insumos catastrales a través de un equipo de ala fija y rotativa.

- **Borja (2014)**, Propuesta de un modelo de gestión de Catastro con herramientas de administración de proyectos PMI. En esta investigación, se propone un modelo de gestión integral de catastro utilizando herramientas de dirección de proyectos del Project Management Instituto. Este modelo consta de dos partes. La primera, enfocada netamente en el manejo de la información catastral, incluyendo la valoración del predio en sus tres elementos, terreno, construcción y mejoras adheridas y su disposición en internet. Por otro lado, el documento contiene la selección, en función del alcance y riesgos de un proyecto catastral, y personalización de 25 de los 47 procesos propuestos en la Guía del PMBOK® quinta edición. Con esto se logra obtener una gestión de proyectos catastrales con las diferentes áreas de conocimiento como son la integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados.

- **Martí (2014)**, Influencia del Catastro Inmobiliario Urbano en el Sistema Tributario de las Haciendas locales, Evaluación, Cuantificación y control de errores. En su tesis nos menciona el gran interés de evaluar y cuantificar la influencia de la información catastral el cual genera en las administraciones locales para asignar los valores base en la liquidación de tributos, la identificación georreferenciada de los inmuebles y actualización de los diferentes bienes inmuebles que componen un municipio. Se establece una metodología para el estudio de los errores en los datos, tanto los producidos por el técnico al asignar los parámetros

subjetivos de la valoración, como los producidos por una desactualización de valores y desfase en el mantenimiento y control de las altas bajas y modificación de los inmuebles.

- **Claros et al. (2016)**, Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados (Tesis Pregrado) Universidad de El Salvador. En esta investigación se pretende generar una guía con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para la ejecución de un vuelo fotogramétrico con vehículos aéreos no tripulados. Para que la descripción de los procesos de vuelo fotogramétrico y procesamiento de datos sea lo más clara posible y permita la comprensión de la técnica estudiada, se realizó un vuelo fotogramétrico con drones en el campus de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, como ejemplo práctico, además de realizar el procesamiento de la información y generar una representación cartográfica del campus.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivos Generales***

Establecer los criterios de elaboración de cartográfica catastral urbana a escala 1:1000 por fotointerpretación para la ciudad de Puno.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Identificar los procesos de levantamiento catastral urbano a escala 1:1000 por medio de la fotointerpretación para la ciudad de Puno.
- Identificar los procesos fotogramétricos empleados en la elaboración de cartográfico catastral urbana a escala 1:1000 para la ciudad de Puno.
- Determinar que contar con una guía metodológica ayudará en el proceso de levantamiento catastral urbano utilizando la fotointerpretación para la ciudad de Puno.

#### **1.4. Justificación**

Observando la geomorfología y lo accidentado que es la ciudad de Puno en el momento de la elaboración de su cartografía catastral urbana a una escala 1:1000 de un área de 2322.94 Hectáreas. Se verifico que la mejor opción fue optar por el uso de las fotografías aéreas lo cual permite poder llegar a lugares de difícil acceso por el hombre.

El uso de la técnica de la fotointerpretación, ha permitido poder representar el terreno en sus tres dimensiones aprovechando así la estimación matemática del volumen del terreno cartográfico que se obtuvieron mediante la visión estereoscópica obteniendo así información de sus atributos y cualidades sin tener contacto directo con los mismos.

La fotointerpretación hoy en día se constituye como uno de los métodos más valiosos en la obtención de la información espacial de manera indirecta obtenidas a través de las fotografías aéreas y de las imágenes satelitales, permitiendo así llegar a lugares de difícil acceso por el profesional geográfico, por el cual el principal problema es que el fotogrametra debe de contar con ciertos criterios de aplicación cartográfica como la geografía física, geomorfología, catastro, entre otros, para así poder elaborar la cartografía catastral urbana para la ciudad de Puno.

Debido al acelerado crecimiento informal de la ciudad de Puno a nivel predial, se vio conveniente implementar un mecanismo de solución inmediata, por lo cual se recurrió al uso de las fotografías aérea por la obtención de la cartografía digital de forma rápida y confiable, por llegar a lugar remoto de difícil acceso y por su nivel económico de obtención y restitución, teniendo así una visión clara de la situación actual de territorio.

## **1.5. Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis General***

Con los criterios de elaboración cartográfica se ha obtenido la cartografía catastral a escala 1:1000 por fotointerpretación para la zona urbana de la ciudad de Puno.

### ***1.5.2. Hipótesis Específico***

- La identificación de los procesos de levantamiento catastrales favoreció a la obtención de la cartografía a escala 1:1000 por fotointerpretación para la zona urbana de la ciudad de Puno.
- La identificación de los procesos fotogramétricos facilitó la obtención de la cartografía a escala 1:1000 para la zona urbana de la ciudad de Puno.
- Contar con una guía metodológica ayudara en el proceso de levantamiento catastral urbano utilizando la fotointerpretación para la ciudad de Puno.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases Teóricas

#### 2.1.1 Representación de la tierra en un plano

La cartografía es una reducción (el mapa es más pequeño que la realidad) y a la relación entre ambos tamaños se llama escala, donde deben excluirse elementos innecesarios para mejorar la legibilidad y potenciar algunos elementos que deben destacarse por su importancia (frecuentemente simbolizarse si su reducción los hiciera imperceptibles). (Esquerra, 2016). En este capítulo se tratará todo lo referente a sistemas de referencia y proyecciones que son aplicables tanto a la cartografía como mapas como a las ortofotos.

**A. Geodesia**, es la ciencia cuyo objetivo es la determinación de la forma, dimensiones y campo gravitatorio de la tierra en territorio extenso, que es la principal diferencia con la topografía, la cual basa sus trabajos en superficie de extensión reducida en las cuales puede considerarse despreciable la esfericidad terrestre. Hay que tener en cuenta que la topografía se apoya en la geodesia.

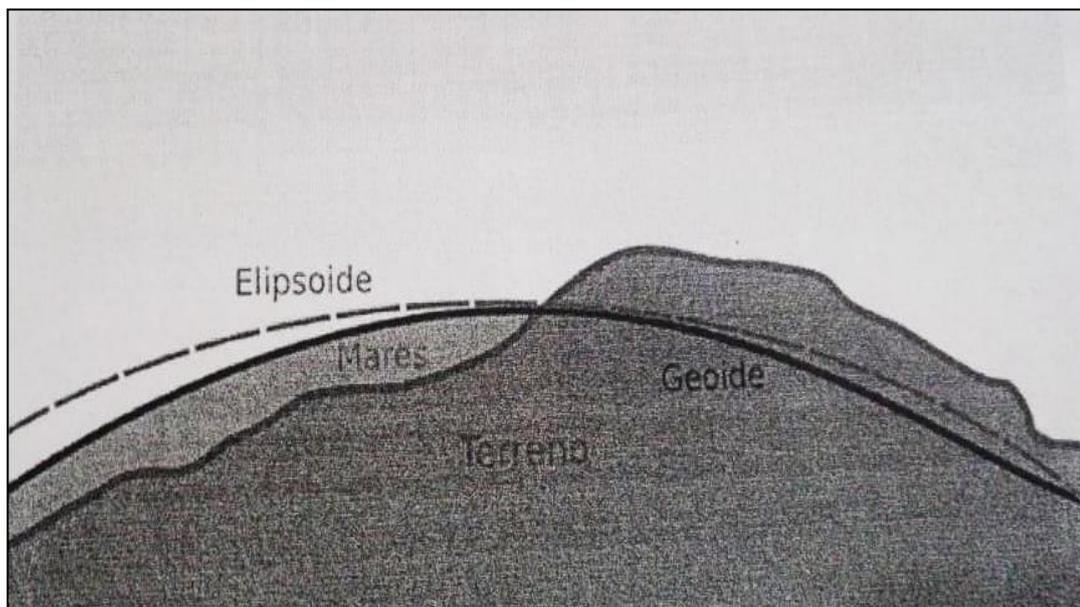
**B. Sistema de Referencia**, la superficie topográfica de la tierra incluye todos los accidentes geográficos. Es complicada de usar directamente para su estudio desde el punto de vista métrico, geométrico y matemático, por eso se buscan otras superficies cuya expresión matemática sea más asequible y se realizan una serie de simplificaciones. La primera simplificación consiste en asumir que la tierra tiene forma de geoide. Geoide es la figura de equilibrio de las masas oceánicas sometida únicamente a la acción de la gravedad. Es perpendicular a la dirección de la atracción gravitatoria. Dado que la masa de la tierra no es uniforme en todos los puntos y la dirección de la gravedad cambia, la forma del geoide es irregular. Sirve para trabajar desde el punto de vista geodésico.

La segunda simplificación asume que la tierra tiene forma de elipsoide: elipsoide de revolución que cumple una serie de características, como es que el plano ecuatorial de la tierra coincide con el de elipsoide.

La tercera simplificación se fundamenta en considerar que la tierra tiene forma de esferas. Cuyo radio medio es el radio medio de la tierra. A las distancias en las que se trabaja en topografía, se puede considerar que la tierra es esférica.

### Figura 1

*Comparación de las superficies del terreno, geoide y el Elipsoide*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

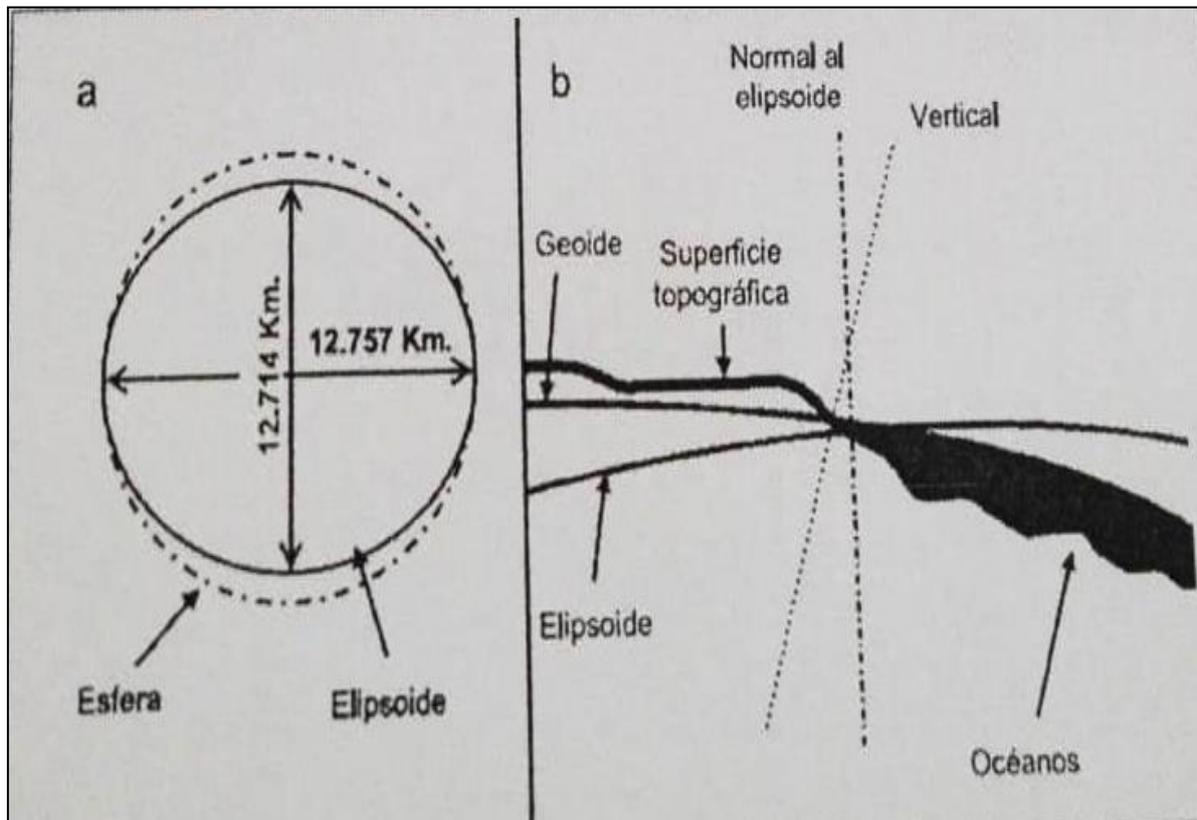
La última simplificación que se realiza consiste en representar la tierra en un plano (superficie bidimensional). Cuando se trabaja sobre esta superficie bidimensional debe tener en cuenta la influencia de la curvatura terrestre sobre las medidas topográficas.

El elipsoide de revolución que se elige es aquel elipsoide de revolución cuyas dimensiones mejor se adapten al geoide en una zona de nuestro interés (local) o en la cartografía moderna que se adapte en su conjunto (global). En el caso de los locales, se intentan hacer coincidentes en un punto (coincide coordenadas Geográficas, sobre el elipsoide y

Astronómicas, obtenidas por observaciones estelares) Así se define el **Datum Local**, identificándolo por sus coordenadas geográficas y orientación. En este punto Geoide y elipsoide son tangentes o paralelos.

### Figura 2

*Punto de coincidencia geoide-elipsoide :Datum*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

Según lo explicado, el llamado datum se define por:

- El elipsoide (semieje y achatamiento). A lo largo de la historia y lugares, se han usado diversos elipsoides definidos por semiejes y achatamiento, el Struve, Hayford, Bessel, etc.

- Su posición respecto al punto fundamental (datum local) que queda definido por sus coordenadas geográficas (latitud-longitud) además del acimut de una dirección con origen en el punto fundamental.

Los datum más comunes en las diferentes zonas geográficas son los siguientes:

- América del Norte: NAD27, NAD83 Y WGS84.
- Brasil: SAD69/IBGE.
- Sudamérica: PSAD56 Y WGS84.
- España: desde el 2007 el ETRS89 en toda Europa.

El datum WGS84, que es casi idéntico al NAD83 utilizado en América del Norte, es el único sistema de referencia mundial utilizado hoy en día, es el datum estándar por defecto para coordenadas en los dispositivos GPS comerciales. Los usuarios de GPS deben comprobar el datum utilizado, ya que un error puede suponer una traslación de las coordenadas de varios cientos de metros. En general los SIG ya llevan programadas las definiciones de multitud de elipsoides y datum, así como los parámetros de transformación entre distintos sistemas de referencia. Pero hay que tener en cuenta que los sistemas de referencia son materializados en el terreno mediante una red de puntos (como vértices geodésicos) a los que se les dota de coordenadas geográficas de estos sistemas.

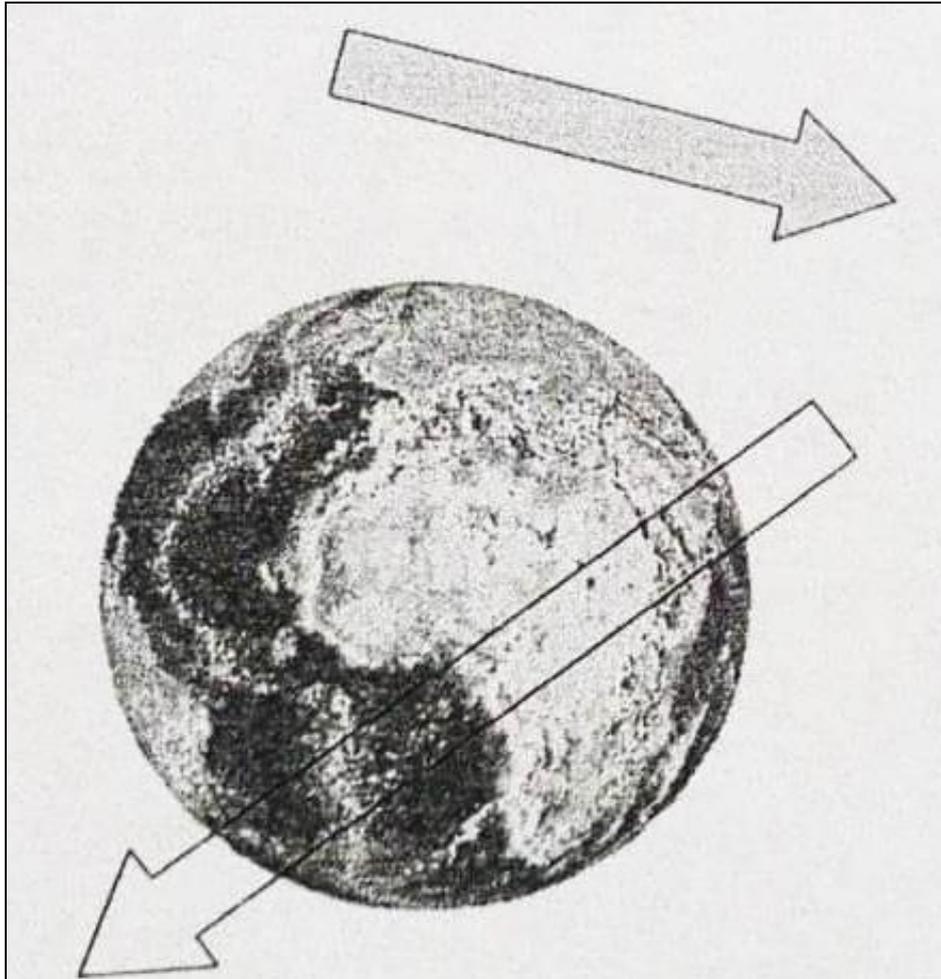
### ***2.1.2. Proyección***

**A. Proceso de simplificación: de la realidad al papel.** La representación en un papel, es decir en un plano (superficie bidimensional), de la superficie terrestre necesita diferenciar entre las planimetrías (posición del punto) y la altimetría (tercera dimensión z), que evidentemente siempre va asociado a su posición planimetría. Dejando de lado la Z, todos los puntos sobre la superficie de la tierra se proyecta ortogonalmente sobre el elipsoide para después representar la superficie de la figura de la tierra sobre un plano y sobre este reducir y constituir un sistema de coordenadas rectangular XY (cartesianas), función de la longitud y

latitud (estas funciones pueden ser simples en las proyecciones convencionales o más complejas cuando las modificamos para reducir las deformaciones producidas).

### Figura 3

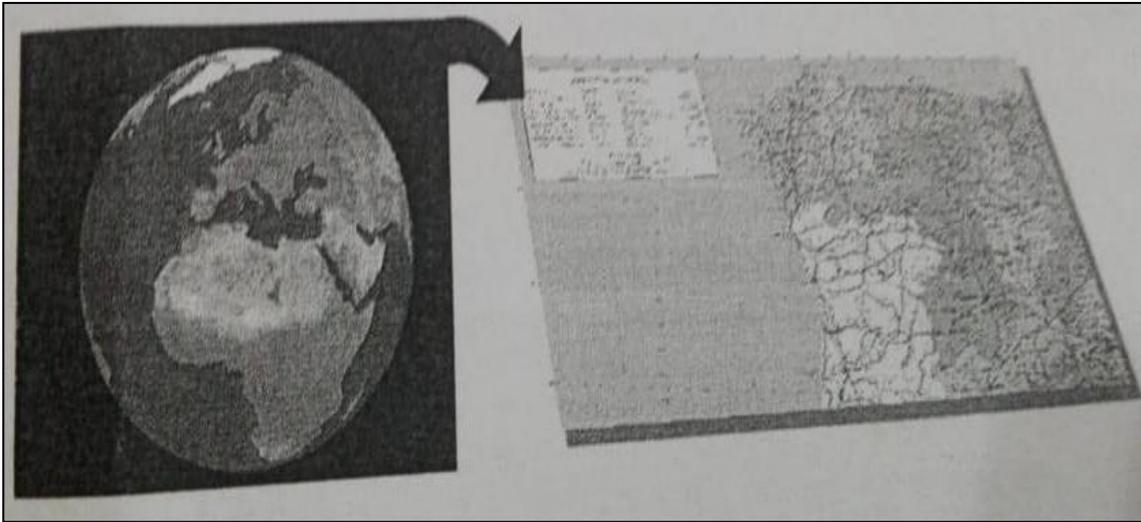
*Fases de la proyección de la tierra sobre un plano.*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

#### Figura 4

*Proceso de transformación de la figura de la tierra a un plano*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

La operación de trasladar una superficie curva (como la figura terrestre) a un plano es un gran problema, ya que produce necesariamente deformaciones. La superficie de la tierra no es desarrollable en un plano. Es necesario estudiar los sistemas de proyección para realizar las transformaciones necesarias y lograr correspondencias entre el elipsoide o la esfera y el plano sobre el que se representan.

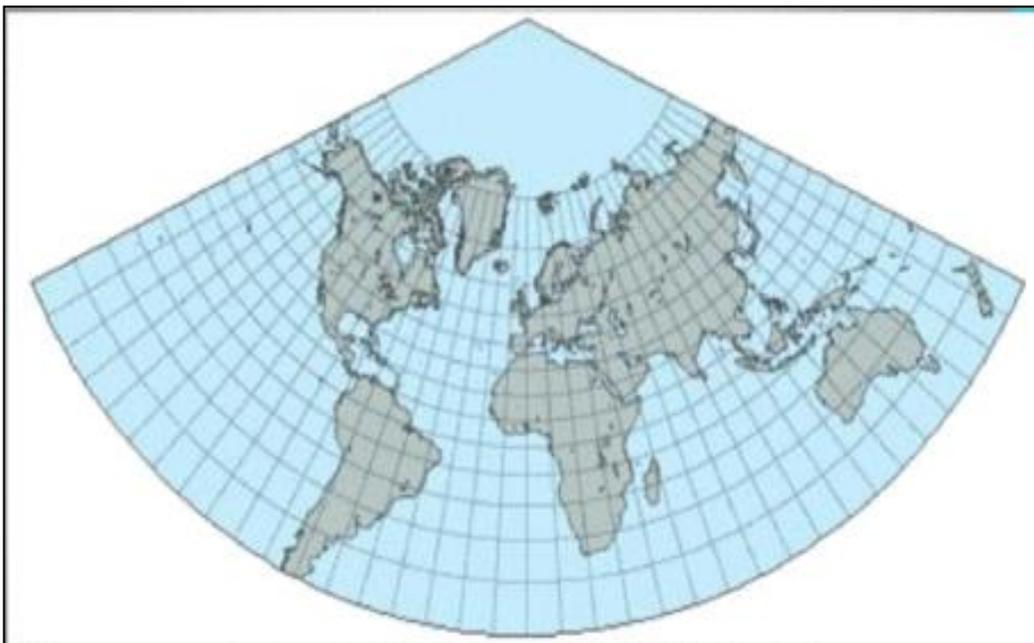
Se pueden distinguir distintos tipos de deformaciones pudiendo encontrar proyecciones que, de algún tipo, Así se podrían clasificar según el tipo de deformaciones:

- Conformes (conservan ángulos), son aquellas que conservan los ángulos del terreno en la representación y por tanto en zonas pequeñas, resultan semejantes la superficie de la figura de la tierra y el mapa, variando ligeramente la escala (las distancia) a medida que nos alejamos del centro de proyección.

**B. Proyección cónica conforme de Lambert.** En las proyecciones cónicas, la superficie tangente a la figura de la tierra es un cono, colocado a forma de “cucurucho”. Se proyecta desde el centro de la tierra sobre el cono que es tangente a lo largo de un paralelo denominado paralelo fundamental. Este paralelo será automecoico (mantiene la distancia a escala nominal).

### Figura 5

*Proyección cónica conforme a Lambert.*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

Una vez se desarrolle el cono, los meridianos son líneas rectas convergentes y los paralelos arcos de circunferencias cuyo centro es el vértice del cono. Como su nombre indica es conforme y la anamorfosis lineal es escasa.

La proyección cónica más utilizada y que podremos encontrar en nuestros datos cartográficos, es la denominada proyección conforme de Lambert, utilizada por organismos

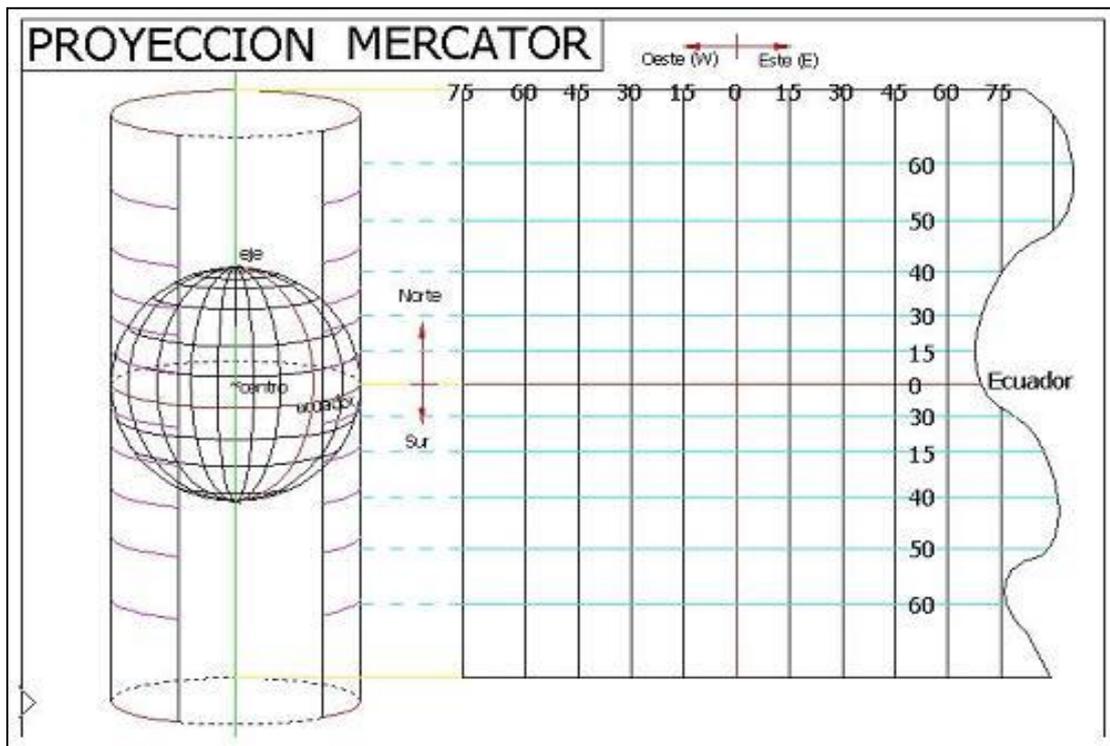
militares españoles para representar la península y por organismo civiles europeos para la representación de países y el continente entero.

**C. Proyección de Mercator.** Una proyección cilíndrica es aquella en la que la tierra se proyecta sobre un cilindro, ya sea tangente a lo largo del ecuador o de un meridiano o secante según dos paralelos equidistantes del mismo. Al desarrollar el cilindro se obtiene una representación plana, que es el objetivo del sistema de proyección. Esta representación refiere cada punto a un conjunto rectangular de meridianos y paralelos.

Una de las que más se han usado es el desarrollo cilíndrico conforme Mercator (**proyección Mercator**). La proyección Mercator es una proyección cilíndrica conforme directa y circunscribe a la tierra por un cilindro tangente a lo largo del Ecuador.

**Figura 6**

*Proyección Mercator*

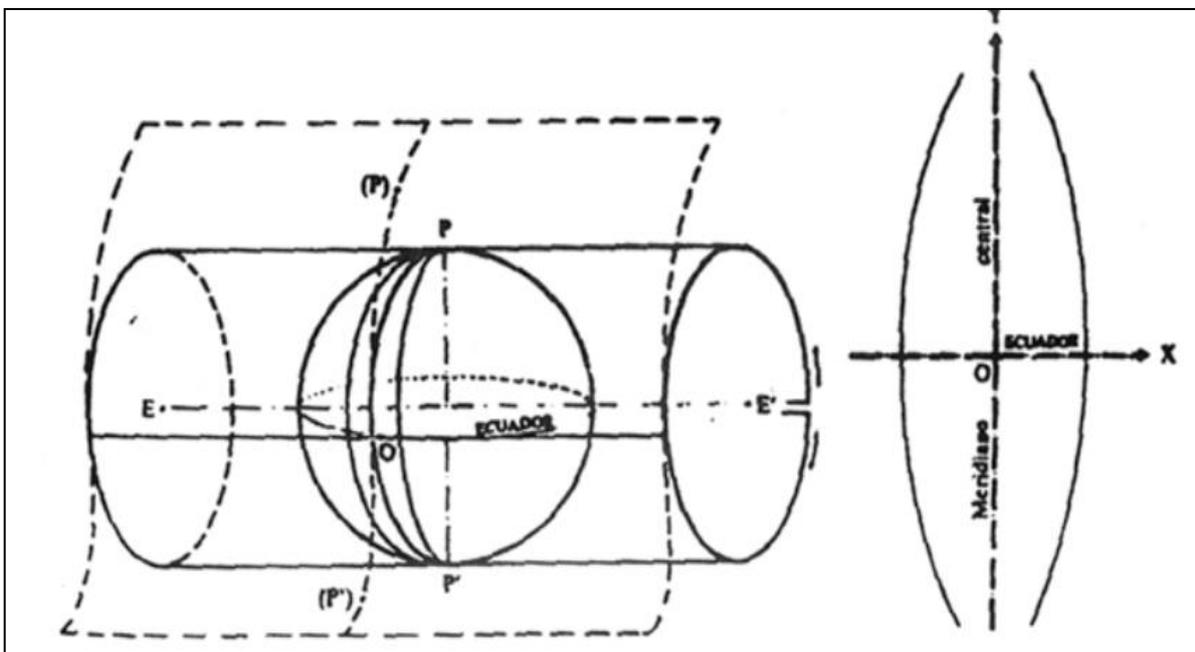


Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

**D. Proyección de Gauss.** Otra proyección cilíndrica es la proyección convencional conforme de Gauss. En ella, se imagina proyectar la superficie terrestre sobre un cilindro no tangente al ecuador, pero si un meridiano(transversa) puesto que los meridianos son infinitos. Igualmente, infinitos resultan los cilindros tangentes a la superficie terrestre que se pueden imaginar construir.

### Figura 7

*Huso de proyección y sistema de coordenadas*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

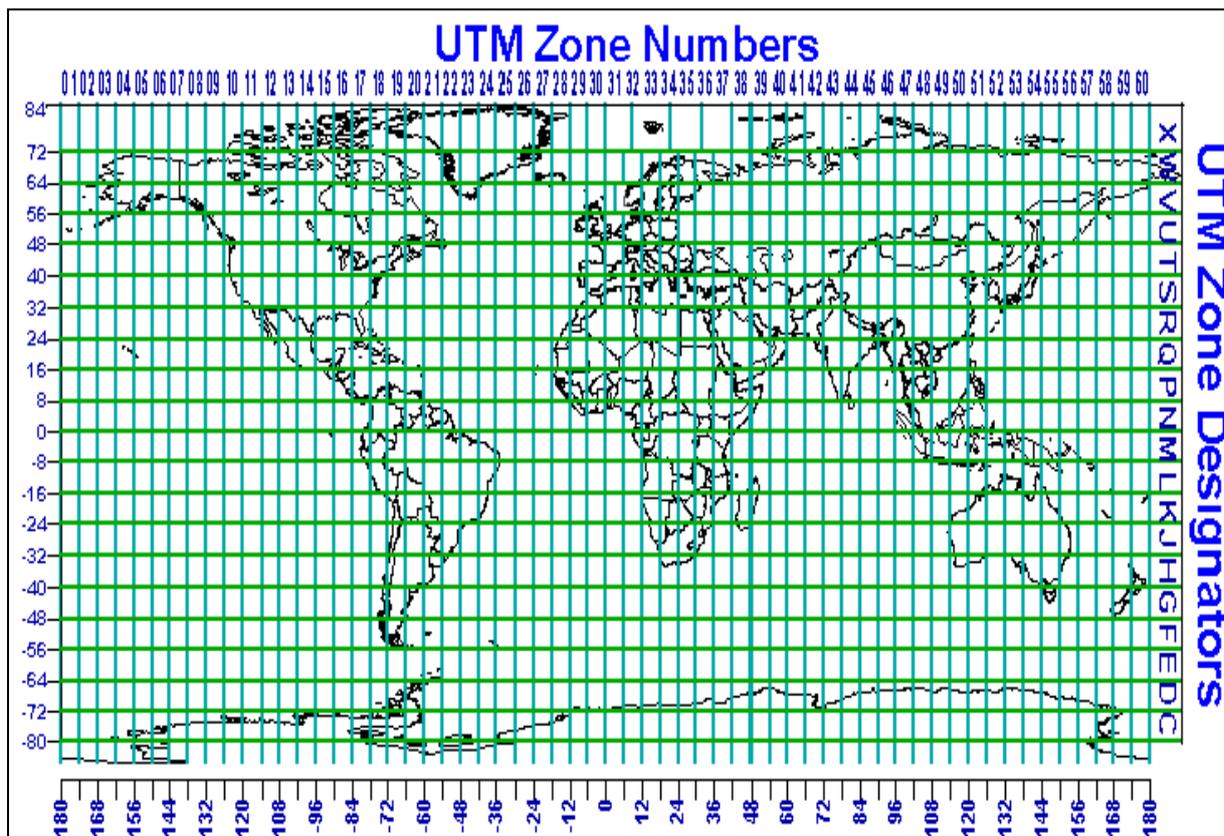
**E. Proyección UTM.** Extendida en todo el mundo, la proyección según Gauss y modificada por los EEUU para reducir aún más las deformaciones en distancia (se usan un “artificio” matemático donde se simula que el cilindro no es tangente sino secante), ha asumido el nombre de sistema UTM (Universal Transversal Mercator) y constituye, después de acuerdos internacionales, la base de la cartografía a escalas medias de los principales estados del mundo.

En el sistema cartográfico UTM toda la tierra ha sido dividida en 60 husos, que tienen una amplitud de  $6^\circ$  cada uno. Se numeran del 1 al 60 a partir del antimeridiano de Greenwich, avanzando del Oeste a Este. Girando el cilindro (transversal, tangente- o secante-al meridiano central del huso) se pueden representar cualquier zona de la tierra, es decir cualquier huso de  $6^\circ$  independientemente, saltando de uno a otro según nos “desplazamos” por la tierra, asegurando que las deformaciones no son importantes.

Para mejorar la localización en este sistema de proyección, sobre estos husos se superpone una cuadrícula UTM rectangular y perpendicular al ecuador en cada huso. Cada huso está dividido en cuadrados de 100 km de lado y cada cuadrado en una retícula de 1 kilómetro de lado.

### Figura 8

*Cuadrícula UTM*



Nota. Tomado del libro *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*, por Ortega et al. (Ed), 2016.

### **2.1.3. Catastro Urbano**

Los levantamientos catastrales deben plantearse a nivel distrital, este debe comprender los límites administrativos, sin excluir nada, es decir el catastro municipal debe proporcionar información gráfica y alfanumérica de absolutamente todo el territorio urbano, agrícola, eriazos, bosques, selva, cursos fluviales, lagos, vías de comunicación, etc.

Ahora bien, el caso urbano deberá estar comprendido por las zonas consolidadas, así como de las zonas de expansión urbana o centro poblados informales, a fin de obtener la situación real del distrito. (SUNARP, 2006).

Este debe partir de un diagnóstico del área a intervenir, para el cual se necesita recopilar información que obra en las diferentes áreas de la Municipalidad, así como el uso de imágenes satelitales.

Por otro lado, se debe tener en consideración lo siguiente, durante la ejecución del Catastro Urbano:

- Por ninguna razón el área de levantamiento catastral urbano de una municipalidad podrá pasar los límites de su jurisdicción.
- En el caso de otras Municipalidades o Entidades Generadoras de Catastro que por razón de su creación su área de trabajo abarque más de un distrito, deberán considerar los límites distritales haciendo cortes en los mismos a fin de no considerar predios de un distrito a otro.
- Si existe un catastro urbano elaborado con anterioridad, será obligatoria su utilización a modo de utilizarse como insumo para validar el nuevo levantamiento.

