



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA**

**INFORME FINAL DE PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA TOPOGRÁFICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE  
MOSAICOS CATASTRALES”**

**PAMELA ARIAS RETANA  
PAULINA HIDALGO ESPINOZA**

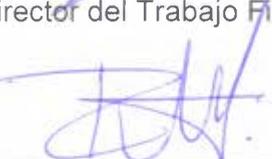
**MAYO 2018**

## Aprobación del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación



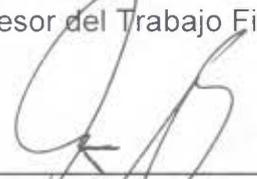
---

Ing. Jaime Garbanzo León, M.Sc.  
Director del Trabajo Final de Graduación.



---

Ing. Rolando Arias Herrera, M.Sc.  
Asesor del Trabajo Final de Graduación.



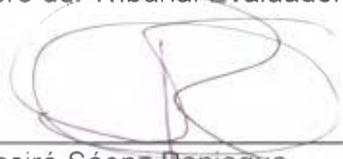
---

Ing. Rodrigo Calvo Porras, M.Sc.  
Asesor del Trabajo Final de Graduación.



---

Ing. Juan Antonio Picado Salvatierra, M.Sc.  
Miembro del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación.



---

Lic. Desiré Sáenz Paniagua  
Miembro del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación.



---

Pamela Arias Retana.  
Sustentante



---

Paulina Hidalgo Espinoza.  
Sustentante

*“La vida como el tiempo va pasando sin darnos cuenta.*

*Lo que un día te propongas,  
vendrá a toparte con manos llenas.*

*Una vez me dijeron:*

*¡Vuela, vuela alto hija mía!*

*Hoy después de tanto tanto esfuerzo,  
siento que vuelo más alto que las estrellas.”*

## Índice General

Resumen Ejecutivo .....	14
Capítulo I. Introducción .....	15
1.2. Problema .....	16
1.3. Antecedentes.....	17
1.3.1. Reconocimiento Óptico de Caracteres.....	17
1.3.2. Herramientas de Geoprocesamiento .....	18
1.3.3. Mosaicos Catastrales aplicados a Proyectos de Infraestructura Vial...	19
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General .....	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
Capítulo II. Marco Teórico .....	22
2.1. Desarrollo de Infraestructura .....	22
2.2. Sistema de Información del Registro Inmobiliario.....	22
2.3. Mosaicos Catastrales .....	24
2.3. Evolución del proceso de expropiación .....	28
2.4. Reconocimiento Óptico de Caracteres .....	31
2.5. Sistemas de Información Geográfica.....	32
2.6. Transformaciones Geométricas.....	33
Capítulo III. Metodología .....	34

3.1. Indagación de documentos técnicos de mosaico catastral para expropiación .....	35
3.2. Evaluación de Herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR).....	36
3.3. Transformación de Rumbos y Acimut a Coordenadas .....	38
3.4. Alineación de polígonos.....	39
3.5. Geoprocesamiento de planos de catastro y líneas de diseño .....	45
3.6. Evaluación del algoritmo con el caso práctico del Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39.....	46
Capítulo IV: Desarrollo .....	48
4.1. Resultados.....	48
4.1.1. Evaluación del proceso actual de expropiación. ....	48
4.1.2. Evaluación de herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres .....	55
4.1.3. Evaluación del algoritmo en el caso práctico del Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39.....	62
4.2. Análisis de Resultados .....	70
4.2.1. Precisión de las coordenadas obtenidas.....	70
4.2.2. Incertidumbre de las áreas de polígonos y áreas de expropiación .....	72
4.2.3. Análisis de Costo y Plazos .....	73
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	74

Referencias Bibliográficas.....	76
Anexos .....	83
Anexo A. OCR.....	83
Anexo B. Digitalización de Derroteros .....	94
Anexo C. Evaluación de Coordenadas.....	96
Anexo D. Lámina de Áreas a Expropiar del Proyecto Garantías Sociales por medio de Rutina de Creación de Mosaicos Catastrales .....	107
Anexo E. Lámina de Mosaico Catastral del Proyecto Garantías Sociales por medio de Rutina de Creación de Mosaicos Catastrales .....	108
Anexo F. Manual de AutoMosaico.....	109
Anexo G. Vídeo Complementario y Código de programación de AutoMosaico.....	126
Anexo H. Glosario .....	126

## Índice de Figuras

Figura 1. Partes de Plano de Catastro.....	26
Figura 2. Partes de Plano de Catastro.....	27
Figura 3. Diagrama de flujo de metodología para la conformación de mosaicos catastrales automáticos .....	35
Figura 4. Traslación de un polígono.....	42
Figura 5. Rotación de un polígono.....	43
Figura 6. Representación gráfica de los cuadrantes en los que se ubica el ángulo. .....	44
Figura 7. Diagrama de flujo para la conformación de mosaicos catastrales automáticos.....	61
Figura 8. Digitación de derroteros de forma manual sin plantilla para acimut.....	62
Figura 9. Digitación de derroteros de forma manual sin plantilla para rumbos. ....	63
Figura 10. Digitación de derroteros de forma manual sin plantilla para coordenadas.....	63
Figura 11. Plantilla de ejemplo para derroteros de tipo Rumbo.....	64
Figura 12. Coordenadas en formato csv.....	65
Figura 13. Tabla de atributos que muestra el área a expropiar del polígono.....	66
Figura 14. Ubicación del código functions.py.....	111
Figura 15. Línea a agregar dentro del código.....	111
Figura 16. Ubicación del código datetime.py.....	112
Figura 17. Línea a agregar dentro del código.....	112

Figura 18. Línea a agregar dentro del código.. .....	112
Figura 19. Ubicación de carpeta AutoMosaico.....	113
Figura 20. Carpeta Automosaico.....	113
Figura 21. Carpetas de Diseño y Propiedades.....	113
Figura 22. Carpetas de Línea de Diseño y Plantillas para derroteros.. .....	113
Figura 23. Carpetas según tipo de derrotero.....	114
Figura 24. Plantilla para digitación de derrotero .....	114
Figura 25. Ingreso al Software QGIS.. .....	114
Figura 26. Botón para la escogencia del Sistema de Referencia de coordenadas. .....	115
Figura 27. Ventana para la configuración del Sistema de Referencia de coordenadas. ....	115
Figura 28. Botón de la Consola de Python dentro del Software QGIS.....	116
Figura 29. Botón de editor dentro de la consola de Python.. .....	116
Figura 30. Botón para abrir archivo dentro de la consola de Python.....	117
Figura 31. Se selecciona el archivo Automosaico.py dentro de la consola de Python.....	117
Figura 32. Visualización del código Automosaico.py dentro de la consola de Python.....	118
Figura 33. Ventana de selección de ubicación de la carpeta Automosaico. ....	118
Figura 34. Ubicación de la carpeta Automosaico.....	119
Figura 35. Nuevas carpetas creadas automáticamente para las propiedades....	120

Figura 36. Nuevas carpetas creadas automáticamente para el diseño de carretera.....	120
Figura 37. Coordenadas resultantes. ....	121
Figura 38. Coordenadas obtenidas en formato csv.....	122
Figura 39. Archivos de puntos de propiedades en formato shapefile.....	122
Figura 40. Archivos de líneas de propiedades en formato shapefile.....	123
Figura 41. Archivos de polígono de diseño de carretera en formato shapefile.. .	123
Figura 42. Archivos de polígonos de propiedades en formato shapefile.....	124
Figura 43. Contraposición de los archivos en formato shapefile de la Línea de Diseño y las propiedades (áreas a expropiar).....	124
Figura 44. Tabla de atributos con campo de área del inmueble. ....	125
Figura 45. Tabla de atributos con campo de área a expropiar .....	125

## Índice de Cuadros

<b>Tabla 1.</b> Escala de rendimiento de software de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR).....	37
<b>Tabla 2.</b> Cuadrante en el que se ubica el ángulo según las condiciones que presenta.....	44
<b>Tabla 3.</b> Actividades para la Elaboración del Mosaico Catastral .....	49
<b>Tabla 4.</b> Documentación para inicio de expropiaciones en el DABI.....	50
<b>Tabla 5.</b> Diferencias de Plazos de Proyectos Circunvalación Norte y Garantías Sociales. ....	51
<b>Tabla 6.</b> Diferencias de Plazos de Proyectos La Bandera y Guadalupe.....	52
<b>Tabla 7.</b> Diferencia de Costos (en millones) de Proyectos Circunvalación Norte y Garantías Sociales.....	53
<b>Tabla 8.</b> Diferencia de Costos (en millones) de Proyectos La Bandera y Guadalupe.....	54
<b>Tabla 9.</b> Derroteros utilizados en la prueba para software OCR según tipo. ....	56
<b>Tabla 10.</b> Comparación de los software OCR seleccionados.....	56
<b>Tabla 11.</b> Derroteros con reconocimiento óptico del Software “Convert Image to Text”.....	58
<b>Tabla 12.</b> Derroteros con reconocimiento óptico del Software “Wondershare PDF Element”.....	59
<b>Tabla 13.</b> Derroteros con reconocimiento óptico del Software “Ikysoft PDF Editor”. .....	59
<b>Tabla 14.</b> Comparación de tiempos de digitalización con plantilla y sin plantilla. .	64

<b>Tabla 15.</b> Comparación de las áreas de polígonos de mosaico de expropiación existente y el área de polígonos por rutina AutoMosaico. ....	66
<b>Tabla 16.</b> Comparación de las áreas a expropiar de polígonos de mosaico de expropiación existente y el área a expropiar de polígonos por rutina Automosaico. ....	68
<b>Tabla 17.</b> Duración total de creación de mosaico catastral automático. ....	70
<b>Tabla 18.</b> Datos calculados de Valor Medio Cuadrático por plano. ....	71
<b>Tabla 19.</b> Comparación de Plazo con AutoMosaico. ....	74
<b>Tabla 20.</b> Evaluación de herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres. ....	83
<b>Tabla 21.</b> Tiempos de digitalización de derroteros por plano catastrado. ....	94
<b>Tabla 22.</b> Evaluación de las coordenadas extraídas de polígonos de mosaico de expropiación existente y las coordenadas de polígonos obtenidas por la rutina Automosaico. ....	96

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Enunciados para rotación en 2D. ....	34
Ecuación 2. Expresión matricial para rotación en 2D.....	34
Ecuación 3. Diferencia de Plazo contractual y real. ....	36
Ecuación 4. Diferencia de Costos contractuales y reales. ....	36
Ecuación 5. Diferencia de Plazo real y plazo con el algoritmo Auto Mosaico. ....	36
Ecuación 6. Porcentaje de ahorro en plazo mediante la utilización de Auto Mosaico.....	36
Ecuación 7. Fórmulas para la transformación de ángulos de Rumbo a Acimut. ..	39
Ecuación 8. Transformación de Acimut a Coordenada X. ....	39
Ecuación 9. Transformación de Acimut a Coordenada Y.....	39
Ecuación 10. Fórmulas de cálculo de distancias.....	40
Ecuación 11. Fórmula para cálculo de ángulo. ....	41
Ecuación 12. Fórmula para cálculo de ángulo con respecto al eje x.....	43
Ecuación 13. Fórmula para giro horario y antihorario.. ....	45
Ecuación 14. Fórmula RMS. ....	48

## Índice de abreviaturas

**BCIE:** Banco Centroamericano de Integración Económica.

**CONAVI:** Consejo Nacional de Vialidad.

**CRTM05:** Proyección Oficial Costa Rica Transversal de Mercator, año 2005.

**DABI:** Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

**OCR:** Reconocimiento Óptico de Caracteres.

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

**SIP:** Sistema de Información de Planos.

**SIRI:** Sistema de Información del Registro Inmobiliario.

## **Resumen Ejecutivo**

La presente investigación pretende la implementación de una automatización del procedimiento de elaboración de Mosaicos Catastrales mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica, Reconocimiento Óptico de Caracteres y herramientas de programación.

Para el cumplimiento de este objetivo, se evaluó primeramente mediante una revisión de documentos, el proceso para la elaboración de Mosaicos Catastrales que se desarrolla actualmente en el Consejo Nacional de Vialidad- Unidad Ejecutora de Banco Centroamericano de Integración Económica. Posteriormente, se evaluaron las herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) existentes en el mercado para la digitalización de los derroteros correspondientes a planos de catastro; se evaluaron 51 OCR y se determinó que ninguna aplicación cumple con los requisitos que se necesitan para la entrada de datos, sin éxito al no encontrar un software adecuado y eficiente para esta labor. Además, se diseñó un procedimiento para el dibujo automático y la georreferenciación de los planos, el cual utiliza transformaciones de coordenadas con matrices de rotación y desplazamiento en 2 dimensiones.

Se creó además una rutina automática de los procedimientos involucrados en los mosaicos catastrales, por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica y lenguaje Python. Finalmente se comprobó la automatización efectuada por esta rutina, mediante la implementación del caso práctico del Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39.

De acuerdo a esta metodología de trabajo, se encontraron resultados favorables, al obtener datos con precisiones de calidad conforme a la base otorgada por el Catastro Nacional y al alcanzar una automatización de la creación de mosaicos

catastrales que podría reducir costos y tiempos considerablemente si se implementase en una aplicación práctica.

## **Capítulo I. Introducción**

### **1.1. Justificación**

Los mosaicos catastrales determinan las líneas de propiedad que limitan cada predio, mediante la ubicación geográfica de planos de catastro.

Los mosaicos catastrales pueden ser utilizados para múltiples fines: fiscales, ubicación de propiedades, infraestructura vial, líneas férreas, líneas de tensión eléctrica, servidumbre de aguas, entre otros. En el caso de los mosaicos catastrales para infraestructura vial, son empleados para la demarcación de la línea de diseño del proyecto y la determinación del área a expropiar. A partir de este mosaico, se puede establecer de una manera precisa cuánto terreno va a ser afectado y cuánto dinero se le retribuirá a cada uno de los propietarios en caso de la creación de infraestructura de este tipo.

Para lograr ese objetivo se debe realizar un proceso de expropiación, en el que el Estado suprime un derecho sobre un bien inmueble a nombre de un interés que se considera superior (Azuela et al., 2009). La expropiación se da con el propósito de reconstruirlo para ser aprovechado como un bien común.

Siendo la expropiación un requisito indispensable para la construcción de la infraestructura de un país, surge la necesidad de crear un mecanismo para estandarizar, controlar y organizar los bienes inmuebles destinados a los proyectos de construcción de vías del Estado. Es por esta razón, que nace el proceso conocido como Gestión del Derecho de Vías, el cual se divide en dos fases, la primera se refiere a la elaboración del mosaico catastral, y la segunda, a la expropiación de los predios.

Actualmente los mosaicos catastrales se realizan de acuerdo al criterio de cada ingeniero(a) topógrafo creando una problemática de subjetividad para encontrar el mejor ajuste de planos catastrados colindantes.

Además, la elaboración de dicho mosaico catastral conlleva 12 meses (Valerio, comunicación personal, 10 de enero de 2016), lo cual representa largos periodos de confección y excesivos costos para la Administración, provocando que el proceso de Gestión del Derecho de Vías sea ineficiente y se ocasione un rezago en el desarrollo de proyectos de esta índole.

Una manera de estandarizar y optimizar los mosaicos catastrales sería automatizando procesos por medio de la utilización de tecnologías OCR, herramientas de geoprocésamiento y programación.

El Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), es un mecanismo de reconocimiento, extracción y clasificación de caracteres específicos (Srihari, Yang y Ball, 2007). Asimismo, las herramientas de programación y geoprocésamiento permiten sistematizar un gran número de procesos geográficos y cartográficos (Dent, 1999). La combinación de estas herramientas podría aportar una importante mejora a los tiempos de elaboración de los mosaicos catastrales.

## **1.2. Problema**

Basado en la justificación, se reconoce el problema de que los mecanismos de realización de mosaicos catastrales son ineficientes y de alto costo para el Estado, provocando retraso en los procesos de expropiación y consecuentemente en el inicio de las obras viales necesarias para el crecimiento del sector transporte en el país. Por medio de esta investigación, se pretende aportar una herramienta que ayude a disminuir los largos periodos y altos costos que conlleva el proceso de creación de mosaicos catastrales.

### **1.3. Antecedentes**

La implementación de las tecnologías de Geoprocesamiento y Programación han proporcionado grandes beneficios a lo largo de la historia. A continuación, se muestra un resumen de los trabajos más relacionados con la presente investigación.

#### **1.3.1. Reconocimiento Óptico de Caracteres**

El sistema de Reconocimiento Óptico de Caracteres generalmente ha sido utilizado en proyectos para identificar distintos lenguajes y tipos de números, por ejemplo, en el reconocimiento de la escritura china o india, así como el reconocimiento de números decimales (Yang, Srihari & Ball, 2007; Aditya, Ranjeet, Tushar & Bhupendra, 2013; Pleguezuelos, 2006). No obstante, Monzó (1999) realizó un proyecto en el cual se empleó la tecnología OCR para demostrar que la vectorización automática funciona de manera más eficiente que la vectorización manual de documentos ya existentes en papel. Para esto propuso la combinación de técnicas de reconstrucción en 3D y un sistema que se centraba en un algoritmo de extracción de líneas, basado en el emparejamiento de contornos el cual consiste en crear puntos de control en el contorno de una imagen e intentar unificar los diferentes factores que representan una arista. Sin embargo, no se encontró evidencia del uso de esta tecnología para la vectorización de planos de catastro, lo cual podría ayudar a que los procesos sean más eficientes.

### **1.3.2. Herramientas de Geoprocesamiento**

Una de las aplicaciones en Estados Unidos de las herramientas de geoprocesamiento fue en el proyecto de transitabilidad, el cual calcula una métrica utilizando los SIG y la página “Walk Score”. Este proyecto logra determinar mediante zonas de influencias la relación que existe entre el diseño de cada vecindario y el grado de transitabilidad de cada región. (Duncan, Aldstadt, Whalen, Melly & Gortmaker, 2011)

Posteriormente Cárdenas, Porras y Morales (2013) ejecutaron una comparación de las áreas de afectación de eventos eruptivos en Colombia, a partir de simulaciones realizadas en VolcFlow y Model Builder, herramientas de programación visual utilizada en el programa ArcGis.

Por otro lado, en un proyecto realizado en España similar al propuesto en esta investigación, los autores implementaron una automatización de procesos y una mejora en la visualización de los predios afectados por el desarrollo de las líneas de alta tensión de la Red Eléctrica de España, a partir de un software creado específicamente con fines de geoprocesamiento y herramientas como globos 3D y visores con servicios de mapas en la web. (Moreno, Gutiérrez, Manso y Castañeda, 2012).

De los ejemplos de herramientas de geoprocesamiento encontrados, no se identificaron casos específicos de aplicación de zonas de influencia ni automatización en mosaicos catastrales para diseño de carreteras, lo cual evitaría la inversión de mayores tiempos en la elaboración de los mismos.

### **1.3.3. Mosaicos Catastrales aplicados a Proyectos de Infraestructura Vial**

El Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) ha proporcionado a los contratistas la cartografía necesaria en coordenadas CRTM-05 y los Diseños de los proyectos, con el fin de elaborar los mosaicos catastrales de los proyectos Circunvalación Norte y los Pasos a Densivel (Garantías Sociales, La Bandera –UCR y Guadalupe), para la realización del levantamiento de tres puntos de cada plano a montar posteriormente, para obtener el área a expropiar.

En el caso del proyecto de Circunvalación Norte, se contempló una fecha de inicio del 24 de noviembre del 2014 con un plazo de 44 días naturales (DIE-07-14-3894,19 noviembre 2014) y tuvo una fecha de finalización de 9 de octubre del 2015 contemplando un costo de ¢9.832.350,00 y una duración de 11 meses. (POE-01-2015-0722, 9 agosto 2015). De la misma manera el proyecto de los Pasos a Densivel tuvo un plazo de 30 días calendario para esta labor, iniciando el 3 de junio del 2015, pero en su momento se realizaron cuatro enmiendas al contrato teniendo como fecha de finalización el 31 de marzo 2016, proporcionando un costo total de ¢3.600.000,00 (Asistencia Técnica y Aumento de las Capacidades Institucionales en Estudios Previos, Diseños Constructivos y Contratación de Obras Viales (Préstamo BCIE1)- Proyecto 00090543 1 SUB-2015-010, 3 junio 2015).De acuerdo a los casos anteriores se logra observar que actualmente en promedio el tiempo real de la elaboración de un mosaico catastral es de 11 meses, generando un incremento en tiempo de un 1100% y un costo en promedio de ¢7.000.000,00.<sup>1</sup>

---

1

De todos los antecedentes encontrados, no se logró identificar uno que incluyera todos los aspectos necesarios para la automatización requerida en la industria de mosaicos catastrales para expropiaciones, para lo cual esta investigación pretende crear una herramienta que integre dichos aspectos y proporcionen beneficios en eficiencias de tiempo y costo para los usuarios.

---

Valores calculados de acuerdo a los oficios DIE-07-14-3894 (19 noviembre 2014), POE-01-2015-0722 (9 agosto 2015) y Asistencia Técnica y Aumento de las Capacidades Institucionales en Estudios Previos, Diseños Constructivos y Contratación de Obras Viales (Préstamo BCIE1)- Proyecto 00090543 1 SUB-2015-010 (3 junio 2015).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Implementar una automatización del procedimiento de elaboración de Mosaicos Catastrales mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica, Reconocimiento Óptico de Caracteres y herramientas de programación.

- Evaluar **OCR** que funcionen en la lectura de derroteros de planos de catastro.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar el proceso que se desarrolla actualmente en el Consejo Nacional de Vialidad- Unidad Ejecutora de Banco Centroamericano de Integración Económica para la elaboración de Mosaicos Catastrales.
- Evaluar herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres que realicen la lectura de los derroteros correspondientes a planos de catastro.
- Crear una rutina automática de los procedimientos involucrados en la creación de mosaicos catastrales, por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica y herramientas de programación.
- Comprobar la automatización efectuada de la elaboración de Mosaicos Catastrales, mediante la implementación de un caso práctico.

## **Capítulo II. Marco Teórico**

A continuación, se tratarán algunos conceptos importantes para el desarrollo de esta investigación con el fin de obtener una mejor comprensión del tema.

### **2.1. Desarrollo de Infraestructura**

Entre los años de 1985 y 2007, los países de América Latina mejoraron la cobertura y calidad de los servicios relacionados con la disponibilidad de infraestructura y de redes viales. A pesar de ello, se presenta actualmente un desarrollo insuficiente en este ámbito, para lo cual la principal dificultad que han tenido los países, radica en poder mantener un ritmo adecuado de inversión en las distintas actividades del sector (Rozas, 2010). Además, la infraestructura es importante porque es la base sobre la cual se produce un progreso en los servicios políticos, productivos y sociales a partir del avance en obras y sistemas de ingeniería (Bereciartúa, 2010). En Costa Rica pese a estos obstáculos, el Estado realiza esfuerzos para generar desarrollo de este tipo de infraestructura.

### **2.2. Sistema de Información del Registro Inmobiliario**

El Sistema de Información del Registro Inmobiliario (SIRI) tiene como función principal la administración del mapa catastral—el cual se refiere a la representación gráfica— que ofrece la ubicación, identificación y linderos oficiales de los bienes inmuebles. El SIRI carga, almacena y publica el mapa catastral, y a su vez se divide en tres grandes fuertes: Visor Predial (Zonas Catastradas)

conforme al mapa catastral, el Mosaico de planos y presentaciones. El Visor de Zona Catastral que cuenta con información de todo el país y además los Planos catastrados que se encuentran como imágenes descargables desde servidores externos. De acuerdo a estos lineamientos el usuario puede hacer distintos tipos de consultas dirigidas a algunas de estas 3 grandes áreas. (Colegio de Ingenieros Topógrafos y Registro Nacional, 2015). En específico el SIRI posee las siguientes funciones:

- **Administración de la Información:** Permite la conservación de la información jurídica de las fincas con la información geográfica georeferenciada.
- **Recepción y pre-validación de POC:** Documentos a ser calificados, inscritos y publicitados.
- **Calificación:** Procedimiento por el cual se determina la calidad de los documentos y requisitos para su debida inscripción en el Registro Inmobiliario, por parte de los registradores del Catastro.
- **Inscripción:** Permite conocer el histórico, los movimientos y situaciones físicas y legales de un inmueble.
- **Publicidad:** Permite consultar y conocer la situación física y legal de las fincas.

El SIRI debe de interactuar con diferentes softwares, entre los que se encuentran:

- **Sistema de Información de Planos (SIP):** Proporciona los datos de las nuevas fincas y planos inscritos o cancelados y en el Catastro y en el Registro de Bienes Inmuebles, respectivamente.

- **Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT):** Tiene la capacidad de intercambiar e interconectar información entre distintas entidades. Utiliza los formatos XML, GML, Shape o DXF.
- **Sistema de Correo Electrónico y Mensajería (SCE):** Es un sistema de correo electrónico que funciona con el soporte del SMTP, interfaz que se utiliza para comunicar información a los usuarios externos del sistema.
- **Sistema de Autenticación Integrada de Usuarios (LDAP):** Se utiliza para la autenticación de funcionarios.
- **Sistema de Registro de Personas Jurídicas (SRPJ):** Recibe y valida los nombres de las Personas jurídicas.
- **Sistema de Pagos (SPRN):** Servicio del BCR para gestión de pagos.

(Diseño conceptual y diseño detallado, físico y lógico del SIRI y elaboración del plan estratégico para su implementación, Licitación UE-03-04, 3 de marzo de 2009)

### 2.3. Mosaicos Catastrales

Wooldridge S.W & Gordon, W. (1957) indica que la elaboración de mapas es una herramienta esencial para la investigación y presentación de resultados, los cuales se emplean con fines de describir, representar, almacenar y generalizar información. En ellos se puede almacenar una gran cantidad de datos de tipo gráfico, obligando a clasificarlos según su contenido y temática; se considerará de temática catastral (mosaico catastral) a aquellos que consisten en la elaboración y montaje de planos catastrados (Maza, 2009).

Según el Reglamento a la Ley de Catastro de Costa Rica el plano catastrado se refiere a la representación matemática y gráfica de un inmueble inscrito en el Registro Inmobiliario, que permite establecer los linderos del mismo y otorgar el mantenimiento y actualización del Catastro. (Reglamento a la Ley de Catastro, 2008, art.2).

