Modelación de herramienta SIG para la automatización de datos de trámites catastrales



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Autores

Andrés Felipe Chacón Casas 20172032014

Karen Lorena Basto Velásquez 20211032040

Director

Iván Andrés Reyes Gómez

MSc en Ciencias de la Información y las Comunicaciones con énfasis en Geomática

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ingeniería Topográfica

Bogotá, Colombia

Mayo de 2026

Contenido

Página

Resumen VII

Abstract IX

Presentación de la entidad X

1 INTRODUCCIÓN 1

2 PROBLEMA POR RESOLVER 3

3 JUSTIFICACIÓN 5

4 OBJETIVOS 7

4.1 OBJETIVO GENERAL 7

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

5 ANTECEDENTES 8

6 MARCO TEÓRICO 14

6.1 Interoperabilidad 14

6.1.1 La interoperabilidad en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) . 15

6.1.2 La interoperabilidad en la gestión catastral 16

6.2 Trámites catastrales 17

6.2.1 Gestión de estudio previo y estudio técnico-jurídico 17

6.2.2 Visita técnica puntual 18

6.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG) 20

6.3.1 Componentes SIG 21

6.3.2 Herramientas SIG (Software) 22

6.4 Herramientas ETL 23

6.4.1 Soluciones ETL 23

6.4.2 Etapas del proceso ETL 24
6.5 Control de calidad de la información geográfica 25

7 MARCO NORMATIVO 26

8 ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PASANTÍA 28
8.1 Actividades de apoyo institucional 28
8.1.1 Inducción y reconocimiento de procesos 29
8.1.2 Asignación de predios 29
8.1.3 Actualización cartográfica 30
8.1.4 Diligenciamiento de fichas prediales y cierres de procesos 30
8.2 Actividades desarrolladas en el proyecto 31
8.2.1 Creación de Modelo SIG para gestión de trámites para visita a terreno . 31

9 METODOLOGÍA 33
9.1 Implementación de fases 35
9.1.1 Fase 1. Preparación de insumos 35
9.1.2 Fase 2. Diseño e implementación del modelo ETL y georreferenciación 36
9.1.3 Fase 3 Control de calidad y validación de datos QA/QC 43
9.1.3.1 Control de calidad operativo 47
9.1.3.2 Control de calidad espacial 51
9.1.4 Fase 4. Publicación y visualización de información procesada en Experience Builder 54
9.1.5 Fase 5. Evaluación desempeño de modelo SIG 57
9.1.5.1 Tiempo 58
9.1.5.1.1 Localización de inmuebles de manera manual 58
9.1.5.1.2 Localización de inmuebles de mediante modelo SIG . 61
9.1.5.1.3 Comparativa método de ubicación manual contra método de ubicación automatizada 63
9.1.5.2 Tiempo 65
9.1.5.3 Precisión 66

9.1.5.3.1 Comparativa entre el modelo SIG vs flujo de trabajo manual en el proceso de ubicación de trámites 69
9.1.5.4 Errores 69

10 PLAN DE TRABAJO **70**
10.0.1 Plan de trabajo 1 70
10.0.1.1 Fase 1. Recopilación y análisis de información 70
10.0.1.2 Fase 2. Diseño e implementación del modelo SIG 70
10.0.1.3 Fase 3. Estandarización de modelo SIG en el proceso de cargue de información en ArcGIS Online 71
10.0.1.4 Fase 4. Implementación y visualización de los resultados mediante Experience Builder 72
10.0.2 Plan de trabajo 2 72
10.0.2.1 Recopilación y análisis de información 72
10.0.2.2 Fase 2. Diseño e implementación del modelo SIG 73
10.0.2.3 Estandarización de modelo SIG en el proceso de cargue de información en ArcGIS Online 73
10.0.2.4 Implementación y visualización de los resultados mediante Experience Builder 74

11 RESULTADOS ESPERADOS **75**
11.1 Fase 1. Preparación de insumos 75
11.2 Fase 2. Diseño e implementación del modelo ETL y georreferenciación 77
11.3 Fase 3. Control de calidad y validación de datos QA/QC 79
11.4 Fase 4. Publicación y visualización de información procesada en Experience Builder 80
11.5 Fase 5. Publicación y visualización de información procesada en Experience Builder 80