#### ***2.1.4. Ortofoto y Cartografía Digital***

Se establece la elaboración del catastro en base a la obtención de ortofotos y cartografía digital mediante restitución por considerar el método más eficiente para llevar a cabo levantamientos catastrales urbano, por las siguientes razones:

- **Economía:** La elaboración de cartografía por métodos fotogramétricos es menos pesado que la obtención de cartografía por método clásico (GPS Y estación total).
- **Eficiencia en los levantamientos:** Con la cartografía obtenida a través de fotogrametría, las brigadas de campo solamente tendrán que rectificar o ratificar la vectorización proporcionada por la restitución, no necesitaran realizar mediciones complejas en campo ni menos pedir permiso a los propietarios para llevar la medición de los predios. (SUNARP, 2006).
- **El método indirecto:** Este no necesita de brigadas de campo complejas, dado que la información de obtiene mediante extracción de información de imágenes estereoscópicas.

#### ***2.1.5. Metodologías del Levantamiento Catastral***

Para el levantamiento de la información Catastral se puede utilizar los métodos directo e indirecto ambos sistemas son totalmente compatibles y pueden resultar complementarios, la obtención de los datos topográficos clásica será incorporados a la cartografía catastral obtenida mediante fotogrametría, ya que en ambos casos se empleará el sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator). Tomando como referencia el datum WGS84.

### A. Método Directo:

- La recomendación es que esta metodología se aplicara solo en lugares donde la fotointerpretación no permita recoger información y se realiza a través de la topografía clásica con estación o GPS.
- Al emplear esta metodología se debe de conformar brigadas compuesto por asistente de campo, topógrafo y auxiliar de topografía.
- Las áreas fotogramétricas ocultas por sombras, vegetación, proyección de edificios serán levantadas y diferenciadas en trabajos topográficos.

### Figura 9

*Levantamiento catastral por método directo*



Nota. Elaboración propia

### B. Método Indirecto

- El catastro histórico o anterior deberá ser considerado como punto de partida, siempre que esta cumpla con previo control de calidad.

- Toda la cartografía digital elaborada, debe estar referida a los puntos de la Red Geodésica Nacional establecidos por el Instituto Geográfico Nacional.
- Al realizar el levantamiento de información planimetría, el fotogrametra deberá priorizar la restitución de los siguientes elementos: manzanas, lotes, alineamientos de fachada, área construidas y todo elemento fotoidentificable y relacionado con el levantamiento catastral, mas no los elementos de mobiliario urbano, la precisión requerida debe tener como máximo 30 cm.

**Figura 10**

*Levantamiento catastral por Método Indirecto*



Nota. Elaboración propia

## 2.2. Levantamiento Fotogramétrico

Este tipo de levantamiento parte de fotografías aéreas tomadas de la superficie terrestre con ayuda de cámaras aéreas métricas, una vez obtenidas las imágenes y éstas sean procesadas

y aerotrianguladas, se puede realizar el levantamiento de información espacial de manera precisa.

### **Figura 11**

*Vuelo Fotogramétrico de la ciudad de Puno.*



Nota. Elaboración propia

#### **2.2.1. Vuelo Fotogramétrico**

Tiene por objeto la obtención de fotogramas verticales del terreno (Zona de interés), los mismos que tendrán cobertura estereoscópica, tomando en cuenta los márgenes necesarios para la geometría del producto final. Para el caso particular de la ciudad de Puno, en dicho proceso se utilizó imágenes de vuelo fotogramétricos con cámara ADS80 con 11 líneas de vuelo de resolución espacial de 10 cm.

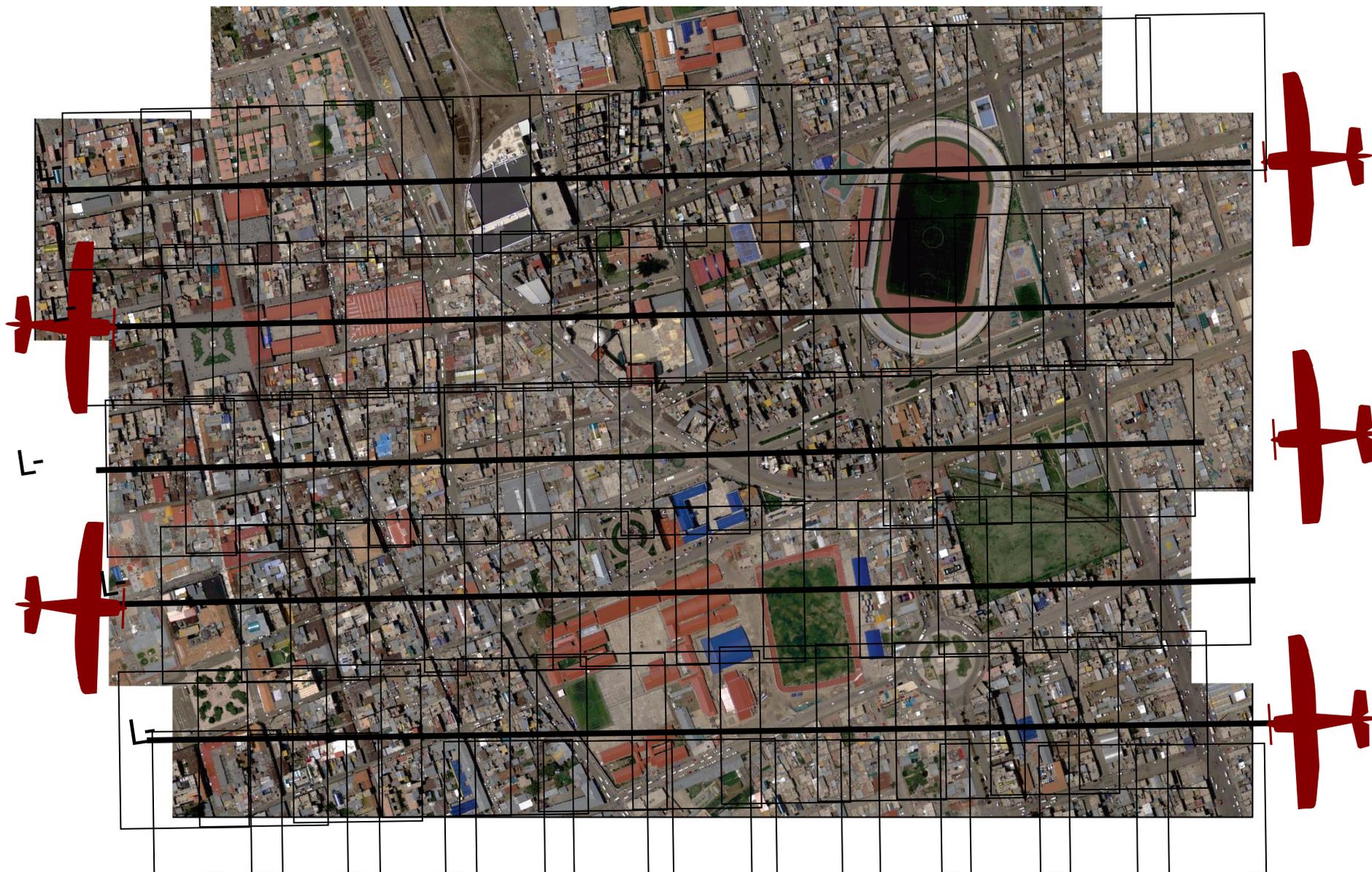
- 30 puntos de Fotocontrol Horizontales (PFCH), referido a la Estación de Rastreo Permanente (ERP) “PU02” ubicado en la ciudad de Puno.
- 20 puntos de Fotocontrol Vertical (PFCV), referido a puntos acotados al datum vertical nivel medio del mar.

### ***2.2.2. Gráfico de línea de vuelo***

Se grafican las líneas de vuelo sobre cartografía existente para poder establecer la situación relativa de cada fotograma aéreo. Este gráfico mostrará las líneas de vuelo con su codificación alfanumérica correspondiente. Los ejes de las líneas de vuelo se representarán uniendo puntos principales de los fotogramas, cuyo número ordinal será múltiplo de 5, indicando la numeración del primero y último de cada pasada. También se consignarán los números de las líneas de vuelo, altura de vuelo, fecha y nombre de la entidad que realiza el vuelo, escala de la fotografía y escala del gráfico para este proyecto se utilizaron 11 líneas de vuelo con una resolución espacial de 10 cm y utilizando una cámara ADS 80. (IGN, 2011).

**Figura 12:**

*Líneas de vuelo de la ciudad de Puno*



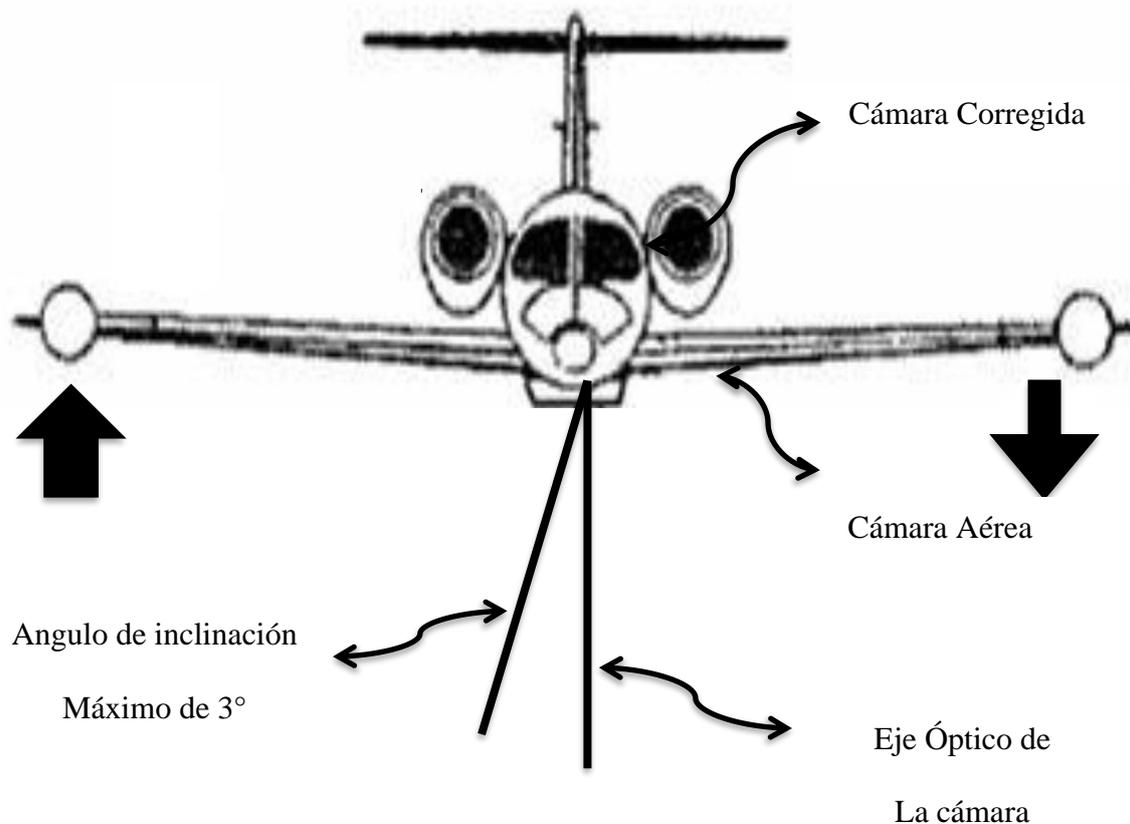
Nota. Elaboración propia

### 2.2.3. Líneas de vuelo

- a. Toda el área de trabajo debe estar recubierta estereoscópicamente, utilizando la cantidad de líneas de vuelo o pasadas que sean necesarias.
- b. La dirección de las líneas y/o pasadas se determinará en función de la geometría del área que se vaya a trabajar y de la morfología del terreno, tomando en cuenta las prescripciones legales aeroportuarias.
- c. Las correcciones de rumbo del avión entre las posiciones de dos fotogramas consecutivos a lo largo de cada pasada no pueden ser superiores a  $3^\circ$  en la inclinación del eje óptico.

#### Figura 13

*Característica de avión fotogramétrico*

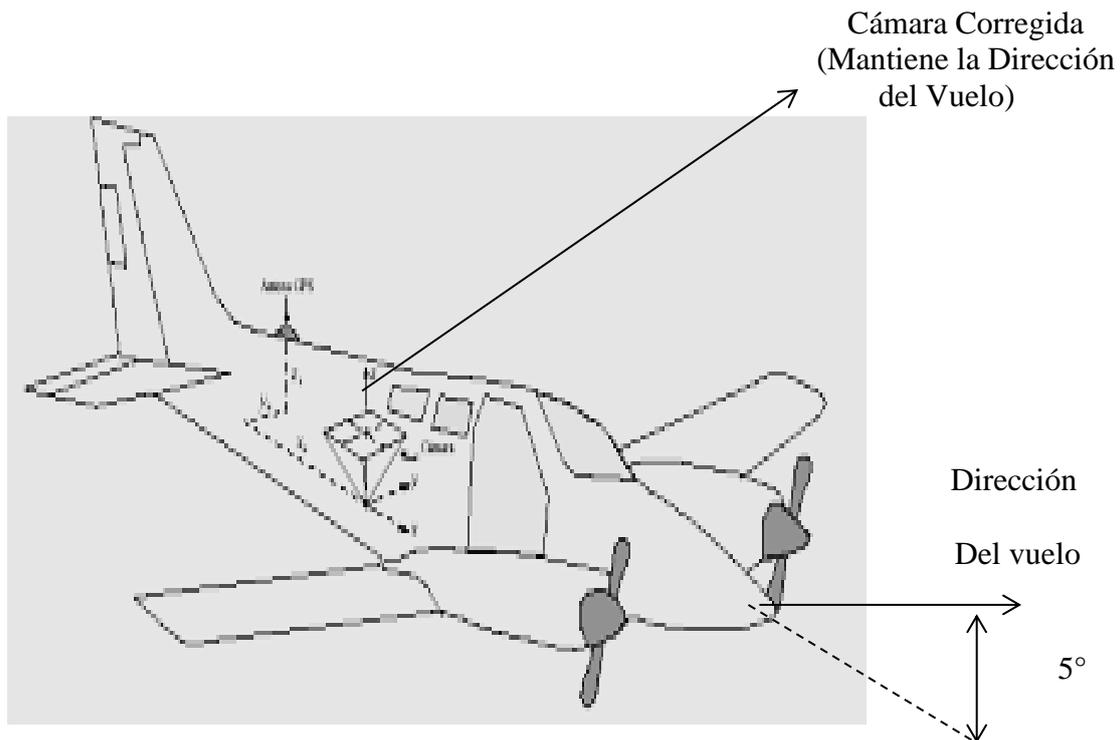


Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

d. Los ejes de las líneas contiguas que tengan que ser paralelas, no deben formar un ángulo superior a los  $5^\circ$  entre la unión de los puntos principales de los fotogramas extremos.

**Figura 14:**

*Ángulo dirección de vuelo fotogramétrico*



Nota. Elaboración propia

e. Cada línea de vuelo sobrepasara los límites de la zona del proyecto, de tal manera, que tres modelos estereoscópicos completos estén fuera del límites señalado, donde si la línea de vuelo es paralela al límite, la última línea de vuelo deberá caer completamente fuera de este, utilizando la cámara ADS80 con 11 líneas de vuelo con una resolución espacial de 10 cm de pixel. (IGN, 2011).

#### **2.2.4. El recubrimiento longitudinal o Traslapo**

El promedio entre fotografías aéreas sucesivas deberá ser el suficiente para que garantice el cubrimiento estereoscópico del terreno.

- **Tipo de relieve traslapo**

- ✓ Plano 60%
- ✓ Ondulado 65%
- ✓ Montañoso 70%
- ✓ Las variaciones del recubrimiento promedio serán de  $\pm 3\%$ .

En vuelos en los que se derivan ortofotos, debe calcularse la sobreposición necesaria para que por lo menos una fotografía tenga su punto principal en el centro del espacio que cubrirá la ortofoto correspondiente. Se recomienda utilizar traslapo longitudinal de hasta 80%. (IGN, 2011).

#### ***2.2.5. Traslapo o recubrimiento lateral***

El traslapo lateral entre líneas consecutivas del área de trabajo debe tener sobre posición estereoscópica. Si por alguna circunstancia una línea se interrumpiera, deberá existir una nueva línea que tenga un modelo estereoscópico común con la anterior.

- **Tipo de relieve traslapo**

- ✓ Plano 20%
- ✓ Ondulado 25%
- ✓ Montañoso 30%

Las variaciones del recubrimiento promedio serán de  $\pm 3\%$ . Las fotografías con las que se pretende obtener cartografía por medio de ortofotos, se recomienda utilizar traslapo lateral de hasta 40%. (IGN, 2011)

### 2.3. Determinación de la Escala de Vuelo.

a. La elección de la escala de vuelo estará determinada en función de la resolución de escaneo y del GSD que se espera obtener a fin de que sea menor que el GSDmax. La relación existente entre escala de vuelo, resolución de escaneo y tamaño del píxel en unidades terreno (GSD).

**Tabla 1**

*Cuadro comparativo entre resolución del escaneo y el tamaño pixel terreno*

| Escala | Tamaño de pixel | (GSD)Tamaño de pixel en el terreno |
|--------|-----------------|------------------------------------|
| 1:4000 | 15 micrones     | 6 centímetros                      |
| 1:5000 | 15 micrones     | 7.5 centímetros                    |
| 1:6000 | 15 micrones     | 9 centímetros                      |
| 1:1000 | 10 micrones     | 10 centímetros                     |

Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

b. Para determinar la escala de la fotografía aérea, es necesario conocer previamente la escala de cartografía que se pretende obtener.

c. El factor de ampliación es utilizado para determinar la escala de la fotografía, por consiguiente, la altura de vuelo debe permitir obtener una exactitud posicional aceptable en su componente horizontal.

d. Para la producción de cartografía digital escala 1:1 000 el máximo factor de ampliación permitido será 6 veces.

e. La escala aproximada de los fotogramas en los puntos de cota media tendrá una tolerancia de  $\pm 10\%$  de la escala definida. (IGN, 2011)

### 2.3.1. Condiciones del vuelo Fotogramétrico con cámara análoga

El marco de apoyo del fotograma poseerá las correspondientes marcas de referencia para obtener el punto principal de cada fotograma.

**Tabla 2**

*Característica de la toma de fotografía con la cámara análoga*

| Objeto       | Ángulo de Campo | Distancia Principal (f) | Formato  |
|--------------|-----------------|-------------------------|----------|
| Gran angular | 90°             | 150 mm                  | 23x23 cm |

Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

- a. La cámara estará equipada con los dispositivos necesarios para que la película se mantenga plana en el momento de la exposición. (Dispositivos de succión, vacío, tensión o presión).
- b. La cámara métrica, permitirá reconstruir lo mejor posible el haz perspectivo, registrando sobre los fotogramas marcas fiduciales para facilitar la reconstrucción de la proyección del eje óptico.
- c. Los sistemas de control de navegación permitirán seguir el vuelo predefinido y sincronizar la toma fotográfica con los datos GPS/IMU.
- d. La cámara aérea debe estar dotada de mecanismos de compensación de movimiento del avión: hacia adelante FMC (Forward Motion Compensation) los cuales sincronizan el movimiento de la película con la velocidad del avión, para que la imagen fotográfica resultante tenga nitidez máxima en todo el fotograma. (IGN, 2011)

### 2.3.2. Calibración de la Cámara Métrica

La cámara deberá poseer certificado de calibración con una vigencia máxima de dos años antes de la obtención de los fotogramas, con un contenido mínimo de:

- Institución a cargo de la calibración y fecha de la operación.
- Tipo y serie de cámara
- Tipo y serie de lente
- Distancia focal calibrada
- Distorsión radial en micras, referida al eje óptico de simetría.
- Coordenadas de las marcas fiduciales.
- Punto principal de autocolimación (IGN, 2011)

### Figura 15

*Cámara ADS80 para el uso Fotogramétrico*



Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

### 2.3.3. Condiciones Generales de los Fotogramas

#### ➤ Película

- a. La emulsión de la película debe ser de grano fino, bien contrastada y de sensibilidad pancromática (blanco y negro) y/o color del tipo utilizado en fotogrametría, con un poder de resolución, como mínimo de 90 líneas por milímetro.
- b. El soporte de la emulsión tiene que ser de material indeformable de tipo poliéster y poseerá una gran estabilidad dimensional, no debe experimentar en ninguna dirección, ni contracciones ni dilataciones irregulares, garantizando la calidad de la imagen fotográfica para fines cartográficos.

#### ➤ Negativos

- a. Los negativos tienen que estar exentos de manchas y densidades excesivas que oculten la información.
- b. En ellos deben verse nítidamente las marcas fiduciales, para poder ser utilizados sin dificultad en la restitución y/o foto-interpretación.
- c. La entrega de los negativos será en rollos originales donde figuraran los datos necesarios para su identificación.

#### ➤ Positivos

- a. Para la obtención de positivos en papel, se obtendrán por contacto, sobre papel fotográfico semimate, liso, de densidad uniforme, libres de rayas y exento de defectos.
- b. Las copias en papel se colocarán en sobres, por líneas de vuelo, donde se anotará el número de línea y los datos necesarios para identificar fácilmente su contenido.

## **2.4. Características de las imágenes**

Las imágenes que se obtengan deben estar libres de manchas, partículas de polvo, pelusas, rayas, por ello debe examinarse y limpiarse si es necesario el material original. Se comprobará que estén correctamente rotuladas y que todas las marcas fiduciales sean visibles.

### **2.4.1. Geometría de la Imagen**

Se debe realizar un control geométrico por imagen, a partir de la medida de las coordenadas pixel en las marcas fiduciales y se comprobará que el error medio cuadrático de los residuos de la orientación interna de cada imagen sea inferior a 10  $\mu\text{m}$  y que el máximo residuo sea inferior a 15  $\mu\text{m}$  en el 99% de los casos.

### **2.4.2. Radiometría de la Imagen**

Realizar un control radiométrico que verifique que el histograma por componente de color de cada una de las imágenes siga una distribución normal y que la saturación en los extremos no sea superior al 0.5%.

### **2.4.3. Calibración**

El escáner se debe calibrar geométrica y radiométricamente con la frecuencia necesaria, de manera que no introduzca ningún defecto del tipo bandeado y/o tablero de ajedrez, mal registro entre bandas de color o defectos causados por la compresión de imagen que impidan la realización de las tareas fotogramétricas tradicionales, o induzcan a la confusión en la interpretación de los objetos. (IGN, 2011).

## **2.5. Especificaciones técnicas para el apoyo fotogramétrico**

Las actividades de apoyo comprenderán los trabajos de campo y gabinete que sean necesarios en la obtención de datos que se requieran para determinar la posición planimétrica y altimétrica de los puntos de control geodésico y puntos de referencia para la restitución fotogramétrica de los fotogramas y/u otras aplicaciones métricas. El apoyo terrestre para control fotogramétrico se compone de puntos de control básico y puntos de control fotográfico. Los puntos de control básico constituyen la referencia a partir de la cual se propagan las coordenadas a los puntos de control fotográfico. El control fotográfico son puntos identificables en la fotografía que sirven de control para las operaciones de fotogrametría. Las coordenadas de los puntos de apoyo terrestre deben obtenerse en coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura elipsoidal) con su altura ortométrica asociada. Estas coordenadas deben ser proyectadas a UTM utilizando un software capaz de asegurar que no existan pérdidas significativas de precisión. Instituto Geográfico Nacional (2011).

### ***2.5.1. Preparación de proyecto***

- a. Se recomienda que los puntos de control fotográfico sean levantados después de la toma de fotografías.
- b. La planificación y selección de la ubicación de los puntos de apoyo y/o control de campo, se realizará previamente sobre un juego de fotografías, con apoyo de un fotoíndice, considerando la geometría del bloque fotogramétrico y la precisión del levantamiento.
- c. Mediante la observación de los fotogramas se preseleccionarán en gabinete los puntos de apoyo y/o control de campo, por su accesibilidad topográfica y la existencia de detalles que los caractericen sobre el terreno.
- d. Para ello se procederá a la selección de los pares estereoscópicos que deben apoyarse en campo. Sobre estos pares se marcarán los puntos en las zonas de triple

recubrimiento, así como las áreas comunes entre las diferentes pasadas y/o líneas que componen el vuelo.

e. La densificación de puntos de control debe realizarse por bloques de aerotriangulación, seleccionando las fotografías necesarias para cubrirlos estereoscópicamente y planificando el apoyo fotogramétrico para la aerotriangulación, en función del tipo de vuelo.

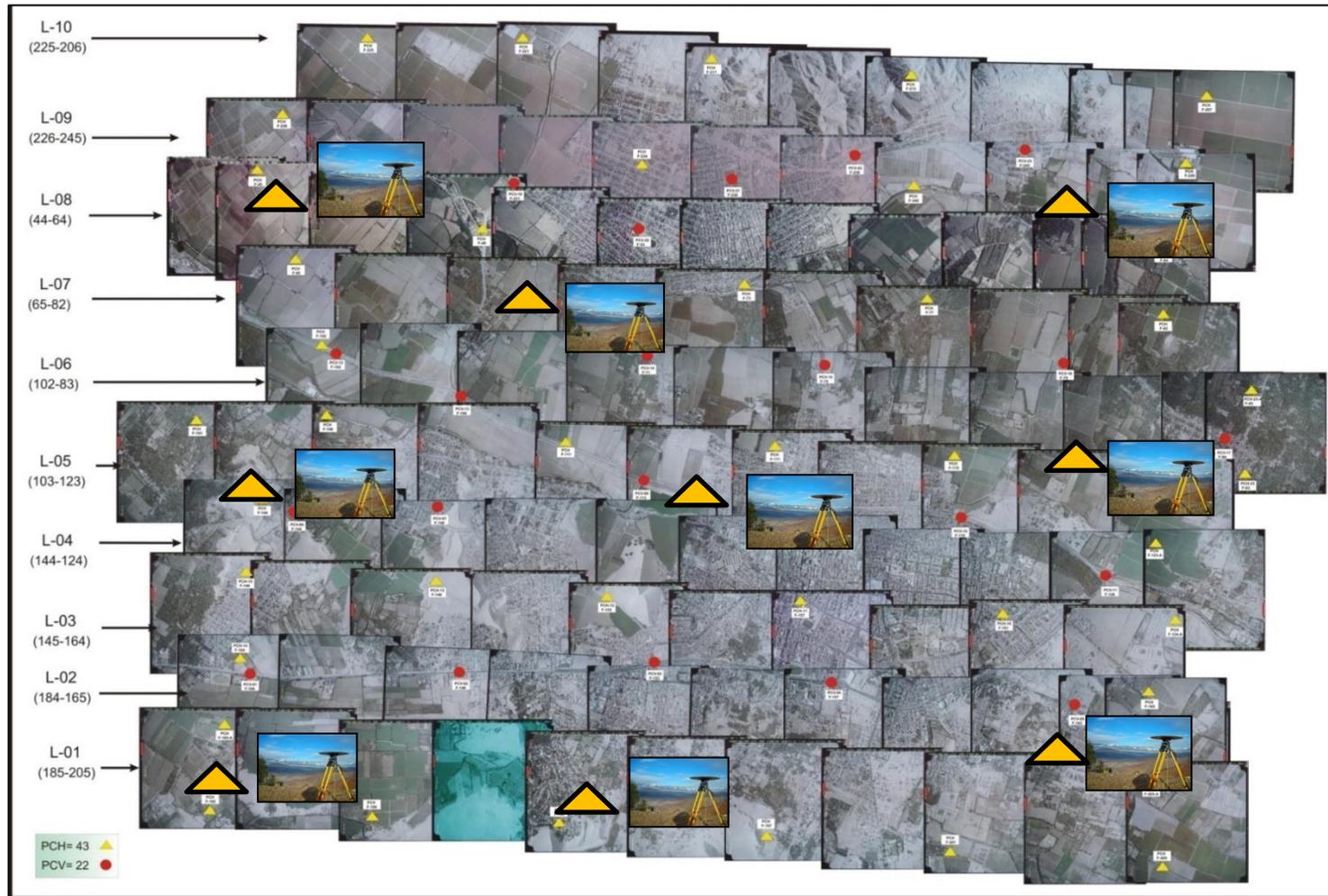
f. Se realizará un reconocimiento de cada uno de los sectores planificados, a fin de escoger el mejor sitio foto identificable de características puntuales, acorde a la escala de la fotografía.

g. La zona elegida deberá disponer de gran parte de las condiciones propias para la recepción GNSS, así como condiciones de accesibilidad y permanencia.

h. Los puntos serán lo más puntuales posibles con preferencia de detalles permanentes como esquinas de casas o casetas, intersección de lindero de parcela, rocas, intersección.

**Figura 16**

*Apoyo terrestre de puntos de control para la Orto rectificación de las fotos aéreas*



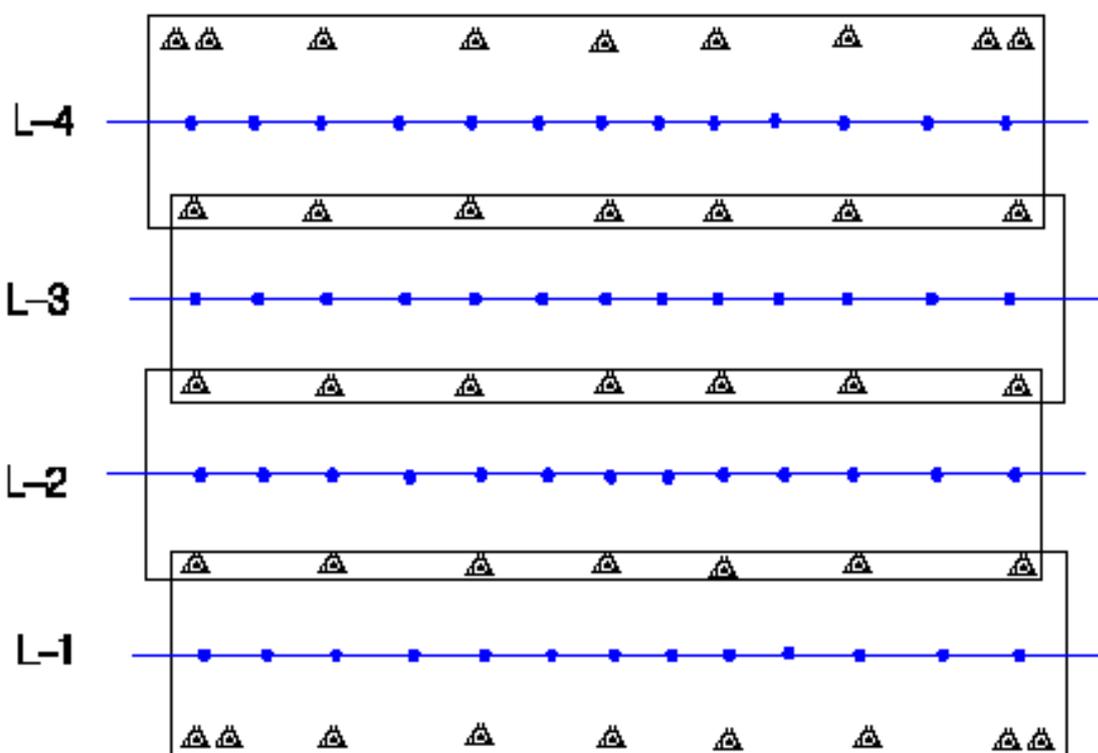
Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

### 2.5.2. Distribución de puntos de Control para Aerotriangulación

- a. La distribución de los puntos de control en un bloque conformado por varias líneas de fotografías aéreas, es variable, en general, es recomendable tener una distribución homogénea de los puntos de control por todo el bloque, asegurando preferentemente el perímetro.
- b. Un punto de control doble en cada esquina del bloque.
- c. Un punto de control en las esquinas internas de los enlaces entre líneas de vuelo, asegurando el amarre o enlace adecuado entre las mismas.
- d. Un punto de control cada tres modelos, perpendicular a las líneas de vuelo, a los extremos y en las zonas de traslape de las mismas.

**Figura 17**

*Líneas de vuelo fotogramétrico*



Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

### ***2.5.3. Establecimiento de Redes Geodésicas Locales***

El Instituto Geográfico Nacional establece y administra la Red Geodésica Nacional, la misma, se encuentra conformada por puntos geodésicos de orden Cero, A, B, C y por estaciones de rastreo permanente GNSS, cuya finalidad es homogenizar los trabajos geodésicos y servir como referencia para el establecimiento de otras estaciones o subredes locales, mediante la diferenciación de las observaciones del usuario con respecto a una o más estaciones.

### ***2.5.4. Obtención de los Puntos de Apoyo Fotogramétrico***

a. La determinación de los puntos de apoyo geodésico, se realizará por el método de levantamiento disponible, en el caso de posicionamiento GNSS se empleará el método Estático Diferencial, se deberá tener como fijo un vértice de la Red Geodésica Nacional y/o de puntos determinados previamente para el proyecto u otro que obtenga iguales resultados de precisión.

b. Los puntos de apoyo fotogramétrico se determinarán a partir de la Red Geodésica Nacional.

c. Se utilizarán receptores GNSS geodésicos de una frecuencia L1 o de doble frecuencia L1/L2 y código C/A.

d. Cada sesión de observación se planificará previamente para intervalos de tiempo en las que el PDOP (Position Dilution of Precisión) sea inferior a 4, determinándose horas comunes de recepción.

e. Para garantizar la precisión en la generación de cartografía Esc. 1:1000 será necesario realizar circuitos de nivelación.

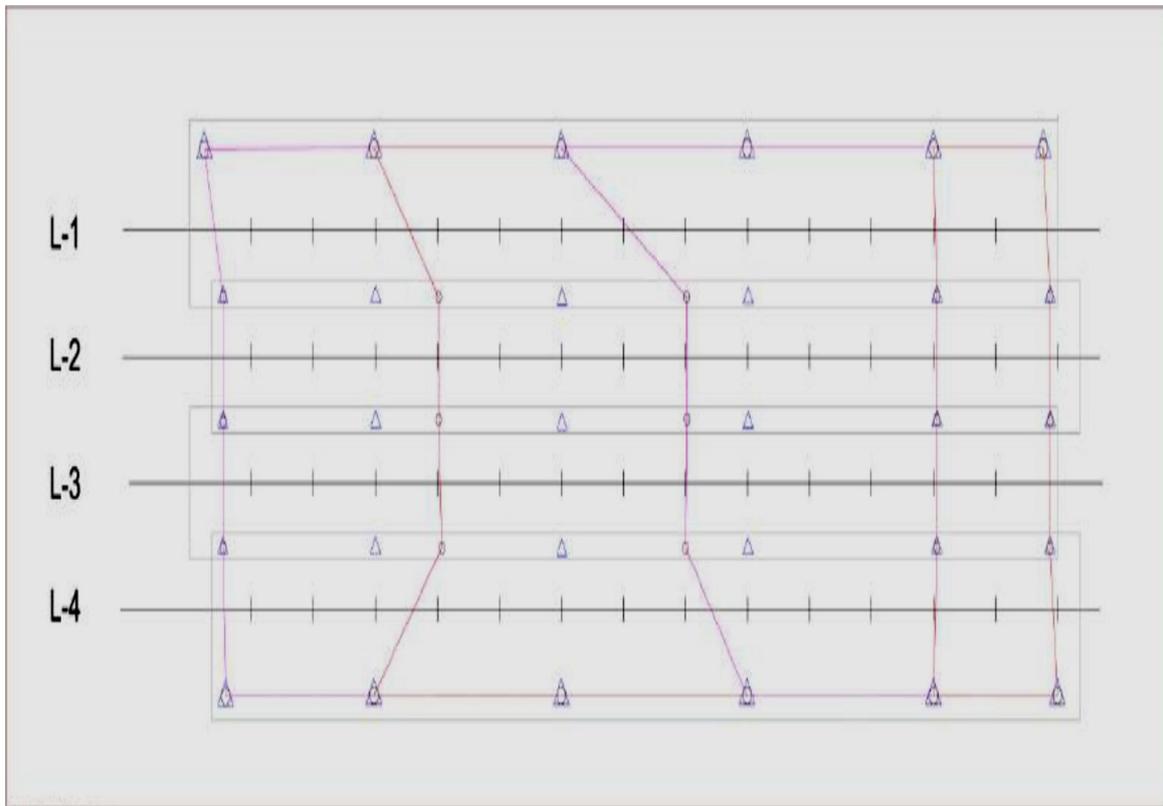
f. El propósito del control vertical consiste en determinar la altura de los puntos de fotocontrol en relación al nivel medio del mar.

g. Todo circuito debe tener una partida y llegada a una marca de cota fija conocida (marca de cota fija IGN), con el fin de verificar los cierres.

h. Todo circuito de nivelación debe incluir un gráfico en el que se considere ruta de acceso, sentido (ida y regreso) y distancia obtenida por instrumento a fin de que las comprobaciones de campo determinen el cálculo real.