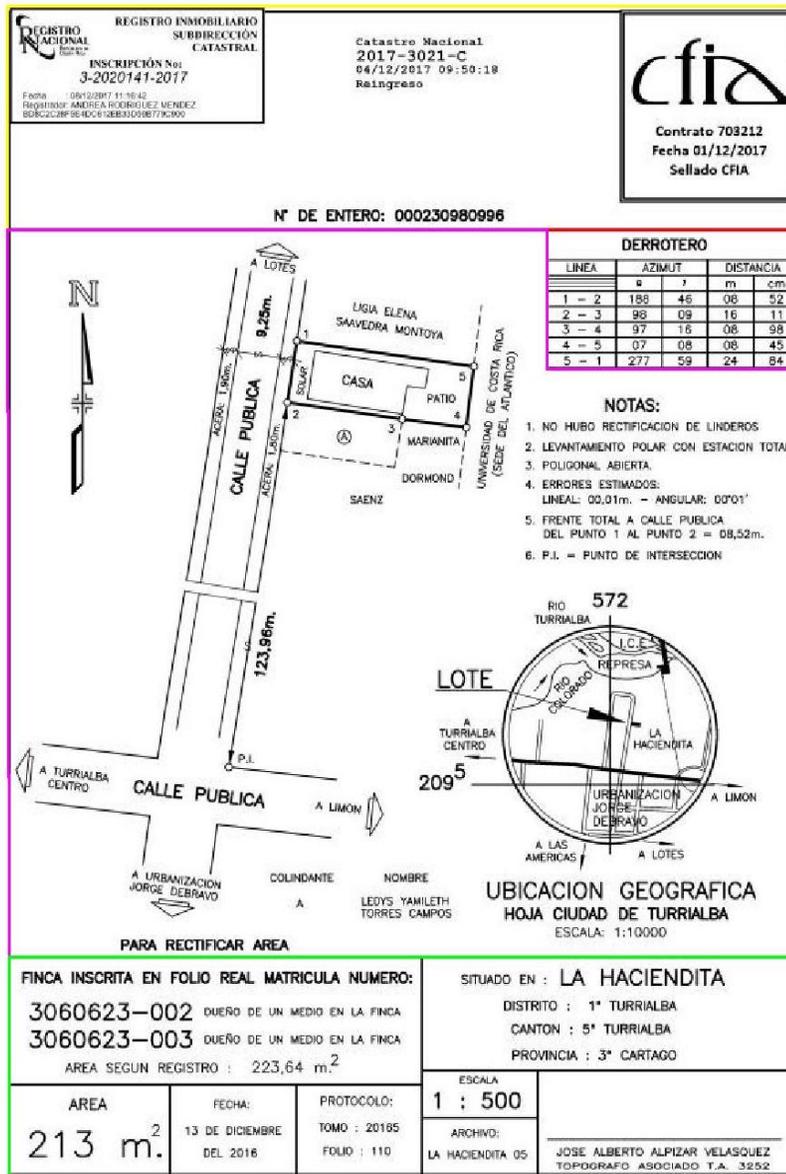
En la figura 1 se muestra un ejemplo de plano catastrado, el cual se encuentra conformado por el cuerpo del plano, el espacio para indicar datos generales, espacio para derrotero y el espacio para indicar el número de entero.

Como se muestra en la figura 2, el espacio de la parte superior del plano presenta los sellos de inscripción y el número de entero que se define al hacer el pago de los timbres de inscripción catastral de la propiedad.

Asimismo, el espacio para el derrotero es en el cual “se definen los vértices que determinan cada línea recta, rumbos o acimutes expresados en unidades del sistema sexagesimal o centesimal y la distancia en metros y sus fracciones”. (Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, 2008, Guía de Calificación del Registro Inmobiliario-División Catastral, 2009, p.21)

Por otro lado el cuerpo del plano se encuentra compuesto por vértices y polígono de la propiedad, ubicación geográfica, colindantes, localización (referencia a punto fijo), detalles, acceso, orientación del plano, planos y fincas a modificar y notas técnicas.

El espacio para indicar datos generales debe mostrar la escala y el área del polígono que representa el predio, situación geográfica, razón de inscripción, fecha del levantamiento y datos del profesional al responsable con su firma y protocolo con sus números de tomo y folio. (Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, 2008, Guía de Calificación del Registro Inmobiliario-División Catastral, 2009)



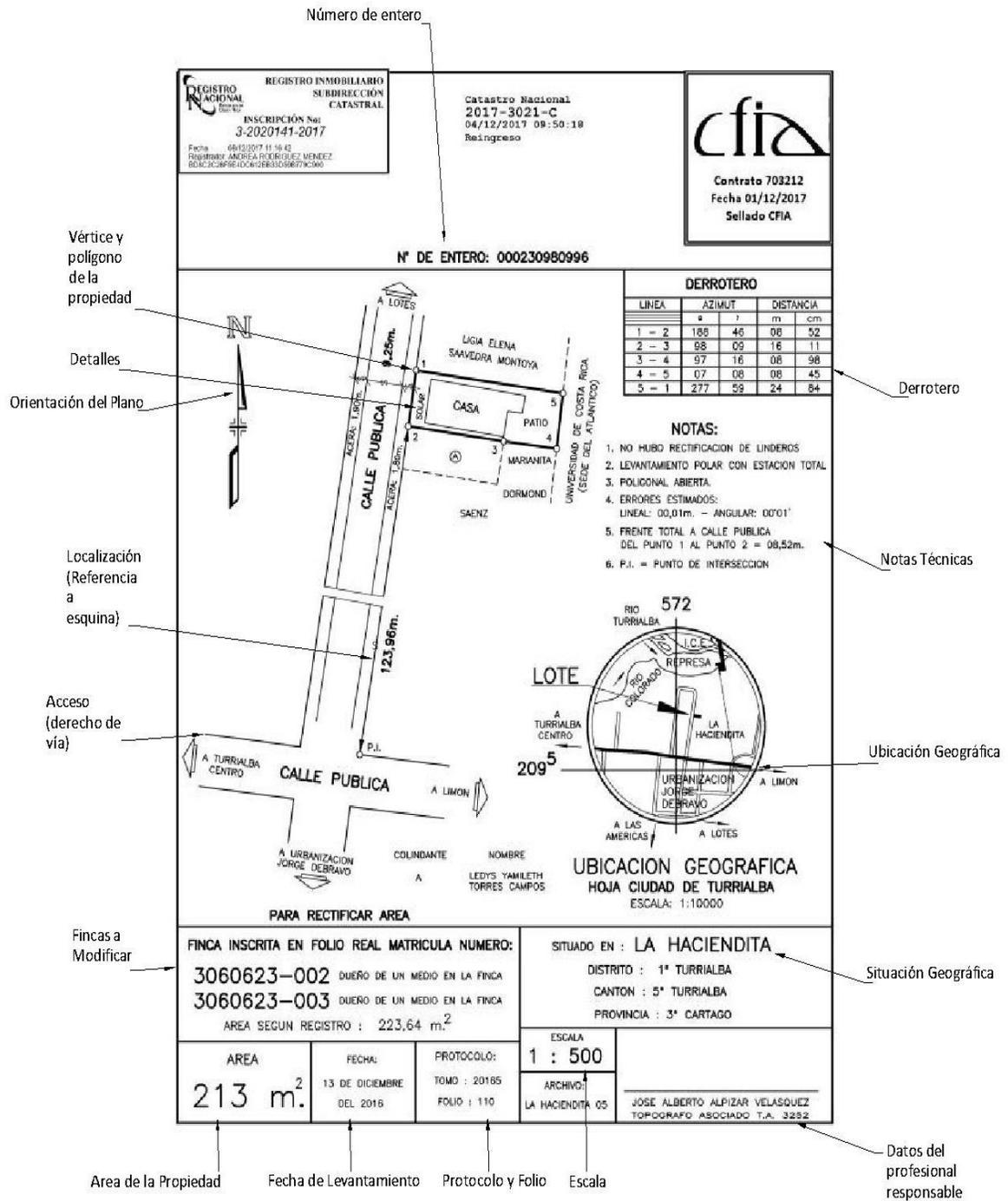
Espacio para indicar número de entero

Espacio para derrotero

Cuerpo del Plano

Espacio para datos generales

Figura 1. Partes de Plano de Catastro. Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura 2.** Partes de Plano de Catastro. Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **2.3. Evolución del proceso de expropiación**

El proceso de expropiación formal tiene sus inicios desde el año 1821, en el cual se reconoce el derecho de propiedad tanto personal como de toda una nación, mediante la promulgación del Pacto de Concordia. Seguidamente, la Ley Fundamental del Estado Libre de Costa Rica promulgada el 25 de enero de 1825, establece el principio fundamental de las expropiaciones (interés público); en el artículo 4 del Capítulo de “Derechos y Deberes de los Costarricenses” dispone: “Sus propiedades son inviolables; pero el Estado puede exigir el sacrificio de alguna por razón de interés público legalmente comprobado indemnizándola previamente”. (Ley Fundamental del Estado Libre de Costa Rica, 1825; citado por Sotela, 1973).

Posteriormente, se ve la necesidad de crear una ley más específica para regular las expropiaciones en el país, promulgando el 26 de junio de 1896 la Ley No 36, de Expropiaciones por causa de Utilidad Pública. Sin embargo, ante la iniciativa de la construcción del Aeropuerto el Coco (actual Juan Santamaría) la ley vigente resultó inadecuada, difícil y de lenta aplicación debido a la complejidad de los trámites que conllevaba y a la falta de regulación de diversos aspectos, generando así en el año 1949, la creación de la Ley No 1371 de Expropiaciones para Construcción del Aeropuerto El Coco, la cual sirvió como base jurídica para este tipo de procesos y como complemento a las leyes existentes de la época.

Meses después, se estableció la Constitución Política de Costa Rica; la cual vino a sustentar la creación de diversas leyes que fortalecieron este proceso, para obtener como resultado en el año 1995, la Ley de Expropiaciones No 7495 y su reforma más reciente del año 2017; la cual es la legislación vigente para los procesos expropiatorios en el país.

Según el artículo 45 de la Constitución política, *“La propiedad es inviolable; a nadie puede privarse de la suya si no es por interés legalmente comprobado,*

*previa indemnización conforme a la ley*” (Constitución Política de Costa Rica, 1949). De acuerdo a este artículo, la forma que utiliza el Estado para la adquisición de propiedades e indemnización a afectados es la Expropiación Forzosa, considerada como un proceso que se ejecuta con fines públicos que han sido legalmente comprobados (Ley 7495, 1995).

Así mismo, la Ley de Expropiaciones plantea que la Expropiación Forzosa “comprende cualquier forma de privación de la propiedad privada o de derechos o intereses patrimoniales legítimos, cualesquiera sean sus titulares, mediante el pago previo de una indemnización que represente el precio justo de lo expropiado” (Ley 7495, 1995, p.1).

Esta franja de terreno se encuentra entre los linderos de los terrenos públicos o privados adyacentes a la vía (Reglamento de los Derechos de Vía y Publicidad Exterior N° 29253-MOPT, 2001).

De acuerdo a las leyes descritas anteriormente, se observa como el proceso de expropiación ha evolucionado. En sus orígenes, ésta contemplaba dos fases: la de orden administrativo y la de orden jurídico. En la fase administrativa se decretaba el proyecto de interés nacional y seguidamente, el Ministro de Gobernación comunicaba al propietario la intención de ocupar su propiedad parcial o totalmente, dándole al mismo un plazo para pronunciarse a favor o en contra de este mandato. En caso de aceptar la propuesta, se procedía con la expropiación, en caso contrario, se continuaba a la fase jurídica.

Con las nuevas leyes que surgieron en esa época, uno de los principales cambios fue el método de comunicación; se comenzó a emplear un telegrama por parte de la Procuraduría General como una nueva forma de notificación hacia el propietario. Sin embargo, a pesar de las modificaciones, aún no se consideró la importancia del uso de algún documento técnico como el croquis o dibujos esquemáticos para la ubicación de las propiedades adquiridas.

Fue hasta la Ley de Expropiaciones de 1995 que se consideró como parte importante la inclusión de croquis o planos esquemáticos como suministro de ubicación para iniciar los procesos de expropiación. De acuerdo con lo anterior, la inexistencia de un documento catastral apropiado para la inscripción de los terrenos concernientes al Estado ocasionó que en la actualidad estas propiedades no puedan ubicarse con facilidad, lo cual provocó un incremento en los recursos destinados a verificaciones en campo y al estudio detallado de las mismas.

El artículo 91 del Reglamento a la Ley de Catastro establece que “para todo movimiento que se realice sobre bienes inmuebles, se debe citar plano catastrado”. Por lo cual, a partir del año 2008 el Estado se vio obligado a realizar los planos de catastro correspondientes para la inscripción de bienes inmuebles que se encuentren dentro de procesos como expropiaciones, adquisiciones o permutas. (Reglamento N° 34331, 2008, p.37-38).

De la misma forma, en la Circular N°0910-08 del 10 de marzo de 2008, en acatamiento al Informe No DFOE-OP-1/2007 del 25 de enero de 2007, emitido por la Contraloría General de la República se crea el Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles (DABI), el cual es el ente encargado del procedimiento utilizado en infraestructura Gestión del Derecho de Vías.

La Gestión se debe entender como todo aquello que ocupa de planificación, ejecución y dirección; Derecho de Vías se debe entender como la franja de terreno, propiedad del Estado, destinada para la construcción de obras.

## 2.4. Reconocimiento Óptico de Caracteres

El Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) (Optical Character Recognition) permite convertir imágenes escaneadas de texto a mano o ya digitalizado a texto en código para ser entendido por una computadora. El OCR tuvo sus orígenes en 1914, cuando Emanuel Goldberg inventó una máquina que leía caracteres y los convertía en un código para ser utilizado por un telégrafo. Al mismo tiempo, Edmund Fournier d'Albe creó el Optofono, un escáner que al moverse a través de la página impresa, producía sonidos correspondientes a caracteres específicos; éste era comúnmente utilizado para personas con discapacidades visuales. (World Heritage Encyclopedia, s.f.)

Hoy en día las tecnologías más novedosas favorecen a la automatización de una gran cantidad de procesos cartográficos y geográficos como por ejemplo el cálculo de símbolos para identificar una variable (Dent, 1999, citado por Solanas, Pueyo, Postigo y Zúñiga, 2012, p.1). Uno de los grandes beneficios de esta forma de representación es que la información cuantitativa es transferida de un modo que permite que sea más precisa; esto la hace una de las variables más utilizadas en diversos ámbitos, a pesar de algunas deficiencias y limitaciones de tipo técnicas que pueden presentar las herramientas informáticas. (Robinson, 1955; Robinson, 1967; Béguin y Pumain, 2003, citados por Solanas, Pueyo, Postigo y Zúñiga, 2012, p.2).

Los planos catastrados se reproducen en forma física o digital con un formato no modificable. Esta situación genera una dificultad en la elaboración de mosaicos catastrales al tener que digitar de forma manual los derroteros de cada polígono. La tecnología del OCR presenta características convenientes para automatizar este proceso de digitalización.

## 2.5. Sistemas de Información Geográfica

Por otro lado, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son un tipo de tecnología que permite analizar, mediante herramientas informáticas, datos espaciales. (Llopis, 2006, p.3). Estos poseen capas en formato tipo ráster constituida por una malla de celdas o píxeles y capas en formato vectorial, conformadas por archivos en formato Shapefile o entidades que presentan atributos alfanuméricos, información gráfica y localización. Estos pueden ser puntos con posición x-y, líneas formadas por un grupo de puntos que determinan determinando un segmento o polígonos compuestos por líneas cerradas que demarcan ciertas superficies (Mancebo, Ortega, Valentín, Martín, B. y Martín, L., 2008). El Análisis Geoespacial, generado por los SIG, propicia la visualización y procesamiento de mapas, imágenes satelitales, tablas, datos en 2D y 3D. Asimismo, los SIG incluyen tareas de geoprocésamiento, programación y ejecución de modelos espaciales. (Smith, Longley & Goodchild, 2015).

De este modo, los SIG son de gran utilidad para manipular, procesar y observar de manera más dinámica la información, en este caso, de cada una de las entidades que conforman el mosaico catastral. Igualmente, mediante el manejo de sus diversas herramientas, se pueden delimitar las zonas de influencia si se desea construir algún tipo de infraestructura sobre los predios y realizar el cálculo del área afectada por la misma. Además, se pueden implementar nuevos y mejores modelos de programación visual para ser exportados incluso a un lenguaje de programación más complejo como Python, el cual se refiere a un lenguaje de tipado dinámico orientado a objetos. (González, 2008)

Igualmente, a modo de complemento se pueden utilizar herramientas como Qt Designer, la cual está enfocada al desarrollo de Infraestructura, diseño y

construcción de Interfaces (GUIs) para crear un medio de comunicación visual entre el usuario y el código de programación utilizado. (QT, s.f.)

Por lo tanto, al explorar este tipo de tecnologías como lo es el OCR en complemento con los SIG, interfaces y herramientas de programación, se encuentran grandes ventajas para agilizar la automatización del proceso de mosaicos catastrales, con lo cual se pretende mejorar los tiempos y costes de confección.

## **2.6. Transformaciones Geométricas**

Dentro de los procedimientos a los cuales se les asocian operaciones matriciales, se encuentran las Transformaciones Geométricas, las cuales se refieren a un movimiento o cambio en las coordenadas de ciertos puntos a otros. Estas transformaciones pueden darse en dos dimensiones, tres dimensiones hasta “n” dimensiones. (Cruz, 2007)

Según Gerdes (2008), una matriz se refiere a “una formación rectangular de números”. Estas matrices poseen un número definido de filas y columnas, logrando realizar operaciones como la multiplicación y adición entre las mismas; así como la multiplicación por un escalar. (Gerdes, 2008, p.3)

Existen diferentes transformaciones geométricas, sin embargo entre las más usuales y fundamentales se encuentran la traslación, en la que un objeto se desplaza logrando cambiar la posición más no su forma; el escalamiento, en la cual el objeto cambia su tamaño, y por último, la Rotación, en la cual un objeto gira alrededor de un eje (manteniendo un origen) de acuerdo a una dirección y a un ángulo  $\theta$  de rotación (Cruz, 2007). Esta última está definida por las siguientes ecuaciones:

$$x' = x * \cos(\alpha) - y * \sin(\alpha)$$

$$y' = x * \sin(\alpha) + y * \cos(\alpha)$$

**Ec. 1**

**Fuente:** Dursteller, 2002.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

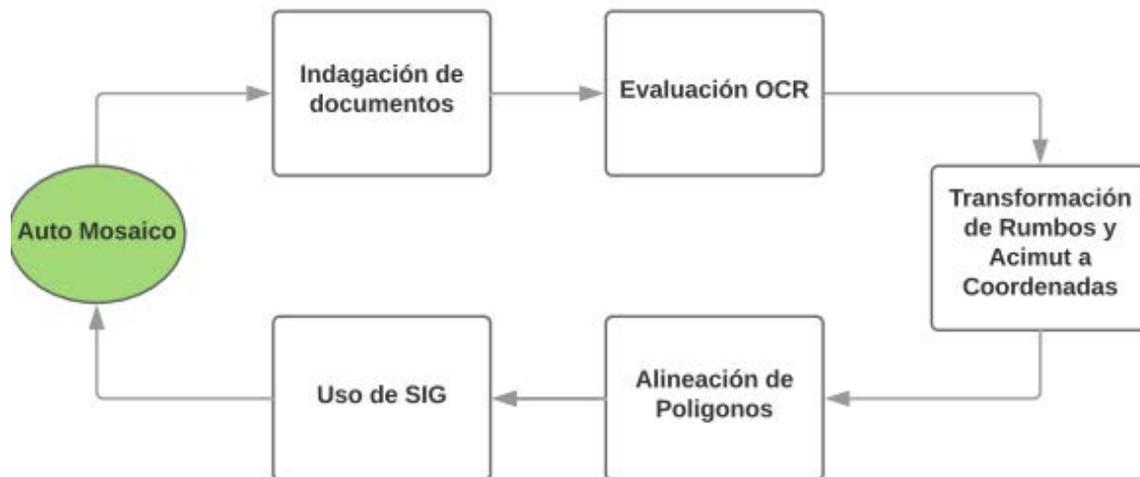
**Ec.2**

**Fuente:** Dursteller, 2002.

En este caso al implementar una matriz de Rotación en 2D, se generaría una herramienta para lograr el alineamiento del polígono hacia las coordenadas obtenidas de forma más precisa.

### **Capítulo III. Metodología**

Para esta investigación, se pretende la conformación de un mosaico catastral de forma automática, en el cual es necesaria la combinación de procesos matemáticos-analíticos, gráficos-espaciales, topográficos y de programación, que permitan obtener una solución integral con mayores rendimientos y eficiencia. Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3, estos procesos van desde la obtención del insumo de derroteros en rumbos, acimut o coordenadas hasta la elaboración de archivos en formato shapefile con el área de cada polígono que conforma al mosaico catastral y el área de polígonos de expropiación, en el caso práctico aplicado.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la investigación y para la conformación de mosaicos catastrales.

Fuente: Elaboración propia, 2018

### **3.1. Indagación de documentos técnicos de mosaico catastral para expropiación**

Se realizó una indagación con respecto a la documentación proporcionada por el DABI acerca de aspectos técnicos requeridos, datos de tiempos y costos, así como del mosaico catastral utilizado para la expropiación de propiedades ubicadas dentro de la zona de construcción de los proyectos de Circunvalación Norte, Paso a Desnivel Garantías Sociales, Paso a Desnivel La Bandera y Paso a Desnivel Guadalupe.

Inicialmente, se analizaron los aspectos técnicos que se solicitaban en el documento de contratación para la realización del mosaico catastral de expropiación para cada proyecto mencionado anteriormente, categorizando en actividades y etapas estándar a seguir en un proceso de expropiación, específicamente para la elaboración de un mosaico catastral, con la finalidad de realizar una tabla comparativa con la que se pudiese verificar el cumplimiento de cada una de estas actividades en dichos proyectos.

Seguidamente, se distinguieron los costos y tiempos definidos en el contrato que debía presentar cada actividad estándar e igualmente los montos y tiempos en los que se realizaron las actividades en la ejecución del proyecto, para lo cual se elaboró una tabla comparativa calculándose con las ecuaciones 3,4,5 y 6, la diferencia entre el dato contractual y el real, con el propósito de comparar finalmente el monto y tiempo total contractual, en contraposición, con el monto y tiempo total real del proceso de creación de un mosaico catastral por proyecto.

$$Dif.plazo = Plazo real - Plazo contractual \quad \text{Ec.3}$$

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

$$Dif.costos = Costo real - Costo contractual \quad \text{Ec.4}$$

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

$$Dif.plazo Auto Mosaico = Plazo contractual - Plazo con Auto Mosaico \quad \text{Ec.5}$$

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

$$\% de ahorro = \frac{Plazo Auto Mosaico}{Plazo Contractual} \times 100 \quad \text{Ec.6}$$

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

### **3.2. Evaluación de Herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)**

Se investigaron de forma digital con el uso de Internet los diferentes sistemas de OCR tanto gratuitos como pagos con versiones gratuitas de prueba que existen en el mercado actual, entre los cuales se encuentran software online y descargables. Para la prueba de cada software, se eligieron planos catastrados con grado de legibilidad bueno y de acuerdo al tipo de derrotero: rumbos, acimut y coordenadas. Seguidamente, se efectuó un recorte del derrotero de cada plano guardándose en formato JPG y PDF.

De acuerdo a la prueba realizada, se definió que para que un software de Reconocimiento Óptico de Caracteres sea catalogado con un rendimiento del 100%, debe cumplir con ciertos requerimientos, los cuales permiten que la información resultante sea utilizable como datos de entrada para las siguientes etapas de la investigación. Estos requerimientos son: compatibilidad de formato de entrada JPG y PDF, formato de salida más óptimo (.csv, .xlsx, .txt) y comprensión correcta de los caracteres del derrotero por parte del software. Como característica adicional, se tomó en cuenta si los softwares eran online o descargables y si tenían algún tipo de licenciamiento gratuito o pago, otorgándole mayor valor a los software libre. De acuerdo a estos elementos, se eligieron los tres software con mayor rendimiento, y que por ende, que cumplieran con el mayor número de requerimientos mencionados anteriormente.

Adicionalmente, en la siguiente tabla se establece una escala de valoración para categorizar el rendimiento de los software de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), de acuerdo con el cumplimiento de los requerimientos expuestos en el párrafo anterior.

**Tabla 1.** Escala de rendimiento de software de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)

<b>Escala</b>	<b>Definición</b>
Alto	Si cumple con un 80% o más de los requerimientos establecidos.
Intermedio	Si cumple con un 50% y 80% de los requerimientos establecidos.
Bajo	Si cumple con menos del 50% de los requerimientos establecidos.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

De acuerdo a la tabla 1, para que un resultado proveniente de un OCR sea utilizable como dato de entrada para las siguientes etapas de la investigación, la herramienta debe superar al menos un 80% de los requerimientos, ubicándose en la categoría de alto.

### **3.3. Transformación de Rumbos y Acimut a Coordenadas**

Se creó una plantilla en formato .xlsx (Excel) para el caso de coordenadas, acimut y rumbos, esto con el fin de generar una estandarización en la información de entrada y que fuese posible programar posteriormente la transformación de acuerdo a datos y casillas uniformes dentro del archivo de Excel. Esta plantilla se encontrará localizada dentro de carpetas que fueron igualmente otorgadas al usuario (ver manual en el anexo F).

Posteriormente, se inició con la programación de la rutina automática de creación de mosaicos, realizando un código en el lenguaje Python, que dependiendo al tipo de derrotero brindado por el usuario, efectuara los cálculos necesarios para transformarlos de Rumbos a Acimut y posteriormente a Coordenadas o bien, desde Acimut hasta obtener el derrotero en formato de Coordenadas, dependiendo de cada caso, con respecto a la coordenada inicial proveniente del levantamiento de campo del profesional (ver ecuaciones 7, 8 y 9); cada uno de los derroteros obtenidos en coordenadas, fueron exportados automáticamente en un archivo de valores separados por coma (csv). Este lenguaje de programación, logra obtener los datos de cada derrotero por medio de la librería "Openpyxl", la cual se usa para leer y escribir dentro de las hojas de cálculo perteneciente a Office Excel. Cabe destacar que se contempló que sin importar la coordenada inicial del vértice del polígono que se tuviese, las siguientes coordenadas del polígono se calcularán correctamente hasta obtener cada punto del derrotero completo.

Cuadrante	Ángulo
I	$\emptyset = \alpha$
II	$\emptyset = 180 - \alpha$
III	$\emptyset = 180 + \alpha$
IV	$\emptyset = 270 + \alpha$

**Ec.7**

$\emptyset$  = Ángulo en acimut.