12 CRONOGRAMA **82**

13 CONCLUSIONES **83**

REFERENCIAS **92**

A ANEXOS **93**

Tabla de figuras

1 Código de sector alfanumérico y cartográfico. 37
2 Código para la asignación de ceros. 38
3 Transformación de código de sector. 38
4 Unión de reporte de trámites con capa geográfica de lotes. 39
5 Estructura de modelo - Unión e integración de información alfanumérica y gráfica. 40
6 Parámetros para la asignación de coordenadas 41
7 Modelo SIG - Asignación de coordenadas. 41
8 ChangeDetector para actualización constante de la información. 42
9 Diseño final del modelo SIG en Experience Builder. 43
10 Capa geográfica de localización de trámites catastrales. 43
11 Visualización de distancias de alejamiento. 53
12 Web Map en ArcGIS Online. 55
13 Selección de plantillas geovisor. 56
14 Diseño final de geovisor en Experience Builder. 57
15 Modelo SIG en el proceso chequeo y subida de centroides a la nube 78
16 Modelo SIG en el proceso de extracción de coordenadas 78
17 Modelo SIG en el proceso de unión y subida de información a la nube 79
18 Geovisor en Experience Builder 80
19 Diagrama de Gantt de actividades para el desarollo del modelo SIG 82

Tabla de tablas

1 Normatividad contemplada para el proyecto de pasantía 27
2 Diccionario de datos para radiciones de terreno (Archivo XLSX) 36
3 Elementos generales de la calidad de datos definidos para la generación de la herramienta SIG 45

4 Variables a evaluar dentro del control de calidad 46
5 Componente de valor de aceptación 47
6 Componente de valor de error 47
7 Resultados de modelación de trámites. 48
8 Valores de tendencia central de trámites no ejecutados. 50
9 Componente de exactitud posicional. 52
10 Calificación de distancias de alejamiento. 53
11 Valor de errores. 54
12 Tiempo genereado en la busqueda del predio de manera manual 60
13 Cuadro comparativo de realización manual de ubicación de trámites por reporte 61
14 Tiempo de ejecución de reportes diarios de trámites mediante modelo SIG . . 63
15 Resultados generados de eficiencia del modelo SIG vs acción manual 65
16 Muestreo de datos para la exactitud de los centroides 67
17 Calificación de los puntos muestreados con distancia de alejamiento 68
18 Radicaciones vigentes trámites que requieren visita a terreno 76
19 Diccionario de datos para el proyecto de pasantía: modelación de herramienta SIG para la automatización de datos de trámites catastrales 77
20 Diccionario de datos - Capa geográfica de lotes 77
21 Indicadores KPI establacidos para el proyecto 81

Tabla de gráficas

1 Diagrama de flujo establecido para el trabajo de grado 34
2 Porcentajes de aceptación de modelación SIG de trámites para visita a terreno 49
3 Porcentajes de No aceptación de modelación SIG de trámites para visita a terreno 50

Resumen

Los trámites catastrales corresponden a solicitudes presentadas por los usuarios ante un gestor catastral, con el propósito de incorporar, actualizar o corregir la información de un predio en la base catastral. En este sentido, la metodología para realizar el proceso de actualización se basa en los lineamientos técnicos establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Este proceso comprende una serie de etapas que inician con la recepción de la documentación por parte de los propietarios, seguida de estudios técnicos orientados al análisis del estado del predio y sus posibles modificaciones físicas, para ello, se emplean métodos indirectos con herramientas suministradas tanto por la entidad como por terceros, así como visitas de terreno que permiten validar de manera precisa la información recopilada durante el proceso.

En la gestión de los trámites, los profesionales utilizan fuentes de información interoperables, tanto internas como externas. La interoperabilidad interna se basa en la información almacenada en la base de datos catastral y la cartográfica de la entidad, Por otro lado, la interoperabilidad externa implica el intercambio de información con bases de datos de otras entidades, como la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Enel, Vanti, entre muchas otras.

Sin embargo, aunque estos procesos contribuyen a mejorar el proceso de actualización predial, aún persisten actividades de manera manual. Un ejemplo concreto es la asignación de visita a terreno, la cual demanda un tiempo considerable en la definición de responsables y la planificación de rutas.

En el presente documento se expone la creación de un modelo SIG para la gestión de trámites catastrales, en el que se describe su proceso de implementación, los insumos, y herramientas utilizadas, así como los mecanismos de control de calidad mediante la normativa ISO 19157 y NTC 5043. El propósito de este modelo es reducir los tiempos de respuesta en los procesos internos y mejorar la eficiencia en la actualización de la información de los

predios en trámite.