### Figura 18

*Puntos de apoyo Fotogramétrico*



Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

## 2.6. Especificaciones técnicas para la Aerotriangulación digital

La siguiente fase a realizar es la aerotriangulación, que permitirá que a partir de un número mínimo de puntos de apoyo y mediante mediciones en los fotogramas determinar las

coordenadas de los puntos de enlace y los parámetros de la orientación exterior. La aerotriangulación se realizará por técnicas digitales y el método de compensación será el de ajuste de haces con parámetros GNSS.

### ***2.6.1. Orientación interior de la imagen digital***

a. La orientación interior consiste en la medida de las marcas fiduciales en la imagen digital, estableciendo la relación entre las coordenadas píxel de la imagen digital y el sistema de fotocoordenadas definido en el certificado de calibración de la cámara.

b. Se localizará las marcas fiduciales digitalizadas, semiautomática o manualmente, por comparación con una marca fiducial patrón, procediendo a su medida y al cálculo de la orientación.

c. Se utilizarán las ocho marcas fiduciales. De cada una de estas orientaciones se obtendrán los residuales correspondientes.

d. La precisión en la orientación interna tendrá un valor del error cuadrático medio, RMS (Root mean square) inferior a 0.5 del tamaño del píxel del sensor.

e. Imágenes de vuelo fotogramétrica con cámara ADS80 con 11 líneas de vuelo con una resolución espacial de 10cm de tamaño de píxel.

f. 30 puntos de fotocontrol horizontales referidos a las estaciones de rastreo permanente y 20 puntos de fotocontrol verticales en medio del Mar.

### ***2.6.2. Orientación exterior de la imagen digital***

a. Los puntos de enlace se obtendrán por correlación, pasando posteriormente un control de calidad para asegurar el correcto enlace entre fotogramas y entre pasadas y/o líneas, completando manualmente aquellas áreas que se han quedado sin puntos de enlace.

- b. Las imágenes satelitales se iniciaron el 10 de octubre del 2016 con imágenes de vuelo fotogramétricas con cámara ADS80 con once líneas de vuelo fotogramétricos con una resolución de 10 cm de resolución espacial de tamaño de pixel.
- c. Se observarán un mínimo de 12 puntos de enlace en cada modelo (2 en cada zona de Von Grüber) conectando modelos y un mínimo de 1 punto de enlace conectando pasadas y/o líneas en zonas de enlace.
- d. A partir de la medición de dichos valores instrumentales (x,y), de la orientación interior, y de las coordenadas terreno (X,Y,Z) introducidas, se resuelve las ecuaciones de condición de linealidad, que expresará que el punto objeto, su imagen y centro de proyección, se encuentren en una misma recta obteniéndose en consecuencia, los parámetros de orientación absoluta de la fotografía.

### ***2.6.3. Cálculo y ajuste del bloque***

- a. Para la orientación simultánea del bloque se emplearán en el cálculo de la aerotriangulación, los puntos de control establecidos en el apoyo fotogramétrico, los puntos de enlace obtenidos en la formación del bloque y las posiciones de los fotocentros proporcionadas por el receptor GNSS.
- b. Los resultados del ajuste del bloque deben conducir a un error cuadrático medio, RMS, tanto en planimetría como en altimetría.
  - Precisión planimetría final RMSE inferior a GSD (metros). GSD: Ground Sample Distance (tamaño del píxel en el terreno-metros). Calculada independientemente en cada coordenada para un número representativo de puntos.
  - Precisión altimétrica final RMSE inferior a GSD (metros). Calculada por el mismo método que en el caso anterior.

- En el interior del bloque, para garantizar la precisión final del producto, se realizará una medición con los puntos de chequeo, los cuales no habrán intervenido en el ajuste del bloque.

- Residuo máximo en los puntos de control inferior a 1,5 veces el GSD.

c. Las tolerancias para los errores residuales serán los siguientes:

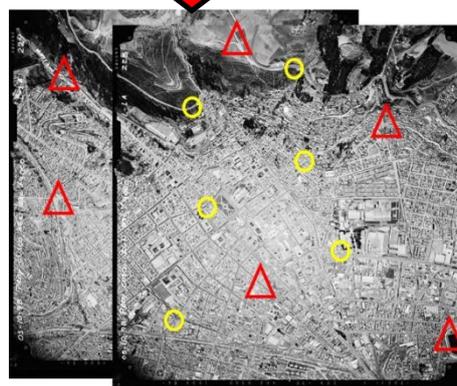
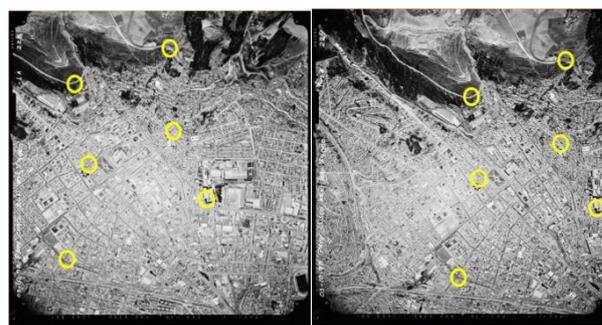
- Para Planimetría  $0,2 M/1000$  m.

- Para Altimetría  $0,3 H/1000$  m.

Siendo **M** el denominador de la escala del plano y **H** la altura del vuelo en metros

### Figura 19

#### *Proceso de Aerotriangulación Digital*



Proceso de Aerotriangulación a cargo del especialista que luego de ser revelada la fotografía aérea se realizara el traslape horizontal encontrando los puntos de referencia en el terreno.

Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

## 2.7. Especificaciones técnicas para la restitución fotogramétrica

La Restitución Fotogramétrica es el procedimiento para generar modelo 3D del terreno a partir de un par estereoscópico con el propósito de extraer elementos del terreno, para la elaboración de un mapa nuevo o actualizado. El mapa terminado no puede ser ni más preciso, ni puede contener más información que su compilación togramétrica. Debe tenerse sumo cuidado en la selección y colocación del detalle cartográfico para que el mapa terminado no sólo cumpla con las normas de precisión, sino que también satisfaga el propósito del mapa. La compilación debe ser clara y legible e incluir cada detalle que debe mostrarse en el mapa terminado, debida y adecuadamente delineado y colocado.

### 2.7.1. Información a Restituir

Los elementos planimétricos y altimétricos a representar, así como su codificación y simbología gráfica, se especifican en el Catálogo de Objetos y Símbolos generados de acuerdo a la escala de trabajo.

**a. Planimetría:** La restitución deberá contener todos los detalles identificables a partir del vuelo, en su exacta posición y verdadera forma (a escala), con dimensión mínima de 0,5 mm en el plano. Otros elementos de interés con dimensión menor a 0,5 mm se representarán como norma general mediante símbolos.

- La restitución de los detalles planimétricos se efectuará a nivel del terreno. Así, en el caso de las edificaciones se tomará, siempre que el vuelo lo permita.

- El encuentro de los edificios con el terreno se representará con línea continua; cuando esto no sea posible y lo que se restituya sea el alero, se tomará con línea entrecortada para así facilitar la revisión de campo.

- Asimismo, se capturarán las medianeras, patios interiores y todos aquellos detalles como muros, calles, carreteras, etc., que definan las parcelas y/o propiedades.

- De los edificios públicos e históricos foto identificables como son: Iglesias, Palacios, Municipalidades, etc., se restituirán las cubiertas y cumbreras, no se restituirán los dibujos en el pavimento y elementos transitorios.

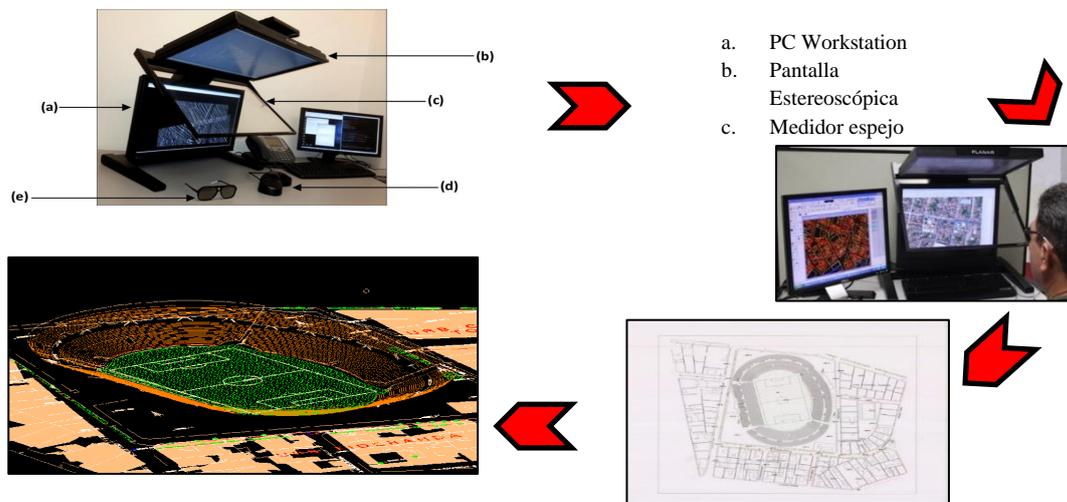
### 2.7.2. Memoria de ejecución del Proceso

Al finalizar el proceso de Restitución, se debe elaborar un informe que incluya una descripción detallada de las características de los equipos y Software utilizados, así como las tolerancias, método de restitución y de los diferentes controles que se han llevado a cabo para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y del material generado.

- Equipos de restitución.
- Tipo de equipos de restitución.
- Características de equipo de restitución
- Software aplicado en cada una de las operaciones del proceso.
- Personal, especialización.
- Turnos empleados.

**Figura 20**

*Componente de la Restitución Fotogramétrica*



Nota. Elaboración Propia

## 2.8. Especificaciones técnicas para clasificación de campo

La clasificación de campo constituye una etapa del proceso cartográfico en la cual se desarrolla la verificación, actualización y validación de las entidades geográficas con sus respectivos nombres geográficos a través de un levantamiento sistemático en campo para su posterior publicación en un determinado producto con las especificaciones del modelo de datos previamente definido.

- **Verificar:** Consiste en establecer la variación de los registros sobre entidades geográficas y nombres en los registros existentes en las bases de datos respectivas.
- **Actualizar:** Actividad mediante la cual, los registros existentes en las bases de datos sobre entidades geográficas y topónimos, cambian, de acuerdo a la dinámica espacial de los mismos.
- **Validar:** Dirigida a capturar entidades geográficas con sus nombres respectivos, que no se encuentran relacionadas en la información existente en las bases de datos del IGN.

### 2.8.1. Clasificación de Campo

a. Para realizar el levantamiento de la Clasificación de Campo se debe tener en cuenta, lo estipulado en las especificaciones y los manuales de levantamiento de clasificación de campo del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).

b. El material deberá ser preparado en su totalidad antes de salir a campo. Esto implica:

- Identificación de la zona de trabajo
- Análisis e inventario de la información disponible.

c. Preparación del material de campo, la demarcación de las áreas útiles de levantamiento para cada aerofotografía y/o originales de restitución, la identificación completa de las fotografías y/o originales de restitución adyacentes, la señalización del norte, anotación de la información analizada, existente en el IGN y de los respectivos códigos del análisis realizado sobre la cartografía y formatos anexos.

d. En la toma de datos, se deberá analizar, en lo posible, el origen, la difusión y conocimiento de los topónimos, procurando el más alto grado de confiabilidad de cada uno de ellos.

e. La obtención de la información deberá ser minuciosa, cada dato o nombre debe ser de amplio dominio en la región y su aceptación se obtendrá cuando se confirme con por lo menos tres personas que habiten en la zona durante los últimos años, o quienes a través de estudios específicos la conozcan. Los datos básicos de cada fuente serán consignados en las fichas toponímicas.

f. Se debe apoyar la investigación en la georeferenciación del topónimo a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Instituto Geográfico Nacional; la misma que tiene como base el Sistema de referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), así como la información de base (cartografía, aerofotografías y manuales) y la consulta en los documentos oficiales disponibles de los entes administrativos locales y comprobar la veracidad de los mismos.

g. Los topónimos correspondientes a áreas se deben investigar y ubicar de la manera más precisa posible. En los casos que existan dos o más nombres, estos deben consignarse, señalando entre paréntesis el segundo mediante una reseña aclaratoria.

Para cumplir con lo anterior, el clasificador de campo deberá:

- Realizar el levantamiento de nombres geográficos y nombres propios de los elementos cartográficos necesarios para la elaboración de cartografía a escala 1:1 000.

- Identificar y clasificar los elementos físicos y artificiales confrontándolos en terreno con los que aparecen representados en las fotografías aéreas y/o originales de restitución.

- Elaborar una base de datos o fichas toponímicas, con el fin de alimentar el Banco de Datos Toponímicos y Nombres Geográficos.

Además, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Realizar un estudio de la toponimia y de nombres geográficos anotándolos para confirmar o actualizar los cambios ocurridos en el área. Si se trata de una zona costera es importante consultar mapas hidrográficos para definir líneas de orilla y demás elementos.

- Cuando sea necesario obtener datos in situ, mantener el buen trato con las personas del lugar, explicando la clase de trabajo que se efectúa en la región y los motivos por los que se realiza esta labor. A su vez, la información obtenida en campo deberá ser veraz, libre, espontánea y valorada por el clasificador antes de ser anotados.

- Las imágenes obtenidas del vuelo fotogramétrico de la cámara ADS80 con 11 líneas de vuelo y con una resolución espacial de 10cm de tamaño de pixel con 30 puntos fotocontrol horizontal referido a las estaciones de rastreo permanente y con 20 puntos de fotocontrol vertical referido al Datum vertical del medio del mar.

## 2.9. Definición de términos básicos

Para el manejo de un lenguaje común entre los organismos generadores de cartografía, es importante entender y cumplir los presentes lineamientos técnicos, a través de las definiciones siguientes (IGN, 2011):

- **Altimetría.** - En cartografía, es la altitud del terreno diferenciado por la representación de curvas de nivel y cotas.

- **Altitud.** - Es la distancia vertical desde un punto del terreno al nivel medio del mar. La expresión numérica de la altitud se denomina cota.

- **Altura.** - Distancia vertical desde un punto del terreno hasta un plano de comparación horizontal cualquiera.

- **Catastro de predios.** - Es el inventario físico de los predios orientados a un uso multipropósito y se encuentra constituido por la suma de predios contiguos que forman el territorio de la república, a los cuales se les asigna un Código Único Catastral con referencia al titular o titulares de Derecho de Propiedad de Predio.

El Catastro proporciona a los usuarios información actualizada de todos los derechos registrados sobre un predio, mediante su interconexión con el Registro de Predios.

- **Cartografía Básica Oficial.** - Es la cartografía elaborada por el Instituto Geográfico Nacional, sujeta a normas técnicas en la que se representa en forma detallada el paisaje terrestre, cuya edición y publicación constituye un factor fundamental para el desarrollo y defensa nacional. Sirve como base para la elaboración de cartografía temática realizada por otras entidades.

- **Coordenadas Geográficas.** - Son los Valores de Latitud y de Longitud que indican la posición horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra en un mapa.

- **Coordenadas UTM.** - Valores numéricos Norte y Este que permiten representar la posición horizontal de un punto en una Zona de la Proyección.

- **Desviación Estándar.** - Medida de dispersión, alrededor del promedio probable de una cantidad evaluada normalmente mediante la expresión:

Dónde:  $X$  = valor de cada una de las observaciones;  $X'$  = promedio de dichas observaciones, y  $n$  = cantidad de observaciones.

- **Elipsoide de Referencia.** - Figura matemática considerada la mejor aproximación local o global de la forma de la Tierra, siendo sus parámetros:

Semieje mayor a (ecuatorial) Semieje menor b (polar) Aplanamiento  $\alpha$  Excentricidad e.

- **Estaciones de rastreo permanente (ERP).** - Se define como el conjunto de estaciones de monitoreo continuo de datos de GNSS, distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico Nacional.

- **Exactitud.** - Es el grado de aproximación absoluta de una magnitud a su valor verdadero, siendo el valor una magnitud no determinable. Se acepta, sin embargo, en algunos casos, la adopción de un valor verdadero cuando el método de medición posterior posee una precisión reconocidamente inferior al método precedente, considerado exento de errores groseros y sistemáticos.

- **Especificación.** - Es una descripción técnica, detallada y exhaustiva de un producto o servicio, contiene toda la información necesaria para su producción. Algunas especificaciones pueden ser adoptadas como normas o como estándares.

- **Equidistancia entre Curvas de Nivel.** - Diferencia de valores de altitud establecida entre curvas de nivel sucesivas en un mapa.

- **Escala.** - Relación entre una distancia cualquiera medida sobre el mapa o fotografía y la correspondiente medida sobre el terreno.

- **Escala Numérica.** - Escala de un mapa expresada como fracción o razón que correlaciona la unidad de distancia en el mapa con la que le corresponde en la misma unidad en el terreno.

- **Escala Gráfica.** - Línea graduada, mediante la cual las distancias en el mapa se pueden medir en términos de distancia en el terreno.

- **Geodesia.** - Es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico.

- **Lineamientos.** - Programa o plan de acción que rige a cualquier institución. De acuerdo a esta aceptación, se trata de un conjunto de medidas, normas y objetivos que deben respetarse dentro de una organización.
- **Normalización.** - La Normalización es una actividad colectiva que establece soluciones a situaciones que se repiten. Esta actividad consiste en: la elaboración, difusión y aplicación de las normas técnicas y está encaminada a establecer las características de calidad que debe reunir un producto, proceso o servicio.
- **Norma Técnica.** - Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que se establece para un uso común y repetitivo. Reglas, directivas o características para actividades, procesos o resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.
- **Proyección cartográfica o proyección geográfica.** - Es un sistema de representación gráfica que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla.
- **Precisión.** - Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.
- **Red Geodésica.** - Es el conjunto de puntos, físicamente establecidos mediante marcas, hitos o señales sobre el terreno, comúnmente denominados vértices geodésicos, medidos con gran precisión, que proporcionan las coordenadas geodésicas: Latitud, Longitud y Altitud. Se encuentran enlazados y ajustados a marcos geodésicos nacionales o mundiales, constituyen la infraestructura fundamental para proporcionar alta precisión a la cartografía.
- **Simbología.** - Símbolo convencional utilizado para incorporar en la cartografía los rasgos físicos y culturales del terreno que no se puedan representar a escala.

- **Sistema de coordenadas.** - Es un conjunto de valores y puntos convencionales que permita unívocamente la posición de cualquier punto (P) de un espacio unidimensional, bidimensional o tridimensional.

- **Toponimia.** - Es una disciplina de la onomástica que consiste en el estudio etimológico de los nombres propios de un lugar. El termino topónimo está asociado al nombre geográfico y forma parte de ella.

## 2.10. Marco Legal

- **Ley N° 27658**, Ley Marco de Modernización de la Gestión del estado, establece que, el proceso de modernización de la gestión del estado, tiene como finalidad fundamental la obtención de mayores niveles de eficiencia del aparato estatal de manera que se logre una mejor atención a la ciudadanía, priorizando y optimizando el uso de los recursos públicos, estableciendo como una de las principales líneas de acción la eliminación de duplicidad y superposición de competencias, funciones y atribuciones, así como la generación de una estructura orgánica en la que prevalezca el principio de especialidad.

Que el crecimiento económico del país ha dado como resultado el incremento en la generación y el empleo de cartografía de diferentes escalas para ser utilizada en estudios de proyectos de inversión y desarrollo, no obstante, para la elaboración de dicha temática o especializada no se ha tomado en consideración la Cartografía Básica Oficial, matriz principal a partir de la cual se debe iniciar el procedimiento cartográfico, bajo técnicas estandarizadas.

- **Ley N° 27292**, Ley del Instituto Geográfico Nacional – IGN, su reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 005-DE/SG y el Decreto Supremo N° 034 – 2008 – PCM que aprueba la calificación de Organismos públicos, el Instituto Geográfico Nacional es un organismo público ejecutor del sector defensa, que tiene por finalidad fundamental elaborar y actualizar la cartografía básica proporcionando a las entidades públicas y privadas la

cartografía que requieran para los fines de defensa y desarrollo Nacional .teniendo entre otras funciones actuar como organismo competente del Estado para normar las actividades geográfico – cartográficas que se ejecutan en el ámbito nacional.

- **Ley N° 28294**, se crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y sus Vinculación con el Registro de Predios – SNCP, con la finalidad de regular la integración y unificación de los estándares, nomenclaturas y procesos técnicos de las diferentes Entidades Generadoras de Catastro en el país.

Que conforme con los incisos d) y f) del artículo 8° nos menciona que es facultad del Consejo Nacional de Catastro y sus vinculaciones con el Registro de Predios, así como establecer los estándares y especificaciones técnicas para la formulación, actualización y mantenimiento de la información catastral, asimismo, el artículo 3° inciso a) del Reglamento de la citada Ley.

En el artículo 34° del reglamento de la ley N° 28294, establece que el contenido de la Base de Datos Catastrales está compuesto por toda la documentación, actual o antigua, que describe al predio con datos alfanuméricos gráficos; el artículo 35° del reglamento de la citada ley establece que, el Consejo Nacional de Catastro aprobara el diseño y la Estructura de la Base de Datos Catastral.

Que, para efectos de facilitar la transparencia e intercambio de información catastral entre las Entidades Generadoras de Catastro, la Secretaria Técnica del Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial y el Registro de Predios, resulta necesario establecer la normalización y homogenización de estructuras de datos catastrales.

El Sistema Nacional Integrado de Información Catastral predial está conformado por:

- a) La Superintendencia Nacional de los Registros Publico – SUNARP.
- b) Los Gobiernos Regionales.
- c) Las Municipalidades Provinciales, Distritales y Metropolitana de Lima.

- d) El Instituto Geográfico Nacional.
- e) El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero – INACC.

- **Resolución Jefatural N° 057 – 2011** publicada en el Diario Oficial “El Peruano”, el 18 de marzo de 2011, se dispuso la publicación de Anteproyectos sobre Normas Técnicas para la Producción de Cartografía y Catalogo de Objetos y Símbolos en el Portal Web institucional del IGN, a fin de recibir las opiniones y sugerencias de los interesados por un plazo de treinta días naturales contados a partir de la publicación de la citada resolución.

- **Resolución Jefatura N° 086-2011-IGN/OAJ/DGC.** Que conforme a la Ley N° 27292 y su reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 005 – DE/SG y el Decreto Supremo N°034-2008-PCM, que aprueba la calificación de Organismos Públicos, el Instituto Geográfico Nacional es un organismo público ejecutor del Sector Defensa, que tiene por finalidad fundamental elaborar y actualizar la Cartografía Básica Oficial del Perú.

Que, en el Artículo Primero de la resolución de visto publicada en el Diario Oficial El Peruano, el 26 de marzo de 2006, se resolvió denominar **Sistema Geodésico Oficial** al conjunto conformado por la Red Geodésico Horizontal Oficial y la Red Geodésico Vertical Oficial.

Que, en el Artículo segundo se constituye como Red Geodésico Horizontal Oficial a la Red Geodésico Geocéntrica Nacional, la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), el mismo que constituye los bienes del estado, para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el Word Geodetic System 1984(WGS84).

- **Resolución N° 001-2009-SNCP/CNC,** Que aprueba la Directiva N° 01-2009-SNCP-ST – Estructura de Datos Alfanuméricos de la Base de Datos Catastral Urbana del SNCP, Directiva N° 002-2009-SNCP/CNC – “Declaración Zona Catastrada”- Anexo: Reporte de Titulares Catastrales y Gráfico: Flujo de Procedimientos y la Directiva N° 003-2009-

SNCP/CNC – “Formato de Hoja Informativa catastral Urbano y Rural” –Anexo 1: Formato de Hoja Informativa Catastral Urbana y Anexo 2: “Formato de Hoja Informativa catastral Rural”.

- **Resolución N° 001-2007-SNCP-CNC del 16 de junio del 2007**, aprueba la Directiva de “Formatos e Instructivos de las Fichas Catastrales”, que deben ser utilizadas obligatoriamente por las entidades generadoras de catastro y verificadores catastrales, según el artículo 3° del Decreto Supremo N° 005-2006-JUS. Los Formatos e instructivos de las Fichas Catastrales son iguales para todas las entidades generadoras de Catastro y verificadores catastrales conllevando a la uniformidad de la información catastral.

- **Resolución Jefatural N° 089-2011-IGN/JEF/OGA** Visto la Norma Técnica Especificaciones Técnicas para la producción de cartografía escala 1:1000 y considerando lo establecido en la Ley N°27292 Ley del Instituto Geográfico Nacional –IGN, se resuelve en el artículo primero aprobar la norma técnica “**Especificaciones técnicas para la producción de cartografía escala 1:1000**”, que será de cumplimiento por toda entidad pública y privada que elabore y/o actualice cartografía en el país, artículo segundo se dispone que la Oficina General de Estadística e Informática publique la presente Resolución Jefatural y la Norma Técnica aprobada en el Portal de internet del Instituto Geográfico Nacional.

- **Decreto Supremo N° 005-DE/SG** en el inciso “e” del Artículo 9° se aprueba el reglamento de la Ley del Instituto Geográfico Nacional, establece que una de las funciones de la jefatura del IGN es “Expedir resoluciones jefaturales para los actos administrativos”.

- **Decreto Supremo N° 005-2006 – JUS**, dispone que, la base de Datos Catastral – BDC, es el conjunto de datos gráficos y alfanuméricos que catastrados; que, el artículo 33° del Reglamento de la Ley N° 28294, establece que la administración de la información de la Base de Datos Catastral – BDC es acopiada, integrada, custodiada y difundida por la Secretaria Técnica del Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial – SNCP y gestionada por un Sistema de Información Geográfica – SIG.

- **Resolución N° 002-2008 – SNCP/CNC**, el consejo Nacional de Catastro delega la administración de la Base de Datos Catastrales – BDC y del Sistema de Información Catastral – SIC al Organismo de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI.

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de Investigación es de tipo aplicado. Según Sánchez y Reyes (2002 p.37), en su Libro de Metodología y Diseños en la Investigación Científica, señala que la Investigación Aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre la realidad circunstancial, antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal. Asimismo, la Investigación es de carácter tecnológico Fotogramétrico, ya que ha tenido como finalidad demostrar la validez y eficacia del diseño.

➤ **Enfoque Cuantitativo.** Con la data obtenida de las imágenes de los vuelos fotogramétricos en la elaboración de la cartografía catastral urbana a escala 1:1000 de la ciudad de Puno con un área de 2322.94 hectáreas y utilizando una cámara ADS80 se cubrió todo el área de interés en 11 líneas de vuelo así mismo el trabajo de campo está comprendido en 30 puntos de foto control horizontal y 20 puntos de foto control vertical que servirán de apoyo a la hora de la extracción cartográfica de la ciudad con una resolución espacial de 10cm.

- **Descriptivo**

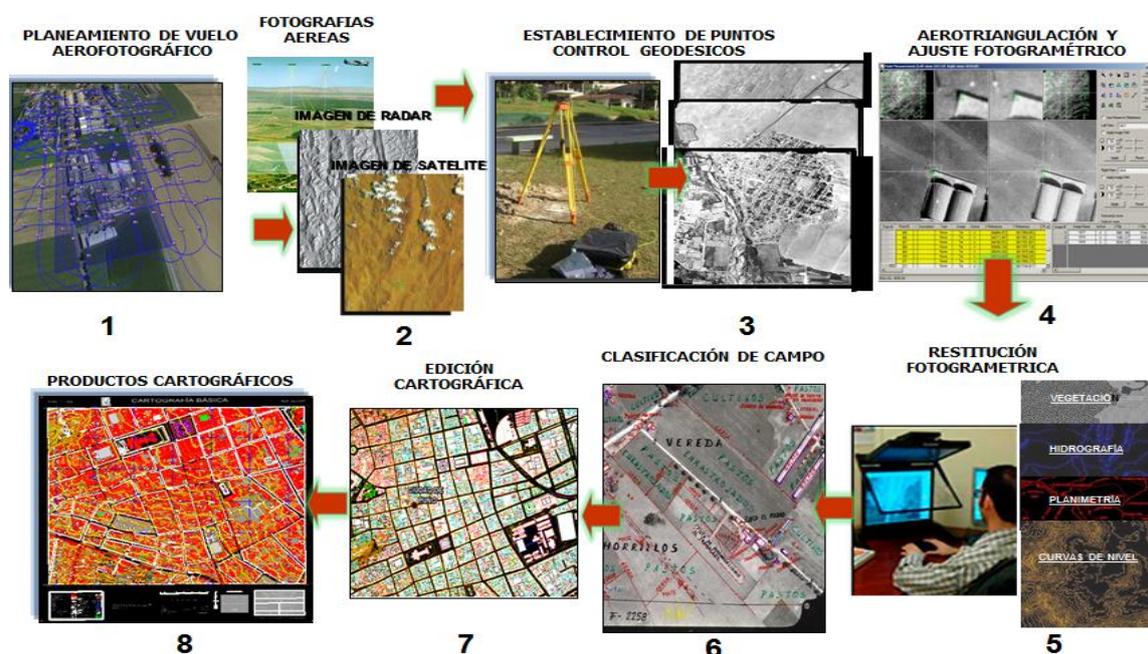
En el siguiente trabajo de investigación se establecerá los criterios de elaboración cartográfico catastral urbana a escala 1:1000 por la fotointerpretación para la ciudad de Puno donde también se identificará los procesos de levantamiento catastral, procesos fotogramétricos y se tratará de contar con una guía metodológica. La fotointerpretación hoy en día se constituye como uno del método más valioso en la obtención de la información espacial de manera indirecta obtenida a través de la fotografía aérea y de las imágenes satelitales, permitiendo así llegar a lugares de difícil acceso por el personal de campo. Mostrando así lo económico que resulta poder elaborar la cartografía catastral utilizando la fotointerpretación en el proceso.

- **Explicativo**

Al respecto Supo (2013), en su libro Seminarios de Investigación Científica señala que el nivel explicativo explica el comportamiento de una variable en función de otra(s); por ser estudios de causa - efecto. (P.2). Por lo que en esta investigación se aplicara dicha metodología, interactuando las variables dependientes con la independientes en la elaboración de cartografía catastral urbana a escala 1:1000 por fotointerpretación de la ciudad de Puno.

**Figura 21**

*Proceso Cartográfico Digital*



Nota. Instituto Geográfico Nacional (2011). *Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía Básica Escala 1:1000* (1 ed.). Perú.

## 3.2. Ámbito temporal y espacial

### 3.2.1. Ámbito Temporal

La siguiente tesis se realizó en el Marco del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto Geográfico Nacional y la Municipalidad Provincial de Puno, suscrito el 10 de octubre del año 2016 hasta el 02 de junio del año 2017 a escala 1:1000 de la ciudad de Puno, correspondiente a un área de 2,322.94 hectáreas aproximadamente.

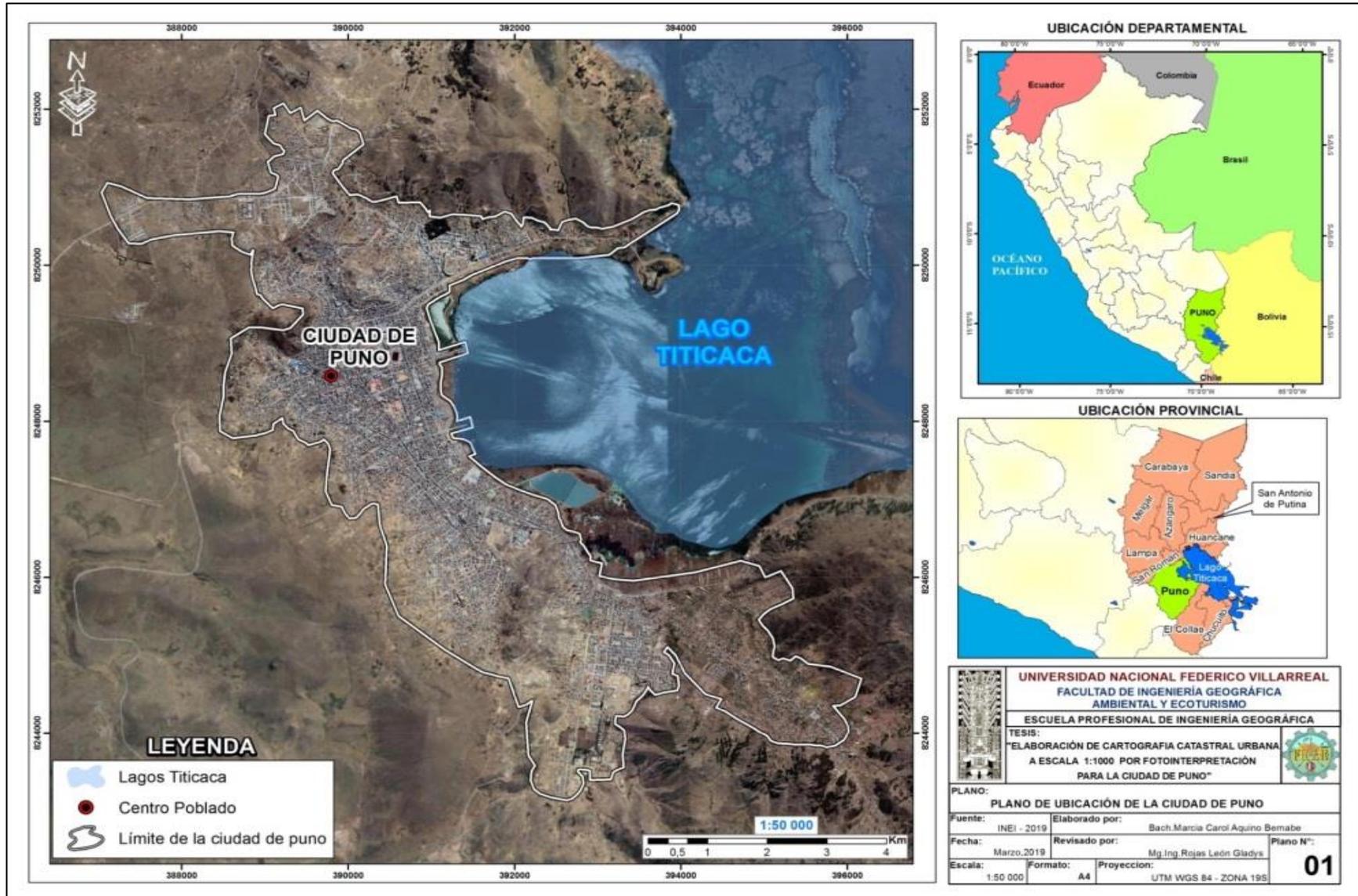
### 3.2.2. *Ámbito Espacial*

La ciudad de Puno se ubica entre las coordenadas geográficas 15°50'15" S y 70°01'18" O, ubicado al sureste del Perú, siendo la capital del departamento de Puno y provincia de Puno (ver plano N° 01). Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática es la vigésima segunda ciudad más poblada del Perú y albergaba en el año 2017 una población de 135.288 habitantes aproximadamente.

- **Noreste:** Centró poblado de Uros Chulluni.
- **Norte:** La zona urbana del distrito de Paucarcolla .
- **Noroeste:** La urbanización Ciudad de la Humanidad Totorani (carretera a Arequipa).
- **Sur:** El centro poblado de Ichu.
- **Suroeste:** La comunidad Mi Perú al (carretera a Moquegua).
- **Oeste:** Lago Titicaca.