$\alpha$  = Ángulo en rumbo

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

$$\text{Acimut a Coordenada X} = \cos(\emptyset) * \text{dist} + \text{Coord. base} \quad \text{Ec.8}$$

$\emptyset$  = Acimut entre puntos.

**dist** = Distancia entre puntos.

**Coord. base** = Coordenada X de referencia.

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

$$\text{Acimut a Coordenada Y} = \sin(\emptyset) * \text{dist} + \text{Coord. base} \quad \text{Ec.9}$$

$\emptyset$  = Acimut entre puntos.

**dist** = Distancia entre puntos.

**Coord. base** = Coordenada Y de referencia.

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

### 3.4. Alineación de polígonos

Se utilizaron transformaciones geométricas 2D entre las que se encuentran las Matrices de Rotación y Traslación, ya que las mismas permiten efectuar cambios

de orientación entre dos sistemas de coordenadas diferentes y desplazamiento a lo largo de sus dimensiones, obteniendo un cambio de posición.

Con la utilización de senos y cosenos las matrices de rotación y traslación, rotan y trasladan la figura, de acuerdo a una comparativa entre las coordenadas calculadas y las medidas en campo, obteniendo las nuevas coordenadas del polígono ya alineado y rotado.

Este proceso de alineación de polígonos, también fue generado de forma automática programándose en el lenguaje Python por medio de la librería “Numpy”, la cual se utiliza para leer, crear y manipular operaciones matriciales.

Inicialmente, en este procedimiento se obtienen tres distancias, la primera entre la coordenada de origen y la coordenada medida, la segunda entre la coordenada de origen y la coordenada calculada con la transformación realizada anteriormente y por último, la distancia entre la coordenada medida y la calculada, esto a partir de la ecuación 10 derivada del teorema de Pitágoras, la cual se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{origen-} & \sqrt{(\text{Coordenada } X \text{ de origen} - \text{Coordenada } X \text{ medida})^2 + (\text{Coordenada } Y \text{ de origen} - \text{Coordenada } Y \text{ medida})^2} \\ \text{medido =} & \\ \text{origen-} & \sqrt{(\text{Coordenada } X \text{ de origen} - \text{Coordenada } X \text{ calculada})^2 + (\text{Coordenada } Y \text{ de origen} - \text{Coordenada } Y \text{ calculada})^2} \\ \text{calculado=} & \\ \text{medido-} & \sqrt{(\text{Coordenada } X \text{ medida} - \text{Coordenada } X \text{ calculada})^2 + (\text{Coordenada } Y \text{ medida} - \text{Coordenada } Y \text{ calculada})^2} \\ \text{calculado=} & \end{aligned}$$

**Ec.10**

**Fuente:** Sullivan, 1997.

Seguidamente por medio de la Ley de Cosenos, se obtuvo el ángulo con el que se rotará la figura a partir del punto de origen, con la ecuación 11, así como la determinación si es una rotación en sentido horario o anti horario.

$$\varnothing = \cos^{-1} \left( \frac{b^2 + d^2 - c^2}{2 * b * d} \right) \quad \text{Ec.11}$$

**Donde:**

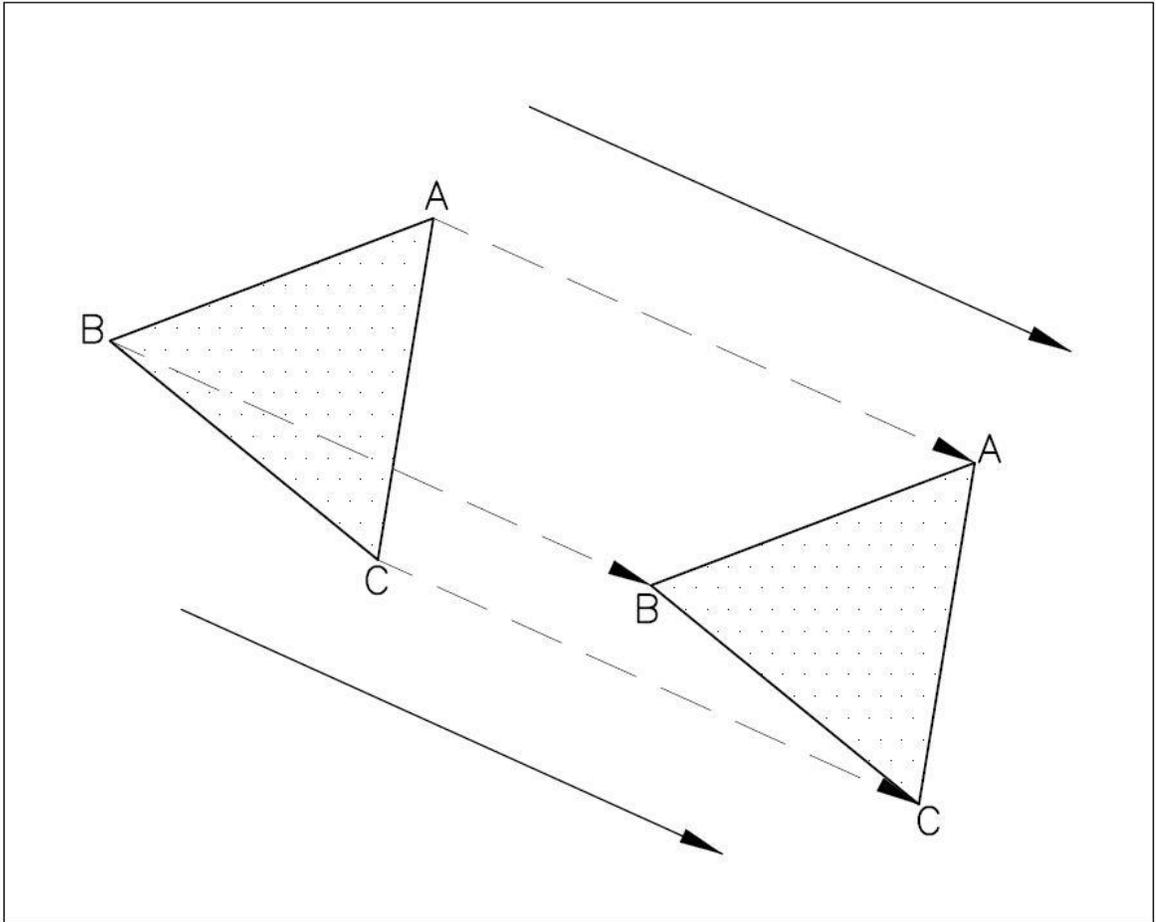
**b**= Origen-medido.

**d**= Origen-calculado.

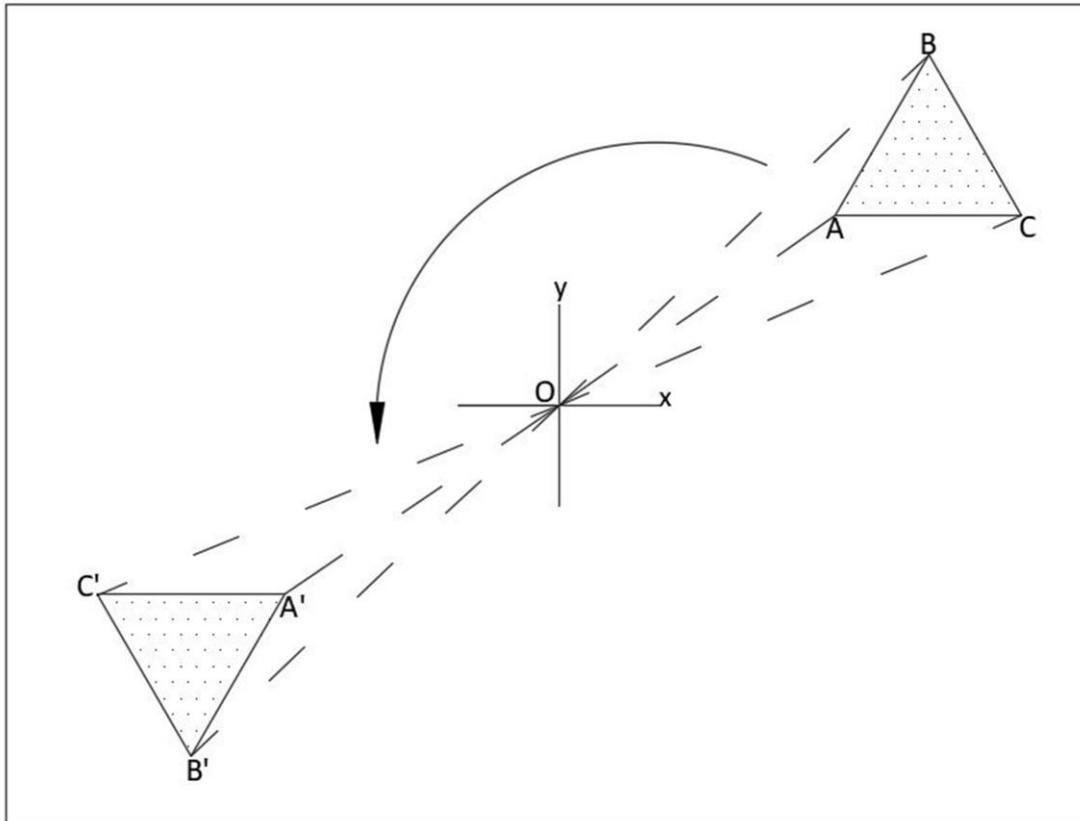
**c**= Medido-calculado.

**Fuente:** Sullivan, 1997.

Con el fin de determinar si el polígono giro de manera horario o anti horaria, fue necesaria la determinación del ángulo con respecto al eje x, para lo cual se trasladó el origen del plano cartesiano a las primeras coordenadas tomadas en campo, con el fin de trabajar con un origen conocido (ver figuras 4 y 5).



**Figura 4.** Traslación de un polígono. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Figura 5.** Rotación de un polígono. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Seguidamente por medio de la fórmula de función trigonométrica de tangente (ecuación 12) se calculó el ángulo que forma el vector con respecto al eje x; para evitar problemas de signos, se utilizaron los valores absolutos de los vectores.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \quad \text{Ec.12}$$

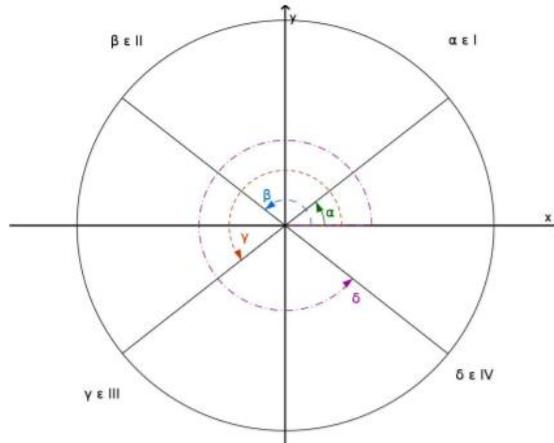
. **Fuente:** Sullivan, 1997.

Una vez obtenido dicho valor se debe de comprobar en qué cuadrante se encuentra el ángulo buscado, esto se realizó mediante la comprobación de sus componente, tal y como se muestra a continuación en la tabla 2 y figura 6.

**Tabla 2.** Cuadrante en el que se ubica el ángulo según las condiciones que presenta.

Cuadrante	Condición	Ángulo
I	$X > 0$ y $Y > 0$	$\alpha$
II	$X < 0$ y $Y > 0$	$180 - \alpha$
III	$X < 0$ y $Y < 0$	$180 + \alpha$
IV	$X > 0$ y $Y < 0$	$270 + \alpha$

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Figura 6.** Representación gráfica de los cuadrantes en los que se ubica el ángulo. **Fuente:** Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de la Plata, 2014.

De lo anterior se obtendrá un ángulo  $\alpha_1$  el cual corresponde al calculado para el segundo punto medido en campo y un  $\alpha_2$  correspondiente al calculado desde el primer punto medido en campo. Conforme a lo anterior, se obtendrá una diferencia, la cual indicará si la figura gira horaria o anti-horario, como se muestra en la ecuación 13.

$$\text{Giro} = \alpha 1 - \alpha 2 \quad \text{Ec.13}$$

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Si el resultado de esta diferencia es positiva, el polígono gira en sentido horario y si es negativa el giro será anti-horario.

Una vez obtenido el ángulo y el giro de la figura, se calcula la matriz de rotación mediante la ecuación 2 mencionada en el marco teórico, y adicionalmente la matriz de vectores; esta última es el resultado de la resta entre cada una de las coordenadas calculadas tanto para el eje X y el eje Y desde el origen con respecto a la coordenada propuesta por el usuario medida en campo. Además, se obtiene la matriz resultante entre la producto de la matriz de vectores con la matriz de rotación, las cual proporciona la nueva posición de la figura desde el origen.

Como último paso, se obtienen las nuevas coordenadas del polígono sumando el resultado de la última matriz calculada y las coordenadas calculadas en la transformación desde el origen, las cuales serán exportadas a su respectivo archivo en formato csv.

### **3.5. Geoprocesamiento de planos de catastro y líneas de diseño**

Se programó en el lenguaje Python la transformación de los datos de entrada de archivos csv a archivo en formato shapefile de puntos, líneas y polígonos, obteniendo finalmente los polígonos de expropiación y su área en la tabla de atributos del mismo por medio de la implementación de herramientas del Sistemas de Información Geográfica QGIS. Adicionalmente, para el caso específico de expropiación de este proyecto, se realizó la transformación de la polilínea en sistema de coordenadas CRTM05 de la carretera a utilizar a un archivo en formato shapefile de polígono para posteriormente, realizar una sobreposición del polígono de la carretera y los predios.

Como resultado, se obtuvo un archivo en formato shapefile del polígono de expropiación que cuenta con la información del área a expropiar en la tabla de atributos. Es importante mencionar, que esta polilínea en CRTM05 de la carretera debe de ubicarse con anterioridad dentro de la carpeta otorgada al usuario (ver manual de procedimientos en anexo F).

Además, se creó una interfaz gráfica en PyQT (QtDesigner) ejecutada en la Consola de Python de QGIS la cual cuenta con una ventana de diálogo con sus respectivos botones, funcionalidades, textos, fuentes y dimensiones. Dentro de esta interfaz el usuario puede interactuar con el programa con mayor facilidad sin tener que acceder al código programado y designa la carpeta con la ubicación de los derroteros digitalizados, para después a partir de estos datos de entrada, realizar automáticamente el proceso de mosaico catastral automático descrito anteriormente.

### **3.6. Evaluación del algoritmo con el caso práctico del Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39.**

El Proyecto de Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39 fue elegido para la evaluación en esta investigación, ya que brinda una ventaja al ser un proyecto actual y poseer un número considerable de casos de expropiación.

Además, se contó con los datos de levantamiento en sistema de coordenadas CRTM05, planos de catastro y mosaicos de expropiación realizados, pertenecientes a las propiedades que rodean la ruta 39 en el sistema CRTM05, que se ubican en las cercanías de la Rotonda de Garantías Sociales en el sector de distrito 05- Zapote, cantón 01- San José, provincia 01- San José.

Con respecto a la información anterior, se encontró que existen casos que debido a su condición extraordinaria como errores en los derroteros y desactualización, debieron descartarse de la prueba, para la cual se obtuvieron las coordenadas de los predios ya alineados de acuerdo al mosaico catastral implementado para este proyecto, con un total de 29 predios y 239 puntos, para la realización de la comprobación práctica de la rutina automática de creación de mosaicos catastrales.

El proceso de evaluación del algoritmo en el caso práctico considerará dos etapas, la primera corresponde al proceso de digitalización de derroteros y la segunda a la ejecución del código programado, de las cuales se evaluarán las duraciones de ejecución mediante las Ec.3,4,5 y 6 y las incertidumbres encontradas en los datos de salida del algoritmo por medio de la Ec.14.

Una vez digitalizados los planos en las plantillas otorgadas a los usuarios se ejecuta el código programado, logrando obtener un mosaico con los puntos, líneas, polígono de diseño de carretera, polígonos de plano y polígonos de expropiación en formato shapefile, con su respectiva tabla de atributos, en la cual se visualiza el área de la figura y área a expropiar. Se efectuó también una lámina topográfica en la que se representa la totalidad de las propiedades y la línea de derecho de vía, con el fin de demostrar visualmente los resultados.

Además, se realizaron tablas comparativas entre el área de cada polígono a expropiar y sus coordenadas para encontrar la incertidumbre entre estos datos con respecto a los datos del mosaico existente y adicionalmente se valoró si se encuentran dentro del rango aceptable de acuerdo Guía Técnica para Georreferenciar Planos de Agrimensura (2013), la cual establece que la precisiones relativas de las coordenadas de los inmuebles enlazados al Sistema Nacional de Coordenadas en zonas urbanas es de +/-3cm de error medio cuadrático.

De la misma forma, se efectuaron tablas comparativas entre las coordenadas en eje X y eje Y de cada punto de los planos que conforman el mosaico existente de expropiación y el generado por medio de esta investigación, logrando obtener los valores máximos y mínimos de la incertidumbre de cada punto de los predios tanto en la coordenada X como en la coordenada Y.

Derivado de las incertidumbres anteriores se puede calcular mediante la ecuación 14 la media de los valores de error y determinar el valor eficaz de la prueba.

$$RMS = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{n}}$$

**Ec. 14**

*Fuente:* Anaya, 2015.

## **Capítulo IV: Desarrollo**

### **4.1. Resultados**

#### **4.1.1. Evaluación del proceso actual de expropiación.**

Por medio de la indagación de documentación de expropiaciones, se encontraron los requerimientos técnicos, datos de tiempos y costos, con el fin de categorizarlo en actividades y etapas estándar a seguir en un proceso de expropiación, utilizando como casos de estudio los proyectos de Circunvalación Norte, Paso a Desnivel Garantías Sociales, Paso a Desnivel La Bandera y Paso a Desnivel Guadalupe específicamente para la elaboración de un mosaico catastral como se muestra en la tabla 3. Dichos aspectos técnicos se comparan en la tabla 4, con el objetivo de verificar su cumplimiento en los proyectos mencionados anteriormente.

**Tabla 3. Actividades para la Elaboración del Mosaico Catastral**

Actividades	Proyectos			
	Circunvalación Norte	Paso a Desnivel Garantías Sociales	Paso a Desnivel La Bandera	Paso a Desnivel Guadalupe
Levantamiento topográfico de detalles	✓	✓	✓	✓
Búsqueda de planos catastrados de la zona afectada	✓	✓	✓	✓
Determinación del Folio Real de las fincas involucradas	✓	✓	✓	✓
Digitalización de los derroteros	✓	✓	✓	✓
Levantamiento Topográfico de puntos de plano de catastro.	✓	✓	✓	✓
Alineamiento de los planos catastrados	✓	✓	✓	✓
Definición de traslapes entre fincas	X	X	X	X
Determinación de las áreas a expropiar	✓	✓	✓	✓
Presentación del Mosaico Catastral, incluye:				
Número de plano de la finca madre	✓	✓	✓	✓
Nombre completo del propietario	✓	✓	✓	✓
Área de la Finca Madre	✓	✓	✓	✓
Área a expropiar	✓	✓	✓	✓
Ubicación del proyecto en las áreas a expropiar	✓	✓	✓	✓
Linderos y colindantes actualizados.	X	X	X	X
Detalles naturales, construcciones o estructuras existentes	✓	✓	✓	✓

Actividades	Proyectos			
	Circunvalación Norte	Paso a Desnivel Garantías Sociales	Paso a Desnivel La Bandera	Paso a Desnivel Guadalupe
Georreferenciación al sistema de coordenadas CRTM-05.	✓	✓	✓	✓
Elaboración de planos de catastro de expropiación	✓	✓	✓	✓
Realización de trámites ante el Registro Nacional.	✓	✓	✓	✓
Replanteo de los linderos de la propiedad	✓	✓	✓	✓

**Fuente:** DIE-07-14-3894, 14 de noviembre de 2014.

✓: Cumple con la actividad

X: No Cumple con la actividad

**Tabla 4.** Documentación para inicio de expropiaciones en el DABI.

Actividad	Proyectos			
	Circunvalación Norte	Paso a Desnivel Garantías Sociales	Paso a Desnivel La Bandera	Paso a Desnivel Guadalupe
Certificación presupuestaria	✓	✓	✓	✓
Justificación del proyecto	X	X	X	X
Mosaico catastral	✓	✓	✓	✓
Jerarquía de adquisición de inmuebles	X	X	X	X
Plano de catastro	✓	✓	✓	✓
Estudio Registral y Catastral	X	X	X	X

**Fuente:** POE-13-2015-0278 del 16 de marzo de 2015.

De acuerdo con las tablas anteriores, se logra observar que se cumple la mayoría de requisitos propuestos en los tres proyectos, sin embargo se da un incumplimiento en aspectos como la definición de traslapes en las fincas, linderos y colindantes actualizados, justificación del proyecto, jerarquía de adquisición de inmuebles, estudio registral y catastral de las mismas. Adicionalmente, cabe

destacar que al ser procedimientos dependientes entre sí, una falta de información en alguno de los aspectos puede provocar que los mismos se vuelvan deficientes.

**Tabla 5.** Diferencias de Plazos de Proyectos Circunvalación Norte y Garantías Sociales.

Actividades	Proyectos					
	Circunvalación Norte			Paso a Desnivel Garantías Sociales		
	Contractual (días naturales)	Real	Diferencia	Contractual (días naturales)	Real	Diferencia
Levantamiento topográfico en campo	7	183	176	15	55	285
Elaboración de mosaico impreso y en formato digital (dwg)	3	223	220		245	
Elaboración planos de catastro áreas a expropiar	10	118	86	5	10	5
Realización de trámites correspondientes ante el Registro Nacional	22			-	-	-
Levantamiento de propiedades para la entrada en posesión	2	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>524</b>	<b>482</b>	<b>20</b>	<b>310</b>	<b>290</b>
<b>% de diferencia</b>			<b>1095,5%</b>			<b>1450,0%</b>

**Fuente:** UNOPS/2016/91761/VCH/006.

**Tabla 6. Diferencias de Plazos de Proyectos La Bandera y Guadalupe.**

Actividades	Proyectos						
	Paso a Desnivel La Bandera				Paso a Desnivel Guadalupe		
	Contractual (días naturales)	Contractual (días naturales)	Real	Diferencia	Contractual (días naturales)	Real	Diferencia
Levantamiento topográfico en campo	7	15	125	378	15	125	475
Elaboración de mosaico impreso y en formato digital (dwg)	3		268			365	
Elaboración planos de catastro áreas a expropiar	10	5	54	49	5	9	4
Realización de trámites correspondientes ante el Registro Nacional	22	-	-	-	-	-	-
Levantamiento de propiedades para la entrada en posesión	2	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>20</b>	<b>447</b>	<b>427</b>	<b>20</b>	<b>499</b>	<b>479</b>
<b>% de diferencia</b>				<b>2135,0%</b>			<b>2395,0%</b>

**Fuente:** UNOPS/2016/91761/VCH/006.

De acuerdo con la tabla 5 y 6, se demuestra el incremento en plazo de cada uno de los proyectos de estudio, en los cuales existen grandes diferencias entre los plazos contractuales y los reales, haciendo una variación de estas diferencias en un rango de 2395 % a 1095,5% resultando en promedio un incremento de un año y dos meses en la ejecución de cada uno de ellos.

**Tabla 7. Diferencia de Costos (en millones) de Proyectos Circunvalación Norte y Garantías Sociales.**

Actividades	Proyectos					
	Circunvalación Norte (€ millones)			Paso a Desnivel Garantías Sociales(€ millones)		
	Contractual	Real	Dif.	Contractual	Real	Dif.
Replanteo de línea de centro proyecto	1,979	1,979	0,00	-	-	-
Levantamiento topográfico en campo	13,589	24,484	10,895	0,240	0,667	0,427
Elaboración de mosaico impreso y en formato digital (dwg)	9,832	17,395	7,563	0,480	1,333	0,853
Elaboración planos de catastro áreas a expropiar						
Realización de trámites correspondientes ante el Registro Nacional						
Levantamiento de propiedades para la entrada en posesión	4,458	8,032	3,574	-	-	-
Otras labores como realización de estudios registrales	0,142	0,289	0,147	-	-	-
<b>Total</b>	<b>30,000</b>	<b>52,179</b>	<b>22,179</b>	<b>1,200</b>	<b>3,333</b>	<b>2,133</b>
<b>% de diferencia</b>			<b>74%</b>			<b>178%</b>

**Fuente:** Proyecto 0000543/sub-2015-010, POE-10-2016-0664.

**Tabla 8. Diferencia de Costos (en millones) de Proyectos La Bandera y Guadalupe.**

Actividades	Proyectos					
	Paso a Desnivel La Bandera(€ millones)			Paso a Desnivel Guadalupe(€ millones)		
	Contractual	Real	Dif.	Contractual	Real	Dif.
Replanteo de línea de centro proyecto	-	-	-	-	-	-
Levantamiento topográfico en campo	0,240	0,667	0,427	0,240	0,667	0,426
Elaboración de mosaico impreso y en formato digital (dwg)	0,480	1,333	0,853	0,480	1,333	0,853
Elaboración planos de catastro áreas a expropiar						
Realización de trámites correspondientes ante el Registro Nacional						
Levantamiento de propiedades para la entrada en posesión	-	-	-	-	-	-
Otras labores como realización de estudios registrales	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1,200</b>	<b>3,333</b>	<b>2,133</b>	<b>1,200</b>	<b>3,333</b>	<b>2,133</b>
<b>% de diferencia</b>			<b>178%</b>			<b>178%</b>

**Fuente:** Proyecto 0000543/sub-2015-010, POE-10-2016-0664.

Al igual que en la tabla de control de plazo, se constató de acuerdo a las tablas 7 y 8, que los aumentos en costo de los proyectos fueron variando en un rango de 178% al 74% de diferencia, incrementando la inversión en el caso de Circunvalación Norte en ₡22.178.871,31 y en el caso del Paso a Desnivel de Garantías Sociales, La Bandera y Guadalupe en ₡2.133.333,33.

Las celdas sin monto, representan aspectos que no fueron considerados dentro de los contratos y los cuales requerían que se efectuará una nueva contratación para satisfacer estos aspectos, incrementando aún más la inversión propuesta inicialmente.

Al finalizar los procedimientos expuestos anteriormente, se denota que el incremento en plazo de cada uno de los proyectos de estudio, resulta ruinoso al presentarse variaciones que oscilan en un rango de 2395 % a 1095,5% resultando en promedio un incremento de un año y dos meses en la ejecución de cada mosaico catastra.