Figura N° 22

Ubicación de la ciudad de Puno



Nota. Elaboración propia

### 3.3. Variables

**Tabla 3**

*Cuadro comparativo de variables dependiente e independiente*

| <b>Variable Dependiente</b>  | <b>Variable Independiente</b>               | <b>Dimensiones</b>                                | <b>Indicadores</b>  | <b>Instrumentos</b>   |
|--|---|---|---|---|
| Criterios de elaboración cartografía aplicando la fotointerpretación | Procesos de levantamiento catastral urbano  | Obtención cartografía                             | Georreferenciación geográfica<br>Edición cartográfica       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- MicroStation V8</li> <li>- ArcGis 10.0</li> <li>- Cartografía Base</li> </ul>  |
|  |   | Técnicas de levantamiento catastral               | Norma técnicas<br>Estándares nacionales                     |   |
|  | Procesos fotogramétricos catastrales urbano | Fotografía aérea                                  | Vuelo fotogramétrico.<br>Líneas de vuelo.<br>Recubrimiento. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estación fotogramétrica</li> <li>- Sistema Blade (Servidor)</li> <li>- Google Earth</li> <li>- Estación de rastreo permanente.</li> <li>- Fotografías Aéreas</li> <li>- Topomouse</li> </ul> |
|  |   | Control geodésico                                 | Precisión.<br>Puntos geodésicos de Apoyo.                   |   |
|  |   | Sección de planeamiento y Aero triangulación      | Orientación interna<br>Orientación externa                  |   |
|  |   | Sección de restitución                            | Ortofotos   |   |
|  | Implementación de guía metodológica         | Identificación del eje de trabajo                 | Metodología de trabajo                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficha de campo</li> <li>- Encuestas</li> <li>- Entrevistas</li> <li>- Fotografías</li> <li>- Word, Excel</li> </ul>  |
|  |   | Plan estratégico de implementación                | Eficacia y Eficiencia económica                             |   |
|  |   | Cartointerpertacion fotogramétrico y cartográfico | Identificación de accidente geográficos                     |   |

Nota: Elaboración propia

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática es la vigésima segunda ciudad más poblada del Perú y albergaba en el año 2017 una población de 135.288 habitantes aproximadamente. La ciudad de Puno está rodeada por muchos centros poblados de gran importancia tales como Cullaquipa, Islapata, Uncuñane, Lechepucyo, Vizcachune, Chullune, Juajje Huaraya, Catahuine, Santa, Cocohata, Pucara, Maqueylancho, Manto, Achalani, Ceraran etc. (Ver plano N° 02)

##### **➤ Actividades primarias**

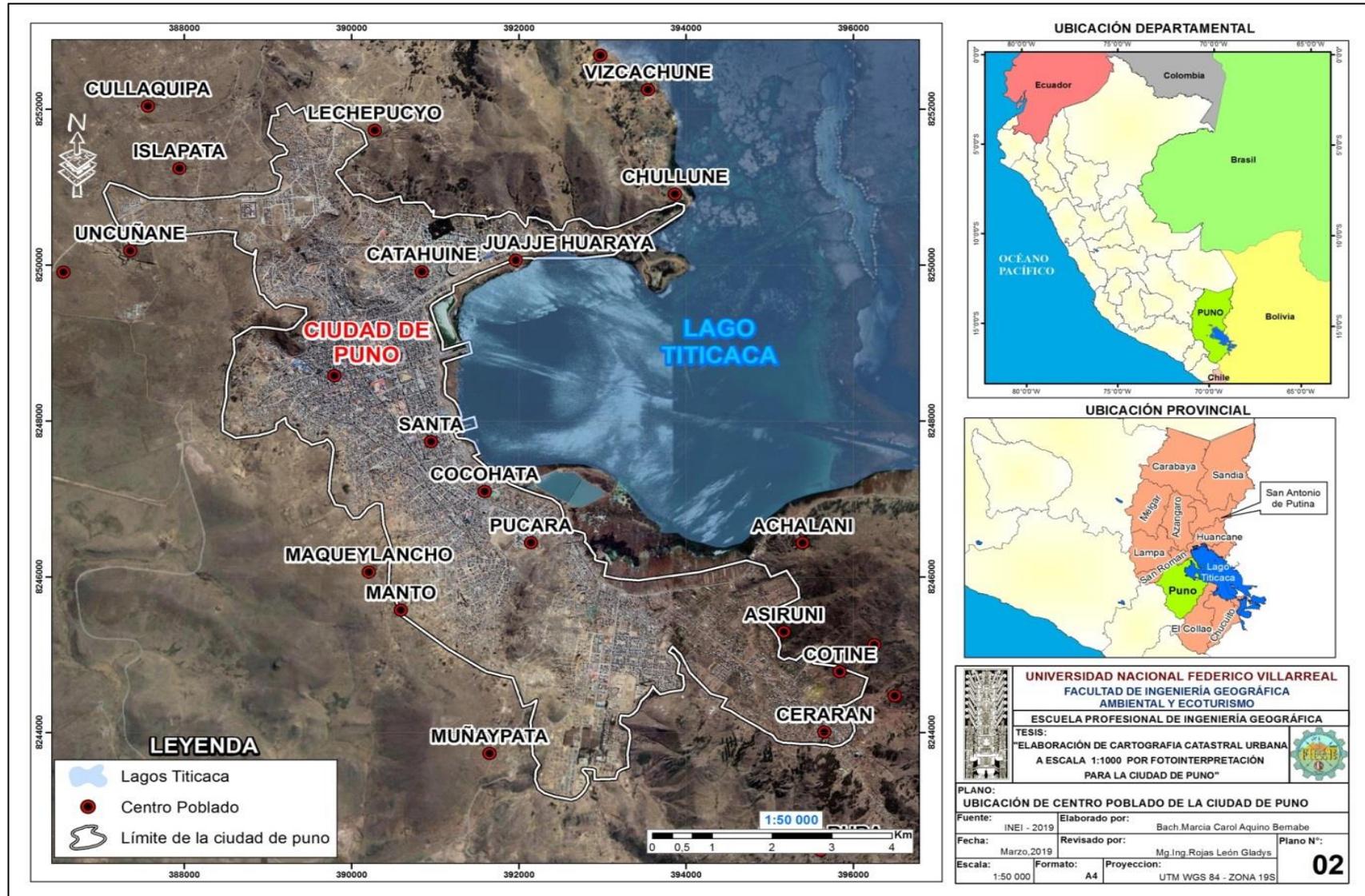
La actividad productiva primaria en la ciudad de Puno es mínima, y se realiza en la zona rural-marginal, que está ubicada en las laderas de los cerros que circundan la ciudad, en las cercanías al lago Titicaca y en comunidades campesinas, parcialidades y fundos, principalmente ubicados en los centros poblados de Ichu, Jayllihuaya y Uros Chulluni que forman parte de la ciudad. En estas áreas se desarrolla una escasa actividad agrícola y ganadera en forma tradicional y de autoconsumo, y en menor medida la actividad pesquería artesanal.

##### **➤ Actividades Secundarios**

Las actividades de transformación o secundarias, representan el 11,7% de la población económicamente activa (PEA), el número de empresas en la ciudad de Puno ha aumentado considerablemente, al mes de julio del 2009 que alcanzaban un número de 967 empresas, en 1996 se tenía 390 empresas, es decir que se ha incrementado cerca al 150%. Hay que agregar, que por información de la dirección de industria de Puno.

Figura 23

Ubicación de centro poblado



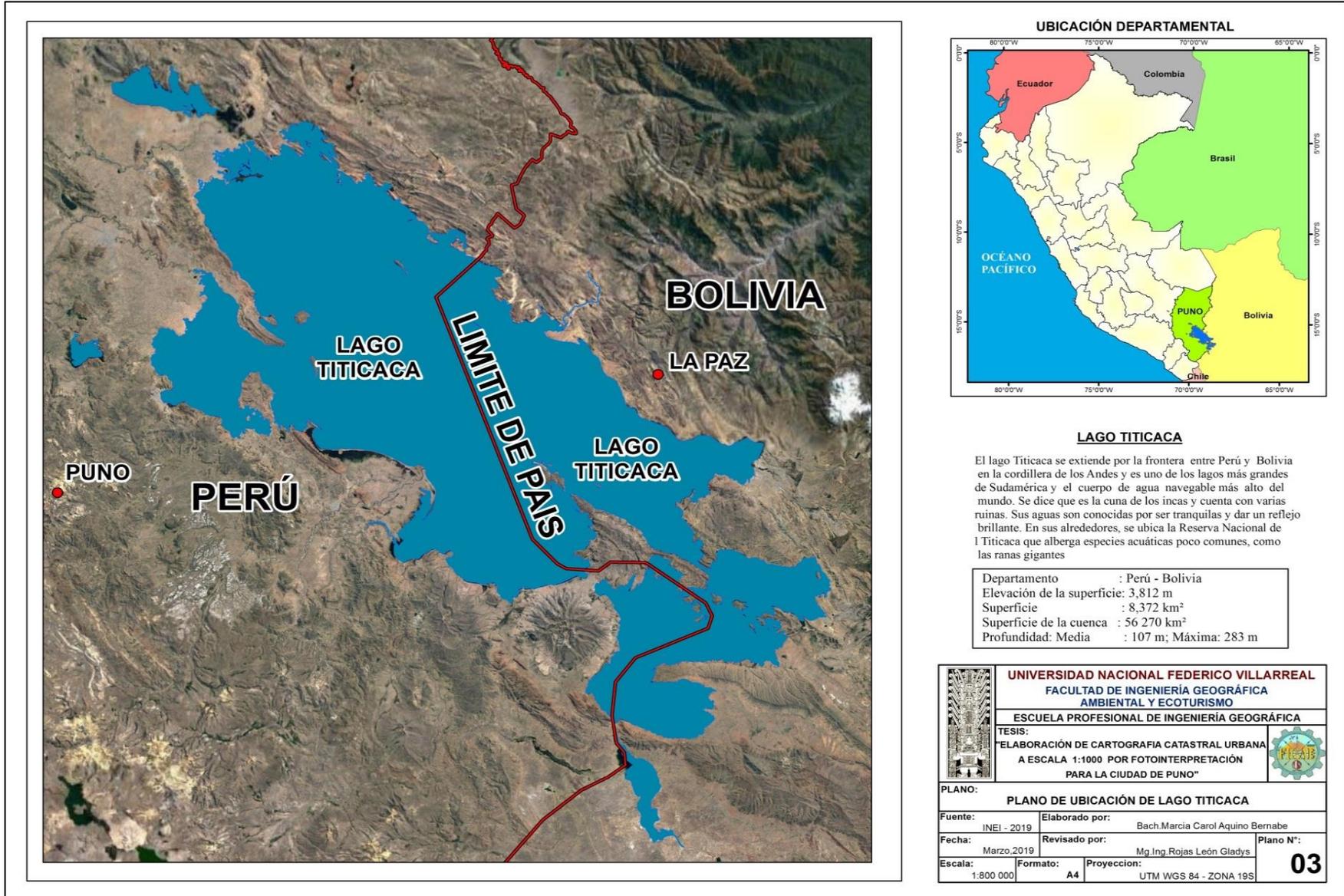
Nota. Elaboración propia

➤ **Hidrografía**

Ubicado en una zona compartida por Perú y Bolivia, este lago navegable se distingue por las grandes dimensiones que posee: una superficie aproximada de 8.490 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 280 metros. En su orilla alberga a la capital folclórica por excelencia del Perú, la ciudad de Puno. Fundada en 1666, su población es de 60.000 habitantes, de origen mayoritariamente aymará, pero conservadora del legado español en sus expresiones artísticas y culturales. La población que vive en torno al lago se dedica principalmente a la pesca y a la artesanía, siendo característico de la zona las canoas de totora. Las aguas del lago reúnen en total 36 islas, estando dentro del territorio peruano las más grandes: (ver el plano N°03)

**Figura 24**

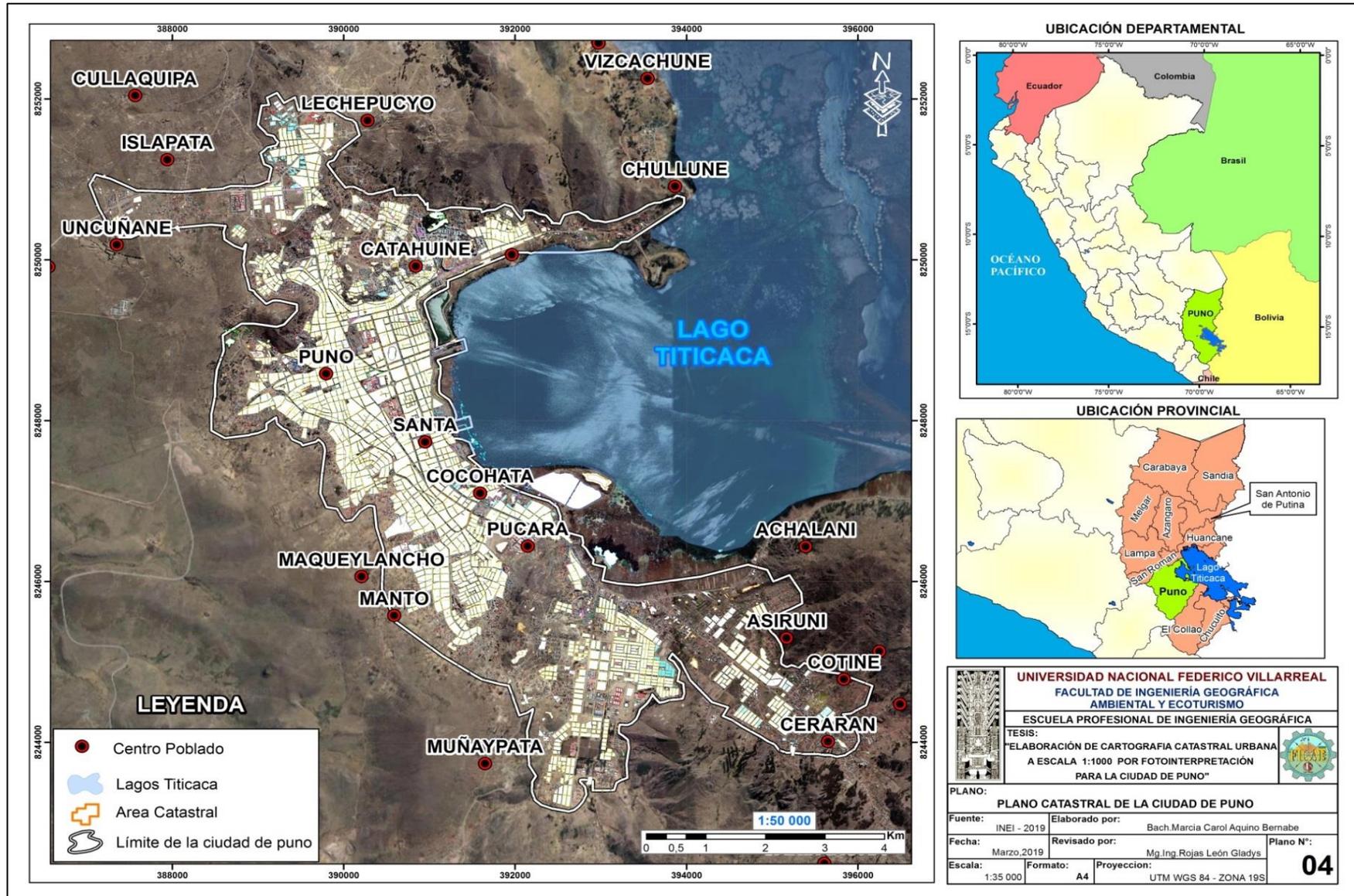
*Ubicación del Lago Titicaca*



Nota. Elaboración propia

Figura 25

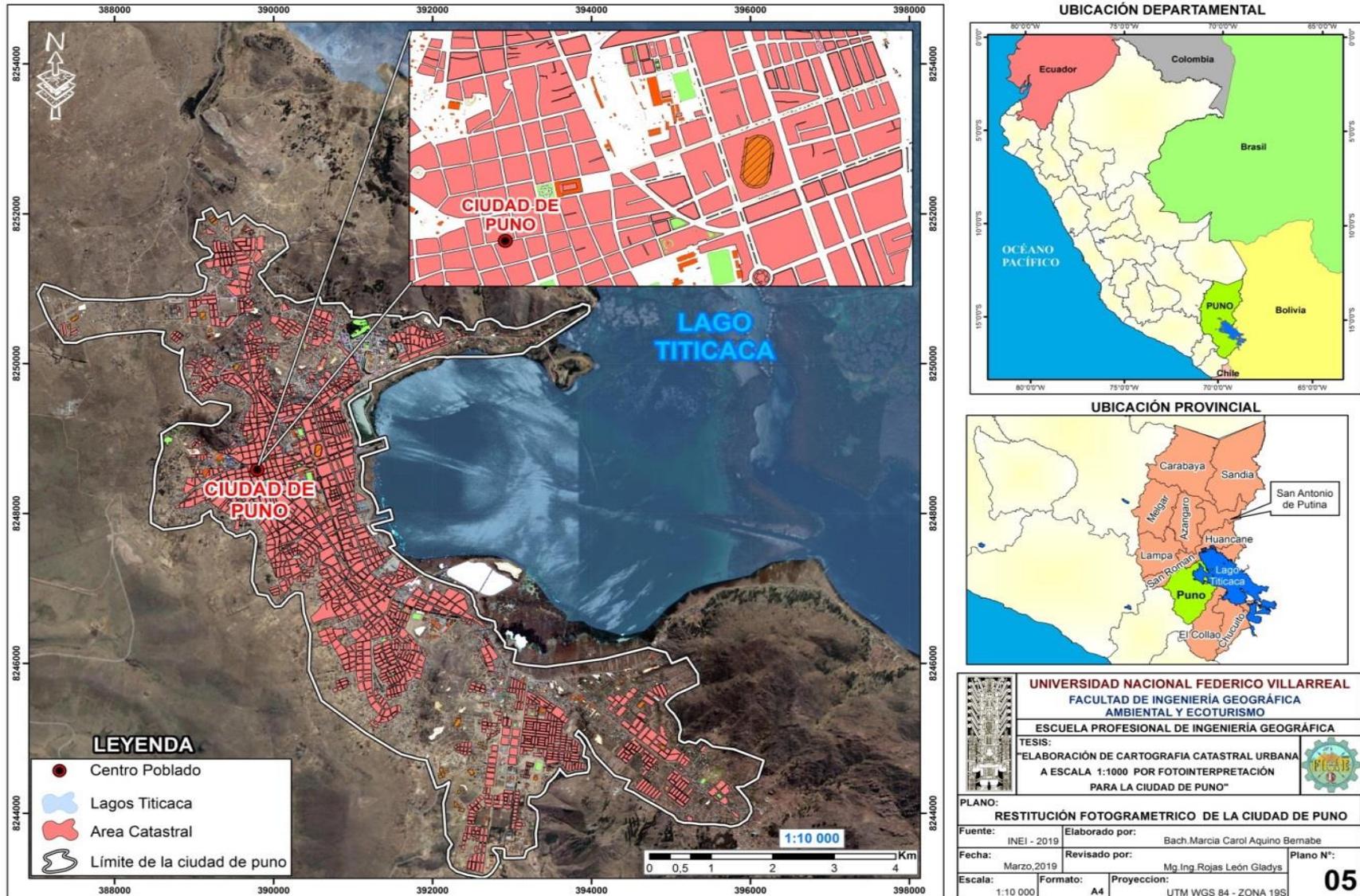
Plano catastral de la ciudad de Puno



Nota. Elaboración propia

**Figura 26**

*Restitución Fotogramétrica de la ciudad de Puno*



Nota. Elaboración propia

### **3.4.2. Muestra**

En la presente investigación se tomó como área de estudio un área de 2322.94 hectáreas aproximadamente.

## **3.5. Instrumentos**

### **3.5.1. Equipos**

- Estaciones Fotogramétrica Digitales
- Estaciones de trabajo.
- PC es I7 con 32gb de RAM y la tarjeta gráfica es la ATI HD 7870
- Laboratorio de computo.
- Sistema Blade (Servidores).
- Plotters HP 1200.
- Scanner Formato A0.
- Escanner Fotogramétrico.
- Receptor GNSS (GPS + GLONASS).
- Receptores GPS.
- Cámara Aérea métrica RC10-A.
- Estación de Rastreo Permanente GNSS.
- Estación de Rastreo Permanente GPS.

### **3.5.2. Materiales**

- Lentes 3D
- Fotografías Aéreas ADS 80 para la escala 1/ 1000 de la Ciudad de Puno.
- Topomouse.
- Utiles de escritorio: Hojas bond, Lapiceros, Lapices, etc.

### 3.5.3. *Software*

#### ➤ **Cartografía**

- MicroStation V8
- Software Pro600 LPS.
- Dynamo
- MGE Intergraph

#### ➤ **Fotogrametría**

- LPS
- Socet Set
- Summit – Inpho

#### ➤ **Tratamiento de imágenes**

- PCI Geomática 9.1
- Erdas 8.7

#### ➤ **Sistema de Información Geográfica**

- ArcGIS 10.0 -Esri
- Geomedia Pro
- PLTS

### 3.6. Procedimientos

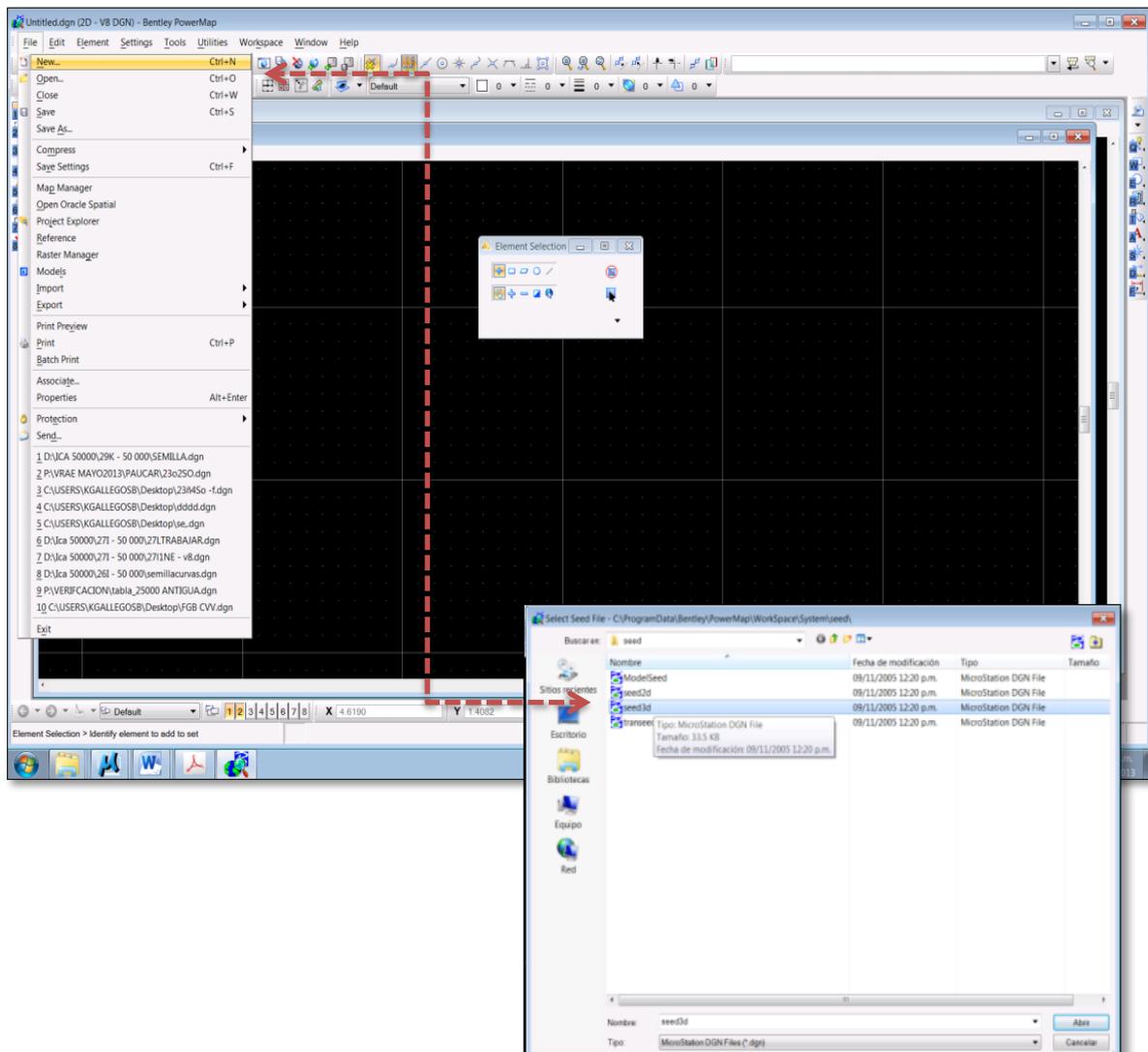
#### 3.6.1. Procedimiento para generar la cartografía a escala 1:1000

Se da inicio con la generación del formato de la hoja a escala 1: 1 000, creándose una semilla, guardándose esta en 3D. Realizando los pasos descritos a continuación:

#### File/New/Browse/Seed3D/Abrir

**Figura 27**

*Configuración de la ventana de inicio del Microstation V.8*

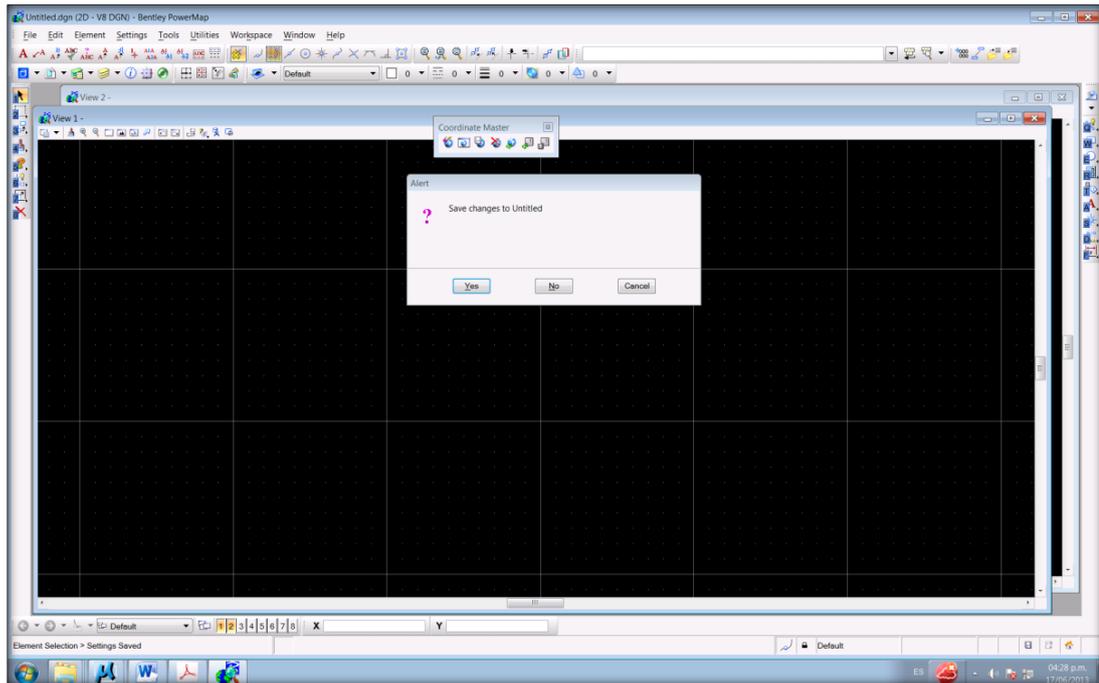


Nota. Elaboración propia

- Se seleccionara la opción donde dice abrir, enseguida se desplegara una opción de guardar el primer formato, colocar NO. debemos verificar la resolución DGN, que se le asigne espacialmente correcta, y revisar que en la topología este considerada la altura.

### Figura 28

*Configuración de la hoja 3D para la restitución*

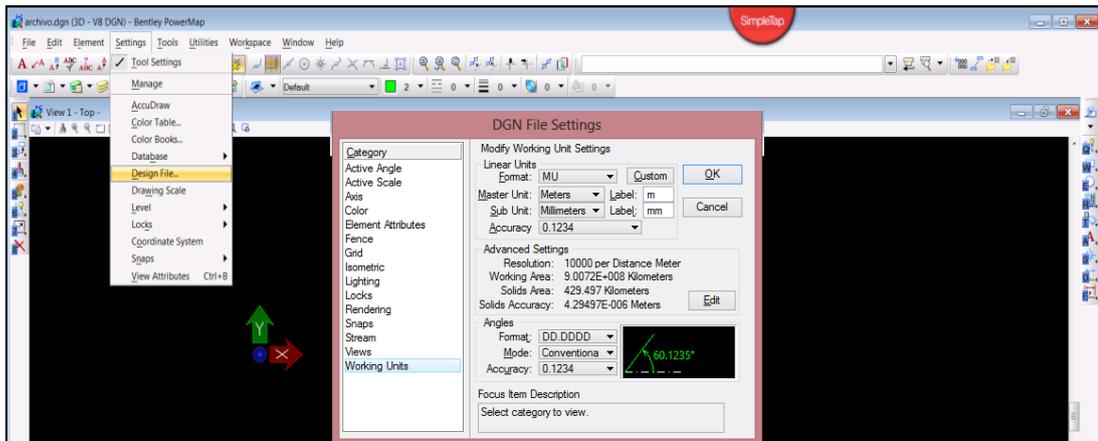


Nota. Elaboración propia

- Para ello se debe verificar la siguiente ruta: Settings/design file/ y verificar que los formatos, unidades, resolución, área de trabajo..., estén tal y conforme a la imagen.

**Figura 29**

*Verificación del formato de la hoja catastral 1:1000*

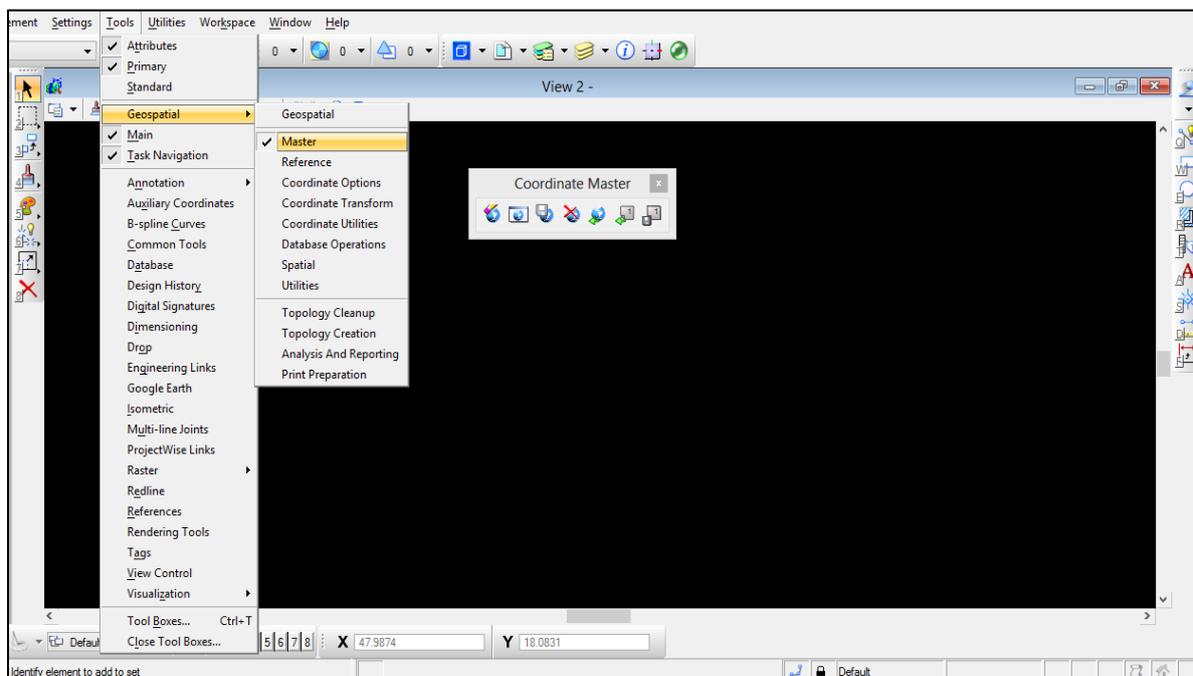


Nota. Elaboración propia

- Se procederá a asignarle la referencia espacial correcta. Utilizando la siguiente ruta: Tools/Geospatial/Master/Edit Master

**Figura 30**

*Asignación de la referencia espacial a la hoja del proyecto*



Nota. Elaboración propia

- En este paso, se procederá a colocar la referencia espacial, colocandole las siguientes características como se aprecia en la imagen a continuación.

**Tabla N° 4**

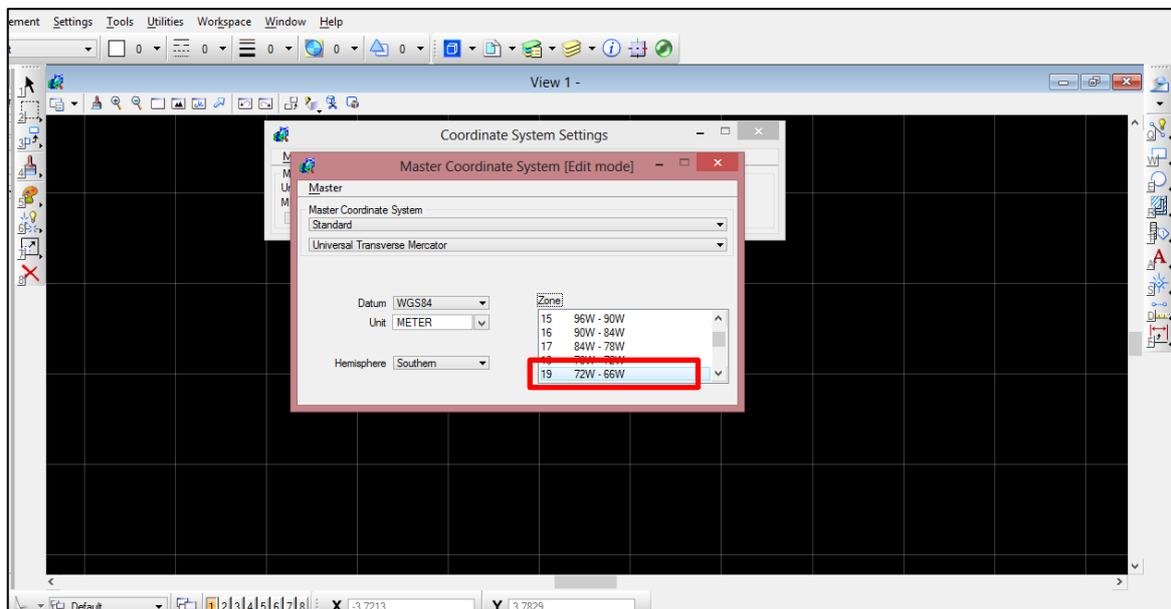
*Sistema de coordenadas de proyecto catastral Puno 1:1000*

| Sistema de Coordenada UTM | Universal Transverse Mercator |
|---------------------------|-------------------------------|
| Datum                     | WGS84                         |
| Unidades                  | Metros                        |
| Hemiferio                 | Sur                           |
| Zona                      | 19S 72W – 66W                 |

Nota. Elaboración propia

**Figura 31**

*Configuración del sistema de coordenada del proyecto*



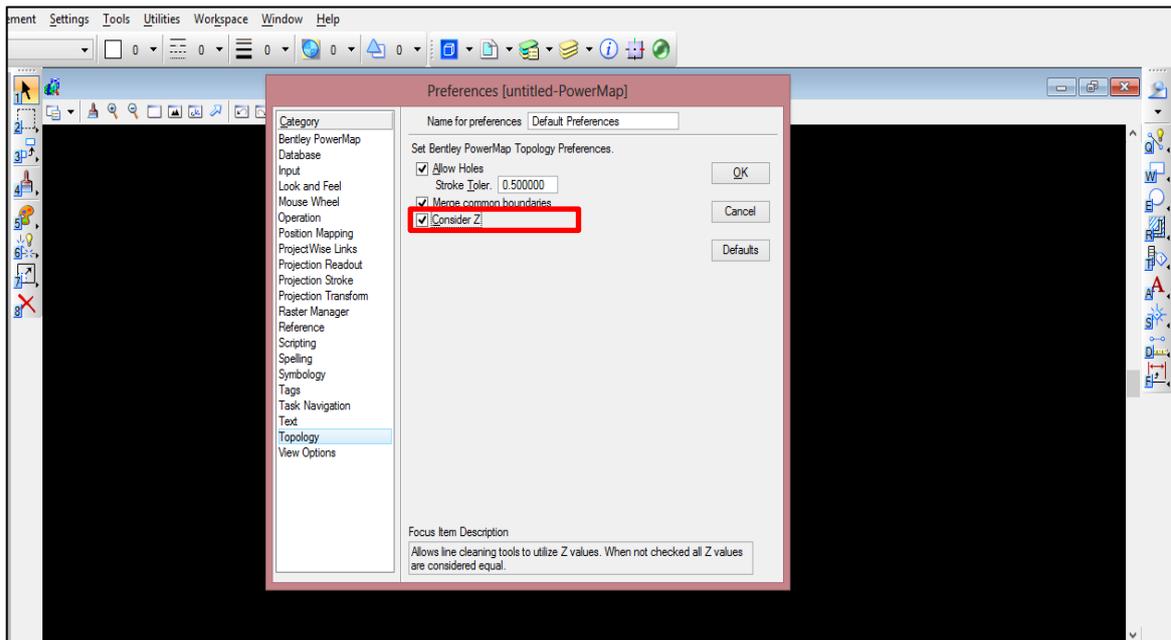
Nota. Elaboración propia

- Ahora se procederá a verificar que este considerada la altitud, para verificar esta, se debe seguir la siguiente ruta: workspace/preferences/Topology/considerZ.

Se debe rellenar el cuadro con un check, donde dice considerZ como se ve en la imagen:

**Figura 32**

### *Activación de la latitud para la Restitución Fotogramétrica*



Nota. Elaboración propia

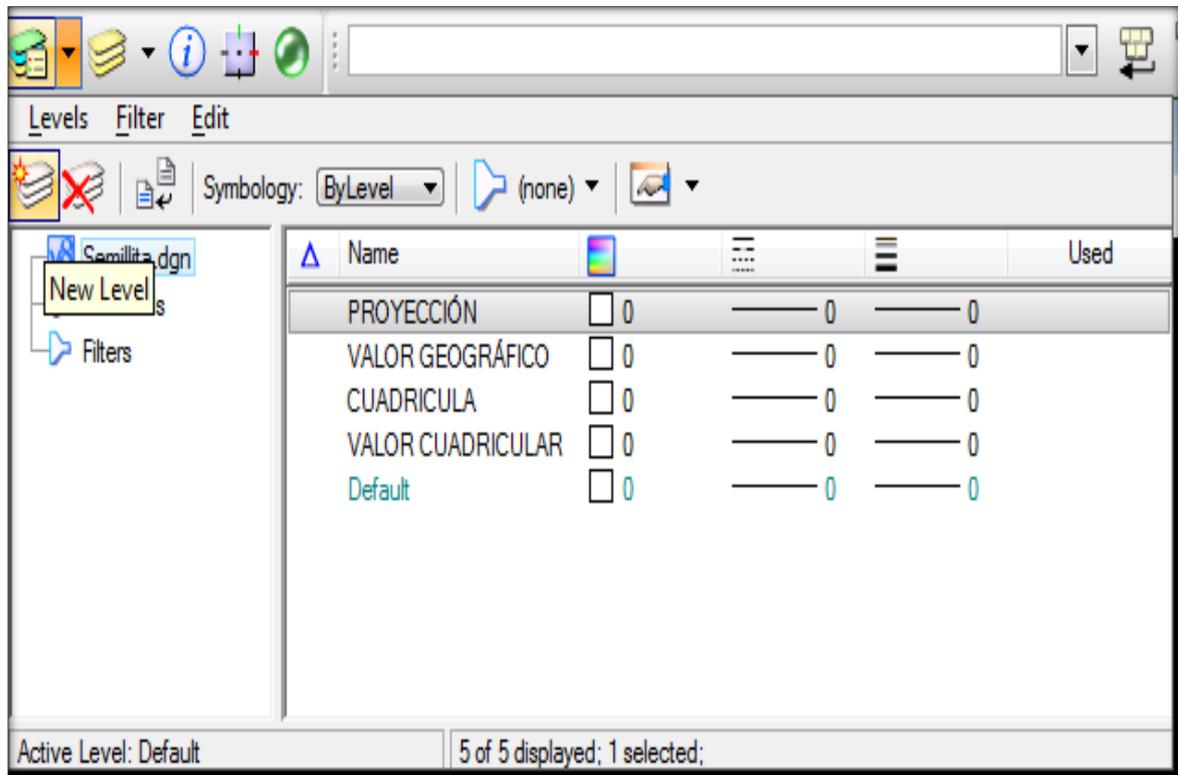
### **3.6.2. Generación de los niveles Cartográficos para el proyecto catastral**

- Para la generación de los niveles, se tiene que crear las capas por lo cual con el cursor del mouse debemos de picar el símbolo de capas y enseguida se desplegara una nueva ventana de administración de capas (Level Manager).

- Elegir la opción New Level y generar los niveles:
  - Proyección
  - Valor Geográfico
  - Cuadrícula
  - Valor Cuadrícula

**Figura 33**

*Creación de los niveles de información cartográfica*



Nota. Elaboración propia

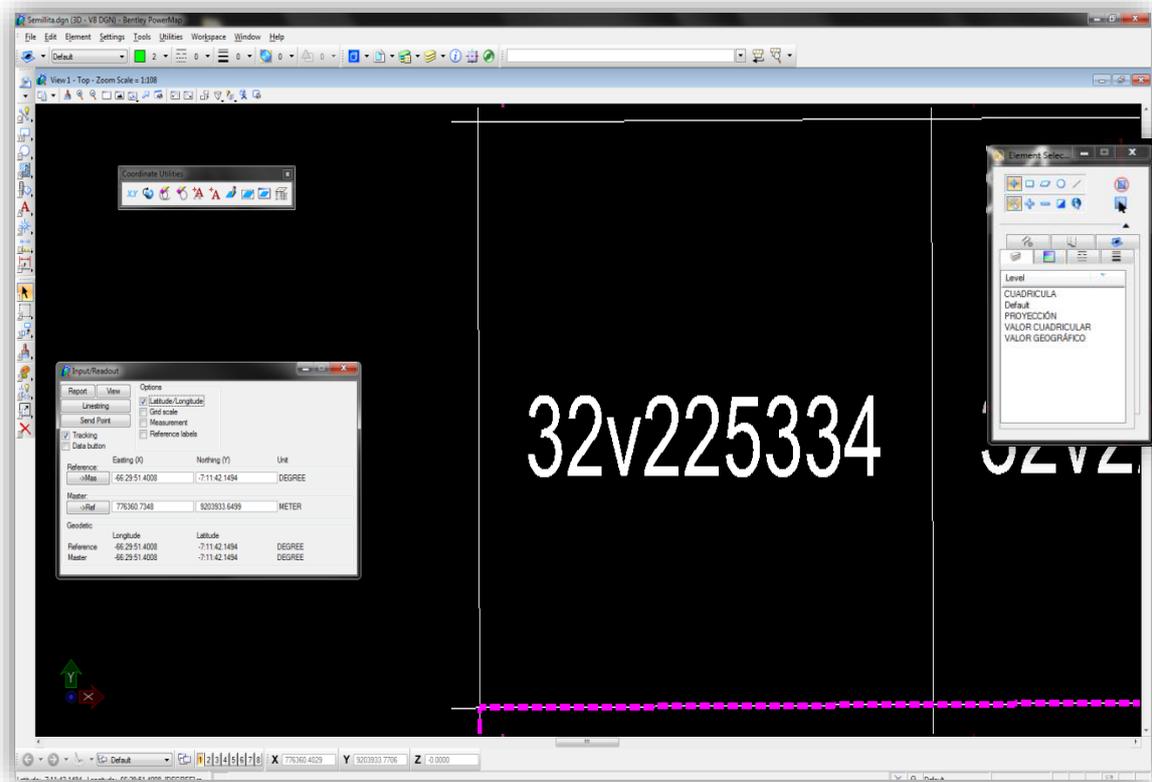
### ***3.6.3. Generación de la proyección, valor geográfico, cuadrícula, valor cuadricular e información marginal***

- Desde un cuadro de empalmes modelo el cual se debe referenciar desde la siguiente ruta: File/Reference/Tools/Attach/Coincident World/Empalme1:1000), a partir de este debemos obtener los arcos meridianos y paralelos con sus respectivas coordenadas geográficas. Para esto se debe activar la barra de utilidades de coordenada (Coordinate Utilities) con la siguiente ruta: Tools/Geospatial/Coordinate utilities, picar en la opción X, Y.
- Enseguida se debe desplegar una pequeña ventana donde se debe activar con un check las opciones: Latitud/Longitud y Tracking respectivamente. De esta manera al desplegar

el puntero del mouse sobre cualquier parte del área de trabajo en la pantalla, las coordenadas de este y norte de la ventana irán cambiando conforme se mueva el puntero del mouse.

**Figura 34**

*Generación de proyección de las hojas 1:1000*



Nota. Elaboración propia

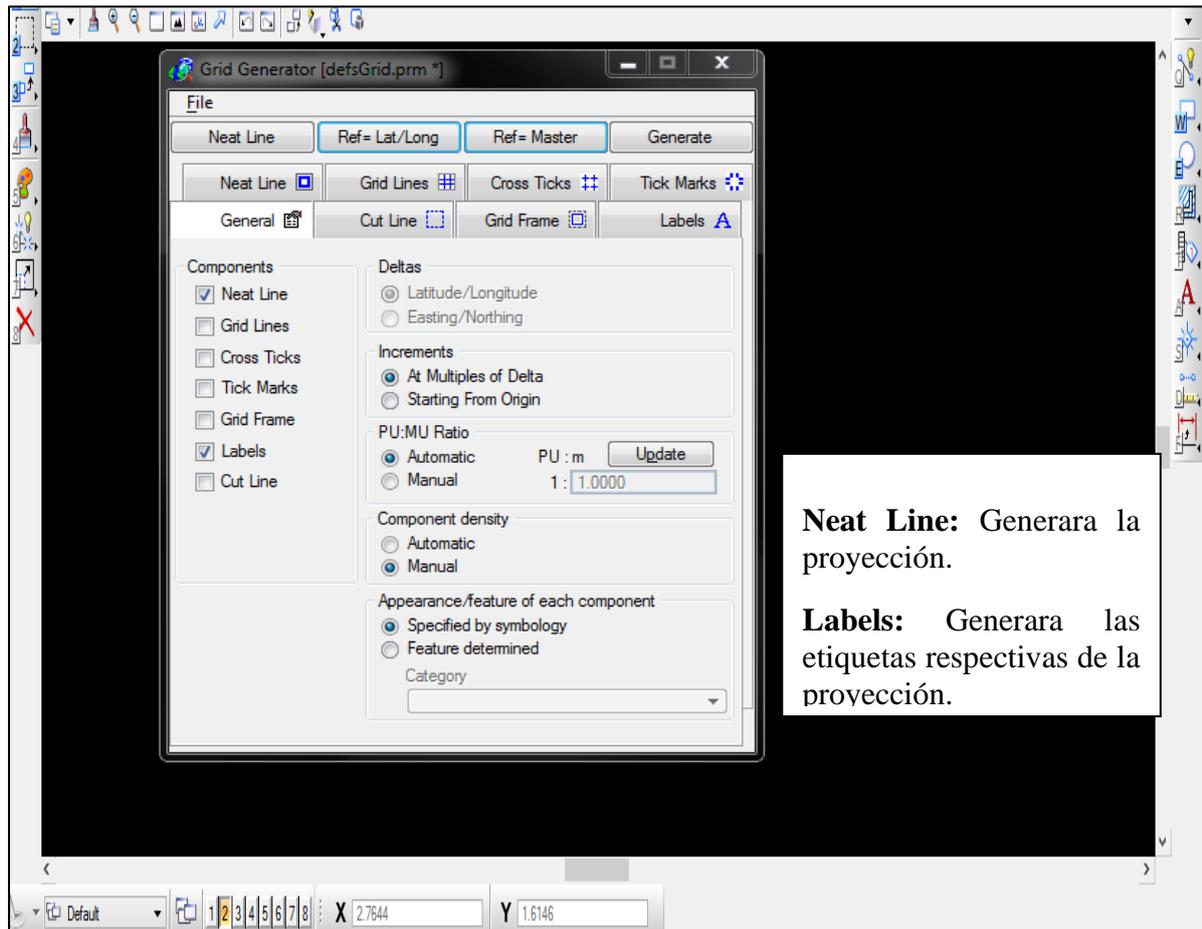
### 3.6.4. Creación de cuadrícula para escala 1:1000

- Para dar inicio a la generación de cuadrículas se debe insertar en siguiente comando “dialog gcoord grid”, en la barra key in, en caso esta barra se encuentre desactivada, podemos activarla desde Utilities/Key-in.

- De esta forma se desplegará una nueva ventana en la cual encontraremos en la opción General, todas las componentes activadas. Para la generación de la Proyección y la cuadrícula, se debe hacer una a una, no se pueden realizar ambas a la vez. Para la generación de la Proyección, se debe activar con un check la opción Neat Line y la opción Labels.

**Figura 35**

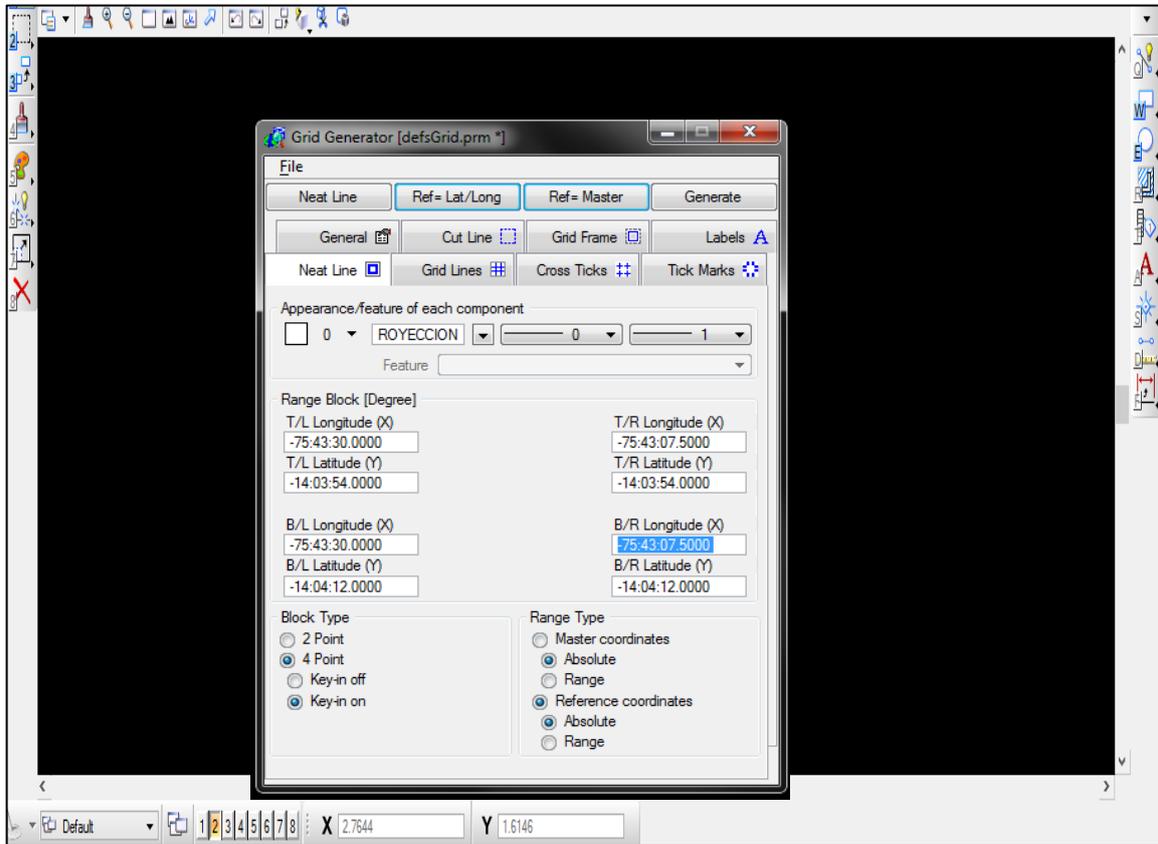
*Generación de proyección, etiqueta*



Nota. Elaboración propia

- Ahora se procede a configurar la Neat Line (proyección) para su generación, activando las opciones de Block Type: 4 point y Range Type: Absolute, Reference Coordinates, Absolute. También designar los siguientes atributos:
  - Color de la proyección : (Color 0)
  - Nivel : (Proyección)
  - Tipo de línea : (0)
  - Grosor de línea. : (1)

Figura 36:

*Configuración de la proyección*

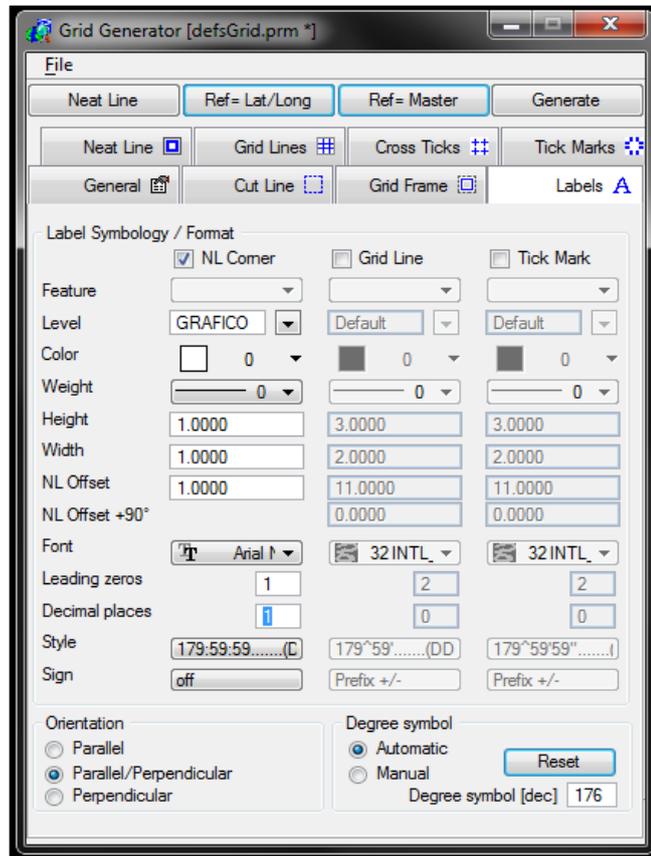
Nota. Elaboración propia

- A continuación, se procede a configurar las etiquetas (Labels), en la ventana de Labels, se debe deshabilitar la opción Grid Line, activar la opción de Orientación (Orientación) Paralelo/Perpendicular y Degree Symbol Automático.
- Los atributos deben de ser configurados de la siguiente manera:

Figura 37

*Configuración de etiquetas*

- **Label symbology** : NL Corner
- **Level** : Valor Geografico
- **Color** : 0
- **Weight** : 1
- **Width** : 1
- **NL Offset** : 1
- **Font** : Arial Narrow
- **Leading Zeros** : 1
- **Decimal places** : 1
- **Style** : 179:59:59
- **Sign** : Off

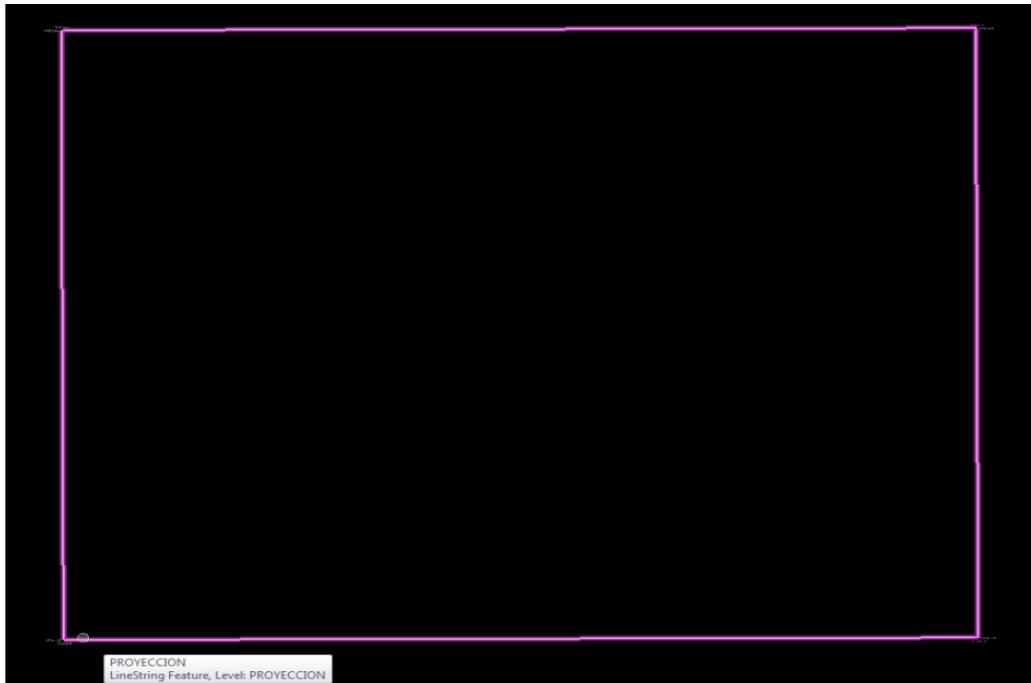


Nota. Elaboración propia

- Enseguida daremos clic en **Genérate**, para poder generar la proyección con su respectivo valor geográfico.

## Figura 38

### Configuración de etiquetas



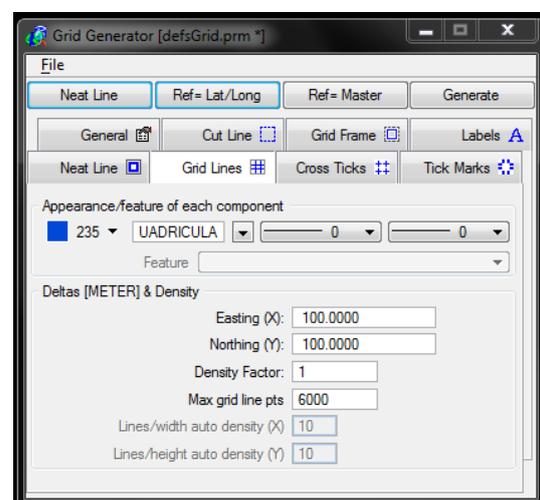
Nota. Elaboración propia

Ahora se procede a configurar la Cuadrícula de la siguiente manera:

## Figura 39

### Configuración de cuadrícula

- Color : 235 (azul)
- Capa : Cuadrícula
- Tipo de línea : 0
- Grosor de línea : 0
- Easting (X) : 100
- Northing (Y) : 100
- Density factor : 1



Nota. Elaboración propia

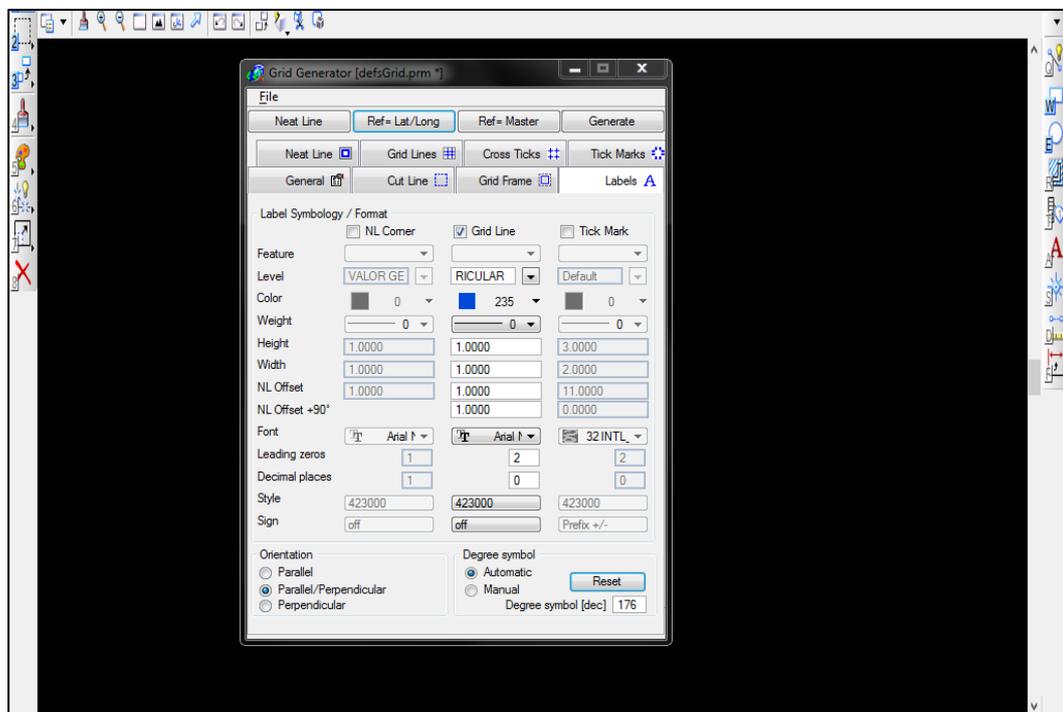
▪ A continuación, se procede a configurar las etiquetas (labels), en la ventana de labels, se debe deshabilitar la opción NL Corner, activar con un check en las opciones Grid Line, Paralelo/Perpendicular, Automático y configurar de la siguiente manera:

- Level : Valor Cuadricular
- Color : 235 (azul)
- Weight : 0
- Height : 1
- Width : 1
- NL Offset : 1
- NL Offset + 90° : 1
- Font : Arial Narrow
- Leading zeros : 2
- Decimal places : 0
- Style : 423000
- Sign : off

➤ Tal y como se ve en la figura, hecho esto, presionar el botón Generate para generar.

**Figura 40**

*Configuración del valor cuadricular*

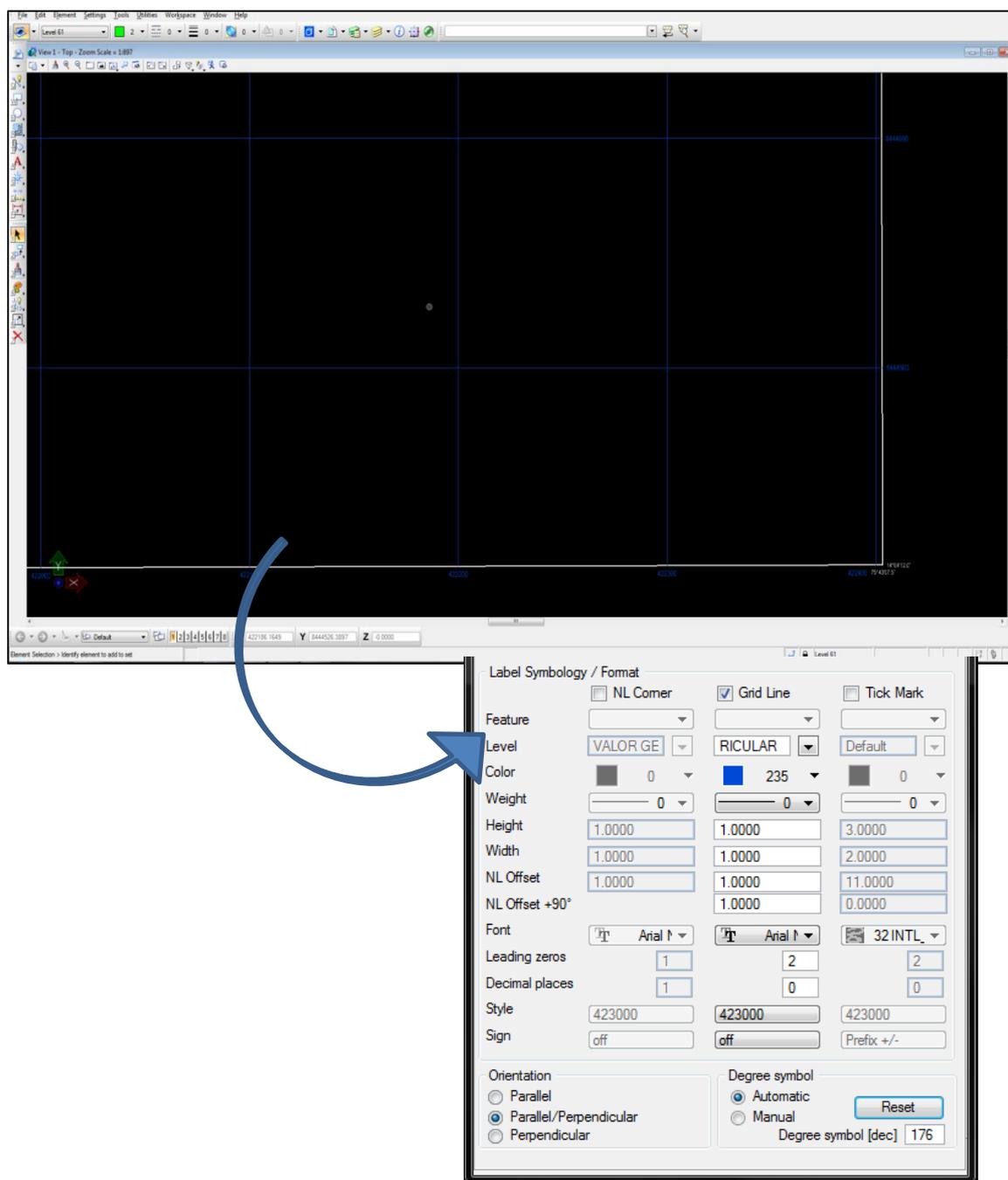


Nota. Elaboración propia

- Realizado este procedimiento, la proyección, valor geográfico, cuadrícula y valor cuadricular habrán sido generados como se ve en la imagen.

**Figura 41**

*Creación de cuadrícula cada 100 x 100*



Nota. Elaboración propia

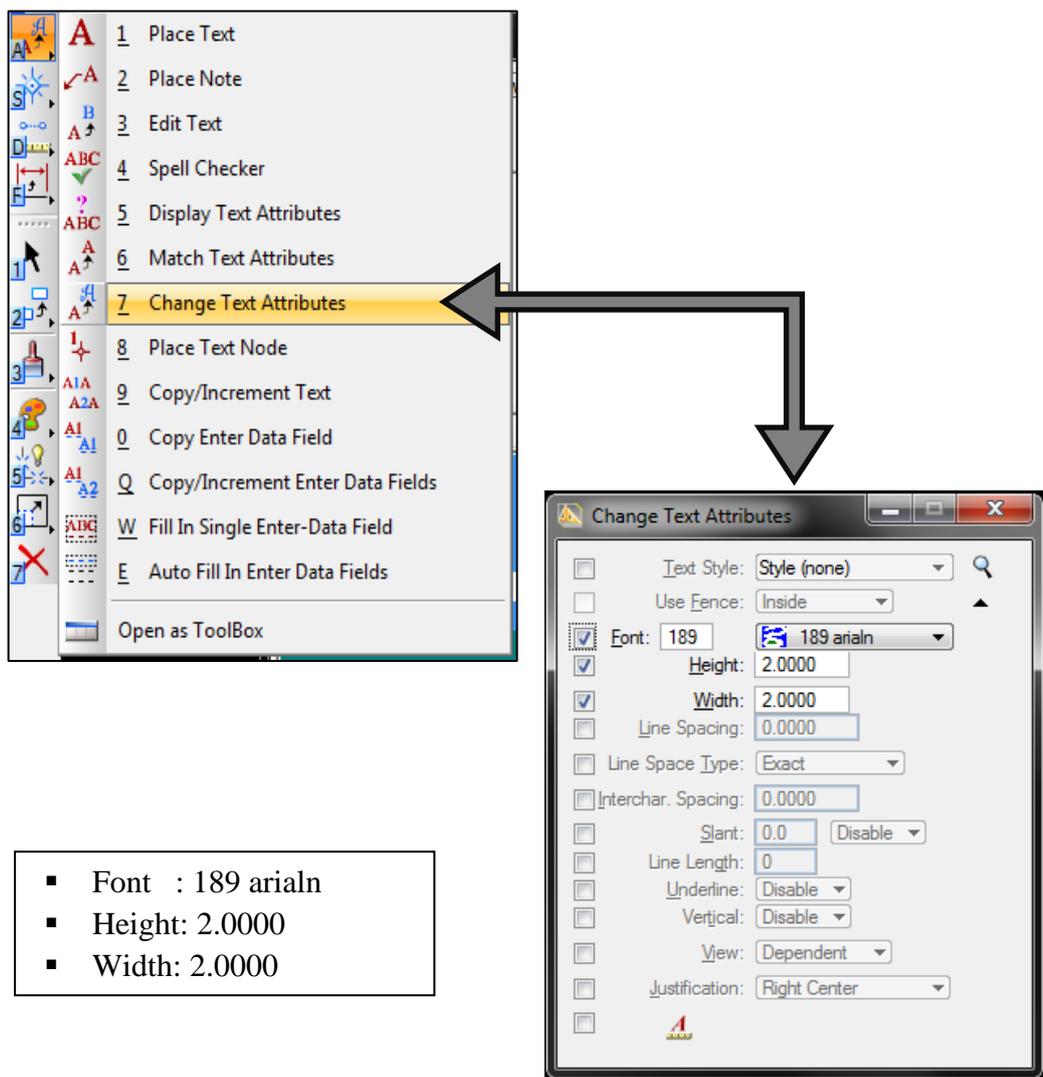
Generado el valor geográfico y valor cuadrícula, se procede a la edición de estos dándoles los siguientes atributos:

### 3.6.5. Edición del valor geográfico

Seleccionar todas las coordenadas cuadrícula, direccionar el mouse a la herramienta change text attributes la cual se encuentra en la ventana de herramientas, desplegada la ventana change text attributes cambio de atributos, se deben de colocar las siguientes características:

**Figura 42**

*Configuración de cuadrícula cada 100 x 100*



Nota. Elaboración propia

- A los valores cuadriculares que se encuentran en la parte inferior izquierda, adyacentes a los valores geográficos, se les asigna atributos diferentes.