#### **4.1.2. Evaluación de herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres**

De acuerdo al proceso de prueba y revisión de los software existentes en el mercado dedicados al Reconocimiento Óptico de Caracteres, se realizó una tabla resumen, en la que se describieron las características, resultados y observaciones acerca del funcionamiento de cada uno de estos, eligiendo posteriormente, los tres software con mejor desempeño en esta tarea. Cabe recordar que como datos de entrada se utilizaron derroteros en Acimut, Rumbos y Coordenadas, con un grado de legibilidad normal, como los que se muestran a continuación en la tabla 9.

**Tabla 9.** Derroteros utilizados en la prueba para software OCR según tipo.

Acimut			Coordenadas			Rumbos																																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>LINEA</th> <th>ACIMUT</th> <th>DIST.(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1-2</td><td>194° 01'</td><td>3,03</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>205° 08'</td><td>28,5</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>117° 59'</td><td>31,61</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>025° 26'</td><td>43,94</td></tr> <tr><td>5-6</td><td>296° 45'</td><td>24,42</td></tr> <tr><td>6-7</td><td>206° 25'</td><td>11,53</td></tr> <tr><td>7-1</td><td>294° 41'</td><td>7,72</td></tr> </tbody> </table>			LINEA	ACIMUT	DIST.(m)	1-2	194° 01'	3,03	2-3	205° 08'	28,5	3-4	117° 59'	31,61	4-5	025° 26'	43,94	5-6	296° 45'	24,42	6-7	206° 25'	11,53	7-1	294° 41'	7,72	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LINEA</th> <th>*ACIMUT*</th> <th>DIST m.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1-2</td><td>2 52 34</td><td>118.10</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>2 47 46</td><td>224.38</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>3 06 39</td><td>12.61</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>3 29 39</td><td>15.19</td></tr> <tr><td>5-6</td><td>6 19</td><td>63.29</td></tr> <tr><td>6-7</td><td>69 41</td><td>4.91</td></tr> <tr><td>7-8</td><td>50 38</td><td>11.19</td></tr> <tr><td>8-9</td><td>91 59</td><td>10.05</td></tr> <tr><td>9-10</td><td>106 55</td><td>31.71</td></tr> <tr><td>10-11</td><td>69 40</td><td>10.38</td></tr> <tr><td>11-12</td><td>30 32</td><td>25.08</td></tr> <tr><td>12-13</td><td>83 16</td><td>15.70</td></tr> <tr><td>13-14</td><td>103 06</td><td>20.98</td></tr> </tbody> </table>			LINEA	*ACIMUT*	DIST m.	1-2	2 52 34	118.10	2-3	2 47 46	224.38	3-4	3 06 39	12.61	4-5	3 29 39	15.19	5-6	6 19	63.29	6-7	69 41	4.91	7-8	50 38	11.19	8-9	91 59	10.05	9-10	106 55	31.71	10-11	69 40	10.38	11-12	30 32	25.08	12-13	83 16	15.70	13-14	103 06	20.98	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PUNTO</th> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>465278.82</td><td>1113628.71</td></tr> <tr><td>2</td><td>465288.50</td><td>1113631.00</td></tr> <tr><td>3</td><td>465294.84</td><td>1113605.02</td></tr> <tr><td>4</td><td>465289.85</td><td>1113603.96</td></tr> <tr><td>5</td><td>465287.39</td><td>1113603.39</td></tr> <tr><td>6</td><td>465284.89</td><td>1113602.83</td></tr> </tbody> </table>			PUNTO	ESTE	NORTE	1	465278.82	1113628.71	2	465288.50	1113631.00	3	465294.84	1113605.02	4	465289.85	1113603.96	5	465287.39	1113603.39	6	465284.89	1113602.83	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LINEA</th> <th>RUMBO</th> <th>DIST.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1-2</td><td>N 45° 21' E</td><td>38.01</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>N 71° 34' W</td><td>20.06</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>N 71° 55' W</td><td>47.08</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>N 72° 05' W</td><td>29.67</td></tr> <tr><td>5-6</td><td>N 70° 18' W</td><td>35.06</td></tr> <tr><td>6-7</td><td>N 69° 41' W</td><td>24.24</td></tr> <tr><td>7-8</td><td>N 70° 11' W</td><td>9.47</td></tr> <tr><td>8-9</td><td>N 76° 53' W</td><td>30.28</td></tr> <tr><td>9-10</td><td>S 13° 04' E</td><td>7.69</td></tr> <tr><td>10-11</td><td>S 09° 58' E</td><td>3.87</td></tr> <tr><td>11-12</td><td>S 13° 00' E</td><td>15.78</td></tr> <tr><td>12-13</td><td>S 13° 58' E</td><td>11.59</td></tr> <tr><td>13-14</td><td>S 71° 58' E</td><td>59.14</td></tr> <tr><td>14-15</td><td>S 72° 10' E</td><td>64.00</td></tr> <tr><td>15-16</td><td>S 72° 21' E</td><td>25.45</td></tr> <tr><td>16-1</td><td>S 68° 14' E</td><td>9.60</td></tr> </tbody> </table>			LINEA	RUMBO	DIST.	1-2	N 45° 21' E	38.01	2-3	N 71° 34' W	20.06	3-4	N 71° 55' W	47.08	4-5	N 72° 05' W	29.67	5-6	N 70° 18' W	35.06	6-7	N 69° 41' W	24.24	7-8	N 70° 11' W	9.47	8-9	N 76° 53' W	30.28	9-10	S 13° 04' E	7.69	10-11	S 09° 58' E	3.87	11-12	S 13° 00' E	15.78	12-13	S 13° 58' E	11.59	13-14	S 71° 58' E	59.14	14-15	S 72° 10' E	64.00	15-16	S 72° 21' E	25.45	16-1	S 68° 14' E	9.60
LINEA	ACIMUT	DIST.(m)																																																																																																																																																			
1-2	194° 01'	3,03																																																																																																																																																			
2-3	205° 08'	28,5																																																																																																																																																			
3-4	117° 59'	31,61																																																																																																																																																			
4-5	025° 26'	43,94																																																																																																																																																			
5-6	296° 45'	24,42																																																																																																																																																			
6-7	206° 25'	11,53																																																																																																																																																			
7-1	294° 41'	7,72																																																																																																																																																			
LINEA	*ACIMUT*	DIST m.																																																																																																																																																			
1-2	2 52 34	118.10																																																																																																																																																			
2-3	2 47 46	224.38																																																																																																																																																			
3-4	3 06 39	12.61																																																																																																																																																			
4-5	3 29 39	15.19																																																																																																																																																			
5-6	6 19	63.29																																																																																																																																																			
6-7	69 41	4.91																																																																																																																																																			
7-8	50 38	11.19																																																																																																																																																			
8-9	91 59	10.05																																																																																																																																																			
9-10	106 55	31.71																																																																																																																																																			
10-11	69 40	10.38																																																																																																																																																			
11-12	30 32	25.08																																																																																																																																																			
12-13	83 16	15.70																																																																																																																																																			
13-14	103 06	20.98																																																																																																																																																			
PUNTO	ESTE	NORTE																																																																																																																																																			
1	465278.82	1113628.71																																																																																																																																																			
2	465288.50	1113631.00																																																																																																																																																			
3	465294.84	1113605.02																																																																																																																																																			
4	465289.85	1113603.96																																																																																																																																																			
5	465287.39	1113603.39																																																																																																																																																			
6	465284.89	1113602.83																																																																																																																																																			
LINEA	RUMBO	DIST.																																																																																																																																																			
1-2	N 45° 21' E	38.01																																																																																																																																																			
2-3	N 71° 34' W	20.06																																																																																																																																																			
3-4	N 71° 55' W	47.08																																																																																																																																																			
4-5	N 72° 05' W	29.67																																																																																																																																																			
5-6	N 70° 18' W	35.06																																																																																																																																																			
6-7	N 69° 41' W	24.24																																																																																																																																																			
7-8	N 70° 11' W	9.47																																																																																																																																																			
8-9	N 76° 53' W	30.28																																																																																																																																																			
9-10	S 13° 04' E	7.69																																																																																																																																																			
10-11	S 09° 58' E	3.87																																																																																																																																																			
11-12	S 13° 00' E	15.78																																																																																																																																																			
12-13	S 13° 58' E	11.59																																																																																																																																																			
13-14	S 71° 58' E	59.14																																																																																																																																																			
14-15	S 72° 10' E	64.00																																																																																																																																																			
15-16	S 72° 21' E	25.45																																																																																																																																																			
16-1	S 68° 14' E	9.60																																																																																																																																																			

**Fuente:** Planos Catastrados SJ-792854-2002, C-192057-1994, A-1972103-2017, 2017.

De acuerdo a la tabla 20 (Anexo A), se logra observar que ninguno de los software mantuvo un rendimiento del 100%; sin embargo, los software “Convert Image to Text”, “Wondershare PDF Element” e “Iskysoft PDF Editor”, determinaron un mayor desempeño presentando mayor coincidencia de caracteres y formatos de salida más compatibles con respecto a las demás herramientas evaluadas, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Comparación de los software OCR seleccionados.

	Software	Formato de Salida	Tipo	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
1	Convert image to text	.txt, .doc, .pdf	Online Gratuito/Pago	✓	✓	✓	✓	Intermedio	En el formato .doc los datos se crean en tablas.	<a href="http://www.convertimagetotext.net/image_totextconverter.php">http://www.convertimagetotext.net/image_totextconverter.php</a>
2	Wondershare PDF Element	Formatos de Imagen, .txt, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv,	Descargable Pago	✓	✓	✓	Intermedio	✓	Se hizo uso de la versión de prueba en la cual no se pueden exportar los datos. En el acimut algunos caracteres no fueron	<a href="https://pdf.wondershare.com/?f=result">https://pdf.wondershare.com/?f=result</a>

	Software	Formato de Salida	Tipo	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
		.epub, HTML, HWP, HWPX.							reconocidos.	
3	Iskysoft PDF Editor	Formatos de Imagen, .txt, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv, .epub, HTML, HWP, HWPX.	Descarg able Pago	✓	✓	✓	Intermedio	Intermedio	Se hizo uso de la versión de prueba en la cual no se pueden exportar los datos. Algunos caracteres no fueron reconocidos en Acimut y Rumbos.	<a href="http://www.iskysoft.us/install/pdf-editor-windows.html?act=install">http://www.iskysoft.us/install/pdf-editor-windows.html?act=install</a>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la tabla 11, se encuentran las imágenes obtenidas como resultado en las pruebas de cada herramienta. El software “Convert Image to Text”, presenta un nivel de rendimiento bajo, ya que aunque tiene la ventaja de que se genera un resultado con gran rapidez y se crea en tablas, cuenta con desventajas como que los datos son de difícil manipulación, se encuentran desorganizados y se genera el archivo de salida en un formato .docx., como se observa en las siguientes ilustraciones.

**Tabla 11. Derroteros con reconocimiento óptico del Software “Convert Image to Text”.**

Resultado de derroteros reconocidos por el Software “Convert Image to Text”											
1.94F-A ACIUUT (DIST.tr.)			LINEA			PUNTO			LINEA		
1-2	194 0'	3.03	2	2 52 34	11 8 10	1	465278.82	1113628.71	1-2	N 145° al E	3 ELM
2-3	205' 08'	28.5	3	2 47 46	224 38	2	465288.50	1113631.00	2-3	N 71° 14' W	2_0_06,
3-4	117' 59'	31.81	4	306 39	1261	3	465294.84	1113605.02	3-4	11 .71° 551 W	. 47_08_

**Fuente:** Planos Catastrados SJ-792854-2002, C-192057-1994, A-1972103-2017 reconocidos por software “Convert Image to Text”, 2017.

De la misma manera, en la tabla 12 se muestra que el software “Wondershare PDF Element” presenta un nivel intermedio en cuanto a su rendimiento, ya que permite exportar en diversos formatos y muestra un mejor desempeño en las coordenadas reconociéndolas de la mejor manera y en acimut y rumbos de forma intermedia, no obstante este software tiene un costo económico para su uso.

**Tabla 12.** Derroteros con reconocimiento óptico del Software “Wondershare PDF Element”.

Resultado de derroteros reconocidos por el Software “Wondershare PDF Element”																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>UNEA</th> <th>A C I M U T</th> <th>DISLfmT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 2</td> <td>194° ar</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>7 - 3</td> <td>205° aa*</td> <td>26.5</td> </tr> <tr> <td>J - *</td> <td>117° 5'g</td> <td>51.61</td> </tr> </tbody> </table>	UNEA	A C I M U T	DISLfmT	1 - 2	194° ar	3.0	7 - 3	205° aa*	26.5	J - *	117° 5'g	51.61	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PUNTO</th> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>465278.82</td> <td>1113628.71</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>465288.50</td> <td>1113631.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>465294.84</td> <td>1113605.02</td> </tr> </tbody> </table>	PUNTO	ESTE	NORTE	1	465278.82	1113628.71	2	465288.50	1113631.00	3	465294.84	1113605.02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÍNEA</th> <th>RUMBO</th> <th>DIST.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>J - Z</td> <td>N 49° 21' E</td> <td>36.01</td> </tr> <tr> <td>2 - 3</td> <td>N 7° P 3' &lt; W</td> <td>20.06</td> </tr> <tr> <td>3 - 4</td> <td>N 71° 55' j W</td> <td>47.08</td> </tr> </tbody> </table>	LÍNEA	RUMBO	DIST.	J - Z	N 49° 21' E	36.01	2 - 3	N 7° P 3' < W	20.06	3 - 4	N 71° 55' j W	47.08
UNEA	A C I M U T	DISLfmT																																				
1 - 2	194° ar	3.0																																				
7 - 3	205° aa*	26.5																																				
J - *	117° 5'g	51.61																																				
PUNTO	ESTE	NORTE																																				
1	465278.82	1113628.71																																				
2	465288.50	1113631.00																																				
3	465294.84	1113605.02																																				
LÍNEA	RUMBO	DIST.																																				
J - Z	N 49° 21' E	36.01																																				
2 - 3	N 7° P 3' < W	20.06																																				
3 - 4	N 71° 55' j W	47.08																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>LINEA</th> <th>*ACIMUT*</th> <th>DIST m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 2</td> <td>2 5 2 3 4</td> <td>118 10</td> </tr> <tr> <td>2 - 3</td> <td>2 4 7 4 6</td> <td>2 2 4 3 8</td> </tr> <tr> <td>3 - 4</td> <td>3 0 6 3 9</td> <td>12 6 1</td> </tr> </tbody> </table>	LINEA	*ACIMUT*	DIST m	1 - 2	2 5 2 3 4	118 10	2 - 3	2 4 7 4 6	2 2 4 3 8	3 - 4	3 0 6 3 9	12 6 1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PUNTO</th> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>465278.82</td> <td>1113628.71</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>465298:50</td> <td>1113631.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>485294.84</td> <td>1113605.02</td> </tr> </tbody> </table>	PUNTO	ESTE	NORTE	1	465278.82	1113628.71	2	465298:50	1113631.00	3	485294.84	1113605.02													
LINEA	*ACIMUT*	DIST m																																				
1 - 2	2 5 2 3 4	118 10																																				
2 - 3	2 4 7 4 6	2 2 4 3 8																																				
3 - 4	3 0 6 3 9	12 6 1																																				
PUNTO	ESTE	NORTE																																				
1	465278.82	1113628.71																																				
2	465298:50	1113631.00																																				
3	485294.84	1113605.02																																				

**Fuente:** Planos Catastrados SJ-792854-2002, C-192057-1994, A-1972103-2017 reconocidos por software “Wondershare PDF Element”, 2017.

Igualmente, en la tabla 13 se presentan los resultados obtenidos con el software “Iskysoft PDF Editor”, el cual presenta un nivel de rendimiento intermedio, demostrando que genera datos de salida exportables en una gran cantidad de formatos y que maneja un nivel intermedio en su reconocimiento óptico de caracteres. Por otra parte, este software posee un costo económico para su uso.

**Tabla 13.** Derroteros con reconocimiento óptico del Software “Iskysoft PDF Editor”.

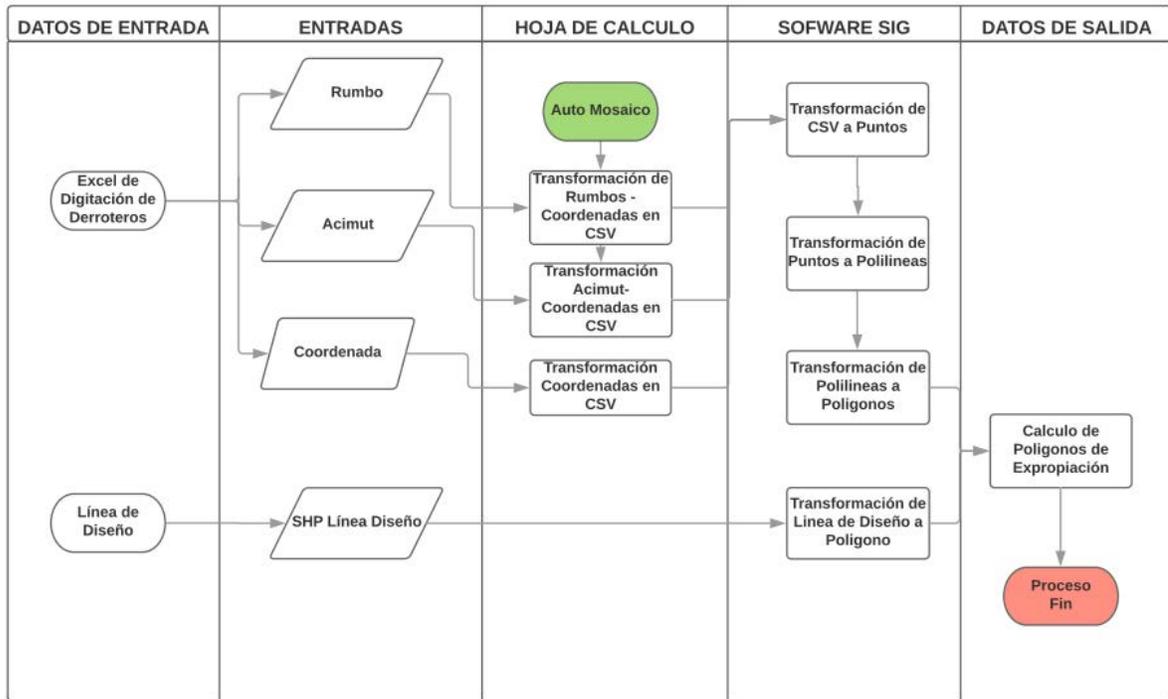
Resultado de derroteros reconocidos por el Software “Iskysoft PDF Editor”																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>UNEA</th> <th>A C I M U T</th> <th>DISLfmT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 2</td> <td>194° ar</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>7 - 3</td> <td>205° aa*</td> <td>26.5</td> </tr> <tr> <td>J - *</td> <td>117° 5'g</td> <td>51.61</td> </tr> </tbody> </table>	UNEA	A C I M U T	DISLfmT	1 - 2	194° ar	3.0	7 - 3	205° aa*	26.5	J - *	117° 5'g	51.61	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PUNTO</th> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>465278.82</td> <td>1113628.71</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>465288.50</td> <td>1113631.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>455294.84</td> <td>1113605.02</td> </tr> </tbody> </table>	PUNTO	ESTE	NORTE	1	465278.82	1113628.71	2	465288.50	1113631.00	3	455294.84	1113605.02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÍNEA</th> <th>RUMBO</th> <th>DIST.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>J - Z</td> <td>N 49° 21' E</td> <td>36.01</td> </tr> <tr> <td>2 - 3</td> <td>N 7° P 3' &lt; W</td> <td>20.06</td> </tr> <tr> <td>3 - 4</td> <td>N 71° 55' j W</td> <td>47.08</td> </tr> </tbody> </table>	LÍNEA	RUMBO	DIST.	J - Z	N 49° 21' E	36.01	2 - 3	N 7° P 3' < W	20.06	3 - 4	N 71° 55' j W	47.08
UNEA	A C I M U T	DISLfmT																																				
1 - 2	194° ar	3.0																																				
7 - 3	205° aa*	26.5																																				
J - *	117° 5'g	51.61																																				
PUNTO	ESTE	NORTE																																				
1	465278.82	1113628.71																																				
2	465288.50	1113631.00																																				
3	455294.84	1113605.02																																				
LÍNEA	RUMBO	DIST.																																				
J - Z	N 49° 21' E	36.01																																				
2 - 3	N 7° P 3' < W	20.06																																				
3 - 4	N 71° 55' j W	47.08																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>LINEA</th> <th>*ACIMUT*</th> <th>DIST m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 2</td> <td>2 5 2 3 4</td> <td>118 10</td> </tr> <tr> <td>2 - 3</td> <td>2 4 7 4 6</td> <td>2 2 4 3 8</td> </tr> <tr> <td>3 - 4</td> <td>3 0 6 3 9</td> <td>12 6 1</td> </tr> </tbody> </table>	LINEA	*ACIMUT*	DIST m	1 - 2	2 5 2 3 4	118 10	2 - 3	2 4 7 4 6	2 2 4 3 8	3 - 4	3 0 6 3 9	12 6 1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PUNTO</th> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>465278.82</td> <td>1113628.71</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>465288.50</td> <td>1113631.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>455294.84</td> <td>1113605.02</td> </tr> </tbody> </table>	PUNTO	ESTE	NORTE	1	465278.82	1113628.71	2	465288.50	1113631.00	3	455294.84	1113605.02													
LINEA	*ACIMUT*	DIST m																																				
1 - 2	2 5 2 3 4	118 10																																				
2 - 3	2 4 7 4 6	2 2 4 3 8																																				
3 - 4	3 0 6 3 9	12 6 1																																				
PUNTO	ESTE	NORTE																																				
1	465278.82	1113628.71																																				
2	465288.50	1113631.00																																				
3	455294.84	1113605.02																																				

**Fuente:** Planos Catastrados SJ-792854-2002, C-192057-1994, A-1972103-2017 reconocidos por software “Iskysoft PDF Editor”, 2017.

A partir de los resultados observados, se concluye que los mismos no tienen rendimiento adecuado, ya que no cumplen con los requerimientos necesarios para ser utilizados como datos de entrada para las siguientes etapas de la investigación, debido a que la información final no se presenta en un formato ni en una lectura óptima para ser utilizada de forma práctica en el ejercicio de digitalización de derroteros, por lo cual para continuar con el desarrollo de esta, se utilizará un insumo de derrotero en Coordenadas, Rumbos y Acimut en formato .xlsx, pertenecientes a una plantilla otorgada inicialmente al usuario.

#### **4.1.3. Evaluación de algoritmo “*Auto Mosaico*”**

Como se observa en la figura 7 el algoritmo desarrollado plantea como datos de entrada los derroteros de los planos de catastro y la línea de diseño del proyecto. En esta primera etapa no se obtuvieron resultados óptimos por lo que se decidió realizar la digitalización de derroteros a mano, creando una plantilla en formato .xlsx (Excel) para el caso de coordenadas, acimut y rumbos, en donde el usuario pudiese digitalizar el derrotero y las coordenadas iniciales tomadas en campo por el profesional, en este caso en la Proyección Costa Rica Transversal de Mercator (CRTM05).



**Figura 7.** Diagrama de flujo para la conformación de mosaicos catastrales automáticos. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Se hizo además una toma del tiempo que conllevó la digitalización de cada plano en la plantilla estandarizada, con el fin de obtener la duración de este procedimiento específico dentro del marco de la elaboración de mosaicos catastrales.

En el código programado se lograron realizar las transformaciones de los derroteros a coordenadas CRTM05, las transformaciones geométricas de rotación y traslación. En la siguiente etapa del código se aplicaron funciones de geoprocésamiento SIG obteniendo los archivos en formato shapefile de las propiedades y datos de las áreas a expropiar.

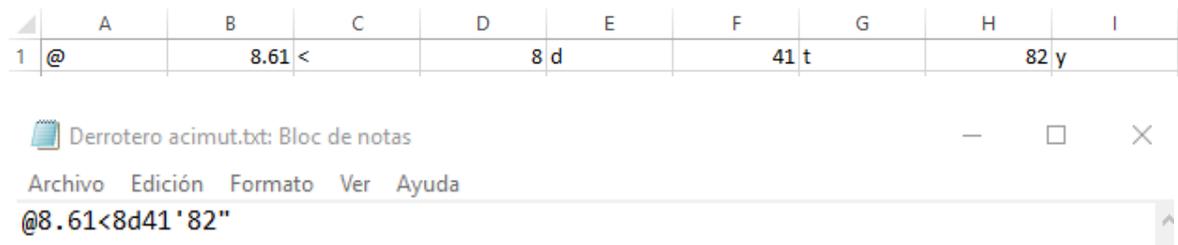
Por medio de este algoritmo, se encontró una manera de estandarizar el proceso de elaboración de mosaicos catastrales, sin embargo, como trabajo futuro se puede plantear la utilización de distintos programas y funcionalidades de acuerdo

a la problemática que desea abarcar el usuario, así como la creación de un software OCR especializado en derroteros de planos catastrados.

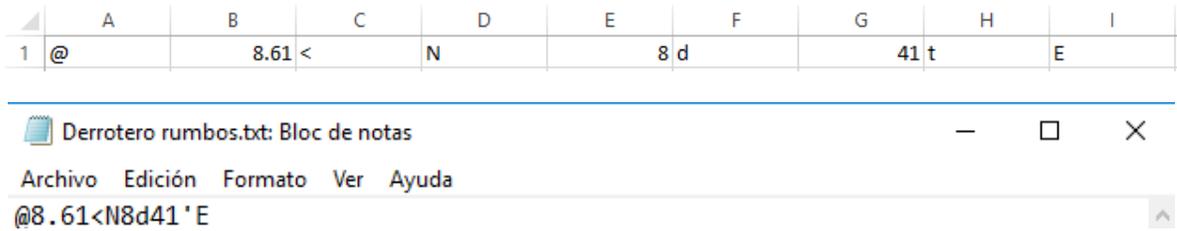
#### 4.1.3. Evaluación del algoritmo en el caso práctico del Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39.

Al evaluar la herramienta de elaboración automática de mosaicos catastrales en el Proyecto de Construcción del intercambio a desnivel en la Rotonda de las Garantías Sociales, Ruta Nacional N°39., se consideraron dos etapas, la digitalización de derroteros de planos de catastro y la ejecución del código de programación.