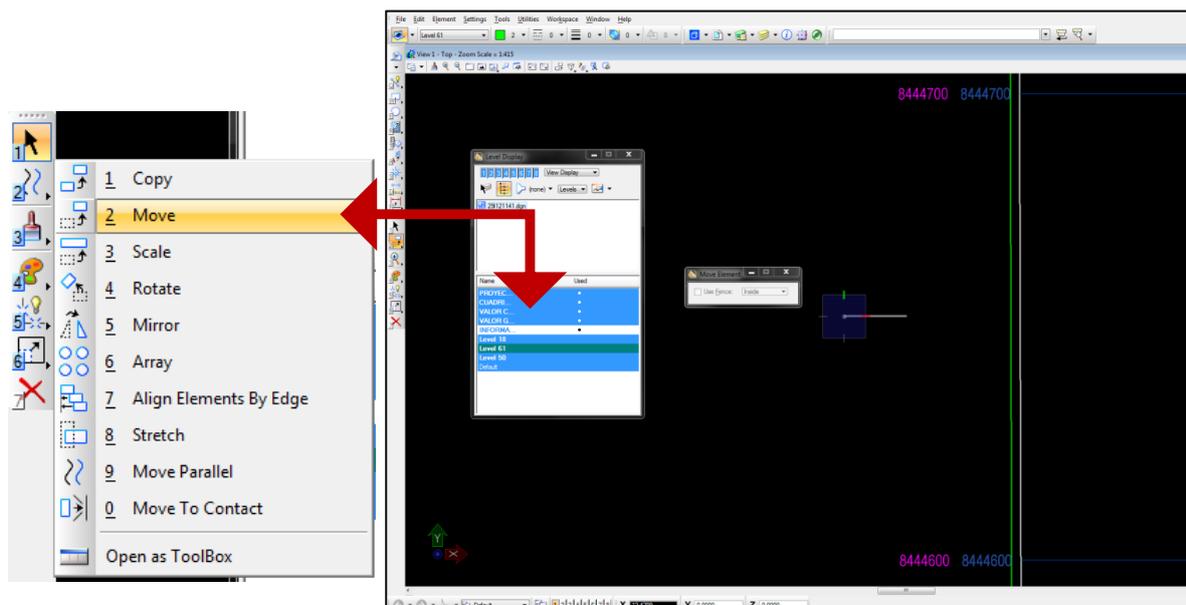
|        |             |   |        |             |
|--------|-------------|---|--------|-------------|
| Font   | : 189arialn | - | Font   | : 189arialn |
| Height | : 1.5       | - | Height | : 2.5       |
| Width  | : 1.5       | - | Width  | : 2.5       |



- Alineación de las coordenadas; para ello se debe crear una paralela a los dos metros de la proyección y a partir de estas se debe alinear los valores geográficos y valores cuadriculares. Seleccionar las coordenadas por bloques (horizontales y verticales) para alinear como se muestra en la imagen, de la siguiente forma:

**Figura 43**

*Creación de grillado y etiquetas*



Nota. Elaboración propia

### 3.6.6. Información Marginal

Para la generación de la información marginal, se referencia (para referenciar ver tercer paso) de una hoja ya hecha a escala 1: 1 000 ya establecida en cartografía y corregida por control de calidad. También se realiza la edición de algunos rotulados del membrete como: Proyecto, ubicación, fecha, departamento, provincia, cuadro de empalme y número de hoja, en caso no se cuente con la información marginal ya establecida, se debe de generar una nueva con las siguientes características como se muestra en la figura:

**Figura 44**

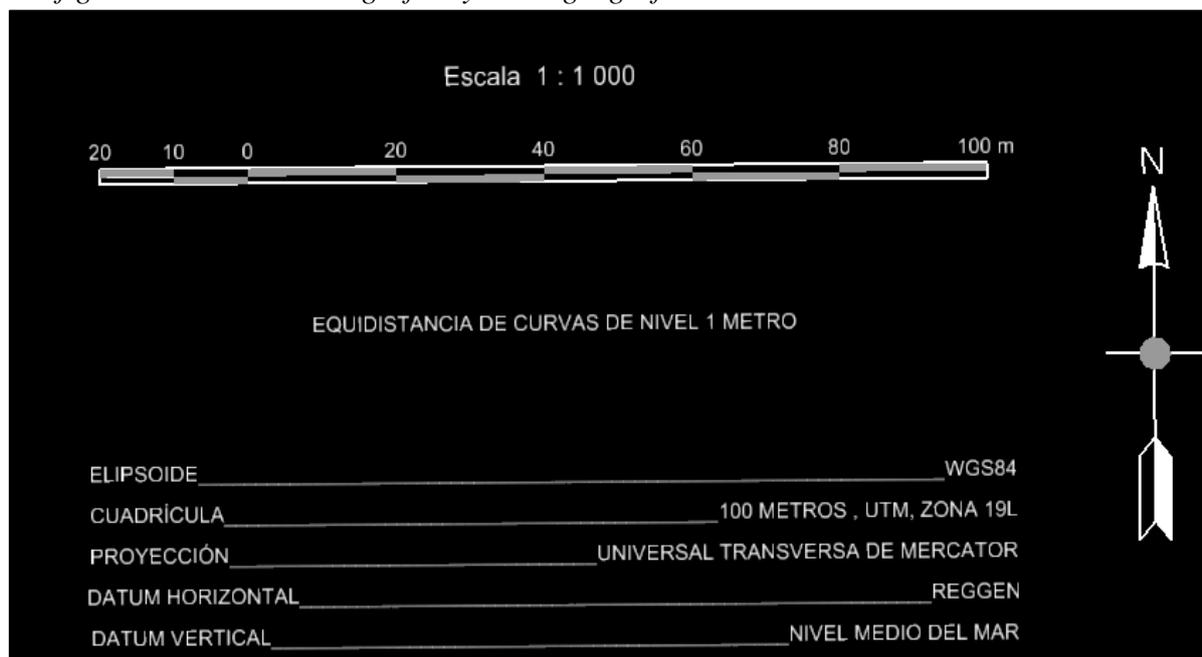
*Generación de la información marginal*



Nota. Elaboración propia

**Figura 45**

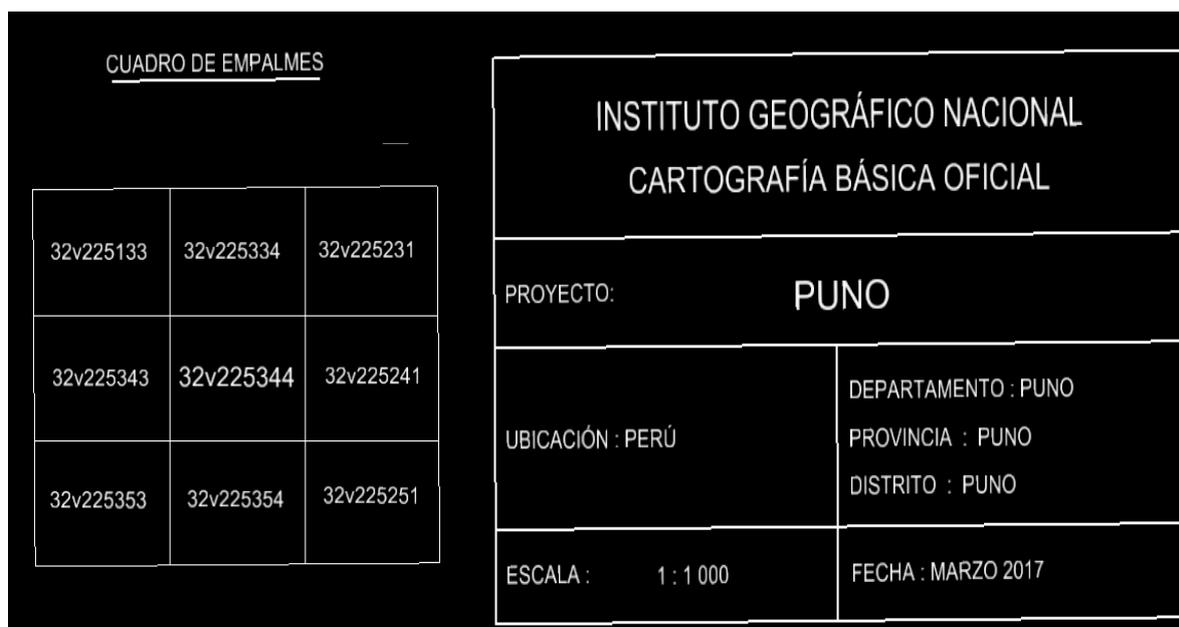
*Configuración de la escala gráfica y datos geográficos*



Nota. Elaboración propia

**Figura 46**

*Configuración del membrete y cuadro de empalmes gráfica*



Nota. Elaboración propia



### 3.6.7. Criterio de extracción de la información cartográfica

**Figura 48**

*Identificación del límite de manzana*



Nota. Elaboración propia

- La Restitución Fotogramétrica es el procedimiento para obtener información del terreno a través de la estereoscopia, generando así vectores es 3D.
- Para la identificación de manzanas se tiene que dar una revisión panorámica de la manzana consolidada, revisar los inmuebles que tengan solamente 1 piso construido, para que sea nuestro punto de apoyo para la definición del lindero, se hace la verificación de la altura tanto en la parte superior de los muros y al ras del terreno; de no encontrarse viviendas de 1 piso, se toma en consideración las columnas de las viviendas para poder definir por donde pasa la manzana, se inicia el trazado de la manzana de cualquier esquina y se lanza una línea prolongada que se ira verificando jugando con las alturas de la vivienda y el suelo, para colocar

el siguiente punto en la próxima esquina de la manzana y así sucesivamente hasta cerrar el polígono.

### Figura 49

#### *Digitalización de Lotes*



Nota. Elaboración propia

- Para el trazado de lotes se debe tener en consideración la identificación de los muros medianeros, estos pueden ser visibles viviendas de residencial baja.
- El trazo de los lotes debe ser a la altura del muro identificado, siempre tiene que ser de forma horizontal a nivel del terreno y no de forma vertical en 3D, dado que, este trazo nos brinda como información la altura de la vivienda la cual se está dibujando.
- Estos trazos se realizan con vector tipo línea.

**Figura 50***Digitalización de áreas construidas*

Nota. Elaboración propia

Para el trazado de área construida, se debe identificar el área edificada del lote y esta se traza a nivel de la construcción, incluyendo los aleros que sobrepasan el lote o límite de manzana.

- Se debe incluir la letra “A” para poder identificar en el archivo CAD cual es el área edificada y el área libre.
- Si se encuentra dentro del lote elementos como escaleras, tragaluces, jardines, piscinas, estos deben ser trazados con vector tipo línea, en la capa correspondiente, dado que es información extra que sirve al momento de realizar el catastro en campo.

**Figura 51***Área construida precarias*

Nota. Elaboración propia

- En zonas alejadas al área urbana consolidada, se va a encontrar escenarios, como son las viviendas por ocupación precaria o invasiones recientes, también se considera el levantamiento de estos elementos en fotogrametría, éstos son encerrados en una capa tipo línea denominada “área construida precaria”.
- Se traza el área techada y se coloca el rótulo AP para poder identificar en el archivo CAD cual es el área precaria y el área libre y se trazan los cercos con la capa denominada cerco de tipo línea.

**Figura 52***Identificación de tragaluz*

Nota. Elaboración propia

**Figura 53**

*Identificación de área libre*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 54**

*Identificación de poste 1 foco*



Nota. Elaboración propia

**Figura 55***Identificación de poste 2 focos*

Nota. Elaboración propia.

**Figura 56***Identificación de poste 3 focos*

Nota. Elaboración propia

**Figura 57***Poste de alta tensión*

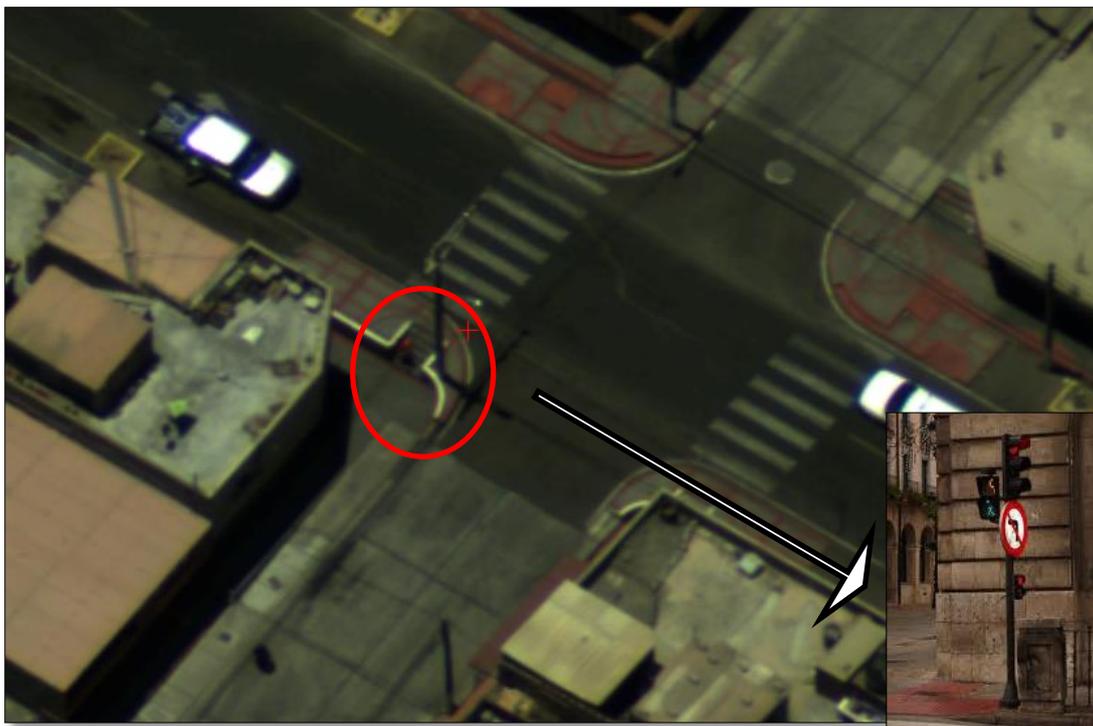
Nota. Elaboración propia.

**Figura 58***Antena de comunicación*

Nota. Elaboración propia

**Figura 59:***Poste de media tensión*

Nota. Elaboración propia.

**Figura 60***Identificación Semáforo*

Nota. Elaboración propia

**Figura 61**

*Digitalización de Pared o muro*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 62**

*Digitalización de cerco*



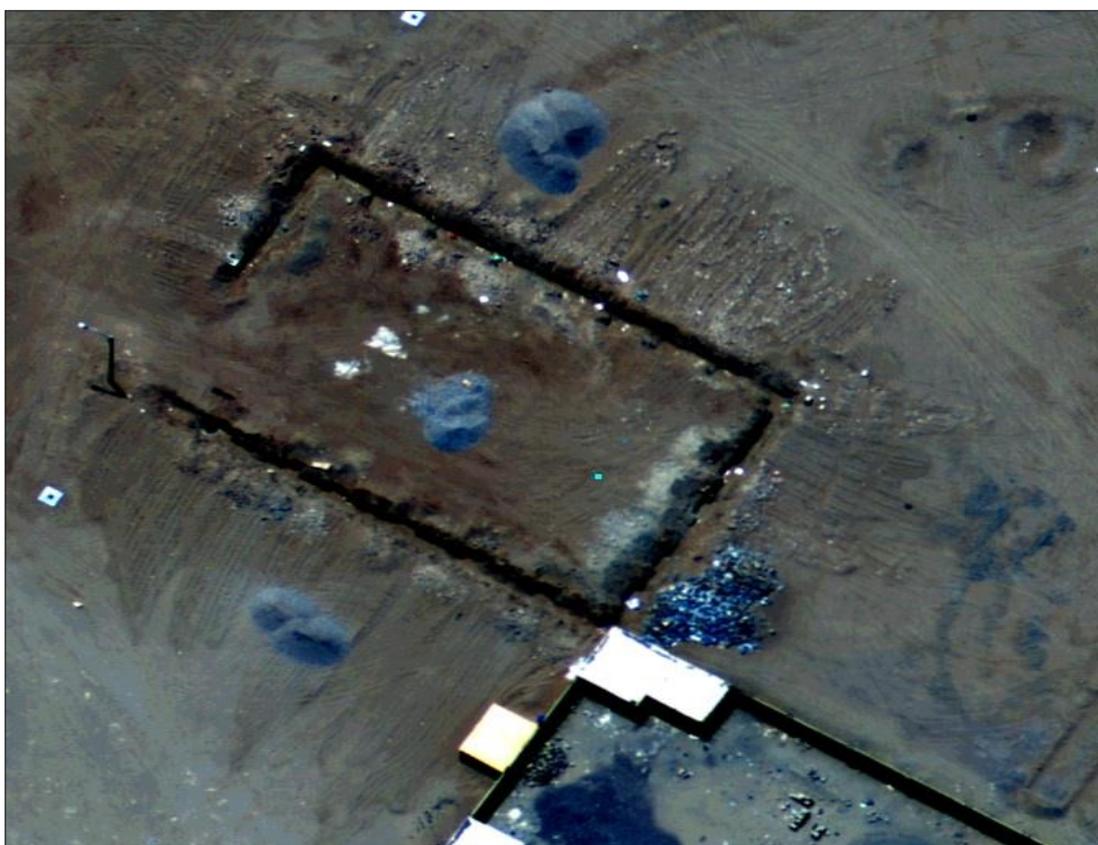
Nota. Elaboración propia

**Figura 63***Identificación de Loza deportiva*

Nota. Elaboración propia.

**Figura 64***Identificación Monumento y pileta*

Nota. Elaboración propia

**Figura 65***Identificación de zanja*

Nota. Elaboración propia

**Figura 66***Identificación de campo deportiva*

Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 67***Identificación de estadio*

Nota. Elaboración propia

**Figura 68**

*Identificación buzón de desagüe*



Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 69**

*Identificación buzón de teléfono*



Nota. Elaboración propia

**Figura 70***Identificación reservorio*

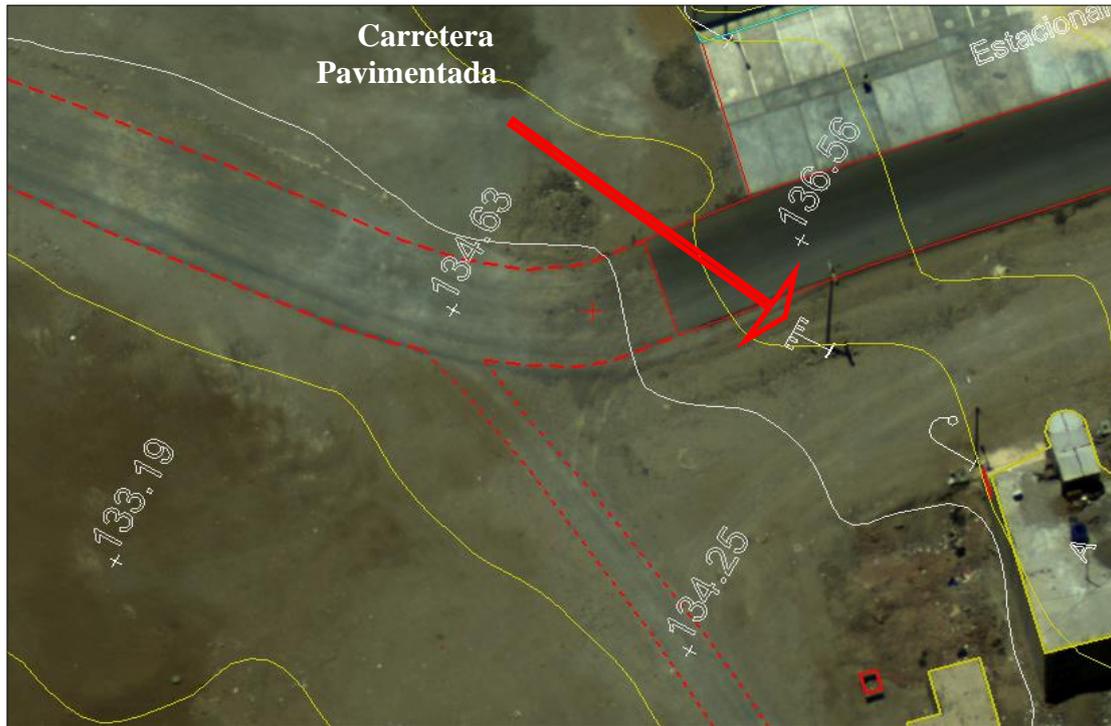
Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 71***Identificación Pantano*

Nota. Elaboración propia

**Figura 72**

*Identificación de carretera pavimentada*



Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 73**

*Identificación de carretera Afirmada*



Nota. Elaboración propia

**Figura 74**

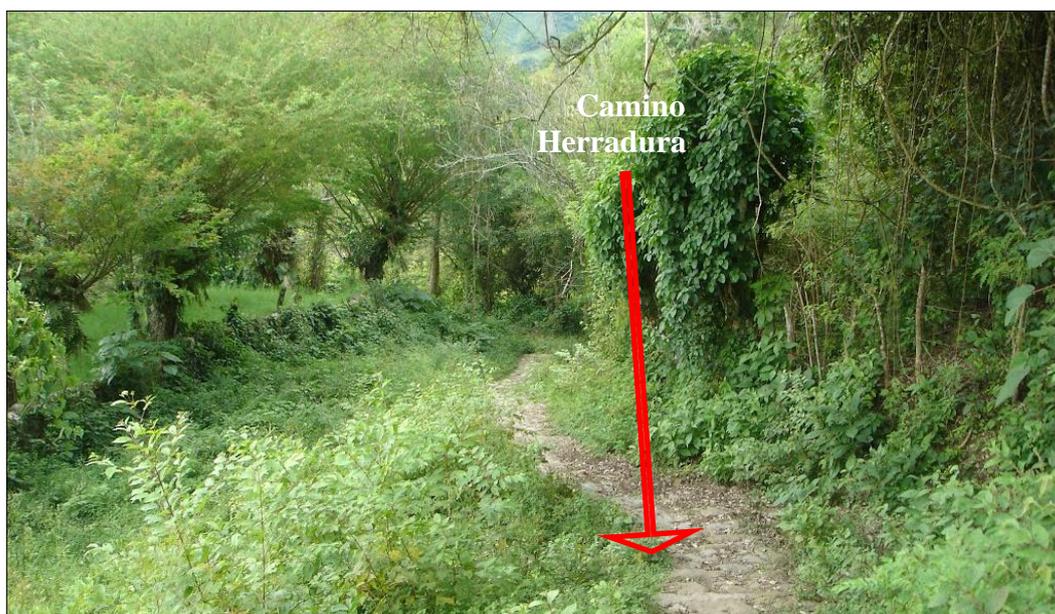
*Identificación de Trocha Carrozable*



Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 75**

*Identificación de Camino Herradura*



Nota. Elaboración propia

**Figura 76***Identificación de Vereda*

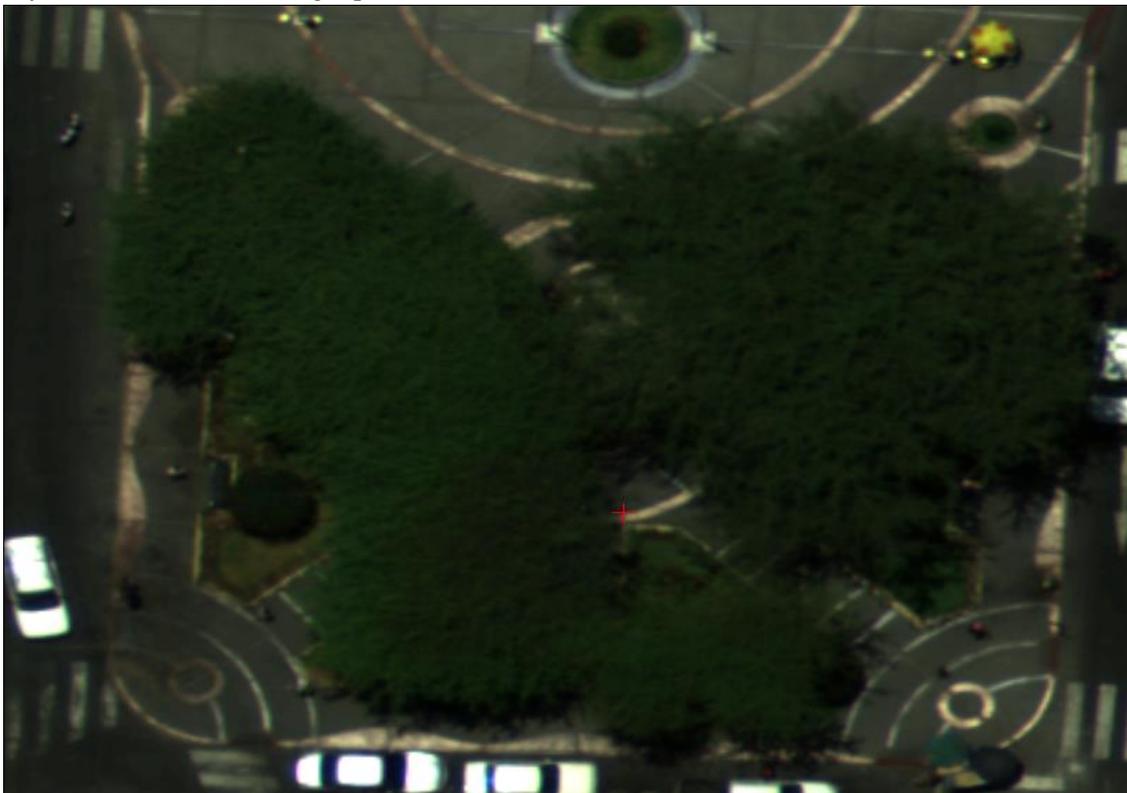
Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 77***Identificación de Berma*

Nota. Elaboración propia

**Figura 78***Identificación de Árbol*

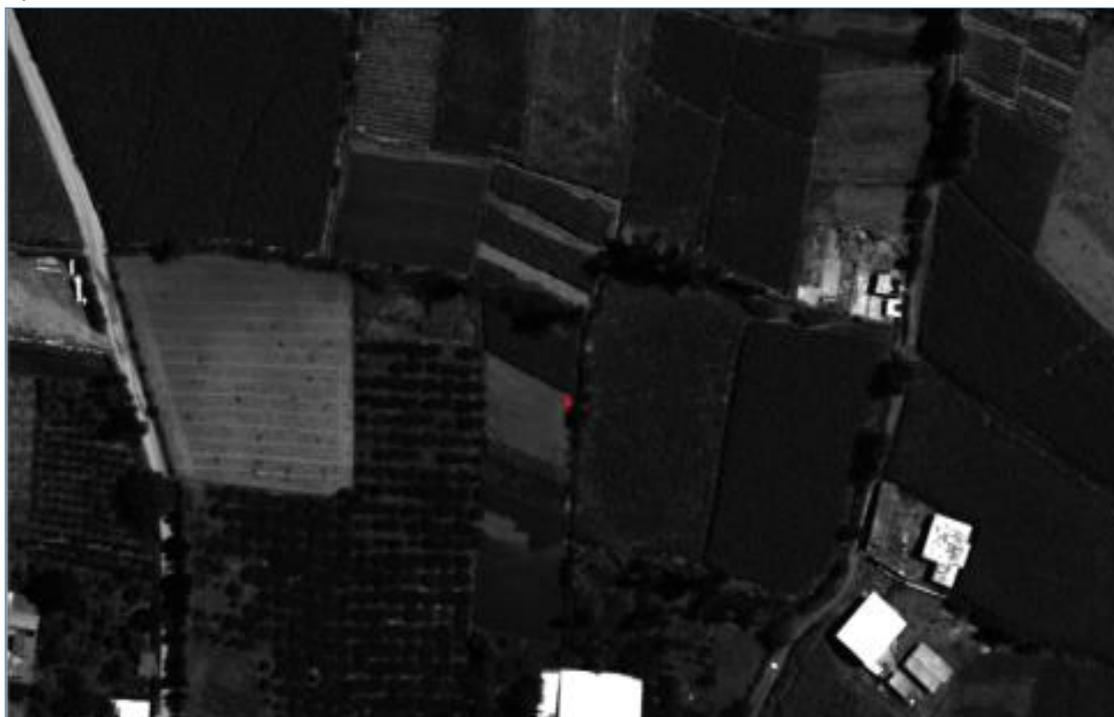
Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 79***Identificación de Árboles Agrupados*

Nota. Elaboración propia

**Figura 80***Identificación de Jardín*

Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 81***Identificación de Terreno Cultivo*

Nota. Elaboración propia

**Figura 82***Descripción de Parque*

Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 83***Descripción de Puente Vial*

Nota. Elaboración propia

### 3.7. Análisis de datos

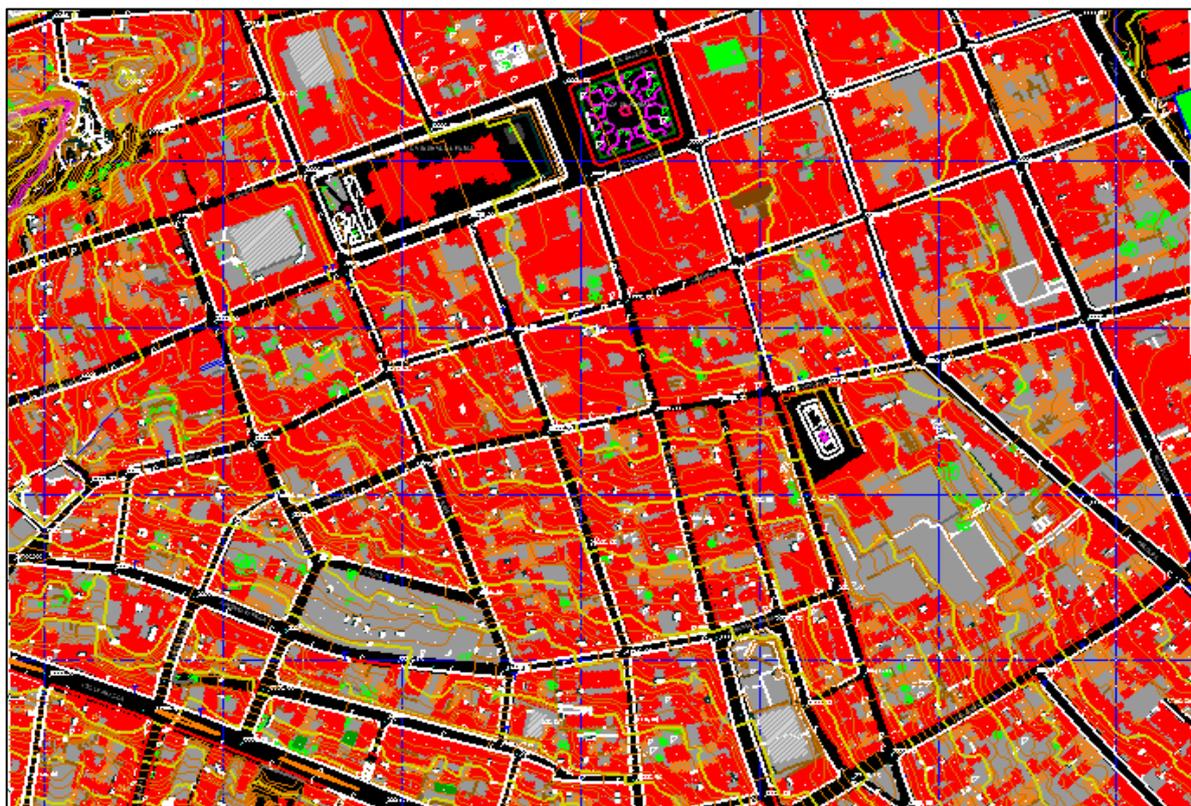
#### 3.7.1. Elaboración y supervisión de la cartografía

##### A. Supervisor:

- Recepciona el archivo con toda la información de restitución.
- Procede a la revisión de la información en forma global (barrido de todo el proyecto a fin de detectar errores), en caso de encontrarse alguno, el archivo debe retornarse al revisor para que gestione las correcciones.

#### Figura 84

*Verificación de la información cartográfico de la ciudad de Puno*



Nota. Elaboracion Propia.

##### B. Revisor

- Recepciona del supervisor el archivo con información de restitución.

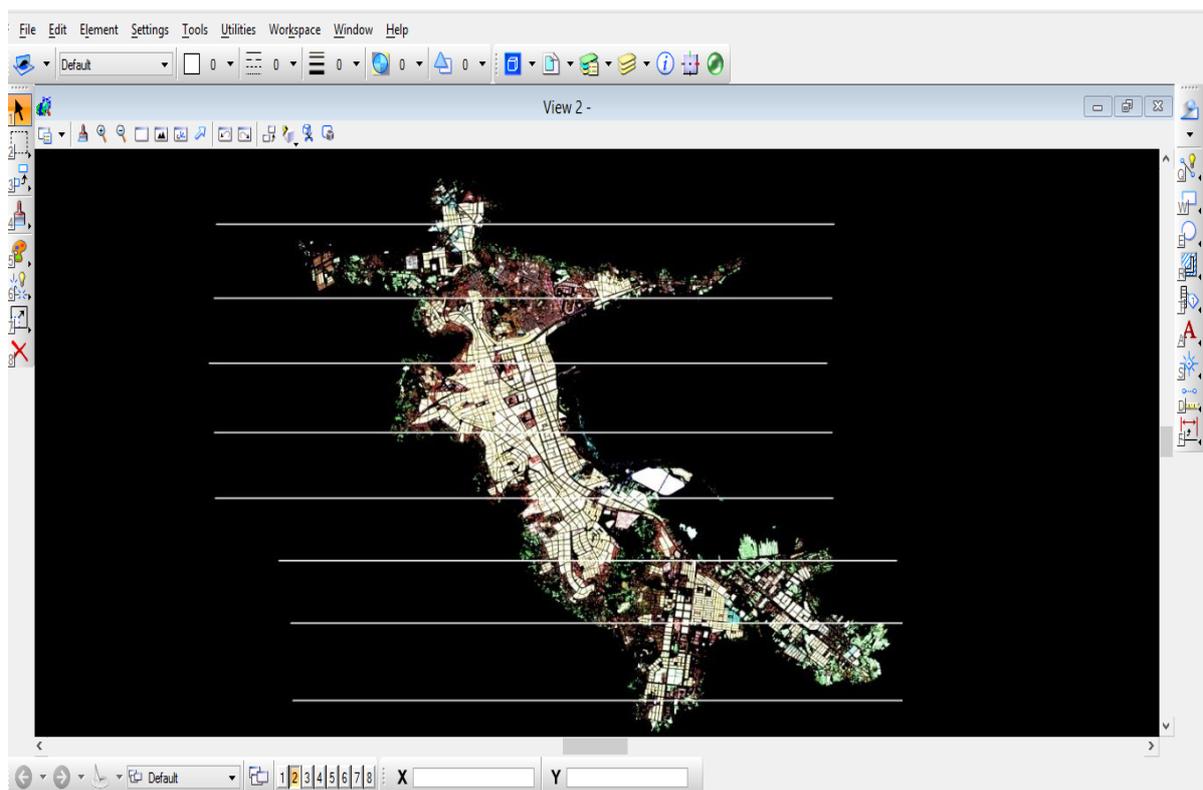
- Realiza una revisión de la información a fin de encontrar incoherencias para que estas sean corregidas por los operadores.
- El Revisor entrega a sus operadores el archivo de información de restitución por sectores en forma equitativa.
- Realiza la revisión del archivo digital editado por sus operadores verificando que cada Entidad esté en su respectivo nivel, que la topología esté realizada correctamente y los devuelve para que sean corregidos.
- Centraliza los sectores después de que sus operadores hayan corregido los errores. Realiza una nueva división en el área que les corresponde a fin de cortar el bloque en forma de hojas elaborado por el operador de marco y marginal.

### C. Operador

- Es el encargado de realizar el levantamiento de información utilizando el catálogo de objetos que el revisor le entregara cuando inicie el proyecto.