En la primera etapa se efectuó la contabilización del tiempo que un usuario emplearía digitando un derrotero mediante dos métodos distintos de digitalización manual: haciendo uso de la plantilla otorgada al usuario y sin la plantilla (ver figuras 8, 9 y 10). Para ambos casos se eligieron 5 usuarios expertos (Ingenieros topógrafos graduados) que cotidianamente digitalizan derroteros de planos de catastro.



**Figura 8.** Digitación de derroteros de forma manual sin plantilla para acimut. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Figura 9.** Digitación de derroteros de forma manual sin plantilla para rumbos. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

1	x	y
2	465823.05	1111970.63
3	465816.29	1111963.08
4	465801.19	1111979.96
5	465808.66	1111986.61



**Figura 10.** Digitación de derroteros de forma manual sin plantilla para coordenadas. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Para un total de 238 puntos digitados manualmente, se encontró una diferencia de 15,29 minutos entre el método que hace uso de la plantilla y el método sin plantilla; logrando con ello una ventaja al utilizar el primer método, al obtenerse una disminución de un 30% en el tiempo dedicado a esta actividad (ver tabla 14).

**Tabla 14.** Comparación de tiempos de digitalización con plantilla y sin plantilla.

No. Puntos	Tiempo con Plantilla (min)	Tiempo sin Plantilla (min)	Tiempo por Punto con Plantilla (min)	Tiempo por Punto sin Plantilla (min)	Dif. (min)	% Dif. de Tiempos
238	34.87	50.16	0.147	0.211	15.29	30%

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Además al efectuar la evaluación del algoritmo se genera como primera etapa la transformación automática de los derroteros en rumbos y acimut hasta coordenadas. Cabe recalcar que como datos de entrada se utilizaron los derroteros digitalizados a mano por el usuario en Acimut, Rumbos y Coordenadas, y las coordenadas iniciales tomadas en campo por el profesional en CRTM05, en una plantilla en formato .xlsx (Excel) dada al usuario, como la que se muestra a continuación en la Figura 11.

PUNTO	Coordenada Medidas	
	X	Y
1	493600.71	1096984.21
3	493643.40	1096968.84

PUNTO	DIRECCION	GRADOS (°)	MIN (')	SEG (")	DISTANCIA (m)
1	SE	74	20	0	22.14
2	SE	75	28	0	23.24
3	SW	3	37	0	83.14
4	NW	68	47	0	38.88
5	NW	77	38	0	8.03
6	NE	3	59	0	79.18

**Figura 11.** Plantilla de ejemplo para derroteros de tipo Rumbo. **Fuente:** Elaboración propia, 2017.

La segunda etapa comprende la traslación y rotación de las coordenadas obtenidas anteriormente, por medio del método de Matrices de Rotación, el cual da como resultado final las coordenadas rotadas de cada propiedad y en consecuencia, su alineación, logrando adquirir los derroteros en coordenadas CRTM05 en formato csv, como se muestra en el ejemplo de la Figura 12. La exportación de las coordenadas en un archivo en este formato específico, permite

que el mismo sea un insumo fácilmente utilizable para procesos posteriores en diferentes software de dibujo y/o análisis de información.

De acuerdo con la tabla comparativa que se realizó entre los valores de coordenadas X y Y, extraídas del mosaico catastral existente y de la rutina automática (contenida en el anexo C), se obtuvieron resultados favorables para cada plano, con una precisión promedio en el eje X de 0.002m y en el eje Y de 0.002m, proporcionando una distancia de error en promedio de 0.002m. Las diferencias encontradas obedecen a factores como errores de cierre de derroteros, precisión en el levantamiento en campo de los puntos de la finca.

```
PUNTO,X,Y
1.0,493600.71,1096984.21
2.0,493621.4731314209,1096976.524170598
3.0,493643.4053359148,1096968.838078871
4.0,493632.8226211031,1096886.374355045
5.0,493597.9711073659,1096903.608808626
6.0,493590.3049158726,1096905.998454622
```

**Figura 12.** Coordenadas en formato csv. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Continuando con el flujo de trabajo, con el uso de los Sistemas de Información Geográfica en el software QGIS, se obtiene un mosaico catastral de las propiedades involucradas en el proyecto, conformado por los puntos, líneas y polígonos en formato shapefile; en este tipo de procedimientos, los archivos de polígonos son las figuras de interés. Se realizaron láminas que generan una mejor visualización de estos archivos en formato shapefile de los polígonos de cada

plano, la línea y polígono de expropiación y los polígonos con las zonas a expropiar, las cuales se exponen en los anexos D y E.

De los polígonos anteriores, se despliega además una tabla de atributos en la que se visualiza el área de la figura, lo cual contribuye a verificar que el dibujo de los mismos sea correcto, como se muestra en la siguiente figura.

	Area(m2)
1	0.2787

**Figura 13.** Tabla de atributos que muestra el área a expropiar del polígono. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

A partir de los valores de área provenientes de la tabla de atributos, se realizó una tabla resumen que muestra una comparación entre las áreas de los polígonos del mosaico catastral existente y las áreas de los polígonos obtenidos de rutina automática de creación de mosaicos catastrales (ver tabla 15), por medio del cálculo de la diferencia entre las mismas; de igual forma, se realizó esta tabla comparativa para los polígonos de las áreas a expropiar (ver tabla 16).

Además se puede concluir que los valores promedios en ambas tablas se encuentran dentro de los rangos aceptados por el Catastro Nacional.

**Tabla 15.** Comparación de las áreas de polígonos de mosaico de expropiación existente y el área de polígonos por rutina AutoMosaico.

Tipo	Plano	Área de Polígono en mosaico existente (m2)	Área de Polígono obtenidos por rutina AutoMosaico (m2)	Diferencia (m2)
ACIMUT	SJ-0152687-1993	1335,92	1335,293	0,627
ACIMUT	SJ-0857970-	501,15	501,362	-0,212

<b>Tipo</b>	<b>Plano</b>	<b>Área de Polígono en mosaico existente (m2)</b>	<b>Área de Polígono obtenidos por rutina AutoMosaico (m2)</b>	<b>Diferencia (m2)</b>
	1989			
ACIMUT	SJ-1425633-2010	605,84	605,151	0,689
ACIMUT	SJ-1086003-2006	7711,34	7711,274	0,066
ACIMUT	SJ-1798675-2015	270,7	270,35	0,35
ACIMUT	SJ-994879-1991	288,97	288,823	0,147
ACIMUT	SJ-0151625-1993	677,63	676,658	0,972
ACIMUT	SJ-0030999-1992	1124,32	1124,046	0,274
ACIMUT	SJ-0031735-1992	315,52	315,345	0,175
ACIMUT	SJ-0916683-1990	4354,51	4354,082	0,428
ACIMUT	SJ-128766-1993	4265,64	4265,651	-0,011
ACIMUT	SJ-0671164-2000	753,24	753,736	-0,496
ACIMUT	SJ-0527140-1983	1030,73	1030,829	-0,099
ACIMUT	SJ-0748165-1988	1001,64	1001,476	0,164
ACIMUT	SJ-0986875-2005	7377,43	7377,887	-0,457
ACIMUT	SJ-1465914-2010	366,3	365,501	0,799
ACIMUT	SJ-14265694-2010	360,45	360,078	0,372
ACIMUT	SJ-0655537-2000	700,03	699,787	0,243
ACIMUT	SJ-0058021-1992	499,88	499,961	-0,081
ACIMUT	SJ-0968942-1991	704,06	704,555	-0,495
ACIMUT	SJ-0058810-1992	2305,95	2305,894	0,056
ACIMUT	SJ-0951486-1991	927,6	928,488	-0,888
ACIMUT	SJ-0581534-	5797,72	5797,001	0,719

Tipo	Plano	Área de Polígono en mosaico existente (m2)	Área de Polígono obtenidos por rutina AutoMosaico (m2)	Diferencia (m2)
	1999			
ACIMUT	SJ-827059-2002	321,41	320,85	0,56
RUMBO	SJ-954566-1991	3617,47	3617,266	0,204
RUMBO	SJ-0486767-1982	264,17	264,059	0,111
RUMBO	SJ-0497519-1983	82,65	82,188	0,462
RUMBO	SJ-0467365-1982	231,95	231,378	0,572
RUMBO	SJ-0004755-1968	3577,05	3577,62	-0,57
RUMBO	SJ-0522336-1983	2612,48	2613,342	-0,862
RUMBO	SJ-465004-1982	3360,84	3360,522	0,318
<b>Promedio</b>				<b>0,133451613</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

**Tabla 16.** Comparación de las áreas a expropiar de polígonos de mosaico de expropiación existente y el área a expropiar de polígonos por rutina Automosaico.

Tipo	Plano	Área a Expropiar (m2)	Área de Expropiación con AutoMosaico (m2)	Diferencia(m2)
ACIMUT	SJ-0152687-1993	265,94	265,97	-0,03
ACIMUT	SJ-0857970-1989	0	0	0
ACIMUT	SJ-1425633-2010	0	0	0
ACIMUT	SJ-1086003-2006	0,02	0	0,02
ACIMUT	SJ-1798675-2015	0	0	0
ACIMUT	SJ-994879-1991	0	0	0
ACIMUT	SJ-0151625-1993	0	0	0
ACIMUT	SJ-0030999-1992	0	0	0
ACIMUT	SJ-0031735-	0	0	0

<b>Tipo</b>	<b>Plano</b>	<b>Área a Expropiar (m2)</b>	<b>Área de Expropiación con AutoMosaico (m2)</b>	<b>Diferencia(m2)</b>
	1992			
ACIMUT	SJ-0916683-1990	346,67	346,44	0,23
ACIMUT	SJ-128766-1993	0	0	0
ACIMUT	SJ-0671164-2000	0	0,1	-0,1
ACIMUT	SJ-0527140-1983	0,18	0	0,18
ACIMUT	SJ-0748165-1988	1001,64	1001,48	0,16
ACIMUT	SJ-0986875-2005	0	0	0
ACIMUT	SJ-1465914-2010	0,76	0,74	0,02
ACIMUT	SJ-14265694-2010	0	0	0
ACIMUT	SJ-0655537-2000	0	0	0
ACIMUT	SJ-0058021-1992	0	0	0
ACIMUT	SJ-0968942-1991	21,47	21,9	-0,43
ACIMUT	SJ-0058810-1992	0	0	0
ACIMUT	SJ-0951486-1991	30,16	30,17	-0,01
ACIMUT	SJ-0581534-1999	255,35	255,11	0,24
ACIMUT	SJ-827059-2002	0	0	0
RUMBO	SJ-954566-1991	70,46	70,86	-0,4
RUMBO	SJ-0486767-1982	0	0	0
RUMBO	SJ-0497519-1983	0	0,28	-0,28
RUMBO	SJ-0467365-1982	0	0,0004	-0,0004
RUMBO	SJ-0004755-1968	37,97	37,51	0,46
RUMBO	SJ-0522336-1983	27,81	27,69	0,12
RUMBO	SJ-465004-1982	108,57	108,68	-0,11

Tipo	Plano	Área a Expropiar (m2)	Área de Expropiación con AutoMosaico (m2)	Diferencia(m2)
<b>Promedio</b>				<b>0,00224516</b>

*Fuente:* Elaboración propia, 2018.

Al finalizar los procedimientos expuestos anteriormente, se registra el tiempo de duración de la herramienta implementada en este caso práctico específico. Se realizó la distinción entre la fase de digitalización de planos y la fase de ejecución de la rutina automática de mosaicos catastrales, teniendo como resultado un tiempo mayor en la primera fase, la cual se realiza de forma manual; además de un tiempo total favorable de 40.15 minutos, el cual es 1/8 de día, considerando que exista errores en ciertos derroteros de plano, que conlleven un periodo de revisión por parte del usuario (ver tabla 17).

*Tabla 17. Duración total de creación de mosaico catastral automático.*

Actividad	Tiempo (min)
Tiempo Digitalización Planos	34.87
Tiempo Rutina Automática Mosaicos	5.28
<b>Tiempo Total</b>	<b>40.15</b>

*Fuente:* Elaboración propia, 2018.

## 4.2. Análisis de Resultados

### 4.2.1. Precisión de las coordenadas obtenidas

A partir del mosaico existente y el generado por medio de esta investigación, se realizó una comparación entre la precisión de cada punto de las propiedades tanto

en la coordenada X como en la coordenada Y (ver tabla 18), utilizando el cálculo de la media cuadrática o RMS de cada plano de catastro.

De acuerdo con la siguiente tabla, se puede notar que los valores mínimos de RMS son de -0.00583 para la coordenada X y de -0.0110 para la coordenada Y; en conjunto el valor del RMS fue de 0.00001. En contraposición, los valores máximos de RMS ascienden a 0.03192 en la coordenada X, a 0.013495 en la coordenada Y y en XY a 0.13867. El RMS de la coordenada Y de los planos SJ-954566-1991 y SJ-1086003-2006 son los datos más críticos; estos valores podrían ser ocasionados por la modificación del plano de catastro por parte de la oficina de topografía que realizó el mosaico. Al cumplir esta condición, se descartaron estos valores para el cálculo de las incertidumbres, resultando que los valores máximos de RMS son de 0.02247 en la coordenada X, 0.00798 en la coordenada Y y en XY es de 0.02375.

Estos valores de RMS y por ende las precisiones de cada coordenada, se encuentran dentro del rango aceptable de acuerdo Guía Técnica para Georreferenciar Planos de Agrimensura (2013), la cual establece que la precisiones relativas de las coordenadas de los inmuebles enlazados al Sistema Nacional de Coordenadas en zonas urbanas es de +/-3cm de error medio cuadrático.

**Tabla 18.** Datos calculados de Valor Medio Cuadrático por plano.

No.	Plano	RMS X	RMS Y	RMS XY
1	SJ-0004755-1968	-0.00082	0.00035	0.00089
2	SJ-465004-1982	0.00518	0.00245	0.00573
3	SJ-954566-1991	-0.03192	-0.13495	0.13867
4	SJ-0522336-1983	0.02247	0.00769	0.02375
5	SJ-0467365-1982	0.00184	0.00362	0.00406
6	SJ-0486767-1982	-0.00504	-0.00566	0.00758
7	SJ-0497519-1983	-0.00095	-0.00024	0.00098
8	SJ-0030999-1992	0.00407	0.00177	0.00443
9	SJ-0031735-1992	-0.00009	-0.00005	0.00011

No.	Plano	RMS X	RMS Y	RMS XY
10	SJ-0058021-1992	-0.00050	0.00151	0.00159
11	SJ-0058810-1992	-0.00061	0.00798	0.00800
12	SJ-128766-1993	0.00404	0.00289	0.00496
13	SJ-0151625-1993	-0.00506	0.00555	0.00751
14	SJ-0152687-1993	0.00016	0.00047	0.00050
15	SJ-0527140-1983	-0.00002	0.00000	0.00002
16	SJ-0581534-1999	-0.00002	-0.00030	0.00030
17	SJ-0655537-2000	0.00000	-0.00001	0.00001
18	SJ-0671164-2000	-0.00583	-0.01099	0.01244
19	SJ-0748165-1988	0.00004	-0.00001	0.00004
20	SJ-0916683-1990	0.00057	-0.00141	0.00152
21	SJ-0857970-1989	0.00118	0.00228	0.00257
22	SJ-0951486-1991	0.00086	0.00337	0.00348
23	SJ-0968942-1991	-0.00350	-0.00057	0.00355
24	SJ-0986875-2005	-0.00128	0.00395	0.00415
25	SJ-994879-1991	0.00128	-0.00004	0.00128
26	SJ-1086003-2006	-0.00458	0.04408	0.04432
27	SJ-1425633-2010	0.00565	0.00715	0.00911
28	SJ-1465914-2010	-0.00113	0.00115	0.00161
29	SJ-1465694-2010	-0.00255	-0.00116	0.00280
<b>RMS</b>		0.000738	0.001176	0.00418

*Fuente:* Elaboración propia, 2018.

#### 4.2.2. Incertidumbre de las áreas de polígonos y áreas de expropiación

A partir de los archivos en formato shapefile de las áreas de las fincas generadas en la investigación, se realizó una comparación entre la precisión de cada área de los inmuebles tanto del Mosaico entregado por CONAVI como el realizado mediante la implementación de la herramienta AutoMosaico, de la cual se obtuvo en promedio una incertidumbre de 0,13 m.

Lo anterior de conformidad con la guía de Calificación del Registro Nacional y el Artículo 36 del Reglamento a la Ley de Catastro en el cual se establece que las áreas deben ser redondeadas al metro, las variaciones menores a esto no serán percibidas, para lo cual se acepta la incertidumbre obtenida de la comparación del

mosaico generado con la herramienta AutoMosaico y el mosaico original del proyecto.

De conformidad con los archivos en formato shapefile de las áreas de expropiación obtenidas por medio de la herramienta AutoMosaico, se realizó una comparación con respecto a la precisión de cada área a expropiar de las propiedades del Mosaico entregado por CONAVI, de la cual se obtuvo en promedio una precisión de 0,02 m.

Teniendo en cuenta los lineamientos de la guía de Calificación del Registro Nacional y el Artículo 36 del Reglamento a la Ley de Catastro en el cual establece que las áreas deben ser redondeadas al metro, las variaciones menores a esto no serán percibidas, para lo cual se acepta la precisión encontrada mediante la utilización de la herramienta AutoMosaico.

#### **4.2.3. Análisis de Costo y Plazos**

De conformidad con la tabla 5 en la cual se realizó un análisis de tiempos para diversos proyectos, se extrajeron los datos relativos a la actividad de elaboración del mosaico catastral del proyecto que se empleó de referencia para el caso práctico, con los cuales se efectuó una tabla en la que se muestra que mediante la utilización de la Rutina de Creación de mosaicos automáticos la duración tuvo una disminución en el plazo, creándose el mosaico catastral en 1 día. Por esta razón, si se compara la duración contractual con la del mosaico automático se tiene un ahorro en plazo del 80.0% (ver tabla 19). Este plazo no contempla el tiempo de encontrar los planos de catastro en el registro, debido a que los mismos ya se le proporcionan por parte del CONAVI a los encargados de la elaboración del mosaico catastral.

**Tabla 19. Comparación de Plazo con AutoMosaico.**

<b>Paso a Desnivel Garantías Sociales</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Contractual</b>	<b>AutoMosaico</b>	<b>Dif. Contractual- AutoMosaico</b>
Elaboración de mosaico impreso y en formato digital (dwg)	5	1	4
<b>% de Diferencia</b>			<b>80.0%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

Debido a la relación intrínseca que se tiene entre los plazos y los costos, se puede inferir que se obtiene una disminución en los montos del contrato ya que los mismos son proporcionales al plazo mostrado anteriormente.

## **Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones**

La herramienta elaborada en la presente investigación brinda un desempeño satisfactorio, proporcionando las transformaciones de los derroteros a coordenadas CRTM05, las transformaciones geométricas de rotación y traslación y herramientas de geoprocésamiento SIG para la obtención de archivos en formato shapefile de las áreas de polígonos y sus respectivas áreas a expropiar.

Actualmente la elaboración de mosaicos catastrales se realiza de una manera muy subjetiva, debido a que a pesar de que se consideran elementos existentes como linderos, localización (referencia a punto fijo), entre otros; el mejor ajuste se realiza a criterio de cada ingeniero(a) topógrafo; provocando una gran diversidad de criterios.

Por esta razón el algoritmo desarrollado además de implementar la utilización de software libre en el Sistema de Información Geográfico (QGIS), proporciona una manera de estandarizar la elaboración de los mosaicos catastrales. No obstante,

se deben de valorar todos los casos en particular, debido a que existen planos con errores de cierre, derroteros incorrectamente realizados, lo cual implica que si un resultado es inadecuado se debe revisar por el profesional posteriormente para verificar que no presente dichas particularidades.

Es importante tomar en cuenta que anterior a la realización de estos mosaicos catastrales, el profesional debe haber realizado un proceso de conciliación jurídica, en el cual se dé un análisis del estado parcelario de los inmuebles mediante una revisión y comparación de la información catastral, registral y estado físico de la propiedad. Si se detectaran inexactitudes en asientos catastrales o registrales, se debe informar al Registro Nacional para el saneamiento de las mismas y a la institución encargada de la expropiación (CONAVI) para evitar el pago doble o incorrecto del área de expropiación.

Adicionalmente mediante la implementación de la herramienta se logró demostrar que la automatización del proceso de creación de mosaicos catastrales es favorable, permitiendo un ahorro en los tiempos de elaboración de mosaicos catastrales en 80% respecto al plazo teórico contractual para este caso en específico y debido a la relación intrínseca con los costos, se infiere una disminución proporcional.

Asimismo, mediante la implementación del RMS, se logró determinar que las incertidumbres obtenidas tanto en coordenadas, como en áreas, se encuentran dentro de los parámetros de calidad establecidos por el Catastro Nacional.

Sin embargo, una de las principales limitaciones que se tiene en el proyecto es que considera para el ajuste de los predios únicamente coordenadas tomadas en campo, obviando otro tipo de aspectos como la localización (referencia a esquina). Lo anterior incrementa la posibilidad de tener mayores incertidumbres en el mosaico debido a posibles errores humanos en el levantamiento. Otra de las limitaciones encontradas es la falta de un mecanismo de detección de traslapes

entre las fincas, lo que provoca que se deba efectuar una revisión de las mismas por parte del usuario, por lo cual esto es uno de los aspectos que se deben de considerar integrar al algoritmo mediante un aviso al usuario de un posible traslape.

Por último, se puede plantear como trabajo futuro la utilización de distintos programas y adición de funcionalidades al algoritmo implementado en esta investigación, de acuerdo a la problemática que desea abarcar el usuario. Además, se puede adaptar un software OCR para la lectura de derroteros de planos catastrados. De la misma manera, se puede implementar un algoritmo que permita la detección de traslapes de propiedades y defina las tolerancias permitidas. Por otro lado, se plantea la incorporación de una mayor cantidad de información como nuevos atributos de los archivos en formato shapefile, logrando generar una base de datos más robusta dentro del Sistema de Información Geográfica.

## **Referencias Bibliográficas**

- Anaya, Sergio (2015). La Media Cuadrática o RMS. Recuperado el 19 de marzo de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/276430806/La-Media-Cuadratica-o-RMS>
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (7 de noviembre de 1949). Constitución Política de Costa Rica. Diario Oficial La Gaceta

- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (3 de mayo de 1995) Ley de Expropiaciones. [Ley 7495 de 1995]. Diario Oficial La Gaceta.
- Aditya, R., Ranjeet, S., Tushar, P., & Bhupendra, K. (2013). A Survey of Feature Extraction and Classification Techniques Used In Character Recognition for Indian Scripts. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 566-568. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.ijeat.org/attachments/File/v2i3/C1205022313.pdf>
- Azuela, A., Herrera, C., & Herrera-Saavedra, C. (2009). La expropiación y las transformaciones del estado. *Revista Mexicana de Sociología*, 71(3), 525-555. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-25032009000300004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-25032009000300004&script=sci_arttext)
- Cárdenas Quiroga, E. A., Porras Rodríguez, P., & Morales Martín, L. Y. (2013). EMPLEO DEL PROGRAMA VOLCFLOW PARA SIMULAR FLUJOS PIROCLÁSTICOS DEL VOLCÁN CERRO MACHÍN, TOLIMA, COLOMBIA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23-2, 157-172. Recuperado el 28 de Enero de 2016, de <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v23n2/v23n2a09.pdf>
- Colegio de Ingenieros Topógrafos y Registro Nacional (2015). Sistema de Información del Registro Inmobiliario [diapositivas de PowerPoint].
- Consejo Nacional de Vialidad. (19 noviembre 2014). Oficio DIE-07-14-3894.
- Consejo Nacional de Vialidad. (9 agosto 2015). Oficio POE-01-2015-0722.

- Cruz, I.A. (2007). Rotaciones Multidimensionales generales. (M.Sc. Dissertation, Universidad de las Américas Puebla, México). Recuperado el 10 de Agosto de 2017 desde [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mcc/cruz\\_m\\_ia/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mcc/cruz_m_ia/capitulo3.pdf)
- Dent,B.(1999). Cartography: Thematic Map Design. Recuperado el 27 de Enero de 2016 de <https://books.google.co.cr>
- Duncan, D. T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S. J., & Gortmaker, S. L. (2011). Validation of walk score for estimating neighborhood walkability: an analysis of four US metropolitan areas. *International journal of environmental research and public health*, 8(11), 4160-4179. doi:10.3390/ijerph8114160
- Dursteller, J.C. (2002). Infografía I: Transformaciones Geométricas. [ppt]. Departamento de Tecnologías de la Información y la comunicación, Universidad Pompeu Fabra, Barcelona. Recuperado el 10 de Agosto de 2017 desde [www.dtic.upf.edu/~aramirez/docencia/infografia/2006/4%20-%20TransGeo.ppt](http://www.dtic.upf.edu/~aramirez/docencia/infografia/2006/4%20-%20TransGeo.ppt)
- Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de la Plata (2014). Módulo 5: Trigonometría, Nivelación. Recuperado el 4 de Agosto de 2017 desde [http://fcaglp.unlp.edu.ar/area-docente/Ingreso-2014/Modulos-2014/Modulo\\_5-TRIGONOMETRIA.pdf](http://fcaglp.unlp.edu.ar/area-docente/Ingreso-2014/Modulos-2014/Modulo_5-TRIGONOMETRIA.pdf)

- Gerdes, P. (2008). Adventures in the World of Matrices. [Versión Digital] Recuperado el 10 de Agosto de 2017 desde <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/lib/sibdilibro-ebooks/reader.action?docID=3018542&ppg=17>
- González,R. (2008). Python para todos. Recuperado el 27 de Enero de 2016 de <https://launchpadlibrarian.net/18980633/Python%20para%20todos.pdf>
- Llopis, J. (2006). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Gestión del Territorio: Entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales, Teoría General y práctica para ESRI Arc Gis 9. (3ª ed.). Cottolengo, San Vicente de Alicante, España: Club Universitario, Departamento de Ecología, Universidad de Alicante. Recuperado el 27 de Enero de 2016 de <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/2900.pdf>
- Maza, F. (2009). Introducción a la topografía y a la cartografía aplicada. Recuperado el 27 de Enero de 2016 de <http://site.ebrary.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr:2048/lib/sibdilibrosp/detail.action?docID=10272176>
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (05 de febrero de 2001). Reglamento de los Derechos de Vía y Publicidad Exterior N° 29253. Diario Oficial La Gaceta N° 25.
- Moreno, J.,Gutierrez, V., Manso, A. y Castañeda, E. (2012).*Geoprocesamiento como Herramienta de Cálculo y Comunicación de Afecciones por Obras Lineales: Líneas Eléctricas de Alta Tensión*. IV

Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife-PE, Brasil. ISBN 978-85-63978-01-1. Recuperado el 15 Enero de 2016, de [https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos\\_Artigos/012\\_5.pdf](https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos_Artigos/012_5.pdf)

- Pleguezuelos, P. (2006). Un OCR para el reconocimiento de dígitos decimales. Sólo Programadores, 12, 58-62. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2161991>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (3 junio 2015). Asistencia Técnica y Aumento de las Capacidades Institucionales en Estudios Previos, Diseños Constructivos y Contratación de Obras Viales (Préstamo BCIE1)- Proyecto 00090543 1 SUB-2015-01.
- QT (s.f.). QT Designer Manual. Recuperado el 10 de Agosto de 2017 desde <http://doc.qt.io/qt-4.8/designer-manual.html>
- Registro Nacional de la República de Costa Rica. (3 de marzo de 2009). Diseño conceptual y diseño detallado, físico y lógico del SIRI y elaboración del plan estratégico para su implementación, Licitación UE-03-04.
- Registro Nacional de la República de Costa Rica (s.f.). Glosario. Recuperado el 10 de Junio de 2018 de [http://www.registracional.go.cr/catastro/catastro\\_nacional\\_glosario.htm](http://www.registracional.go.cr/catastro/catastro_nacional_glosario.htm)
- Rozas, P. (2010). America Latina: Problemas y desafíos del financiamiento. Revista CEPAL 101, 59-83. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de

<http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11406/101059083.pdf?sequence=1>

- Solanas, J., Pueyo, A., Postigo, R., & Zúñiga, M. (Setiembre 2012). Programación de herramientas de geoprocésamiento en Python: Implementación de la variable visual tamaño en ArcGis, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Madrid, España. Recuperado el 14 de Febrero de 2016 de [http://age-tig.es/2012\\_Madrid/ponencia4/Solanas\\_final\\_par.pdf](http://age-tig.es/2012_Madrid/ponencia4/Solanas_final_par.pdf)
- Srihari, S., Yang, X., & Ball, G. (2007). Offline Chinese handwriting recognition: an assessment of current technology. *Frontiers of Computer Science in China*, 1(2), 137-155. doi:10.1.1.126.1891
- Sullivan, M. (1997). *Trigonometry*, 4th Ed. USA, Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company.
- Ureña, Alex. (16 de diciembre de 2015). Expropiaciones (P.Arias, Entrevistadora).
- Valerio, Christian (10 de enero de 2016). Plazos de contrato. (P.Arias, Entrevistadora).
- Wooldrige, SW & Gordon, W.(1957). *Significado y propósito de la geografía*. Buenos Aires: Editorial Nova.



## Anexos

### Anexo A. OCR

*Tabla 20. Evaluación de herramientas de Reconocimiento Óptico de Caracteres.*

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento					Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut		Rumbos		
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
1	Online OCR net	.txt, .xlsx, .docx	Online Gratuito	✓	✓	Intermedio	✓	X	En el formato .txt se delimitan los términos por espacio. Ubica un signo de puntuación de "coma" al final de cada término.	<a href="http://www.onlineocr.net">http://www.onlineocr.net</a>
2	Convert image to text	.txt, .doc, .pdf	Online Gratuito/Pago	✓	✓	✓	✓	Intermedio	En el formato .doc los datos se crean en tablas.	<a href="http://www.convertimagetotext.net/imagetotextconverter.php">http://www.convertimagetotext.net/imagetotextconverter.php</a>
3	Free Online OCR	.txt, .doc, .pdf	Online Gratuito	X	✓	X	X	X	Para indentificar caracteres permite seleccionar una sección de la imagen, rotarla y separarla en columnas.	<a href="http://www.newocr.com/">http://www.newocr.com/</a>

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
									Los datos de salida que reconoce no los muestra en columnas.	
4	i2OCR	.txt, .doc, .pdf, HTML	Online Gratuito	✓	X	Intermedio	X	X	Reconoce solo imágenes JPG y URL como datos de entrada. En ciertos casos no reconoce los caracteres; no muestra los términos en columnas.	<a href="http://www.i2ocr.com/">http://www.i2ocr.com/</a>
5	OCR Convert	.txt	Online Gratuito	✓	X	X	X	X	Reconoce solo imágenes JPG y URL como datos de entrada. En ciertos casos no reconoce los caracteres; no muestra los términos en columnas.	<a href="http://www.ocrconvert.com/">http://www.ocrconvert.com/</a>
6	OCR Space	.txt	Online Gratuito	✓	✓	X	X	X	Reconoce solo imágenes JPG-PDF-URL.	<a href="https://ocr.space/">https://ocr.space/</a>

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
								Muestra opción de descarga, mas no funciona, solo realizándolo manualmente hacia un bloc de notas.		
7	Convertio	.txt, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv, .epub, .fb2, .djvu	Online Gratuito	✓	✓	✓	✓	Intermedio	Mantiene algunos símbolos y caracteres erróneos, sin embargo, en general presenta una buena calidad en los resultados	<a href="https://convertio.co/es/ocr/">https://convertio.co/es/ocr/</a>
8	Zamzar	Formatos de imagen, .doc, .docx, .pdf, .ps	Online Gratuito	X	X	X	X	X	Los datos de salida presentan error de exportación.	<a href="http://www.zamzar.com/">http://www.zamzar.com/</a>
9	Online2pdf	.txt, .docx, .doc, .ppt, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .jpg, .png, .ods, .odp, .odt.	Online Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada deben estar en formato PDF; no reconoce los caracteres correctamente.	<a href="https://online2pdf.com/en/pdf2excel">https://online2pdf.com/en/pdf2excel</a>

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
10	Pdf to Excel	.xlsx	Online Gratuito	X	✓	X	X	X	Datos de entrada deben estar en formato PDF; No reconoce correctamente caracteres de Rumbos y Acimut.	<a href="http://www.pdfstoexcel.com/">http://www.pdfstoexcel.com/</a>
11	Cvisiontech	PDF	Online Gratuito	X	X	X	X	X	Solo un formato de salida; no reconoce correctamente los caracteres.	<a href="http://www.cvisiontech.com/online-conversion/general/main.html">http://www.cvisiontech.com/online-conversion/general/main.html</a>
12	Wondersahre PDF Element	Formatos de Imagen, .txt, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv, .epub, HTML, HWP, HWPX.	Descargable Pago	✓	✓	✓	Intermedio	✓	Se hizo uso de la versión de prueba en la cual no se pueden exportar los datos. En el acimut algunos caracteres no fueron reconocidos.	<a href="https://pdf.wondershare.com/?f=result">https://pdf.wondershare.com/?f=result</a>
13	Nitro	.doc, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx.	Online Gratuito/Pago	X	X	X	X	X	Datos de entrada en formato PDF; larga duración de reconocimiento (horas).	<a href="https://www.pdfstoexcelonline.com/es/">https://www.pdfstoexcelonline.com/es/</a>

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
14	Investintech	.docx	Online Gratuito	✓	✓	X	X	✓	Datos de entrada en formato PDF; larga duración de reconocimiento (30 minutos). <a href="http://www.investintech.com/es/productos/a2dpro/">http://www.investintech.com/es/productos/a2dpro/</a>	
15	Iskysoft PDF Editor	Formatos de Imagen, .txt, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv, .epub, HTML, HWP, HWPX.	Descargable Pago	✓	✓	✓	Intermedio	Intermedio	Se hizo uso de la versión de prueba en la cual no se pueden exportar los datos. Algunos caracteres no fueron reconocidos en Acimut y Rumbos. <a href="http://www.iskysoft.us/install/pdf-editor-windows.html?act=install">http://www.iskysoft.us/install/pdf-editor-windows.html?act=install</a>	
16	PDF2XL Cogniview	.txt, .docx, .xlsx, .xls, .pptx, .csv, HTML.	Descargable Pago	X	X	X	X	X	Se hizo uso de la versión de prueba. Los datos de entrada deben estar en formato PDF. <a href="http://www.cogniview.com/pdf2xl-installed?pr=680F11E4&amp;l=0&amp;r=&amp;v=6.5.7.2">http://www.cogniview.com/pdf2xl-installed?pr=680F11E4&amp;l=0&amp;r=&amp;v=6.5.7.2</a>	
17	Able 2 extract	Formatos de Imagen, .txt, .docx, .pdf, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv, .epub, HTML, HWP,	Descargable Pago	X	✓	X	X	Intermedio	Se hizo uso de la versión de prueba. Los datos de entrada deben estar en formato PDF. <a href="http://www.investintech.com/install/a2e/thankyou?utm_source=trial-pro&amp;utm_medium=organic&amp;utm_campaign=trial-pro">http://www.investintech.com/install/a2e/thankyou?utm_source=trial-pro&amp;utm_medium=organic&amp;utm_campaign=trial-pro</a>	

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento					Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut		Rumbos		
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
		HWPX.								
18	Mobile OCR	Texto editable	Gratuito/Pago	✓	X	X	X	X	La versión gratuita solo permite cinco reconocimientos. Permite copiar los resultados solo manualmente, ya que no los exporta.	celular aplicación
19	CAM Scanner	No se encontró	Gratuito/Pago	X	X	X	X	X	Datos de entrada en formato PDF, no exporta los datos de salida y no reconoce correctamente los caracteres.	celular aplicación
20	CAM Scanner Free	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	No reconoce los caracteres.	celular aplicación

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento					Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut		Rumbos		
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
21	OCR App	Texto editable	Gratuito	✓	X	X	X	X	Permite copiar los resultados solo manualmente, ya que no los exporta. No reconoce la mayoría de caracteres.	celular aplicación
22	Traduce foto OCR	Texto editable	Gratuito	✓	X	✓	X	✓	Los datos de salida no son exportados como tabla; los datos de entrada deben presentarse en formato JPG.	celular aplicación
23	Doc scanner	.txt	Gratuito	✓	X	X	X	X	Los datos de salida no son exportados como tabla.	celular aplicación
24	Fine Scanner	-	Gratuito/Pago	X	X	X	X	X	Solamente en la versión de pago realiza el reconocimiento de caracteres.	celular aplicación
25	Scannable	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada en formato JPG o al tomar la fotografía. No reconoce los caracteres correctamente.	celular aplicación

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
26	Text extractor	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada solamente tomando la fotografía.	celular aplicación
27	Document scanner	-	Gratuito	X	X	X	X	Intermedio	Datos de entrada en formato JPG.	celular aplicación
28	Scanner OCR	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Presenta error.	celular aplicación
29	Image to Excel	.xlsx	Gratuito	✓	X	X	X	X	Datos de entrada en formato JPG o al tomar la fotografía; larga duración de reconocimiento (1-1:30hora).	celular aplicación
30	Fx text	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada solamente tomando la fotografía.	celular aplicación
31	Sharo scan	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	No reconoce los caracteres.	celular aplicación
32	Text reader	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada solamente tomando la fotografía.	celular aplicación
33	Image to text	.txt	Gratuito	✓	X	X	X	X	Larga duración de reconocimiento en versión gratuita (1hora).	celular aplicación

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
34	Ucopy	.txt	Gratuito	Intermedio	X	X	X	X	No reconoce correctamente la mayoría de los caracteres.	celular aplicación
35	Doc scan free	-	Gratuito	X	X	X	X	X	No reconoce los caracteres.	celular aplicación
36	Scanner OCR	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	No reconoce los caracteres.	celular aplicación
37	Mobile OCR scanner pdf	.txt	Gratuito	✓	X	X	X	Intermedio	No reconoce correctamente la mayoría de los caracteres.	celular aplicación
38	Full manual ocr	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	El reconocimiento se realiza totalmente de forma manual.	celular aplicación
39	Ocrgeek	.jpg, .png, .tiff, .bmp, .gif, .pdf, .djvu	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada en formato JPG; larga duración de reconocimiento en versión gratuita (1hora).	<a href="https://www.ocrgeek.com/es/">https://www.ocrgeek.com/es/</a>
40	Image search	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada solamente tomando la fotografía. El resultado final presenta error.	celular aplicación

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento				Rumbos	Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut				
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
41	One note	.docx	Gratuito	✓	X	X	X	Intermedio	Permite copiar los resultados solo manualmente, ya que no los exporta; estos no permiten ser copiados en tablas. <a href="https://support.microsoft.com/es-es/help/2656891">https://support.microsoft.com/es-es/help/2656891</a>	
42	Clip scan	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada en formato JPG o al tomar la fotografía. No reconoce los caracteres correctamente.	celular aplicación
43	ocr	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada solamente tomando la fotografía.	celular aplicación
44	genius ocr	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Datos de entrada solamente tomando la fotografía.	celular aplicación
45	ocr image text	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Presenta error.	celular aplicación
46	scan an scribe	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	No reconoce correctamente los caracteres.	celular aplicación
47	OCR Camera	.txt	Gratuito	X	X	X	X	X	Presenta error.	celular aplicación

Número	Software	Formato de Salida	Tipo de Licenciamiento	Funcionamiento					Observaciones	Dirección de Origen
				Coordenadas		Acimut		Rumbos		
				JPG	PDF	Manual	Digitalizado			
48	Scan Assistant	PDF, JPG, .txt	pagado	X	X	X	X	X	Solamente en la versión de pago realiza el reconocimiento de caracteres.	celular aplicación
49	OCR y traducir	.txt	Gratis	X	X	X	X	X	Presenta error.	celular aplicación
50	AbbyFine Reader	.txt, .docx, .xlsx, .xls, .pptx, HTML, HWP, HWPX.	Online/Descargable Pago	✓	✓	X	X	✓	Se hizo uso de la versión de prueba, en la que solo permite datos de entrada en formato PDF. No reconoce los caracteres en Acimut.	<a href="https://finereaderonline.com/en-us/Tasks">https://finereaderonline.com/en-us/Tasks</a>
51	VeryPDF Table Extractor	Formatos de Imagen, .txt, .docx, .xlsx, .xls, .pptx, .rtf, .csv, HTML, HWP.	Descargable Pago	X	X	X	X	X	Se hizo uso de la versión de prueba. No reconoce correctamente los caracteres.	<a href="http://www.verypdf.com/app/pdf-to-table-extractor-ocr/">http://www.verypdf.com/app/pdf-to-table-extractor-ocr/</a>

Fuente: Elaboración propia, 2017.

## Anexo B. Digitalización de Derroteros

*Tabla 21. Tiempos de digitalización de derroteros por plano catastrado.*

No.	Plano Catastrado	No. Puntos	Tiempo de Digitalización Plantilla(min)	Tiempo de Digitalización Manual(min)
1	SJ-0004755-1968	6	1.17	1.45
2	SJ-0986875-2005	13	2.55	3.63
3	SJ-0151625-1993	4	0.44	1.39
4	SJ-0030999-1992	9	1.01	1.44
5	SJ-0031735-1992	6	0.5	1.31
6	SJ-0058021-1992	4	0.44	1.39
7	SJ-0152687-1993	8	1.18	1.68
8	SJ-0467365-1982	5	1.01	1.48
9	SJ-0486767-1982	4	0.47	1.28
10	SJ-0497519-1983	5	0.55	1.6
11	SJ-0058810-1992	10	1.09	1.79
12	SJ-0522336-1983	9	1.08	1.78
13	SJ-0527140-1983	7	1.21	1.47
14	SJ-0581534-1999	8	1.18	1.75
15	SJ-0671164-2000	4	0.3	0.73
16	SJ-0748165-1988	8	1.21	1.33
17	SJ-0857970-1989	3	0.24	0.65

No.	Plano Catastrado	No. Puntos	Tiempo de Digitalización Plantilla(min)	Tiempo de Digitalización Manual(min)
18	SJ-0916683-1990	12	2.01	2.36
19	SJ-0951486-1991	12	1.45	1.73
20	SJ-0968942-1991	6	0.59	1.58
21	SJ-1086003-2006	32	6.53	5.8
22	SJ-1425633-2010	7	0.52	1.4
23	SJ-1465914-2010	8	1.04	1.65
24	SJ-1465694-2010	5	0.44	1.34
25	SJ-128766-1993	6	1.02	1.37
26	SJ-465004-1982	11	1.43	1.72
27	SJ-0655537-2000	5	0.44	1.34
28	SJ-954566-1991	16	3.37	2.85
29	SJ-994879-1991	5	0.4	0.87
<b>Total</b>		<b>238</b>	<b>34.87</b>	<b>50.16</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

## Anexo C. Evaluación de Coordenadas

*Tabla 22. Evaluación de las coordenadas extraídas de polígonos de mosaico de expropiación existente y las coordenadas de polígonos obtenidas por la rutina Automosaico.*

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y			
SJ-0004755-1968	1	493600,710	1096984,210	0,000	0,001	1	493600,710	1096984,211
	2	493621,464	1096976,499	0,000	0,001	2	493621,464	1096976,500
	3	493643,405	1096968,838	0,000	0,000	3	493643,405	1096968,838
	4	493631,358	1096886,576	-0,002	-0,001	4	493631,356	1096886,575
	5	493596,393	1096903,577	-0,002	0,001	5	493596,391	1096903,578
	6	493588,717	1096905,936	-0,002	0,001	6	493588,715	1096905,937
SJ-465004-1982	1	493534,516	1097006,694	0,003	0,002	1	493534,519	1097006,696
	2	493572,330	1096993,110	0,004	0,003	2	493572,334	1096993,113
	3	493568,959	1096977,081	0,004	0,003	3	493568,963	1096977,084
	4	493568,506	1096972,222	0,005	0,003	4	493568,510	1096972,225
	5	493563,088	1096973,171	0,004	0,003	5	493563,093	1096973,174
	6	493556,181	1096933,772	0,006	0,003	6	493556,187	1096933,775
	7	493561,599	1096932,823	0,006	0,002	7	493561,605	1096932,825
	8	493558,277	1096913,841	0,007	0,003	8	493558,283	1096913,844
	9	493547,310	1096905,798	0,007	0,002	9	493547,317	1096905,800
	10	493518,103	1096925,211	0,006	0,001	10	493518,109	1096925,212
	11	493524,194	1096958,152	0,005	0,002	11	493524,200	1096958,154
SJ-954566-1991	1	493506,960	1097123,140	-0,003	-0,003	1	493506,957	1097123,137

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
Plano de catastro	2	493538,158	1097150,400	-0,661	0,090	2	493537,498	1097150,490
	3	493538,097	1097157,290	-0,463	-0,412	3	493537,634	1097156,878
	4	493537,934	1097175,459	-0,333	-0,848	4	493537,601	1097174,611
	5	493521,240	1097183,028	0,214	-0,552	5	493521,454	1097182,476
	6	493518,374	1097184,260	0,009	-0,596	6	493518,383	1097183,664
	7	493506,233	1097189,884	0,515	-0,253	7	493506,748	1097189,631
	8	493495,117	1097195,287	1,410	-0,562	8	493496,527	1097194,725
	9	493490,659	1097197,297	0,576	0,012	9	493491,235	1097197,309
	10	493482,774	1097200,731	0,717	0,206	10	493483,491	1097200,937
	11	493474,667	1097169,393	0,389	0,192	11	493475,056	1097169,585
	12	493472,385	1097160,698	0,124	0,527	12	493472,509	1097161,225
	13	493465,866	1097136,376	-0,248	0,080	13	493465,618	1097136,456
	14	493472,145	1097134,376	-0,600	0,599	14	493471,545	1097134,975
	15	493472,103	1097134,221	-1,096	-0,638	15	493471,007	1097133,583
	16	493497,207	1097126,280	-1,061	-0,002	16	493496,146	1097126,278
	SJ-0522336-1983	1	493572,329	1096993,107	-0,025	0,010	1	493572,304
2		493600,551	1096982,931	-0,013	0,044	2	493600,538	1096982,975
3		493588,634	1096905,908	0,082	0,029	3	493588,715	1096905,937
4		493558,469	1096916,193	0,069	-0,008	4	493558,538	1096916,185
5		493561,556	1096932,829	0,049	-0,004	5	493561,605	1096932,825
6		493556,140	1096933,785	0,047	-0,010	6	493556,187	1096933,775
7		493563,094	1096973,176	-0,001	-0,002	7	493563,093	1096973,174

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	8	493568,510	1096972,220	0,000	0,005	8	493568,510	1096972,225
	9	493568,969	1096977,078	-0,006	0,006	9	493568,963	1096977,084
SJ-0467365-1982	1	493571,404	1097073,252	0,001	0,004	1	493571,405	1097073,256
	2	493582,260	1097068,890	0,001	0,004	2	493582,261	1097068,894
	3	493573,250	1097045,570	0,003	0,004	3	493573,253	1097045,574
	4	493569,081	1097052,479	0,002	0,003	4	493569,083	1097052,483
	5	493566,230	1097058,310	0,002	0,003	5	493566,232	1097058,313
SJ-0486767-1982	1	493720,890	1097268,730	0,002	-0,004	1	493720,892	1097268,726
	2	493736,072	1097259,380	-0,004	-0,013	2	493736,068	1097259,367
	3	493725,502	1097247,542	-0,012	-0,007	3	493725,491	1097247,535
	4	493711,712	1097257,602	-0,005	0,002	4	493711,706	1097257,604
SJ-0497519-1983	1	493571,404	1097073,259	0,001	-0,003	1	493571,405	1097073,256
	2	493564,151	1097076,367	0,001	-0,002	2	493564,153	1097076,365
	3	493562,600	1097072,410	0,001	-0,002	3	493562,601	1097072,408
	4	493564,162	1097065,115	-0,001	-0,002	4	493564,162	1097065,113
	5	493566,239	1097058,305	-0,007	0,008	5	493566,232	1097058,313
SJ-0030999-1992	1	493729,480	1097280,195	0,003	0,000	1	493729,483	1097280,195
	2	493739,123	1097293,038	0,001	0,000	2	493739,125	1097293,038
	3	493768,515	1097274,479	0,003	0,004	3	493768,518	1097274,483
	4	493777,230	1097268,990	0,004	0,005	4	493777,234	1097268,995
	5	493756,100	1097238,325	0,007	0,003	5	493756,107	1097238,328
	6	493743,778	1097254,909	0,006	0,001	6	493743,783	1097254,910
	7	493748,897	1097263,100	0,005	0,002	7	493748,902	1097263,102

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	8	493739,892	1097268,018	0,004	0,000	8	493739,896	1097268,018
	9	493742,265	1097271,544	0,004	0,001	9	493742,269	1097271,545
SJ-0031735-1992	1	493720,892	1097268,726	0,000	0,000	1	493720,892	1097268,726
	2	493729,483	1097280,195	0,000	0,000	2	493729,483	1097280,195
	3	493742,270	1097271,542	0,000	0,000	3	493742,270	1097271,542
	4	493739,899	1097268,015	0,000	0,000	4	493739,899	1097268,015
	5	493748,905	1097263,101	0,000	0,000	5	493748,905	1097263,101
	6	493743,788	1097254,907	0,000	0,000	6	493743,788	1097254,907
SJ-0058021-1992	1	493358,410	1096887,750	-0,003	-0,001	1	493358,407	1096887,749
	2	493342,076	1096878,853	0,000	0,002	2	493342,077	1096878,855
	3	493323,221	1096896,770	0,000	0,002	3	493323,222	1096896,772
	4	493336,291	1096908,750	0,000	0,002	4	493336,291	1096908,753
SJ-0058810-1992	1	493212,248	1096882,379	-0,002	0,009	1	493212,246	1096882,388
	2	493212,698	1096882,362	-0,002	0,009	2	493212,696	1096882,371
	3	493225,317	1096879,196	-0,002	0,009	3	493225,315	1096879,205
	4	493231,821	1096878,203	-0,002	0,008	4	493231,819	1096878,211
	5	493237,236	1096909,741	0,000	0,009	5	493237,235	1096909,750
	6	493238,876	1096918,316	0,000	0,008	6	493238,876	1096918,324
	7	493241,125	1096926,056	0,000	0,008	7	493241,125	1096926,064
	8	493261,207	1096921,468	0,000	0,007	8	493261,208	1096921,475
	9	493269,427	1096948,245	0,002	0,007	9	493269,429	1096948,252
	10	493226,130	1096963,270	0,001	0,004	10	493226,131	1096963,274
SJ-128766-1993	1	493680,880	1097217,778	0,004	0,003	1	493680,884	1097217,781

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y			
	2	493670,474	1097202,482	0,004	0,002	2	493670,478	1097202,485
	3	493752,210	1097171,250	0,004	0,003	3	493752,214	1097171,253
	4	493735,175	1097126,631	0,004	0,003	4	493735,180	1097126,634
	5	493771,504	1097111,772	0,004	0,003	5	493771,508	1097111,775
	6	493799,201	1097172,559	0,004	0,003	6	493799,205	1097172,563
SJ-0151625-1993	1	493775,957	1097270,947	0,000	0,000	1	493775,957	1097270,947
	2	493786,376	1097282,423	-0,007	0,006	2	493786,369	1097282,429
	3	493748,769	1097306,600	-0,006	0,008	3	493748,763	1097306,608
	4	493739,692	1097293,802	-0,007	0,008	4	493739,686	1097293,810
SJ-0152687-1993	1	493439,855	1097143,376	0,000	0,001	1	493439,855	1097143,377
	2	493441,202	1097132,650	0,000	0,001	2	493441,203	1097132,651
	3	493442,661	1097122,343	0,000	0,001	3	493442,661	1097122,344
	4	493484,525	1097111,444	0,000	0,000	4	493484,525	1097111,444
	5	493482,886	1097105,568	0,000	0,001	5	493482,886	1097105,569
	6	493499,054	1097100,316	0,000	0,000	6	493499,054	1097100,316
	7	493507,659	1097122,913	0,000	0,000	7	493507,659	1097122,913
	8	493450,839	1097140,230	0,000	0,000	8	493450,840	1097140,230
SJ-0527140-1983	1	493582,261	1097068,894	0,000	0,000	1	493582,261	1097068,894
	2	493598,532	1097108,697	0,000	0,000	2	493598,532	1097108,697
	3	493574,124	1097117,118	0,000	0,000	3	493574,124	1097117,118
	4	493568,961	1097106,540	0,000	0,000	4	493568,961	1097106,540
	5	493566,118	1097096,953	0,000	0,000	5	493566,118	1097096,953
	6	493564,748	1097087,037	0,000	0,000	6	493564,748	1097087,037