## Figura 85

### *Procedimiento de edición y revisión de la información Cartográfica*

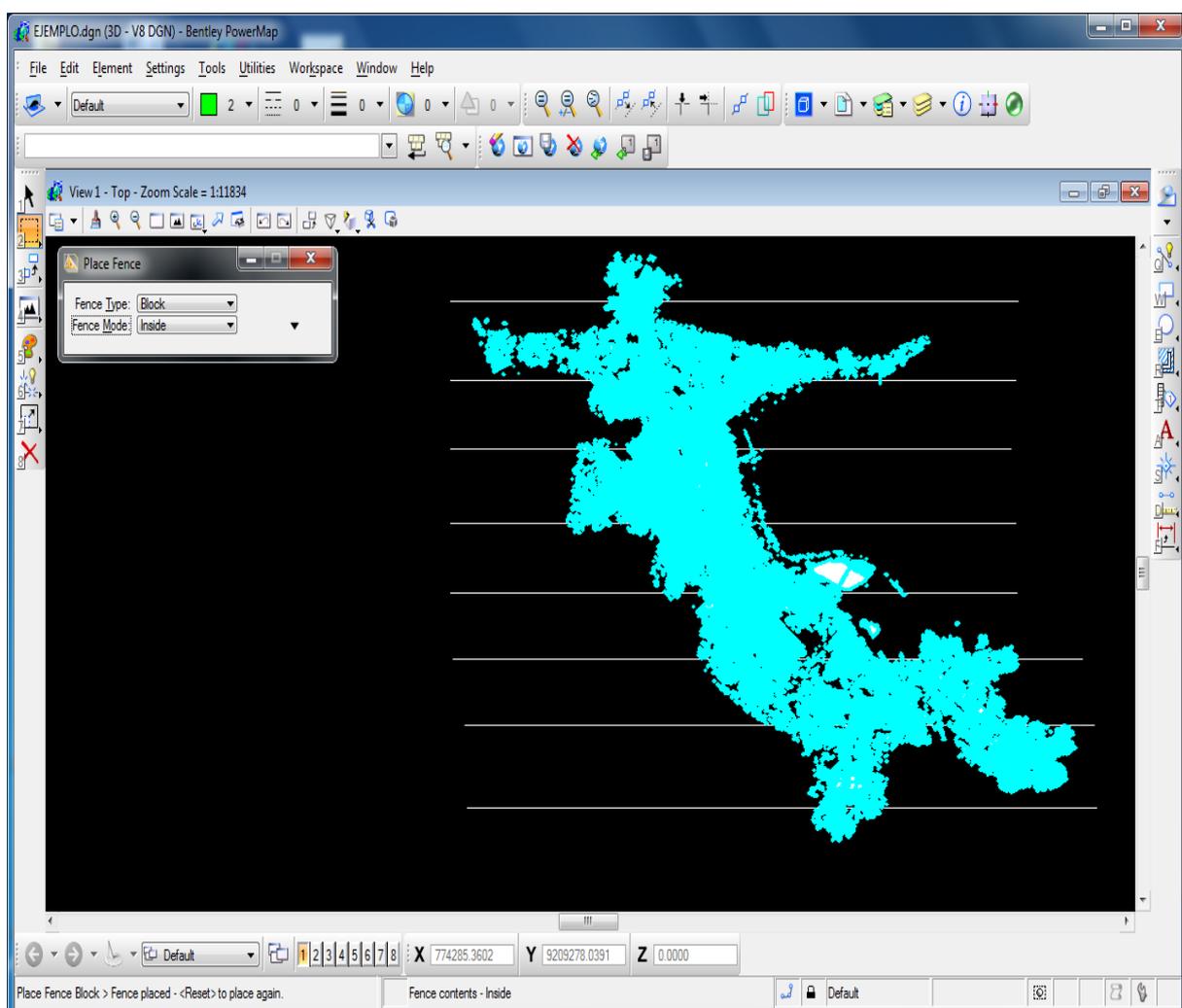


Nota. Elaboracion Propia.

- Se revisar si tiene algunos errores y haremos una limpieza topologica en el área de trabajo donde verificaremos si existe duplicados (hacer un fence, activar block inside) todo en 3d.

## Figura 86

*Revisión de duplicidad del archivo editado*



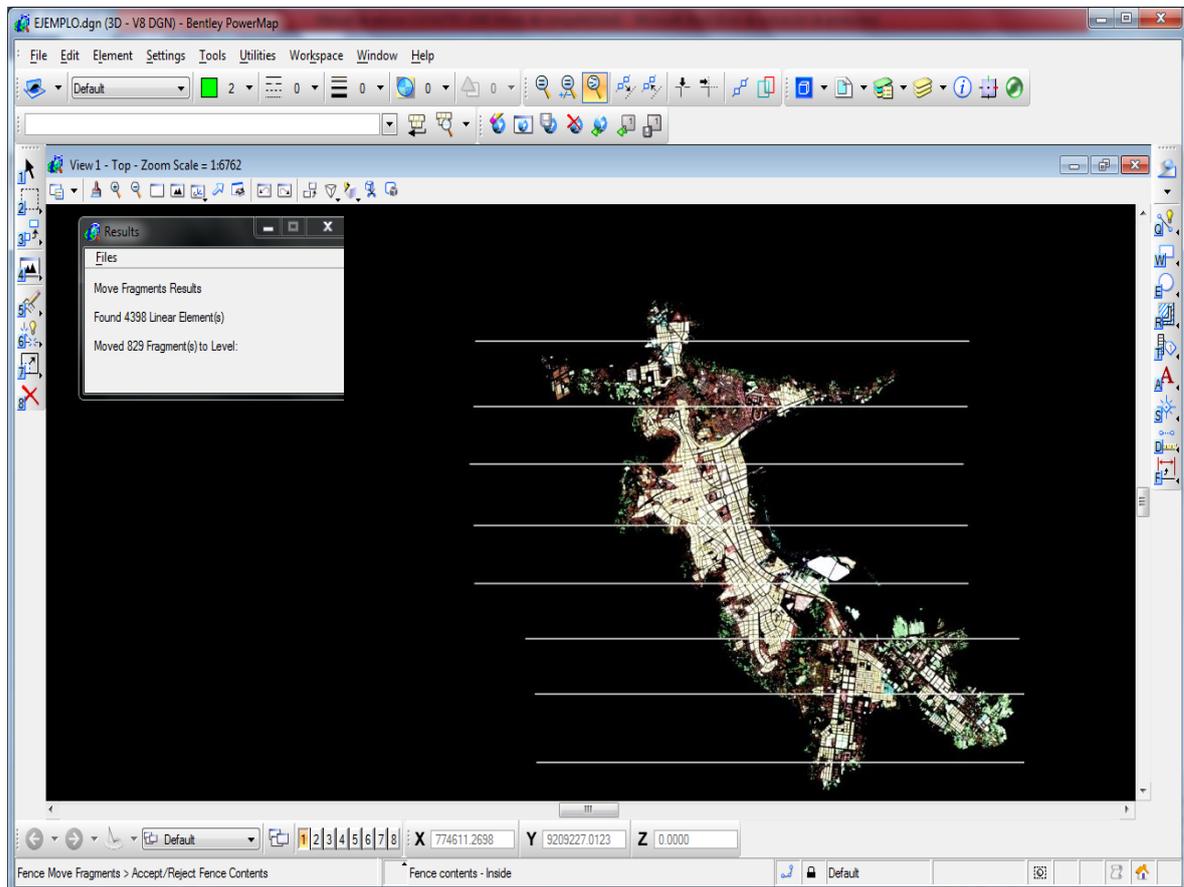
Nota. Elaboracion Propia.

- Se ocultar todo aquello que cuya representacion grafica sea puntos como celulas y nos quedaremos con aquello que son lineas.( vias, berma, veredas etc).Asi mismo

debemos seleccionar todo y romper todo la información cartográfica con la herramienta drop activar todas las opciones para detectar duplicidad.

### Figura 87

*Revisión de duplicidad del archivo editado*

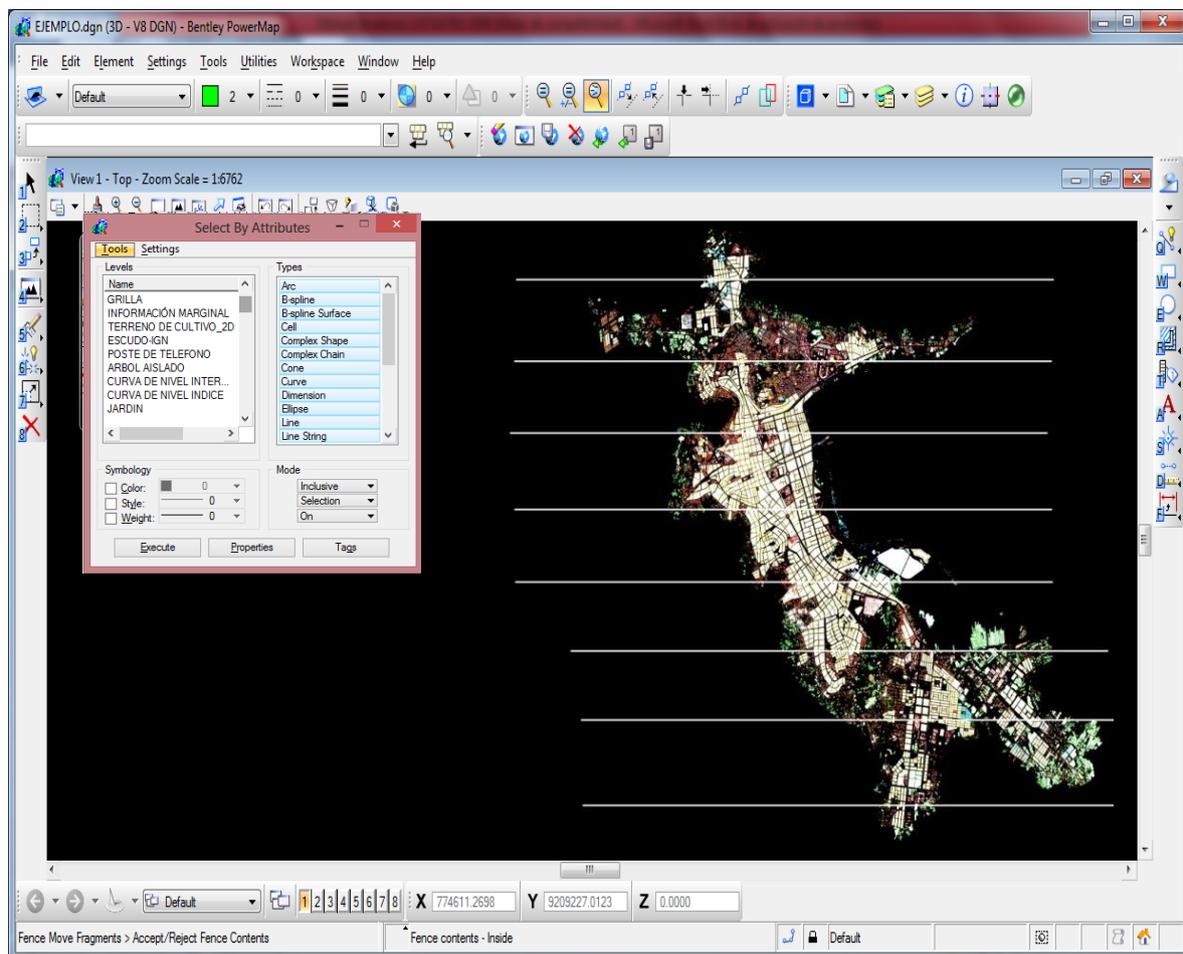


Nota. Elaboración Propia.

- Volver a romper con la herramienta drop, activando todas las opciones. Inserta la información usando la quinta herramienta. Ahora, se procederá a exportar a 2D, solo para identificar las líneas sueltas con el end point Exportar a 2D, cambiando de nombre, generar el end point solo con información de líneas, esconder el resto de información que son células.
- Seleccionar por atributos e identificar si han quedado, alguna línea como complex shape o complex chain.

**Figura 88**

*Selección de atributos de la ciudad de Puno*

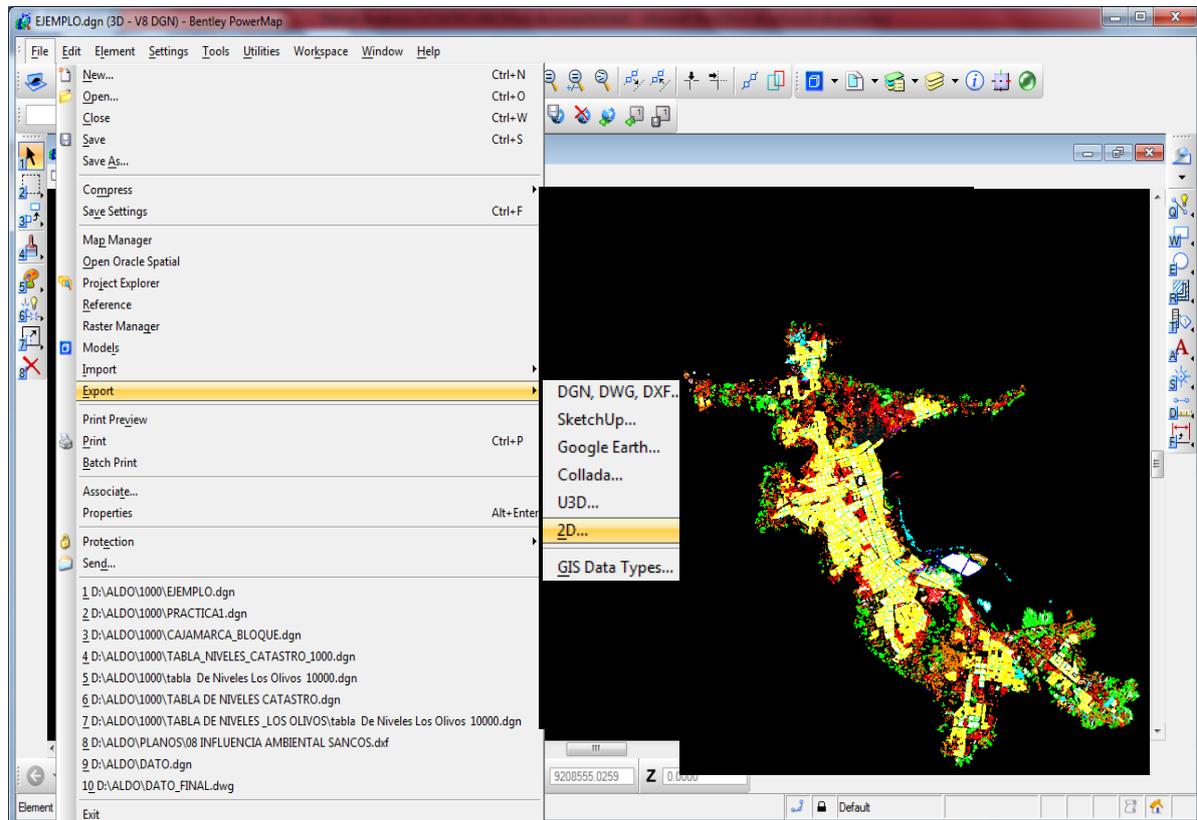


Nota. Elaboracion Propia.

- Volver a romper con la herramienta drop, activando todas las opciones. Inserta la información usando la quinta herramienta. Ahora, se procederá a exportar a 2D, solo para identificar las líneas sueltas con el end point. Exportar a 2D, cambiando de nombre, generar el end point solo con información de líneas, esconder el resto de información que son células
- Verificar detalladamente tu archivo en 3D, teniendo en cuenta que toda modificación es en 3D antes de empezar a realizar los polígonos de las manzanas y lotes así como área contruida y libre.

Figura 89

### Conversión de formato 3D a 2D



Nota. Elaboracion Propia.

#### 3.7.2. Topología

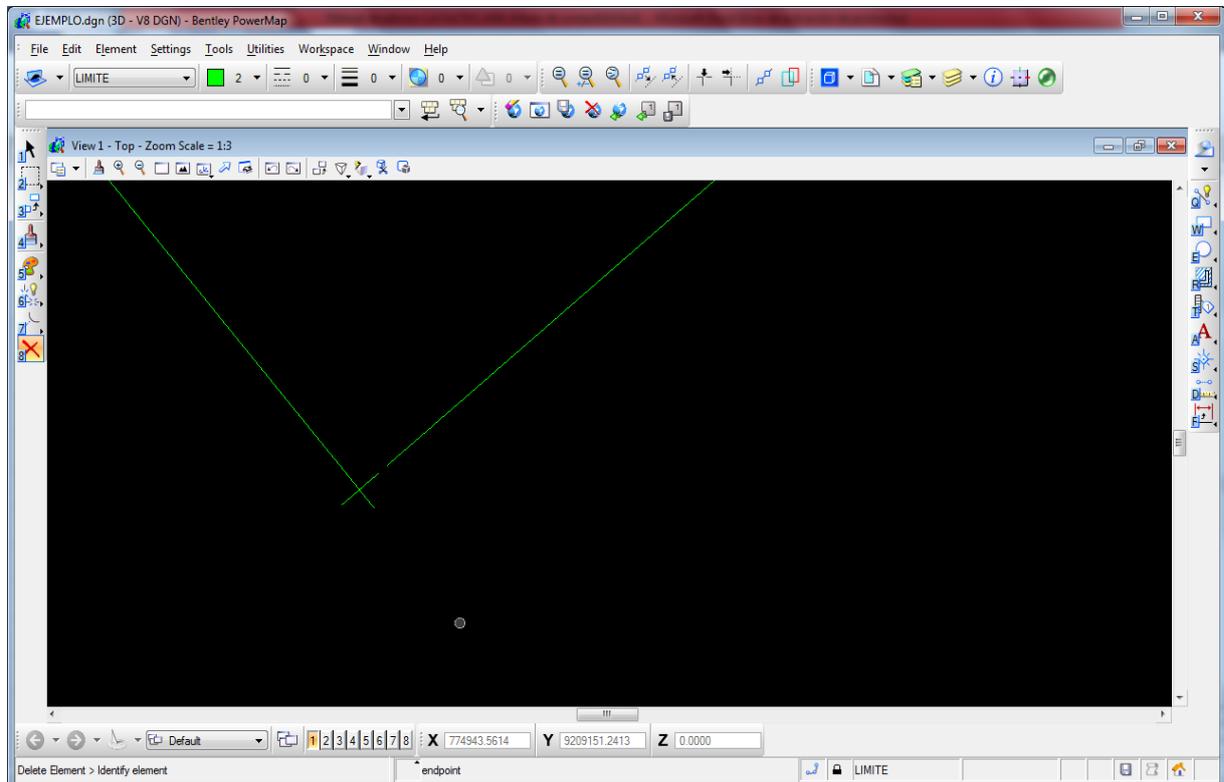
- Mediante la herramienta topología determinaremos los errores que se encuentra en las hojas de la ciudad de Puno, errores como superposición, duplicidad de información, líneas entrecortadas entre otros.

- La herramienta topológica es una gran herramienta cartográfica que nos permite poder dar solución a las polilíneas incompletas, duplicidad de información.

- Con la obtención de las imágenes de vuelo fotogramétricos con cámara ADS80 y en las once líneas de vuelo de resolución espacial de 10 cm se encuentra muchos errores cartográficos debido a la precisión de la restitución fotogramétricas.

**Figura 90**

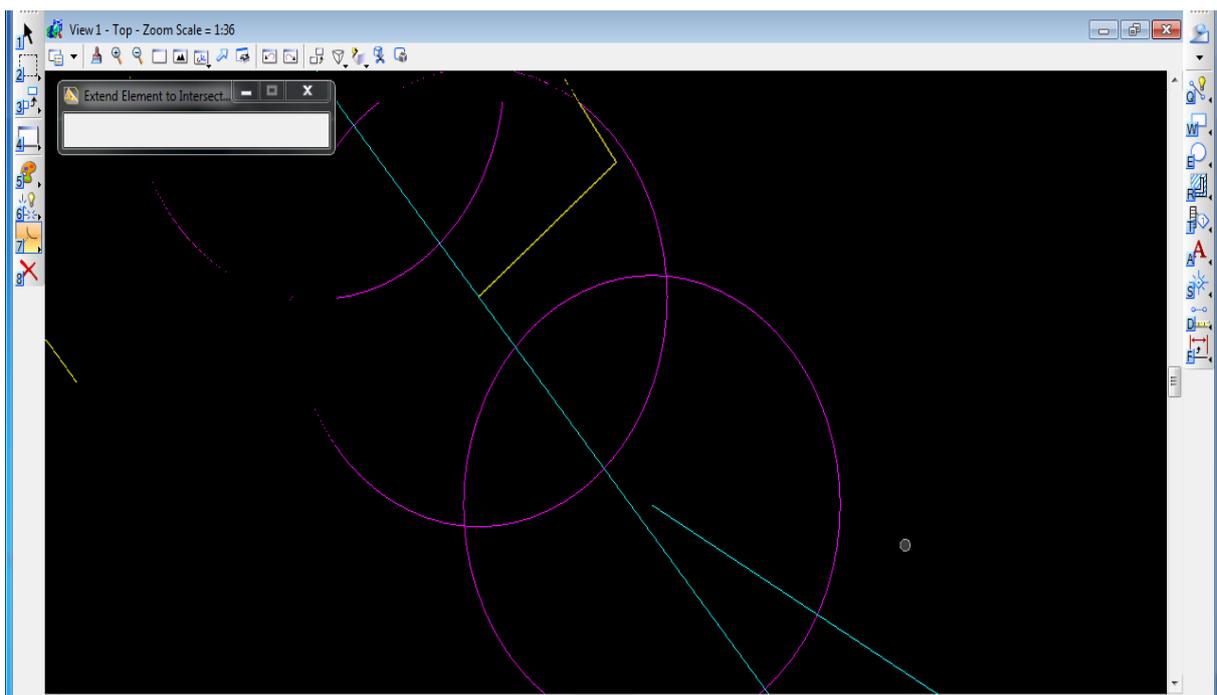
*Determinación de topología*



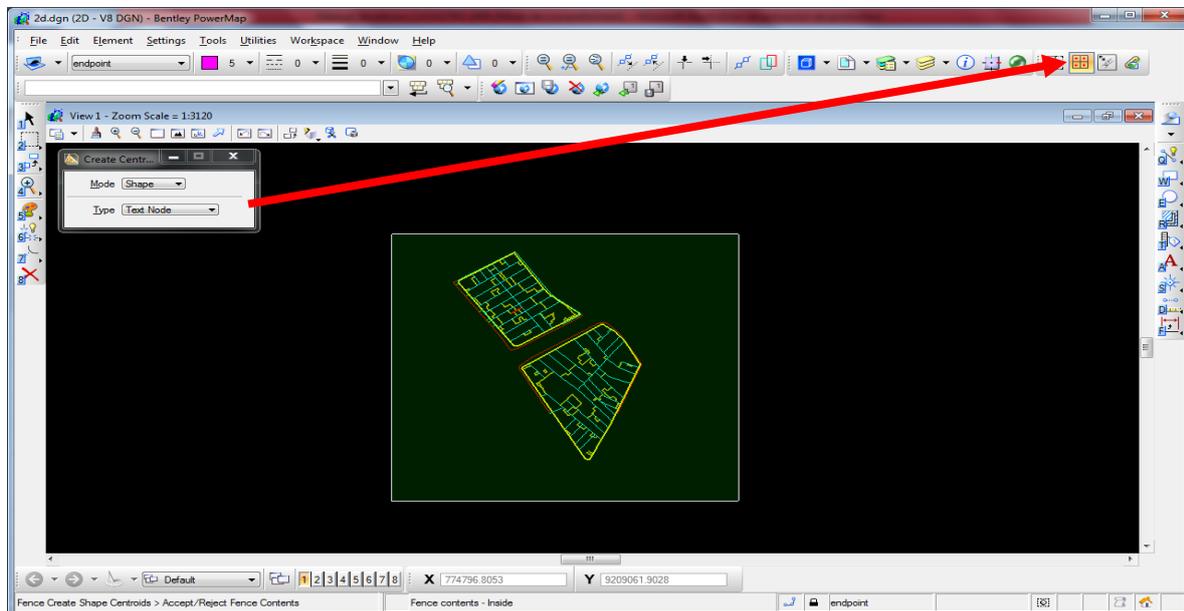
Nota. Elaboracion Propia.

**Figura 91**

*Errores topológicos*

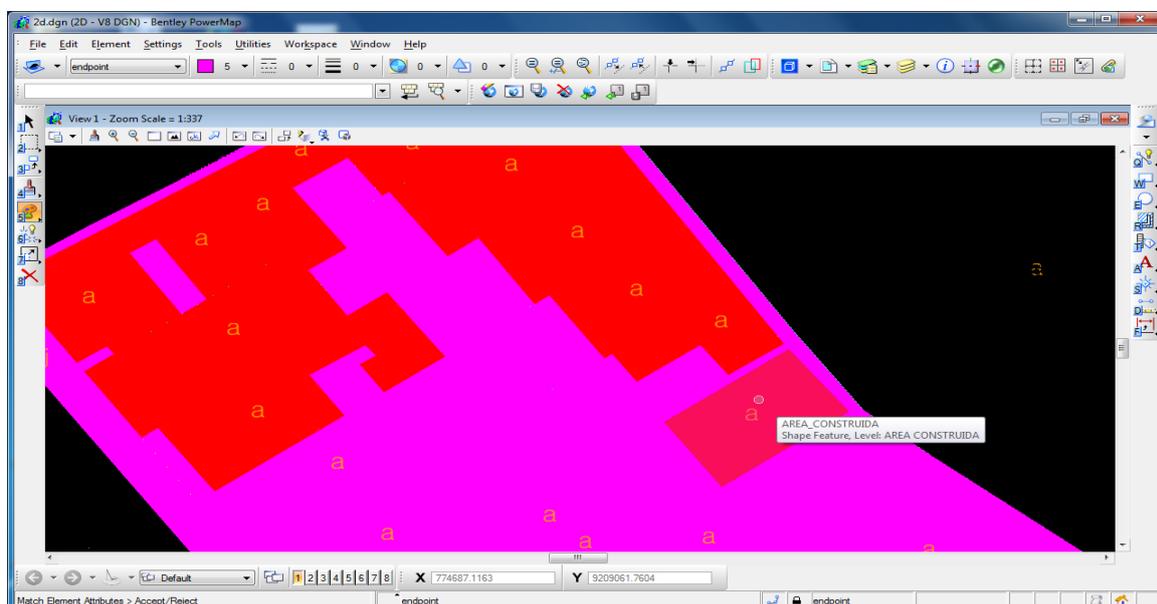


Nota. Elaboración propia

**Figura 92***Edición topológicos*

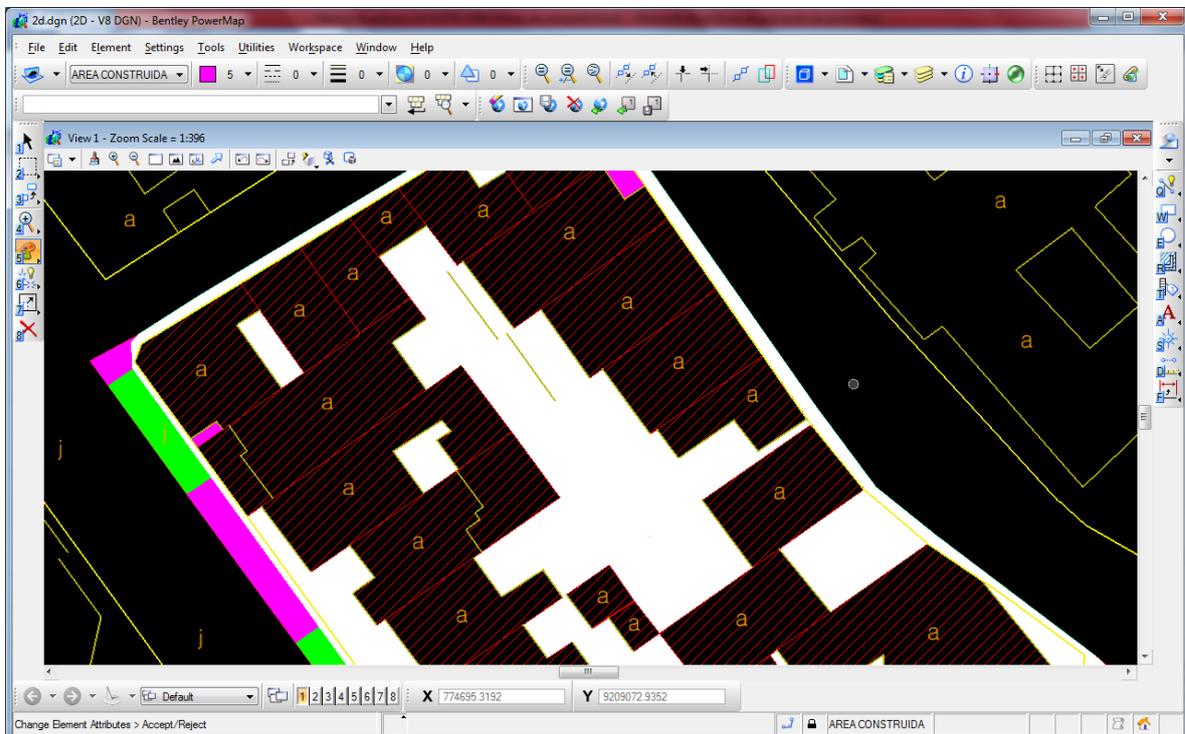
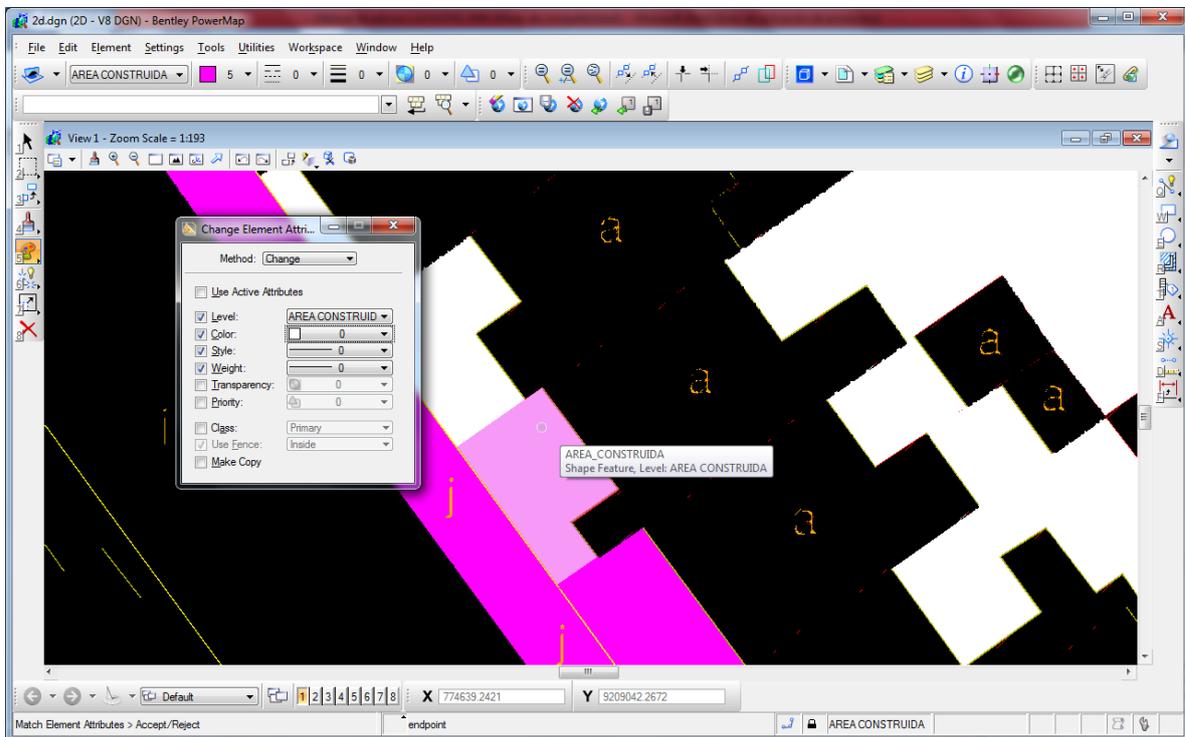
Nota. Elaboracion Propia.

- En grupo mando a formar una copia para separar el área construida, el área libre y la escalera. Con otra copia, se generan lote, manzana, etc; posteriormente se crea los niveles llamados: Área contruida, Área libre, Alero, Jardin, Berma, Vereda, Lote y Manzana.

**Figura 93***Identificación de área catastral*

Nota. Elaboración propia

Figura 94

*Separación de área libre cartográfico*

Nota. Elaboración propia



- Finalmente luego de tener los poligonos, con los niveles correspondientes, las celulas ya en el formato y tamaño se procede a armar y ponerle los colores determinados según la tabla de niveles para catastro y teniendo prioridades para ordenar el archivo.

**Figura 96**

*Tabla de niveles catastrales*



| NIVEL | OBJETOS               | SÍMBOLOS                               | COLOR | ESTILO | GROSOR | DETALLE/FONDO              |
|-------|-----------------------|--|-------|--------|--------|----------------------------|
| 1     | AUTOPISTA             |  | 3     | 0      | 1      |                            |
| 2     | CARRETERA PAVIMENTADA |  | 3     | 0      | 0      |                            |
| 3     | CARRETERA AFIRMADA    |  | 3     | 2      | 1      |                            |
|       | CAMINO CARROZABLE     |  | 3     | 2      | 0      |                            |
| 4     | CAMINO DE HERRADURA   |  | 0     | 2      | 1      |                            |
| 6     | PUENTE VIAL           |  | 3,0   | 0      | 0,1    |                            |
| 7     | PUENTE PEATONAL       |  | 0     | 0      | 0      | Rotular (Arial narrow, T2) |
| 8     | TUNEL                 |  | 0     | 0      | 0      |                            |
| 9     | ALCANTARILLA          |  | 0 y 3 | 0      | 1,0    |                            |
| 10    | LINEA FERREA          |  | 0     | 0      | 0      |                            |
| 11    | LIMITE DE MANZANA     |  | 0     | 0      | 0      |                            |
| 12    | AREA CONSTRUIDA       |  | 3     | 0      | 0      |                            |
| 13    | DIVISION DE LOTE      |  | 0     | 0      | 1      |                            |
| 13    | VEREDA                |  | 0     | 0      | 0      |                            |
| 14    | BERMA                 | Berma lateral<br><br>Berma central<br> | 0     | 0      | 0      | Fill 252 CEL 245           |
| 15    | MURO , TAPIA, DIQUE   |  | 0     | 0      | 1      | Rotular (Arial narrow, T2) |
| 16    | CERCA                 |  | 0,245 |        | 0,0    |                            |
| 17    | ZANJA                 |  | 0     | 3      | 0      |                            |
| 18    | ESCALERA              |  | 0     | 0      | 0      | Rotular (Arial narrow, T2) |

Nota. Elaboración propia

1. JARDIN
2. AREA COSTRUIDA Y ALERO
3. AREA LIBRE Y ESCALERA Y VEREDA
4. BERMA
5. CICLOVIA
6. LIMITE DE MANZANA
7. DIVISION DE LOTE
8. CARRETERA ASFALTADA
9. CARRETERA AFIRMADA

10. CURVAS DE NIVEL

11.COTAS Y TEXTOS

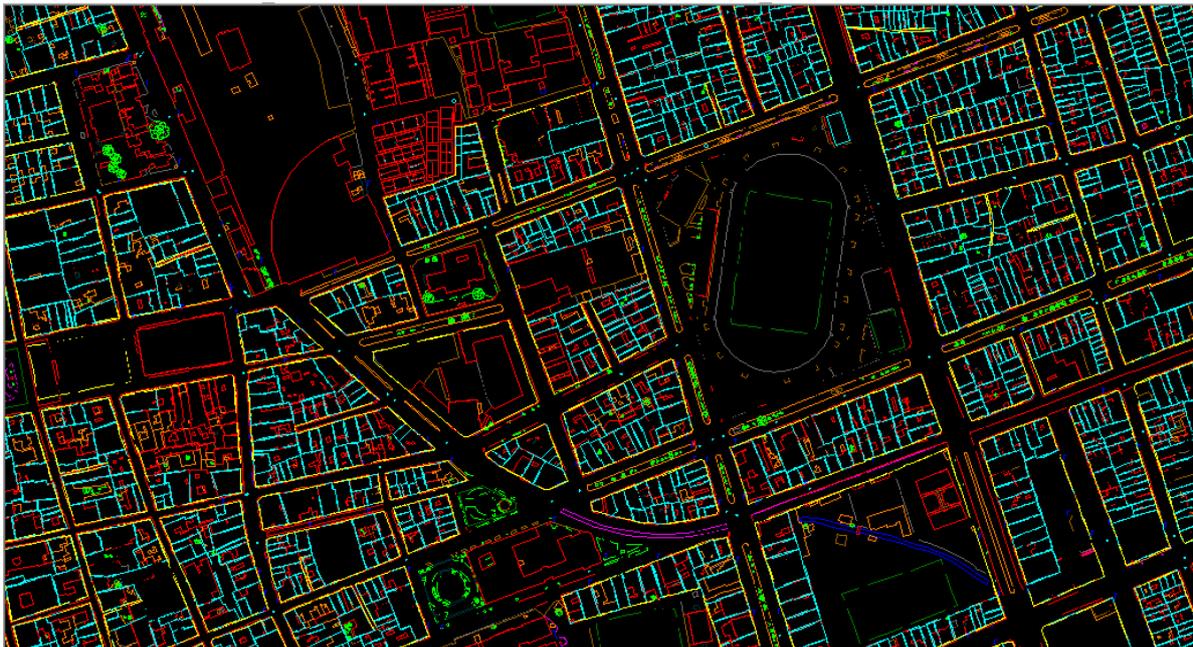
12.PROYECCION Y CUADRICULA

13.MARGINAL

- Luego de este proceso, tomando en cuenta que ya no hay ningún error de topología exporta a 2D, convierte en polígonos la información que debe llevar patrones (Jardines, bermas, veredas, manzanas, lotes, áreas construidas, tragaluz, aleros, etc).

### **Figura 97**

*Validación de la información catastral*



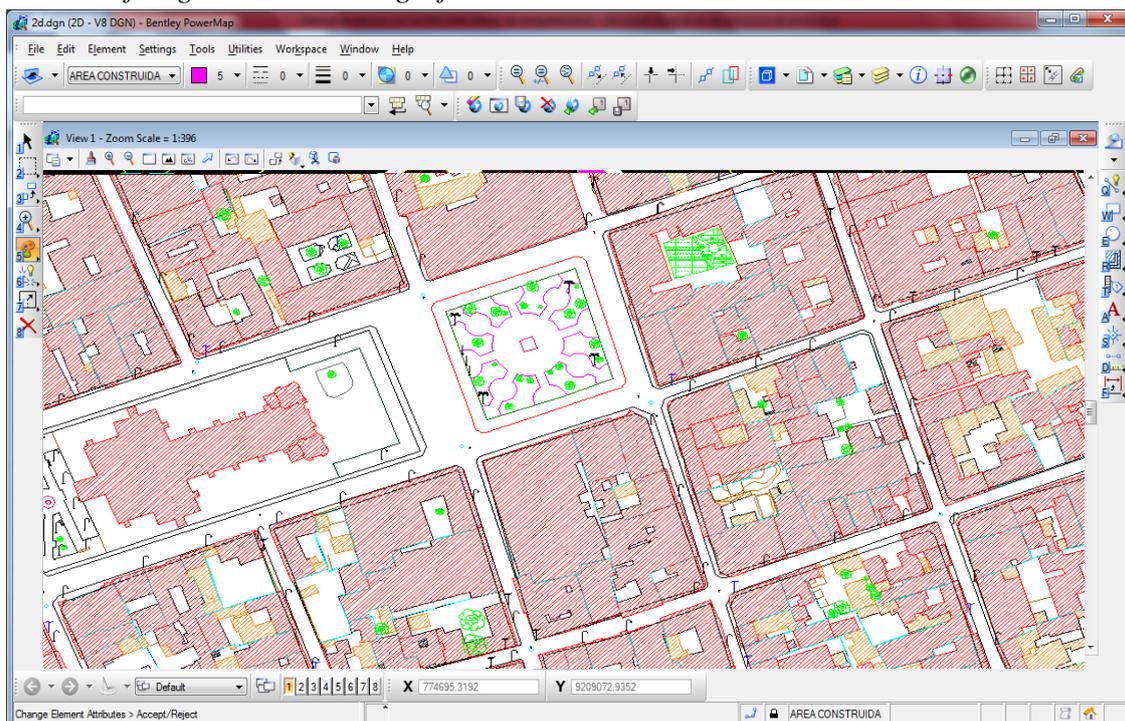


Nota. Elaboracion Propia.

- Al tener toda la informacion de poligonos se procede a revisar e identificar errores las mismas que se deben ir corrigiendo. Luego de hacer todos los poligonos en 2d se pega en el archivo 3d.

## Figura 98

### *Restitución fotogramétrica cartográfica*





Nota. Elaboración Propia

#### **IV. RESULTADOS**

La producción cartográfica comprende todos los procedimientos necesarios para la generación de un mapa: vuelo fotogramétrico, control terrestre, apoyo fotogramétrico del vuelo, restitución fotogramétrica, edición cartográfica, e impresión; además requiere de un control íntegro en cada uno de sus procesos. La calidad de cada uno de ellos depende del resultado final.

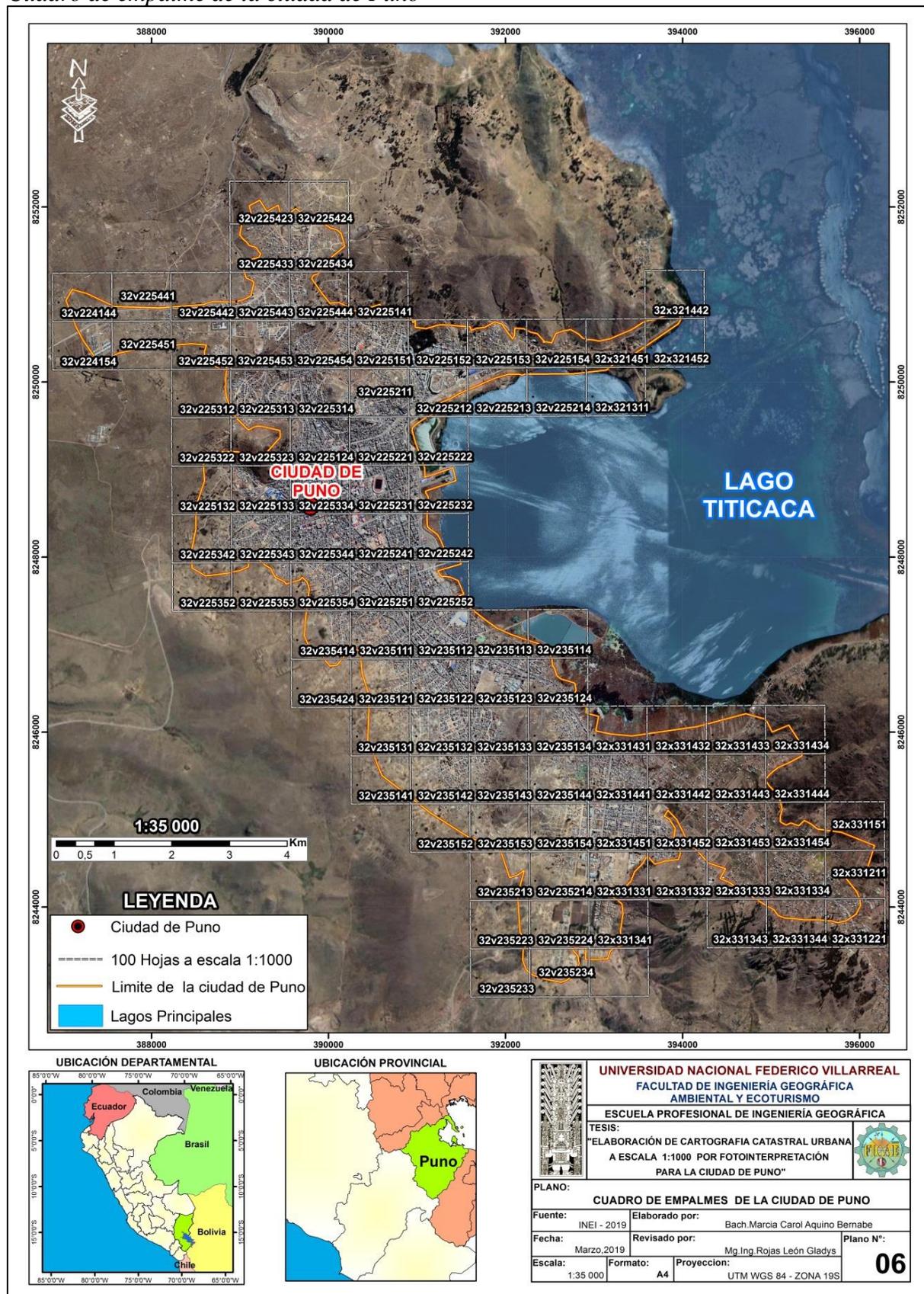
En el presente trabajo de investigación se ha visto todos los procesos para la generación de la cartografía digital a escala 1:1000 de la Ciudad de Puno.

Se ha tomado como apoyo las bases técnicas y normativas para la digitalización de trabajos cartográficos de la Dirección de Cartografía para la producción de cartografía básica a escala 1: 1 000 del Instituto Geográfico Nacional; por lo que, al tener dicho respaldo técnico, se ha procedido a describir los criterios para la extracción de información cartográfica que se sugiere tener para la escala 1: 1 000, esto partiendo de la experiencia obtenida en CINCO (05) años de trabajo como fotogrametra en Instituciones Públicas como son el Instituto Geográfico Nacional y COFOPRI.

Ahora bien, como resultado final, se muestra el cuadro de empalme de las 100 Hojas 1:1 000 generadas como resultado del levantamiento de la zona urbana, cuya área fue de 2322.94 Ha. (ver el plano N° 6).

Figura 99

Cuadro de empalme de la ciudad de Puno



Nota. Elaboración propia.

### 3.8.Presupuesto

#### 3.8.1. Personal contratado utilizando método indirecto

**Tabla 5**

*Cuadro del personal contratado para el proceso de restitución fotogramétrico*

| <b>Personal</b>         | <b>Descripción</b>   | <b>Revisores</b> | <b>Operadores</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------|----------------------|------------------|-------------------|--------------|
| <b>Personal Civil</b>   | Geógrafo             | 0                | 3                 | 3            |
|                         | Ingeniero Geógrafo   | 1                | 4                 | 5            |
|                         | Técnico Geomatica    | 0                | 3                 | 2            |
|                         | <b>Total</b>         | 1                | 10                | 11           |
| <b>Personal Militar</b> | Técnico              | 1                | 0                 | 1            |
|                         | Suboficial SO2       | 0                | 1                 | 1            |
|                         | <b>Total</b>         | 1                | 1                 | 2            |
|                         | <b>Total General</b> | <b>2</b>         | <b>11</b>         | <b>13</b>    |

Nota. Elaboración Propia.

### 3.8.2. Cuadro de gastos utilizando Método Indirecto

**Tabla 6**

*Cuadro de Gastos utilizando el Método indirecto (Fotointerpretación)*

| Personal                                 | Categorización    | Cantidad  | Descripción        | Tiempo/<br>Meses | Costo<br>individual por<br>Mes S/. | Costo por 2 Mes<br>del personal S/. | Costo Total S/.      |
|--|-------------------|---|--------------------|------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| <b>Personal<br/>Civil</b>                | <b>Operadores</b> | 3   | Geógrafo           | 2                | S/.2 000                           | S/.4 000                            | S/.12 000            |
|  |                   | 4   | Ingeniero Geógrafo | 2                | S/.2 500                           | S/.5 000                            | S/.20 000            |
|  |                   | 3   | Técnico Geomática  | 2                | S/.1 500                           | S/.3 000                            | S/.9 000             |
|  | <b>Revisores</b>  | 1   | Ingeniero Geógrafo | 2                | S/. 3 000                          | S/.6 000                            | S/. 6 000            |
|  |                   |   |                    |                  |                                    | <b>Total</b>                        | <b>S/.47 000</b>     |
| <b>Personal<br/>Militar</b>              | <b>Operador</b>   | 1   | Técnico            | 2                | S/.0.00                            | S/.0.00                             | S/.0.00              |
|  | <b>Revisores</b>  | 1   | Suboficial SO2     | 2                | S/.0.00                            | S/.0.00                             | S/.0.00              |
|  |                   |   |                    |                  |                                    | <b>Total</b>                        | <b>S/.0.00</b>       |
| <b>Costo de vuelo<br/>Fotogramétrico</b> |                   | Elaboración de 100 hojas a escala 1:1000 de la ciudad de Puno |                    |                  |                                    | <b>Total</b>                        | <b>S/.95 637,83</b>  |
|  |                   |   |                    |                  |                                    | <b>Total General</b>                | <b>S/.142 637,83</b> |

Nota. Elaboración Propia.

### 3.8.3. Cuadro de Hectárea elaborado por el Método Indirecto

**Tabla 7**

*Cuadro de Hectárea elaborado por el Método Indirecto*

| Levantamiento por método indirecto (Restitución Fotogramétrica) |             |          |                    |   |                        |                           |  |  |
|---|-------------|----------|--------------------|---|------------------------|---------------------------|--|--|
| Ítem  | Descripción | Cantidad | Personal           | Restitución Fotogramétrica                        | Rendimiento individual | Rendimiento total por día | Costo de Restitución de 1 personal por día | Costo de Restitución de 1 personal por Mes |
| 1   | P. Civil    | 3        | Geógrafo           | Rendimiento de 1 personal por un turno de 8 Horas | 4.0 Hectáreas          | 12 Hectáreas              | S/. 66.67                                  | S/. 2 000.00                               |
| 2   |             | 4        | Ingeniero Geógrafo |   | 4.0 Hectáreas          | 16 Hectáreas              | S/. 83.33                                  | S/. 2 500.00                               |
| 3   |             | 3        | Técnico Geomatica  |   | 4.0 Hectáreas          | 12 Hectáreas              | S/. 50.00                                  | S/. 1 500.00                               |
| 4   | P. Militar  | 1        | S02                |   | 3.5 Hectáreas          | 3.5 Hectáreas             | S/. 0.00                                   | S/. 0.00                                   |
|   |             |          |                    |   | <b>Total</b>           | <b>43.5 Hectáreas</b>     | <b>S/.200.00</b>                           | <b>s/6 000.00</b>                          |

Nota. Elaboración Propia.

### 3.8.4. Presupuesto utilizando el Método Directo

**Tabla 8**

*Cuadro de Gasto en la implementación utilizando el método Directo*

|                     |                       | Precio Unitario por día S/. | Precio por 1 mes S/. | Precio por 5 mes S/. |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| Trabajo en campo    | Alquiler de equipos   | S/. 1 400,00                | S/.42 000,00         | S/.210 000,00        |
|                     | Personal              | S/. 1 760,00                | S/.52 800,00         | S/.264 000,00        |
|                     | Hospedaje             | S/. 320,00                  | S/.9 600,00          | S/.48 000,00         |
|                     | Transporte            | S/.2 440,00                 | S/.73 200,00         | S/.366 000,00        |
|                     | <b>Total en campo</b> | <b>S/.5 920,00</b>          | <b>S/.177 600,00</b> | <b>S/.888 000,00</b> |
| Trabajo en Gabinete | Gabinete              | S/. 400,00                  | S/.12 000,00         | S/.60 000,00         |
|                     | <b>Total</b>          | <b>S/. 400,00</b>           | <b>S/.12 000,00</b>  | <b>S/.60 000,00</b>  |
|                     |                       |                             | <b>Precio Total</b>  | <b>S/.948 000,00</b> |

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 9

Cuadro de Gasto del levantamiento catastral utilizando el método Directo

| Levantamiento por método directo (Estación total) de 15.49 Hectárea por día |                            |   |              |           |                       |                     |
|---|----------------------------|---|--------------|-----------|-----------------------|---------------------|
| N°  |                            | Elemento  | Unidad       | Cantidad  | Precio Unitario S/.   | Costo Total S/.     |
|   |                            | <b>Levantamiento Topográfico</b>                                |              |           |                       |                     |
| 1   | <b>Equipo</b>              | Alquiler de estación total                                      | 1 día        | 2         | S/. 200,00            | S/. 400,00          |
| 2   |                            | Alquiler de GPS diferencial                                     | 1 día        | 2         | S/. 200,00            | S/. 400,00          |
| 3   |                            | Cinta métrica   | 1 día        | 12        | S/. 50,00             | S/. 600,00          |
|   |                            |   | <b>Total</b> | <b>16</b> | <b>S/. 450,00</b>     | <b>S/. 1 400,00</b> |
| 4   | <b>Personal</b>            | Topógrafo inspector   | 1 día        | 4         | S/. 100,00            | S/. 400,00          |
| 5   |                            | Topógrafo Auxiliar  | 1 día        | 4         | S/. 100,00            | S/. 400,00          |
| 6   |                            | Asistente- prismo   | 1 día        | 4         | S/. 60,00             | S/. 240,00          |
| 7   |                            | Brigada Apoyo   | 1 día        | 12        | S/. 60,00             | S/. 720,00          |
|   |                            |   | <b>Total</b> | <b>24</b> | <b>S/. 320,00</b>     | <b>S/. 1 760,00</b> |
| 8   | <b>Trabajo de Gabinete</b> | Personal para el basado de puntos obtenido de la estación total | 1 día        | 2         | S/. 100,00            | S/. 200,00          |
| 9   |                            | Rectificación y Georeferenciación de la información geográfica  | 1 día        | 2         | S/. 100,00            | S/. 200,00          |
|   |                            |   | <b>Total</b> | <b>4</b>  | <b>S/. 200,00</b>     | <b>S/. 400,00</b>   |
| 10  | <b>Hospedaje</b>           | Hospedaje   | 1 día        | 4 pers.   | S/. 60,00             | S/. 240,00          |
| 11  |                            | Alimentación  | 1 día        | 4 pers.   | S/. 20,00             | S/. 80,00           |
|   |                            |   | <b>Total</b> | <b>8</b>  | <b>S/. 80,00</b>      | <b>S/. 320,00</b>   |
| 12  | <b>Transporte</b>          | Alquiler de camioneta   | 1 día        | 4         | S/. 280,00            | S/. 1.120,00        |
| 13  |                            | Chofer  | 1 día        | 4         | S/. 80,00             | S/. 320,00          |
| 14  |                            | Combustible   | global       | 1         | S/. 1.000,00          | S/. 1.000,00        |
|   |                            |   |              |           | <b>S/. 1 360,00</b>   | <b>S/. 2 440,00</b> |
|   |                            |   |              |           | <b>Total en campo</b> | <b>S/. 6 320,00</b> |

### 3.8.5. Tiempo invertido en el Proyecto catastral de Puno

**Tabla 10**

*Tiempo en Horas invertido utilizando el Método Indirecto*

| Municipalidad de la ciudad de Puno         |   |                         |                            |  |
|--|---|-------------------------|----------------------------|--|
| Descripción                                | Hectarias                                       |                         |                            |  |
| restitución de la ciudad de Puno           | 2322.94 Ha.                                     |                         |                            |  |
| Area promedio de restitución por día       | 43.5 Ha.  |                         |                            |  |
|  |   | Horas trabajada por día | Horas trabajada por semana | Horas trabajada en total por 1 persona |
| Tiempo de restitución de los 11 operadores | 23.22.94 Ha./43.5 Ha. = 53 días Aproximadamente | 8 Horas                 | 8 x 7 = 56 Horas           | 424 Horas durante todo el proyecto     |
| Tiempo de revisión de los 2 revisores      | 7 días (Revisor Civil y Revisor militar)        | 10 Horas                | 10 x 7 = 70 Horas          | 70 Horas durante todo el proyecto      |
|  | 2 meses calendario (30 días)                    |                         | <b>Total</b>               | 494 Horas                              |

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Tiempo en Horas invertido utilizando el Método Directo*

| Municipalidad de la ciudad de Puno                          |   |                         |                            |  |
|---|---|-------------------------|----------------------------|--|
| Descripción   | Hectarias   |                         |                            |  |
| Area total de la ciudad de Puno                             | 2322.94 Ha.                                       |                         |                            |  |
| Area de Levantamiento catastral en                          | 15.49 Ha.   |                         |                            |  |
|   |   | Horas trabajada por día | Horas trabajada por semana | Horas trabajada en total por 1 persona |
| Tiempo de levantamiento catastral de la Base de información | 23.22.94 Ha./15.49 Ha. = 150 días Aproximadamente | 7 Horas                 | 7 x 7 = 49 Horas           | 1050 Horas durante todo el proyecto    |
|   | 30 días   | 9 Horas                 | 9 x 7 = 63 Horas           | 270 Horas durante todo el proyecto     |
|   | 6 meses calendario (30 días)                      |                         | <b>Total</b>               | 1320 Horas                             |

Nota. Elaboración propia.

### 3.8.6. Comparación del Método Directo e Indirecto

**Tabla 12**

*Comparación de Método Directo e Indirecto*

|   | <b>Método Indirecto</b>  | <b>Método Directo</b>  |
|---|--|--|
| <b>Financiamiento por parte de la provincia de Puno</b>               | S/.196 674,00  |  |
| <b>Área total en Hectárea de la Ciudad de Puno</b>                    | 2322.94 Hectáreas  |  |
| <b>Descripción</b>  | Restitución Fotogramétrico por fotointerpretación  | Levantamiento catastral por Estación Total   |
| <b>Personal Contratado</b>  | 11 Operadores Fotogramétrico   | 24 Operadores de campos  |
|   | 2 Revisores Fotogramétrico   | 4 Operadores de Gabinete   |
| <b>Total personal</b>   | 13 Personas  | 28 Personas  |
| <b>Tiempo Ejecución</b>   | 2 Meses  | 6 Meses  |
| <b>Área catastral levantada por día por el personal especializado</b> | 43.5 Hectárea por día  | 15.49 Hectárea por día   |
| <b>Costo de ejecución del levantamiento catastral</b>                 | S/.142.637,86  | S/.948.000,00  |
|   | Tiene más aplicaciones en los levantamientos urbanos   | Tiene más aplicación en los levantamientos rurales   |
| <b>Limitaciones</b>   | No hay incidencias climatológicas  | Condiciones climatológicas adversas (Lluvias)  |
| <b>Equipos</b>  | Estación Fotogramétrico<br>Escáner Fotogramétrico<br>Cámara Aérea Métrica<br>ADS80 (Resolución 10 cm)<br>Sistema Blade<br>Plotters HP 1200 | Estación de Rastreo<br>Permanente Receptor GPS<br>Plotters<br>Receptor GNSS (GPS +<br>GLONASS) |
| <b>Ventaja</b>  | Acceso a todas las áreas difíciles y peligrosas del terreno.   | Control de calidad de levantamiento clásico y de Gabinete aplicando el ISO 2858                |

Nota. Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego del análisis realizado, se da por aceptada la hipótesis general, que nos menciona en qué medida la elaboración de la Cartografía Catastral Urbana a escala 1:1000 por Fotointerpretación, permitirá realizar de forma rápida y confiable el levantamiento y procesamiento geoespacial de la ciudad de Puno.

En el presente trabajo queda demostrado que el uso del método indirecto para levantamiento de información catastral y las técnicas de levantamiento por fotointerpretación ayudan a que se obtenga mucha información en menor tiempo, esto gracias a que se tiene acceso a las viviendas de todo el distrito por las tomas de imágenes aéreas.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Romero (2018), el cual nos indica la importancia de uso de Drone en el uso de levantamiento de información catastral, que permitirá realizar el levantamiento y procesamiento geoespacial de forma rápida en el espacio urbano del asentamiento urbano y la producción de planos temáticos con fines de gestión y planificación territorial, utilizando 2 metodologías, una directa e indirecta en el levantamiento de información alfanumérica.

Rivadeneira (2018), nos menciona la importancia de tener un Catastro Predial Urbano, actualizado y debidamente gestionado lo que optimiza decididamente la recaudación de dicho tributo y, por ende, en mayores ingresos al municipio. Por lo cual guarda relación con la tesis implementada la cual se busca identificar los problemas comunes de recaudación predial.

Sánchez (2017), nos menciona el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Drone, realizando la trayectoria del vuelo de Drone programado a través de la aplicación Pix4DCapture y el software de proceso fue con Pix4DMapper, dando como resultado datos como el Norte, Este y Cota de los puntos que se necesiten, concluyendo en que el levantamiento con Drone es confiable.

Baquero & Botero (2017), nos menciona la metodología de captura para el barrido predial masivo empleando UAV. Es por ello que actualmente se proponen nuevos métodos de captura, como es la implementación de aeronaves remotamente tripuladas, imágenes de satélite de alta resolución y la responsabilidad de las entidades privadas que aporten información avalada por el IGAC como apoyo a la actualización catastral con enfoque multipropósito.

## VI. CONCLUSIONES

- Los criterios aplicados en la tesis de elaboración de cartografía catastral urbana a escala 1:1000 por la fotointerpretación para la ciudad de Puno van de la mano con las técnicas y metodologías de recopilación de información cartográfica que se necesita al momento de ejecutar un proyecto catastral.

- Los procesos de levantamiento catastral urbano a escala 1:1000 por fotointerpretación para la ciudad de Puno fueron muy provechosos en los procesos de compilación cartográfica, identificación, verificación, clasificación de la restitución, edición y limpieza topológico mostrando así una reducción de los costos de elaboración en un 66.5% en comparación con los métodos tradicionales directos utilizados. Asimismo, con respecto al tiempo de ejecución y obtención de la cartografía de la ciudad de Puno hubo una reducción del 28.3% de tiempo al utilizar el método indirecto con respecto al método directo comprobando que la utilización de la fotogrametría.

- Se ha pretendido dejar una guía metodológica dentro del proceso de levantamiento catastral urbano, dado que fue muy ventajoso debido a que se utilizaron muchas técnicas y metodologías en los procesos de levantamiento catastral y los procesos fotogramétricos ejecutados para el proyecto en la ciudad de Puno. Cabe mencionar también que se contó con gran equipo fotogramétrico y restituidores que hicieron posible la ejecución del proyecto en un menor tiempo. Los lineamientos que se establecieron como referencia para la ejecución fueron las técnicas del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), pliegos de normas, especificaciones técnicas, diccionarios y demás textos descriptivos de las

bases cartográficas de diversas Instituciones generadoras de Cartografía Nacional e Internacional y la experiencia alcanzada.

- La actualización de la cartografía catastral, la delimitación y el ordenamiento territorial de la ciudad de Puno ayudara en la organización, control y monitoreo de la gestión urbana e incluso la informalidad de los propios propietarios en sus declaraciones jurada han traído como consecuencia una ciudad desordenada y desactualizada en los pagos de sus tributarios, ocasionando así un gran problema municipalidad en sus cobros y en su catastro por lo cual tener actualizado su catastro trae consigo progreso y ordenamiento del territorio.

## VII RECOMENDACIONES

- Que las personas interesadas en realizar fotointerpretación tomen como punto de partida el presente trabajo de investigación, a fin de que tenga un panorama más amplio de cuáles son los elementos cartográficos a considerar en el levantamiento de información a escala 1:1000 para el escenario de sierra.

## VIII. REFERENCIAS

- Baquero, D. & Botero, J. (2017). *Metodología de captura para el barrido predial masivo empleando UAV, prueba piloto para el catastro multipropósito* [Tesis Pregrado, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional RIDUM. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3241>.
- Borja, P. (2014). *Propuesta de un modelo de gestión de catastro con herramientas de administración de proyectos PMI*. [Tesis Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas Espe]. DSpace Repository. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8333>.
- Calsín Anco, R. (04 de noviembre 2011). *Historia de la ciudad de Puno, la otra capital de Puno. Los Andes*. <http://punoculturaydesarrollo.blogspot.com/2011/11/historia-de-la-ciudad-de-puno-la-otra.html>.
- Claros, R., Guevara, A. & Pacas, N. (2016). *Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados*. [Tesis Pregrado, Universidad de el Salvador]. Sistema Bibliotecario de la Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14218/1/50108282.pdf>.
- Chihuan, R. (2002). *Propuesta de una Metodología para el levantamiento Catastral de predios rurales mediante el uso del GPS en la selva*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/4358>.
- Dávila, A. (2017). *Levantamiento y actualización de predios rurales e integración en un Sistema de Información Geográfica en el Cantón Patate, Provincia de Tungurahua en la República del Ecuador*. [Tesis Pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1717>.

Decreto Legislativo N° 1288. Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 28294, Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios. (29 de diciembre del 2016).

<https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-legislativo-que-modifica-la-ley-n-28294-ley-que-cr-decreto-legislativo-n-1288-1468465-3>.

Dolores, L. (2017). *Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulados para plano catastral en San Juan de Lurigancho 2017*. [Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Digital Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22051>.

Flores, M. (2018). *Gestión Municipal y Catastro Urbano en la Municipalidad Distrital de Los Olivos – Lima 2018*. [Tesis Postgrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Digital Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/21457>.

Guerrero, E., Romero, J., Solórzano, D., & Díaz, Y. (2016). *Actualización de Catastro municipal de la urbanización Guarda Carranco*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional RIUMA. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2736>.

La Cruz, T. (2014) *Repercusión del catastro municipal en el desarrollo urbano del distrito de Santa María, en el año 2013*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/520>.

Ley N° 28294. Ley que crea el Sistema Nacional integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios. (21 de julio del 2004). Normas Legales N° 272753. Diario Oficial El Peruano.

López, G. (2018). *Catastro y registro de la distribución de patógenos identificados en mamíferos nativos amenazados de Chile, asociándolos al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado*. [Tesis Pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159249>.

Martí, J. (2014). *Influencia del Catastro Inmobiliario Urbano en el Sistema Tributario de las Haciendas locales, Evaluación, Cuantificación y control de errores*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet Repositorio UPV. <http://hdl.handle.net/10251/36222>

Ortega, E. (Ed). (2016). *Sistema de información geográfica (teoría y práctica)*. Dextra.S.L

Panta, V. (2017). *Aplicación de una Metodología para la Georreferenciación y actualización del catastro Técnico de alcantarillado en la EPS Grau S.A. Piura – 2015*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional de Piura. <https://core.ac.uk/reader/250077364>.

Radio Azul. (24 de enero de 2015). *Puno: 40% de expedientes para titulación de predios son evaluados en Dirección de Formalización y Catastro*. [Audio en podcast]. <http://www.radioondaazul.com/puno-40-de-expedientes-para-titulacion-de-predios-son-evaluados-en-direccion-de-formalizacion-y-catastro-81186.html>.

Resolución Jefatural N° 089-2011-IGN/JEF/OGA. Aprueba la Norma Técnica: Especificaciones Técnicas para la producción de Cartografía. Escala 1:1000. (10 de mayo de 2011).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/670432/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-LA-PRODUCCION-1-1.000.pdf?v=1588286577>.

Resolución N° 04-2012-SNCP/CNC. Aprobar los Manuales de Levantamiento Catastral Urbano, Levantamiento Catastral Rural, Protocolo de Actuación en el Levantamiento Catastral, Mantenimiento Catastral, Actualización Catastral y Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, que deberán cumplir las Entidades Generadoras de Catastro del Perú. (26 de diciembre de 2012).

<https://www.sunarp.gob.pe/qsec-nxsumilla0.asp?ID=2365>

Reyes, C. (Ed.). (2002). *Metodología y diseño de la investigación científica*. Universidad Ricardo Palma.

Rivadeneira, C. (2018). *Lineamientos técnicos administrativos del Catastro Urbano para mejorar la recaudación del Impuesto al Patrimonio Predial en la Municipalidad distrital de Pimentel – Provincia de Chiclayo, año 2016*. [Tesis Postgrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/5961>.

Romero, L. (2018). *Metodología de Levantamiento de Información catastral con drone y procesamiento Geoespacial en el asentamiento humano Los Olivos de Pro, distrito de Los Olivos*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2627>.

Ron, V., & César, J. (2017). *Elaboración de la norma técnica para la generación de cartografía catastral de escala 1:1000, empleando UAV*. [Tesis Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador]. Repositorio Dspace. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13353>.

Rosas, A. & Rojas, G. & Herrera, E. (2018). *Modernización del Catastro en el Perú: creación del organismo técnico especificado – Ente Rector del Sistema Nacional Catastral*.

[Tesis Postgrado, Universidad del Pacifico]. Repositorio Institucional.  
<http://hdl.handle.net/11354/2077>.

Sánchez, I. (2017). *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis - 2017*. [Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio digital Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12246>.

Supo, J (2020). *Seminarios de Investigación Científica: Metodología de la Investigación Científica para las Ciencias de la Salud, las Ciencias Sociales y las Ingenierías. (3ª ed.)*. Bioestadístico EEDU EIRL.

Urroz, D. & David, E. (2017). *Levantamiento topográfico con fines catastrales del terreno ubicado en la comarca los Altos municipio y departamento de Masaya*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional RIUMA. <https://repositorio.unan.edu.ni/3704/1/60554.pdf>.

Villacorta, J. (2015). *Levantamiento catastral de territorios indígenas en el sector del río Tamboryacu afluente del río Napo haciendo uso de receptores GPS*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos]. Repositorio de la UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4319>.

Yupari, V. & Taype, U. (2014) *Sistema de Información Geográfica (SIG) aplicado al catastro urbano en el sector de Mollepata, Distrito de Ayacucho Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio de la Universidad Nacional de Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/238>.

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

Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

<http://repositorio.espe.edu.ec:8080/handle/21000/11094>.

## IX. ANEXOS

## Matriz de Consistencia

| TÍTULO: Elaboración de Cartografía Catastral Urbana a Escala 1/1000 por Fotointerpretación para la ciudad de Puno.   |  |  |  |  |  |   |   |
|--|--|--|--|--|--|---|---|
| PROBLEMA   | OBJETIVO   | HIPOTESIS  | VARIABLES DEPENDIENTES   | VARIABLES INDEPENDIENTES   | DIMENSIONES  | INDICADORES   |   |
| <b>GENERAL</b>   |  |  |  |  |  |   |   |
| ¿Cuáles son los criterios de aplicación de la fotointerpretación en la elaboración de la cartografía catastral urbana a escala 1:1000 para la ciudad de Puno?    | Establecer los criterios de elaboración de cartografía catastral urbana a escala 1:1000 por fotointerpretación para la ciudad de Puno.                           | Con los criterios de elaboración cartográfica se ha obtenido la cartografía catastral a escala 1:1000 por fotointerpretación para la zona urbana de la ciudad de Puno.                     | Criterios de elaboración cartografía aplicando la fotointerpretación | <b>Variable Independiente 1</b><br><br>Procesos de levantamiento catastral urbano. | Obtención cartografía.                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Georreferenciación geográfica.</li> <li>• Edición cartográfica.</li> </ul>             |   |
| <b>ESPECIFICOS</b>   |  |  |  |  | Técnicas de levantamiento catastral.               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma técnicas.</li> <li>• Estándares nacionales.</li> </ul>                           |   |
| ¿Cuáles son los procesos de levantamiento catastral urbano a escala 1:1000 por fotointerpretación para la ciudad de Puno?  | Identificar los procesos de levantamiento catastral urbano a escala 1:1000 por medio de la fotointerpretación para la ciudad de Puno.                            | La identificación de los procesos de levantamiento catastrales favoreció a la obtención de la cartografía a escala 1:1000 por fotointerpretación para la zona urbana de la ciudad de Puno. |  | <b>Variable Independiente 2</b>  | Fotografía aérea.                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuelo fotogramétrico.</li> <li>• Líneas de vuelo.</li> <li>• Recubrimiento.</li> </ul> |   |
| ¿Cuáles son los procesos fotogramétricos catastrales urbanos a escala 1:1000 para la ciudad de Puno?   | Identificar los procesos fotogramétricos empleados en la elaboración de cartográfico catastral urbana a escala 1:1000 para la ciudad de Puno.                    | La identificación de los procesos fotogramétricos facilitó la obtención de la cartografía a escala 1:1000 para la zona urbana de la ciudad de Puno.  |  |  | Procesos fotogramétricos catastrales urbano.       | Sección de planeamiento y Aero triangulación.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión.</li> <li>• Puntos geodésicos de Apoyo.</li> <li>• Orientación interna</li> <li>• Orientación externa</li> </ul> |
|  |  |  |  |  |  | Sección de restitución.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ortofotos</li> </ul>   |
| ¿En qué manera contar con una guía metodológica ayudara en el proceso de levantamiento catastral urbano utilizando la fotointerpretación para la ciudad de Puno? | Determinar que contar con una guía metodológica ayudará en el proceso de levantamiento catastral urbano utilizando la fotointerpretación para la ciudad de Puno. | Contar con una guía metodológica ayudara en el proceso de levantamiento catastral urbano utilizando la fotointerpretación para la ciudad de Puno.  |  | <b>Variable Independiente 3</b><br><br>Implementación de guía metodológica.        | Identificación del eje de trabajo.                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación del eje de trabajo.</li> </ul>  |   |
|  |  |  |  |  | Plan estratégico de implementación.                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan estratégico de implementación.</li> </ul>   |   |
|  |  |  |  |  | Cartointerpretación fotogramétrico y cartográfico. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de accidente geográficos.</li> </ul>                                    |   |