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	7	493565,081	1097075,112	0,000	0,000	7	493565,081	1097075,112
SJ-0581534-1999	1	493255,923	1096894,415	0,000	0,000	1	493255,923	1096894,415
	2	493255,470	1096892,262	0,000	0,000	2	493255,470	1096892,262
	3	493327,127	1096958,336	0,000	0,000	3	493327,127	1096958,336
	4	493320,099	1096972,821	0,000	0,000	4	493320,099	1096972,821
	5	493326,295	1097040,187	0,000	0,000	5	493326,295	1097040,187
	6	493299,911	1097041,111	0,000	-0,001	6	493299,911	1097041,110
	7	493294,665	1097041,616	0,000	0,000	7	493294,665	1097041,616
	8	493285,166	1097043,627	0,000	0,000	8	493285,166	1097043,627
SJ-0655537-2000	1	493358,406	1096887,751	0,000	0,000	1	493358,406	1096887,751
	2	493360,039	1096888,640	0,000	0,000	2	493360,039	1096888,640
	3	493376,762	1096900,670	0,000	0,000	3	493376,762	1096900,670
	4	493352,317	1096923,443	0,000	0,000	4	493352,317	1096923,443
	5	493336,291	1096908,753	0,000	0,000	5	493336,291	1096908,753
SJ-0671164-2000	1	493576,673	1097116,110	-0,005	-0,007	1	493576,669	1097116,103
	2	493598,338	1097108,877	-0,004	-0,005	2	493598,334	1097108,872
	3	493599,640	1097109,020	-0,004	-0,005	3	493599,636	1097109,015
	4	493628,893	1097165,065	-0,011	-0,028	4	493628,882	1097165,037
SJ-0748165-1988	1	493541,655	1097043,754	0,000	0,000	1	493541,655	1097043,754
	2	493525,441	1097051,708	0,000	0,000	2	493525,441	1097051,708
	3	493546,893	1097096,218	0,000	0,000	3	493546,893	1097096,218
	4	493550,612	1097104,677	0,000	0,000	4	493550,612	1097104,677
	5	493565,310	1097092,590	0,000	0,000	5	493565,310	1097092,590

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	6	493564,528	1097086,863	0,000	0,000	6	493564,528	1097086,863
	7	493563,030	1097076,208	0,000	0,000	7	493563,031	1097076,208
	8	493555,037	1097078,947	0,000	0,000	8	493555,037	1097078,947
SJ-0916683-1990	1	493799,730	1097172,290	0,000	-0,002	1	493799,730	1097172,288
	2	493672,06	1097221,08	0,000	-0,001	2	493672,056	1097221,080
	3	493705,2212	1097260,01	0,001	-0,001	3	493705,222	1097260,007
	4	493712,5997	1097256,57	0,001	-0,002	4	493712,600	1097256,569
	5	493726,1682	1097247,18	0,001	-0,001	5	493726,169	1097247,181
	6	493735,7607	1097259,53	0,001	-0,002	6	493735,762	1097259,533
	7	493745,0886	1097253,93	0,001	-0,001	7	493745,089	1097253,933
	8	493753,2324	1097244,86	0,001	-0,002	8	493753,233	1097244,862
	9	493758,0852	1097237,76	0,001	-0,002	9	493758,086	1097237,762
	10	493768,5824	1097211,10	0,000	-0,001	10	493768,583	1097211,094
	11	493772,5498	1097202,31	0,000	-0,001	11	493772,550	1097202,308
	12	493780,866	1097185,471	0,000	-0,001	12	493780,867	1097185,470
SJ-0857970-1989	1	493538,036	1097160,347	-0,004	0,005	1	493538,032	1097160,352
	2	493536,990	1097191,800	0,004	0,005	2	493536,994	1097191,805
	3	493568,942	1097187,350	0,003	-0,003	3	493568,945	1097187,347
SJ-0951486-1991	1	493255,470	1096892,260	0,000	0,002	1	493255,470	1096892,262
	2	493253,511	1096890,565	0,000	0,002	2	493253,511	1096890,568
	3	493248,815	1096886,502	-0,001	0,003	3	493248,815	1096886,505
	4	493244,693	1096883,672	-0,001	0,003	4	493244,692	1096883,676
	5	493240,145	1096881,596	-0,001	0,004	5	493240,143	1096881,600

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	7	493235,336	1096880,227	-0,002	0,005	7	493235,334	1096880,232
	8	493230,380	1096879,561	-0,002	0,005	8	493230,379	1096879,567
	9	493236,318	1096911,657	0,002	0,005	9	493236,320	1096911,661
	10	493238,058	1096920,212	0,003	0,004	10	493238,061	1096920,216
	11	493240,241	1096925,929	0,004	0,004	11	493240,245	1096925,933
	12	493260,430	1096923,075	0,004	0,001	12	493260,434	1096923,076
	13	493261,470	1096922,928	0,004	0,001	13	493261,473	1096922,929
SJ-0968942-1991	1	493342,010	1096878,780	-0,004	0,001	1	493342,006	1096878,781
	2	493325,091	1096870,933	-0,003	0,000	2	493325,088	1096870,933
	3	493322,083	1096870,272	-0,003	0,000	3	493322,080	1096870,272
	4	493295,614	1096866,270	-0,003	-0,002	4	493295,611	1096866,268
	6	493291,236	1096867,681	-0,003	-0,003	5	493291,233	1096867,679
	7	493323,227	1096896,772	-0,005	0,000	6	493323,222	1096896,772
SJ-0986875-2005	1	493652,690	1096965,430	-0,003	0,003	1	493652,687	1096965,433
	2	493661,486	1096961,789	-0,003	0,003	2	493661,483	1096961,792
	3	493678,875	1096951,929	-0,003	0,004	3	493678,872	1096951,933
	4	493694,867	1096939,934	-0,002	0,005	4	493694,864	1096939,939
	5	493709,326	1096926,131	-0,002	0,005	5	493709,324	1096926,136
	6	493722,214	1096910,850	-0,002	0,005	6	493722,213	1096910,855
	7	493725,387	1096906,139	-0,002	0,005	7	493725,386	1096906,144
	8	493717,370	1096849,484	0,000	0,005	8	493717,370	1096849,489
	9	493693,468	1096857,778	0,000	0,004	9	493693,468	1096857,782
	10	493694,113	1096841,691	0,000	0,004	10	493694,113	1096841,695

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	11	493690,180	1096842,473	0,000	0,004	11	493690,180	1096842,477
	12	493640,492	1096853,235	0,000	0,002	12	493640,492	1096853,237
	13	493640,651	1096877,704	-0,001	0,003	13	493640,650	1096877,707
	14	493640,944	1096883,497	-0,001	0,002	14	493640,944	1096883,499
SJ-994879-1991	1	493673,729	1097293,212	0,001	-0,002	1	493673,730	1097293,210
	2	493677,024	1097292,125	0,001	-0,002	2	493677,025	1097292,123
	3	493668,689	1097282,411	0,000	-0,001	3	493668,689	1097282,410
	4	493649,019	1097290,812	0,001	0,003	4	493649,020	1097290,815
	5	493653,060	1097302,620	0,003	0,002	5	493653,063	1097302,622
SJ-1086003-2006	1	493535,696	1097326,778	-0,004	0,005	1	493535,691	1097326,783
	2	493546,630	1097329,060	-0,004	0,001	2	493546,626	1097329,061
	3	493545,557	1097313,457	-0,008	0,002	3	493545,548	1097313,459
	4	493544,403	1097294,181	-0,014	0,002	4	493544,390	1097294,183
	5	493554,950	1097294,886	-0,014	-0,001	5	493554,936	1097294,885
	6	493565,625	1097295,868	-0,013	-0,004	6	493565,611	1097295,864
	7	493565,762	1097296,411	-0,013	-0,004	7	493565,749	1097296,407
	8	493572,057	1097296,849	-0,013	-0,006	8	493572,044	1097296,843
	9	493581,285	1097297,731	-0,013	-0,009	9	493581,272	1097297,722
	10	493590,227	1097294,553	0,011	0,058	10	493590,237	1097294,611
	11	493633,304	1097278,851	0,006	0,045	11	493633,310	1097278,896
	12	493642,303	1097275,624	0,005	0,042	12	493642,308	1097275,666
	13	493658,838	1097269,892	0,003	0,038	13	493658,841	1097269,930
	14	493652,399	1097262,202	0,001	0,039	14	493652,400	1097262,241

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	15	493637,952	1097246,961	-0,003	0,044	15	493637,948	1097247,005
	16	493628,737	1097238,222	-0,006	0,046	16	493628,731	1097238,268
	17	493584,157	1097201,763	-0,017	0,059	17	493584,140	1097201,822
	18	493581,557	1097220,665	-0,011	0,060	18	493581,546	1097220,725
	19	493581,217	1097222,361	-0,011	0,060	19	493581,206	1097222,421
	20	493580,874	1097223,204	-0,010	0,060	20	493580,863	1097223,264
	21	493579,434	1097224,787	-0,010	0,061	21	493579,424	1097224,848
	22	493577,921	1097225,585	-0,010	0,061	22	493577,912	1097225,646
	23	493535,855	1097232,179	-0,008	0,073	23	493535,848	1097232,252
	24	493534,645	1097240,663	-0,005	0,074	24	493534,640	1097240,737
	25	493533,777	1097244,321	-0,004	0,075	25	493533,773	1097244,396
	26	493533,099	1097246,707	-0,003	0,074	26	493533,096	1097246,781
	27	493532,689	1097248,150	-0,003	0,074	27	493532,686	1097248,224
	28	493532,140	1097251,697	-0,002	0,075	28	493532,138	1097251,772
	29	493529,247	1097263,498	0,001	0,076	29	493529,249	1097263,574
	30	493526,787	1097274,691	0,005	0,076	30	493526,792	1097274,767
	31	493524,325	1097291,744	0,010	0,077	31	493524,334	1097291,821
	32	493534,340	1097294,190	0,010	0,076	32	493534,350	1097294,266
SJ-1425633-2010	1	493584,130	1097201,900	0,005	0,003	1	493584,135	1097201,903
	2	493568,076	1097186,916	0,001	0,008	2	493568,077	1097186,924
	3	493550,257	1097189,391	0,001	0,013	3	493550,258	1097189,404
	4	493551,420	1097191,895	0,002	0,012	4	493551,422	1097191,907
	5	493573,998	1097218,652	0,009	0,006	5	493574,007	1097218,658

Plano de catastro	Coordenadas procesadas con AutoMosaico			Diferencias		Coordenadas extraídas de mosaico existente		
	No. De Punto	Coordenadas (m)				No. De Punto	Coordenadas (m)	
		X	Y	X	Y		X	Y
	6	493580,048	1097224,875	0,011	0,005	6	493580,059	1097224,880
	7	493580,787	1097224,379	0,011	0,004	7	493580,798	1097224,383
SJ-1465914-2010	1	493380,129	1096913,896	0,004	0,001	1	493380,132	1096913,897
	2	493380,229	1096923,615	0,001	0,001	2	493380,231	1096923,616
	3	493380,888	1096938,731	-0,002	0,001	3	493380,885	1096938,732
	4	493381,643	1096943,633	-0,003	0,001	4	493381,640	1096943,634
	5	493382,650	1096946,870	-0,004	0,002	5	493382,646	1096946,872
	6	493380,189	1096949,202	-0,005	0,001	6	493380,185	1096949,203
	7	493377,283	1096946,268	-0,004	0,000	7	493377,279	1096946,268
	8	493360,466	1096930,917	0,005	0,001	8	493360,471	1096930,918
SJ-1465694-2010	1	493376,762	1096900,670	0,000	0,000	1	493376,762	1096900,670
	2	493380,648	1096909,130	-0,005	0,000	2	493380,642	1096909,131
	3	493380,687	1096913,920	-0,005	0,001	3	493380,682	1096913,921
	4	493360,465	1096930,907	0,001	-0,010	4	493360,466	1096930,897
	5	493352,320	1096923,440	-0,004	0,003	5	493352,317	1096923,443

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

**Anexo D. Lámina de Áreas a Expropiar del Proyecto Garantías Sociales por medio de Rutina de Creación de Mosaicos Catastrales**

**Anexo E. Lámina de Mosaico Catastral del Proyecto Garantías Sociales por medio de Rutina de Creación de Mosaicos Catastrales**

**Anexo F. Manual de AutoMosaico**

# MANUAL DE

## AUTOMOSAICO

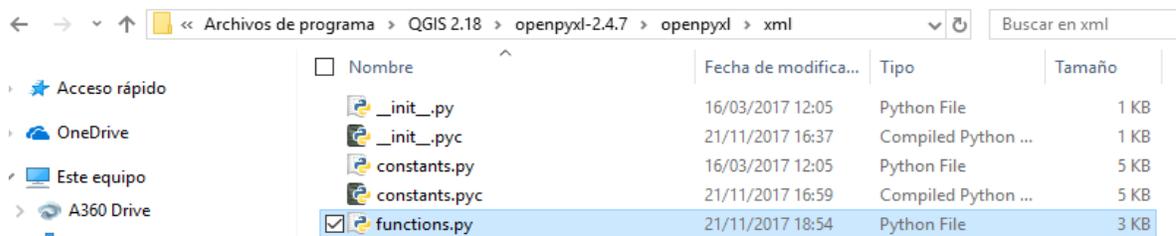
*Pamela Arias Retana*

*Paulina Hidalgo Espinoza*

## Requerimientos técnicos del sistema, instalación y configuración

El sistema requiere que se cuente con los software de Excel, QGIS y Python instalados con la librería Openpyxl y Numpy.

Adicionalmente, para que las librerías de Python concuerden con el funcionamiento dentro de QGIS, debe dirigirse a la carpeta del software de QGIS en la computadora del usuario, pegar la carpeta de la librería Openpyxl. Dentro de ésta buscar la carpeta “xml” y posteriormente el código “functions.py”; debe abrirlo en un entorno para editarlo. En la línea 55 agregar: “sys.path.append("../..../et\_xmlfile-1.0.1)”, como se observa en la figura 14 y 15.

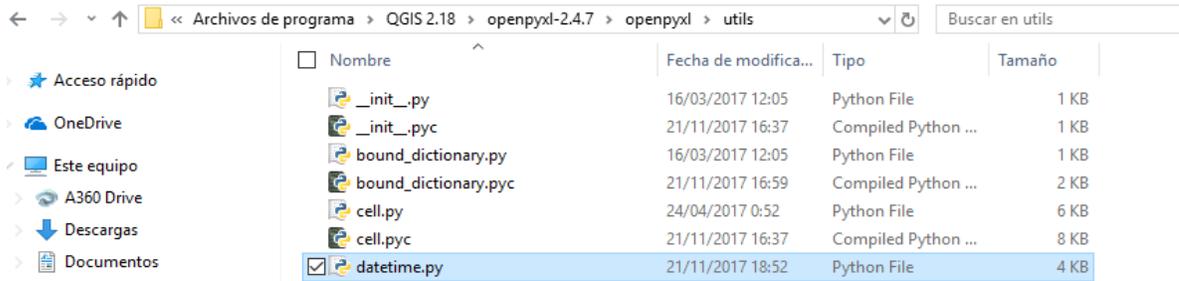


**Figura 14.** Ubicación del código functions.py. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

```
53 from .namespace import register_namespace
54 import sys
55 sys.path.append("../..../et_xmlfile-1.0.1)
56 from et_xmlfile import xmlfile
```

**Figura 15.** Línea a agregar dentro del código. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

De la misma manera, debe dirigirse a la carpeta del software de QGIS en la computadora del usuario, pegar la carpeta de la librería Openpyxl. Dentro de ésta buscar la carpeta “utils” y posteriormente el código “datetime.py”; debe abrirlo en un entorno para editarlo. En la línea 9 agregar: “sys.path.append("../..../jdcal-1.3)”)” (ver figura 16 y 17).



**Figura 16.** Ubicación del código datetime.py. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

```

7 # Python stdlib imports
8 import sys
9 sys.path.append(".././../jdcad-1.3")
10 import datetime
11 from datetime import timedelta, tzinfo
12 from math import isnan
13 import re

```

**Figura 17.** Línea a agregar dentro del código. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

Por último como se muestra en la figura 18, debe dirigirse al código “Automosaico.py” ubicado en la carpeta “Automosaico” y abrirlo en un entorno para editarlo. Debe ser agregada en la línea 12 la ubicación del QGIS del usuario y dentro de éste la carpeta de Openpyxl utilizada anteriormente, en la siguiente línea:

```
os.environ["path2Openpy"] = "C:/Program Files/QGIS 2.18/openpyxl-2.4.7"
```

```

11
12 os.environ["path2Openpy"] = "C:/Program Files/QGIS 2.18/openpyxl-2.4.7"
13

```

**Figura 18.** Línea a agregar dentro del código. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

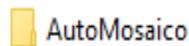
Asimismo en la línea 10 debe ser agregada la ubicación de la carpeta donde se guardó la carpeta dada AutoMosaico (ver figura 19).

```
import os
sys.path.append("C:/Users/Paulina/Desktop/RutinaAutomatica")
```

**Figura 19.** Ubicación de carpeta AutoMosaico. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

## Entradas del sistema

**Paso 1.** Debe de copiarse la carpeta de AutoMosaico en la ubicación que desee (ver figura 20).



**Figura 20.** Carpeta Automosaico. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Paso 2.** Verificar que dentro de la carpeta AutoMosaico, debe contenerse 2 carpetas, correspondientes al Diseño y Propiedades, como se presenta en la siguiente figura.



**Figura 21.** Carpetas de Diseño y Propiedades. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Paso 3.** Como se muestra en la figura 22, verificar que dentro de las carpetas del paso 2, contengan la carpeta 01\_LineaDiseño y 01\_Derrotero, respectivamente.



**Figura 22.** Carpetas de Línea de Diseño y Plantillas para derroteros. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Paso 4.** Dentro de la carpeta 01\_Derrotero, se encontrarán las carpetas en las cuales se guardaran las plantillas suministradas, en su respectivo tipo de derrotero (ver figura 23).



**Figura 23.** Carpetas según tipo de derrotero. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

A continuación se muestra un ejemplo de la plantilla suministrada para digitación del derrotero:

PUNTO	Coordenada Medidas	
	X	Y
2	493582.26	1097068.89
3	493573.25	1097045.57

PUNTO	DIRECCION	GRADOS (°)	MIN (')	SEG (")	DISTANCIA (m)
1	SE	69	36	0	11.7
2	SW	19	38	0	25
3	NW	32	36	0	8.07
4	NW	27	33	0	6.49
5	NE	17	35	0	15.82

**Figura 24.** Plantilla para digitación de derrotero. **Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

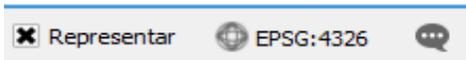
**Paso 5.** Dentro de la carpeta 01\_LineaDiseno, debe encontrarse la polilínea del diseño de la carretera en Coordenadas CRTM05.

### Uso de la aplicación

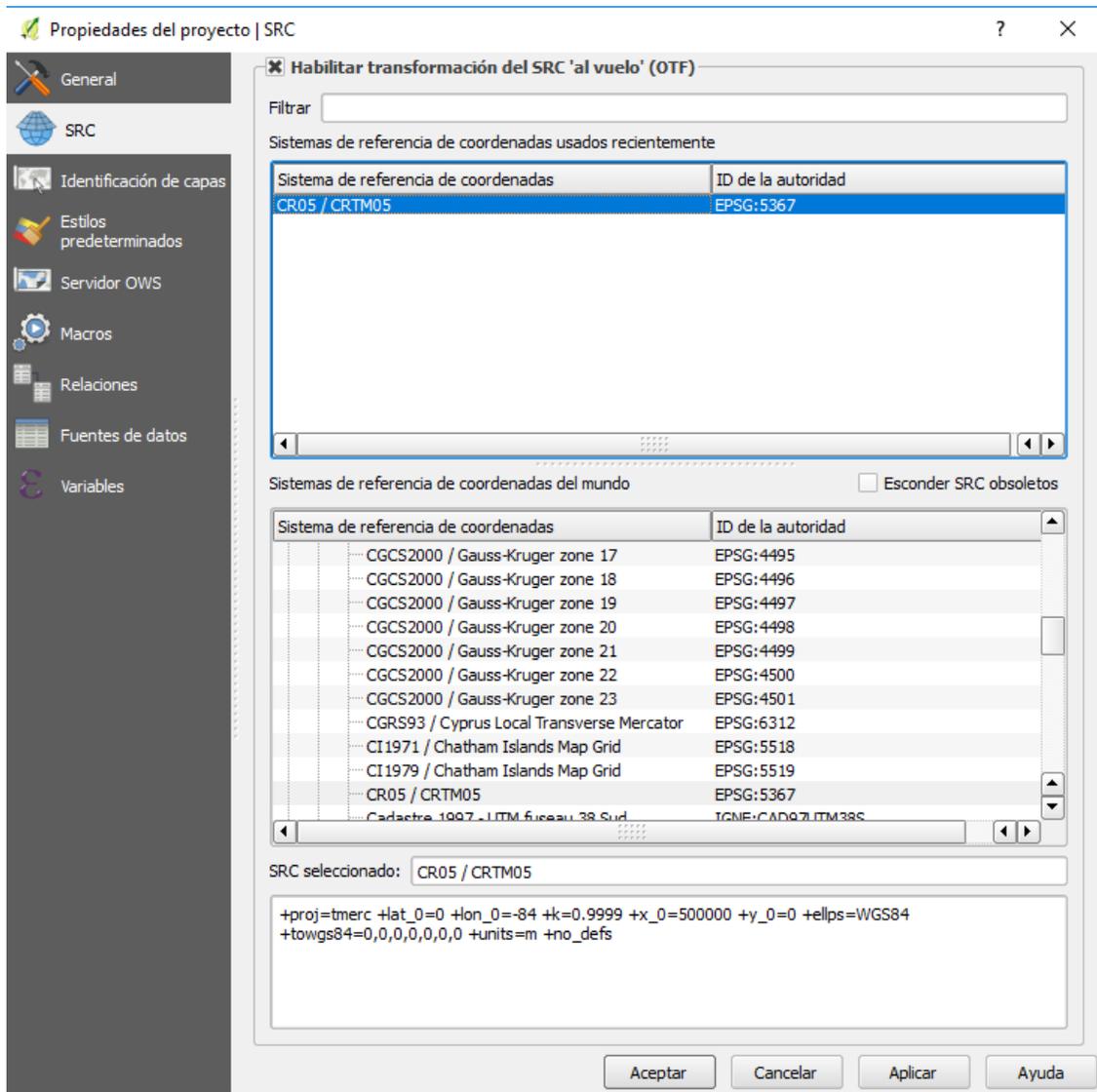
**Paso 6.** Proceder a abrir el programa de Qgis y configurar el espacio de trabajo con el sistema de coordenadas CRTM05. En la esquina inferior derecha de la pantalla, dar clic al recuadro de EPSG para posteriormente dar con la escogencia del mismo (ver figura 25, 26 y 27).



**Figura 25.** Ingreso al Software QGIS. **Fuente:** QGIS, 2018.



**Figura 26.** Botón para la escogencia del Sistema de Referencia de coordenadas. **Fuente:** QGIS, 2018.



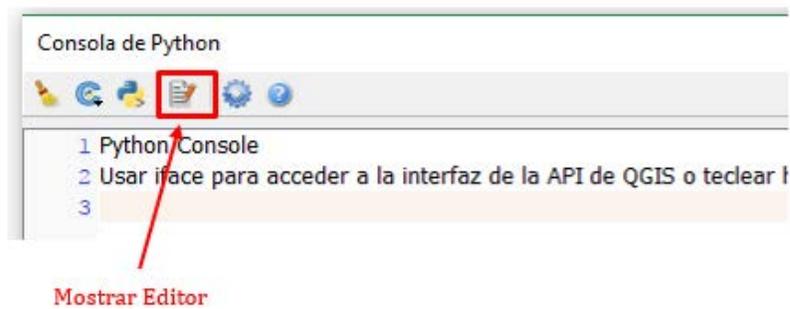
**Figura 27.** Ventana para la configuración del Sistema de Referencia de coordenadas. **Fuente:** QGIS, 2018.

**Paso 7.** Dentro del programa, deberá dirigirse a la consola de Python, que se encuentra en la barra de herramientas, como se observa en la figura 28.



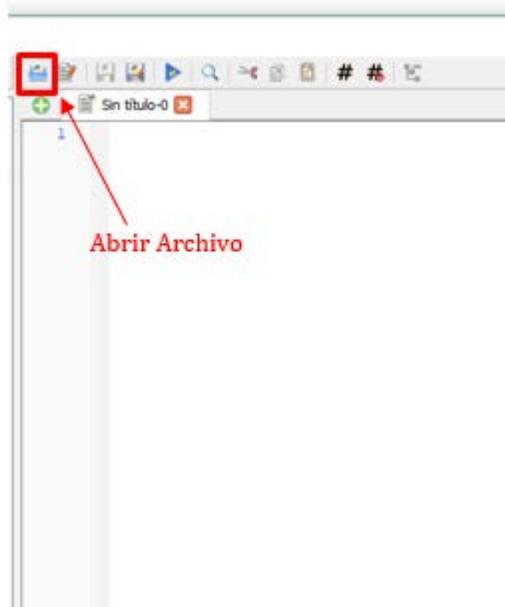
**Figura 28.** Botón de la Consola de Python dentro del Software QGIS. **Fuente:** QGIS, 2018.

**Paso 8.** Dentro de la Consola Python deberá seleccionar el botón Mostrar Editor, como se muestra en la figura a continuación.

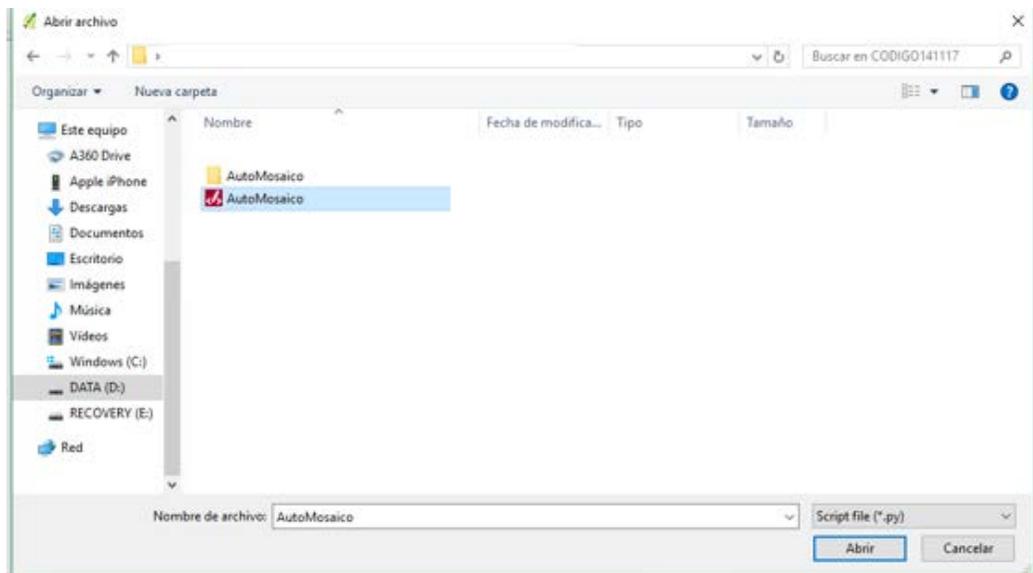


**Figura 29.** Botón de editor dentro de la consola de Python. **Fuente:** QGIS, 2018.

De acuerdo al mismo, se mostrará la ventana que se muestra en la figura 30 y 31; seguidamente se seleccionará “Abrir Archivo” para poder escoger el código Automosaico.py.

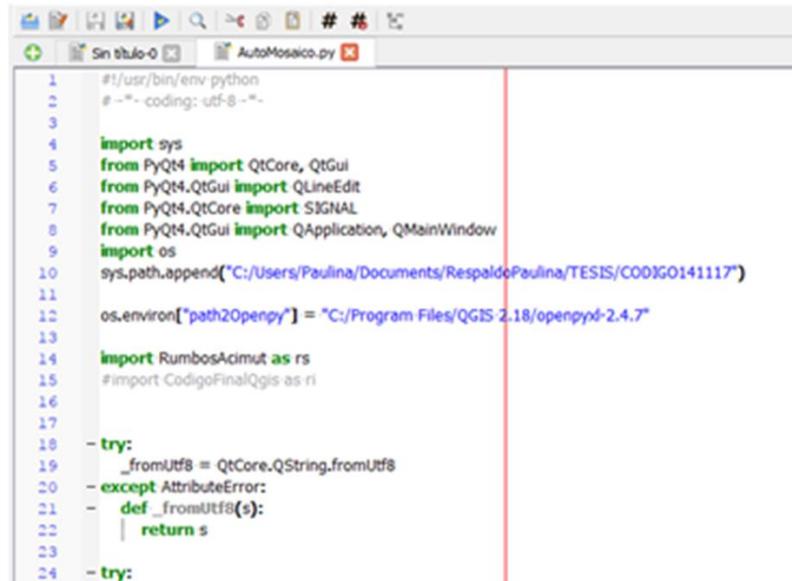


**Figura 30.** Botón para abrir archivo dentro de la consola de Python. **Fuente:** QGIS, 2018.



**Figura 31.** Se selecciona el archivo Automosaico.py dentro de la consola de Python. **Fuente:** QGIS, 2018.

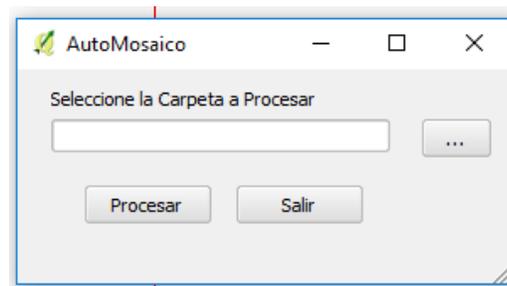
Una vez abierto el código se visualizará de la siguiente manera en la figura 32:



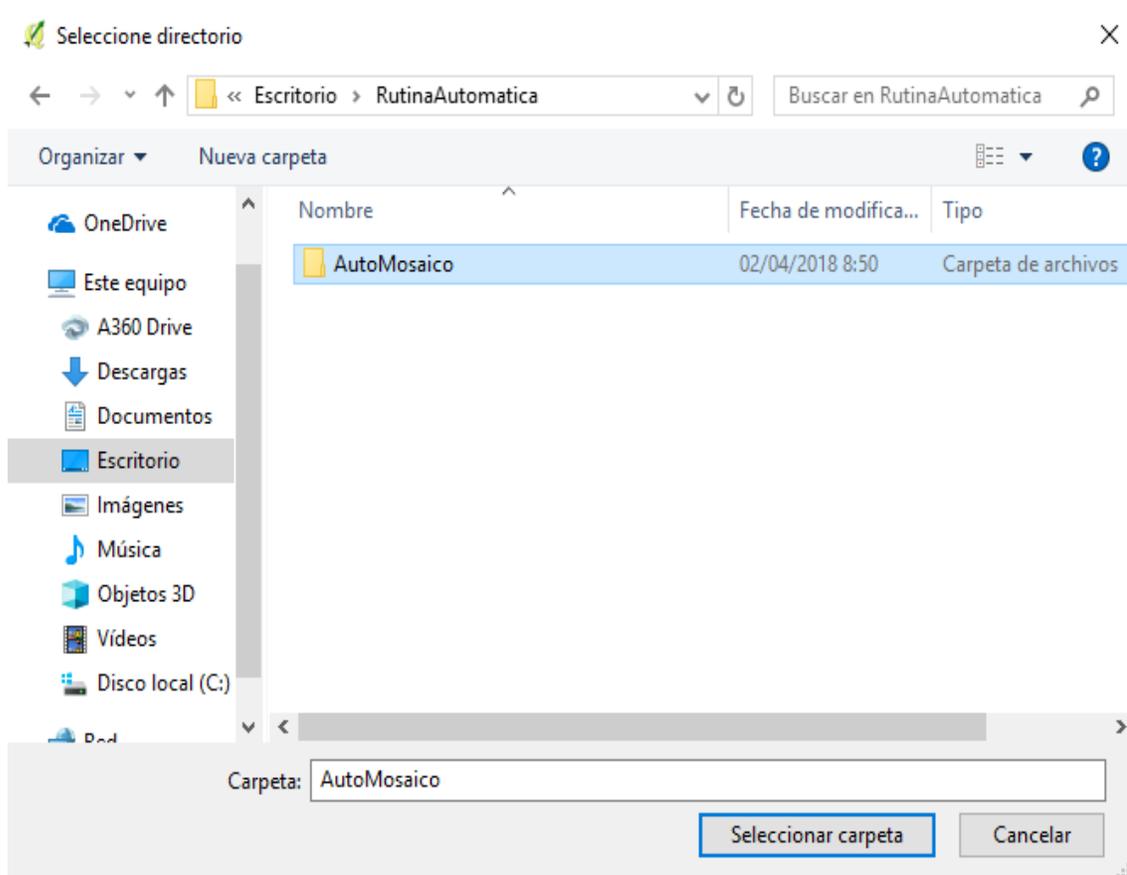
```
1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: utf-8 -*-
3
4 import sys
5 from PyQt4 import QtCore, QtGui
6 from PyQt4.QtGui import QLineEdit
7 from PyQt4.QtCore import SIGNAL
8 from PyQt4.QtGui import QApplication, QMainWindow
9 import os
10 sys.path.append("C:/Users/Paulina/Documents/RespaldoPaulina/TESIS/CODIGO141117")
11
12 os.environ["path2openpy"] = "C:/Program Files/QGIS 2.18/openpyd-2.4.7"
13
14 import RumbosAcimut as rs
15 #importCodigoFinalQgis as ri
16
17
18 - try:
19     _fromUtf8 = QtCore.QString.fromUtf8
20 - except AttributeError:
21     def _fromUtf8(s):
22         return s
23
24 - try:
```

**Figura 32.** Visualización del código Automosaico.py dentro de la consola de Python. **Fuente:** QGIS, 2018.

**Paso 9.** Al ejecutar el código se visualizará la siguiente interfaz gráfica que se presenta en la figura 33 y 34, la cual es una ventana que utiliza para seleccionar la ubicación en donde se encuentra la carpeta AutoMosaico.



**Figura 33.** Ventana de selección de ubicación de la carpeta Automosaico. **Fuente:** QGIS, 2018.



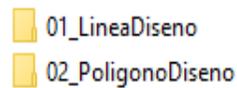
**Figura 34.** Ubicación de la carpeta Automosaico. **Fuente:** QGIS, 2018.

## Salidas del sistema

**Paso 10.** Mediante la ejecución del código AutoMosaico se ejecuta a su vez el código llamado “PythonMosaico.py”, con el cual se generará el mosaico catastral. Al inicio se crean una serie de carpetas automáticamente como se muestra en las figuras a continuación:



**Figura 35.** Nuevas carpetas creadas automáticamente para las propiedades. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Figura 36.** Nuevas carpetas creadas automáticamente para el diseño de carretera. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Dentro de las plantillas suministradas, se completarán las diferentes pestañas del Excel con los resultados del cálculo de las coordenadas de los predios como se muestra en la siguiente figura.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>			
2	1	493729.401	1097280.25			
3	2	493739.123	1097293.04			
4	3	493768.519	1097274.49			
5	4	493777.23	1097268.99			
6	5	493756.269	1097238.21			
7	6	493743.909	1097254.76			
8	7	493749.064	1097262.93			
9	8	493740.026	1097267.79			
10	9	493742.419	1097271.3			
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						

**Figura 37.** Coordenadas resultantes. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Adicionalmente, se obtendrán los datos de las coordenadas de los predios en formato CSV, así como los respectivos archivos en formato shapefile de puntos, linderos, polígonos y áreas de expropiación; así como del diseño de la carretera, como se muestra a continuación:

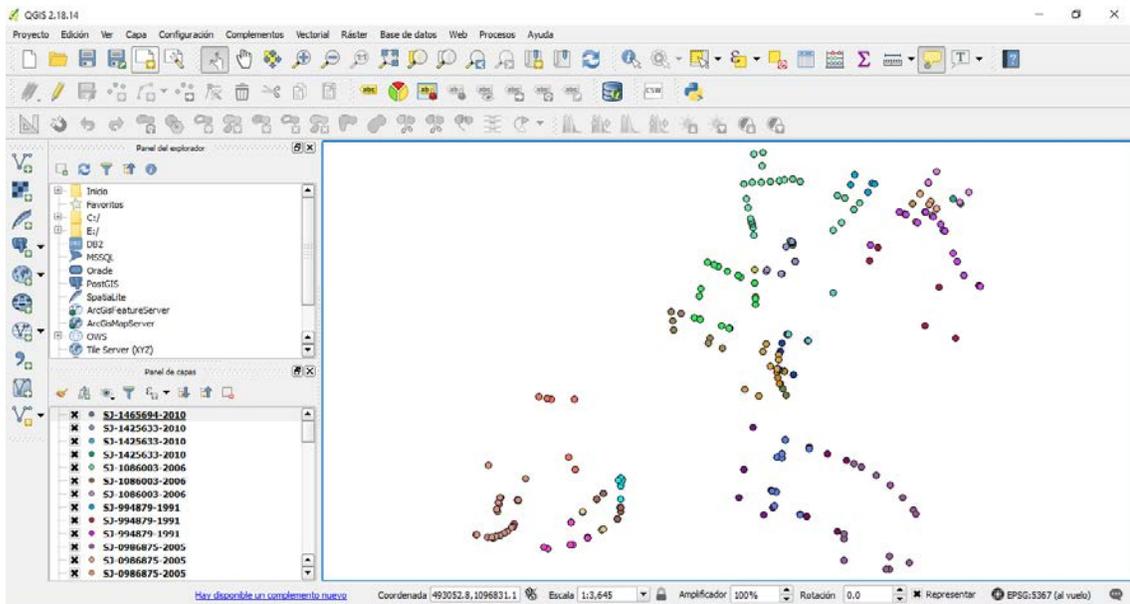
SJ-0058810-1992.csv: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

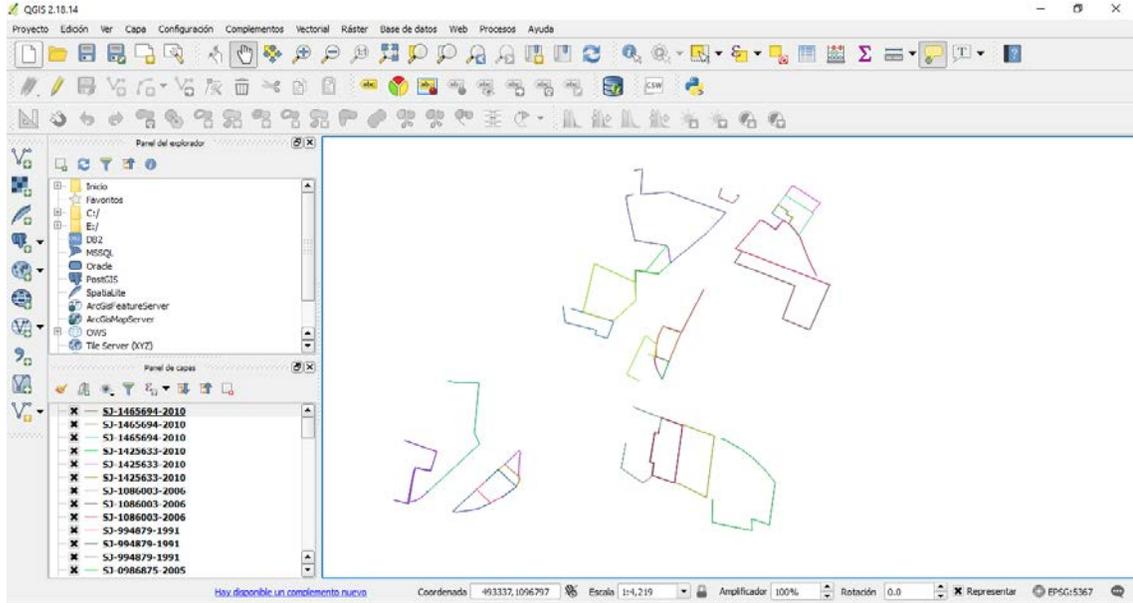
PUNTO,X,Y

1.0,493212.2482,1096882.3799  
2.0,493212.6978,1096882.3608  
3.0,493225.3015,1096879.1347  
4.0,493231.8014,1096878.1109  
5.0,493236.9805,1096909.6890  
6.0,493238.6619,1096918.25559  
7.0,493240.9474,1096925.9847  
8.0,493261.0079,1096921.3014  
9.0,493269.3549,1096948.0388  
10.0,493226.1300,1096963.2700

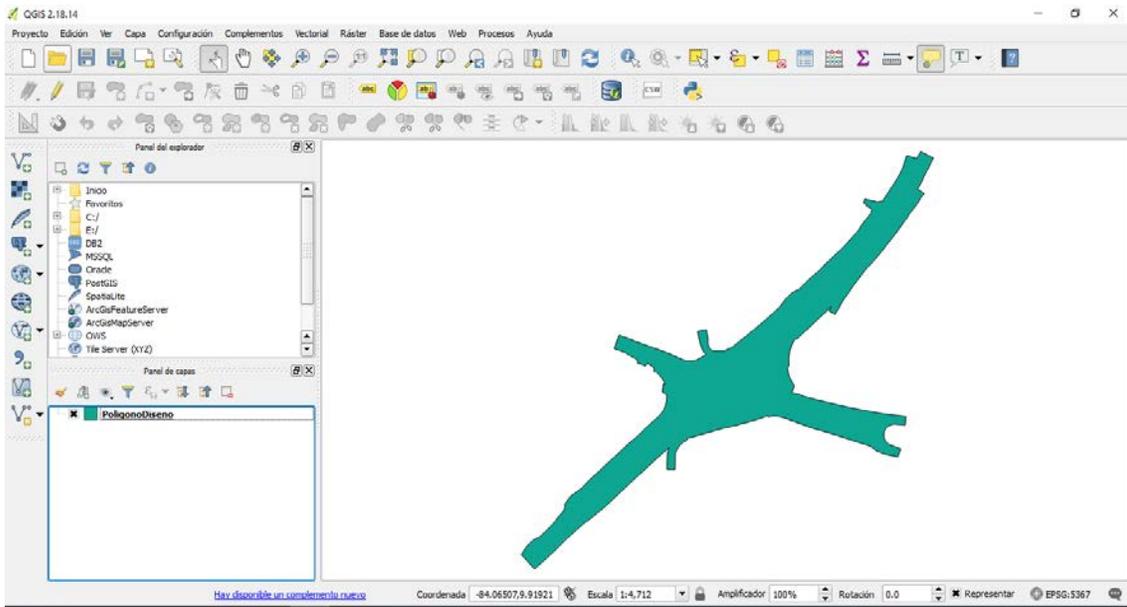
**Figura 38.** Coordenadas obtenidas en formato csv. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



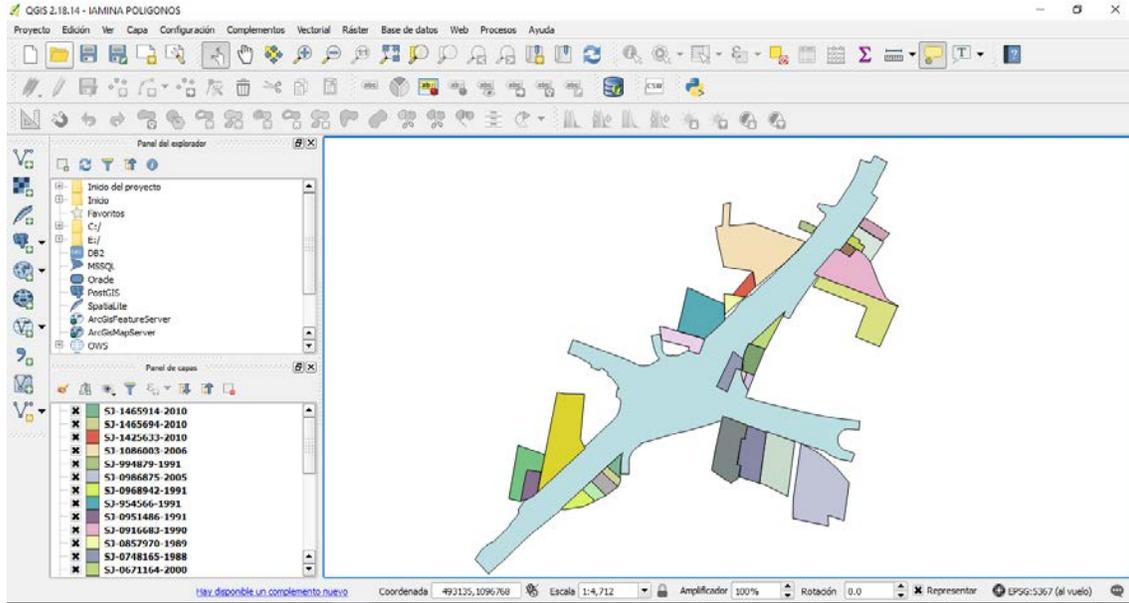
**Figura 39.** Archivos de puntos de propiedades en formato shapefile. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



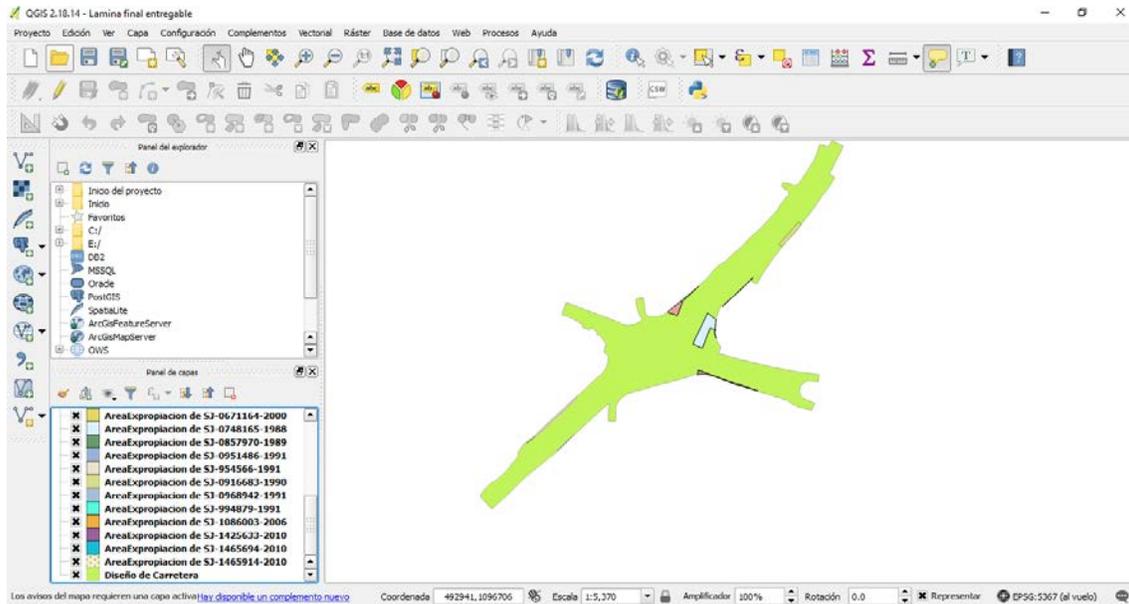
**Figura 40.** Archivos de líneas de propiedades en formato shapefile. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Figura 41.** Archivos de polígono de diseño de carretera en formato shapefile. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

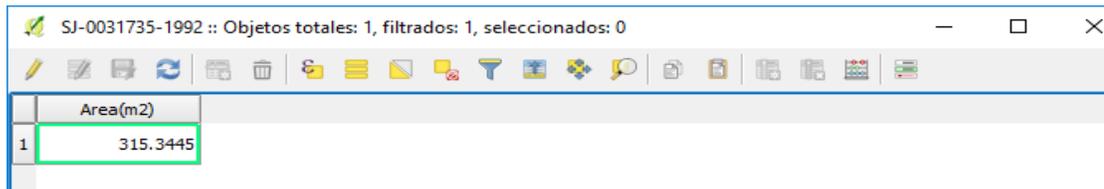


**Figura 42.** Archivos de polígonos de propiedades en formato shapefile. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



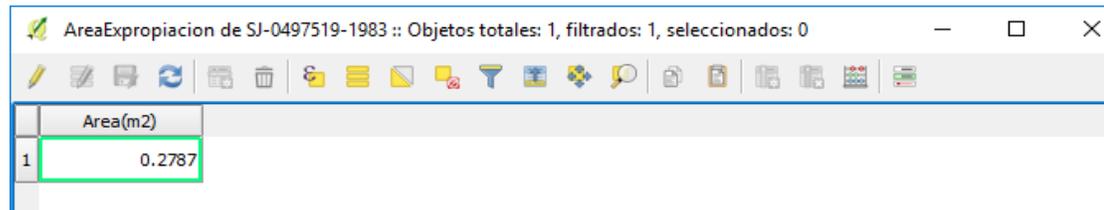
**Figura 43.** Contraposición de los archivos en formato shapefile de la Línea de Diseño y las propiedades (áreas a expropiar). **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Por último, todos los datos en formato shapefile contienen sus características en una tabla de atributos; dentro de cada una de estas, se calculó el área de los inmuebles y la respectiva área de expropiación (ver figura 44 y 45).



	Area(m2)
1	315.3445

**Figura 44.** Tabla de atributos con campo de área del inmueble. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.



	Area(m2)
1	0.2787

**Figura 45.** Tabla de atributos con campo de área a expropiar. **Fuente:** Elaboración propia, 2018.

## Manejo de errores

- Debe tenerse la precaución de utilizar la plantilla original dada para cada digitación y no reutilizar plantillas, debido a que Excel siempre guarda en su memoria la cantidad mayor de filas utilizadas y puede provocar datos fuera de rangos.

## **Anexo G. Vídeo Complementario y Código de programación de AutoMosaico**

### **Anexo H. Glosario**

**Alineamiento de los planos catastrados:** Colocación del plano de catastro en la posición más adecuada tomando en consideración elementos existentes (Coaquiera, 2014).

**Área de expropiación:** Área de una finca necesaria para la construcción de un proyecto del Estado. (Ley de Expropiaciones, 1995)

**Certificación Presupuestaria:** Documento que garantiza la disponibilidad de recursos, para comprometer un gasto con cargo al presupuesto institucional autorizado para el año fiscal respectivo. (Servicios de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, 2014)

**Conciliación Jurídica:** Corresponde a la “comprobación de la conformidad de linderos e infraestructuras de una finca registrada en un plano, en relación con la correspondiente inscripción en el Registro Público de la Propiedad.” (Registro Nacional de la República de Costa Rica, s.f.)

**Derrotero:** Camino o medio que se toma para llegar a un fin propuesto, mediante la utilización de ángulos y distancias. (Navarro, 2011)

**Entrada en posesión:** Acto administrativo mediante el cual el juez ordena el desalojo inmediato para que el Estado entre en posesión del bien. (Ley de Expropiaciones, 1995)

**Estudio Catastral:** Documento expedido por el Registro Catastral, mediante el cual se muestran los datos gráficos, numéricos de un predio. (Sáenz, 2016)

**Estudio Registral:** Documento expedido por el Registro Inmobiliario el cual muestra los datos literales de un predio. (Sáenz, 2016)

**Exactitud posicional relativa:** Se obtiene de manera local, al realizar por ejemplo un levantamiento de agrimensura con los métodos e instrumentos topográficos correspondientes, adecuados a las necesidades de precisión y exactitud del mismo. (Guía Técnica para Georreferenciar Planos de Agrimensura, 2013)

**Finca:** Inmueble inscrito en el Registro Inmobiliario, como unidad jurídica. (Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, 1982)

**Folio Real:** es un identificador único del inmueble, formado por varios caracteres que su orden indican: número de provincia, número de cantón, número de distrito y la identificación del inmueble en el distrito. (Sáenz, 2016)

**Inmueble:** Unidad física inscrita o no en el Registro Inmobiliario. (Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, 1982)

**Jerarquía de adquisición de inmuebles:** Orden prioritario establecido por el encargado del proyecto, para el inicio de los procesos de expropiación. (Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles, 2016)

**Justificación del proyecto:** Aspectos que justifican la conveniencia nacional de desarrollar un proyecto y los beneficios que el mismo producirá. (Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles, 2016)

**Levantamiento topográfico de detalles:** operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano de los elementos existentes. (Navarro, 2011)

**Linderos:** Líneas o elementos que separan una finca de otra. (Heras, 2014)

**Mosaico Catastral:** Representación gráfica que muestra la ubicación, identidad y linderos de los inmuebles. (Sáenz, 2016)

**Plano de catastro:** Plano de agrimensura, físico o en formato electrónico, que ha sido inscrito en el Catastro Nacional. (Reglamento a la Ley de Catastro Nacional, 1982)

**Trámite ante el Registro Nacional:** Tramite para la inscripción del plano de expropiación ante el Registro. (Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles, 2016)

**Zona afectada:** Zona de la finca que es afectada por el proyecto a desarrollar por el Estado. (Departamento de Adquisición de Bienes Inmuebles, 2016)