Palabras clave: Trámite catastral, modelo SIG, cartografía, interoperabilidad, actualización catastral.

Abstract

The Cadastral procedures correspond to requests submitted by users to a cadastral manager, with the purpose of incorporating, updating, or correcting property information in the cadastral database. In this regard, the methodology for carrying out the update process is based on the technical guidelines established by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). This process comprises a series of stages that begin with the receipt of documentation from property owners, followed by technical studies aimed at analyzing the current state of the property and its potential physical modifications. To this end, indirect methods are employed using tools provided both by the entity and by third parties, as well as field visits that allow for precise validation of the information gathered throughout the process.

In the management of cadastral procedures, professionals use interoperable information sources, both internal and external. Internal interoperability is based on information stored in the entity's cadastral and cartographic databases. External interoperability, on the other hand, involves the exchange of information with databases from other entities, such as the Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), the Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), the Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Enel, Vanti, among many others.

However, although these processes contribute to improving the property update workflow, certain activities are still carried out manually. A concrete example is the assignment of field visits, which requires considerable time in defining responsibilities and planning routes.

This document presents the development of a GIS model for the management of cadastral procedures, describing its implementation process, the inputs and tools used, as well as the quality control mechanisms applied in accordance with ISO 19157 and NTC 5043 standards. The purpose of this model is to reduce response times in internal processes and improve efficiency in updating information for properties under procedure.

Keywords: cadastral procedure, GIS model, cartography, interoperability, cadastral update.

Presentación de la entidad

La historia de la UAECD data de finales del siglo XIX, donde se elaboraban avalúos catastrales con finalidad fiscal y listas de contribuyentes para la generación de recaudo. Para inicios del siglo XX, a través de la Ley 20 y Decreto 1227, las cuales establecieron normativas que debían seguir las oficinas catastrales para elaborar censos en su territorio.

En 1912 mediante el acuerdo 3 se crea la Junta Municipal de Catastro de Bogotá, para conocer la información sobre los dueños y el valor que poseía los bienes inmuebles (Pecha, 2007). Otras funciones que incorporaban eran la creación de listas de contribuyentes con el nombre, número de propiedad, vía, el barrio o corregimiento, nombre del dueño, el valor del inmueble y valor de contribución anual. Dentro de las décadas del 20's y 30's presenta varios cambios de nombre, pasando a Junta Municipal Permanente de Catastro, luego a Departamento de Catastro, después a la Oficina de Catastro Municipal y finalmente al Departamento Municipal de Catastro. En esta época se instaura la cartografía predial en conjunto a la implementación de la información física, jurídica y económica de los bienes inmuebles. Toda la información recopilada sirvió para establecer los sistemas de registro y matrícula del bien inmueble y determinar el valor de la propiedad.

A mitad del siglo XX, exactamente en el año 1956 se realiza la creación de la Junta Técnica Consultiva del Catastro Distrital, con el objetivo de producir datos censales y estadísticos que ayuden como guía a la política fiscal, económica y social de la propiedad territorial a cargo de la jurisdicción distrital (Pecha, 2007). Sin embargo, con el Acuerdo 1 de 1981, se realiza la creación del Departamento Administrativo de Catastro Distrital (UAECD, 2020a), cuya finalidad de establecer un catastro técnico, la actividad tributaria y a la formación, actualización y conservación de los bienes inmuebles de Bogotá (Pecha, 2007). No obstante, dentro del ámbito operativo, el departamento catastral ejerció hasta el año 1991, y el procedimiento de actualización de la base de datos catastral empleados a partir de la Ley 14 de 1983 se inició hasta 1997 (Bustamante & Gaviria, 2004).

Para el año 2004, el Concejo de Bogotá asignó al Departamento Administrativo de Catastro Distrital la coordinación de la Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital (IDECA),

la cual es la agrupación de datos, estándares, políticas, tecnologías y acuerdos institucionales; brindando el acceso y disponibilidad a la información geográfica de la ciudad (UAECD, 2020a). Para el año 2006 a través del Acuerdo 257, se establecen normas básicas sobre las estructura, funcionamiento y organización de las entidades y organismos de la ciudad; donde el Departamento Administrativo de Catastro Distrital pasa a llamarse Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, vinculada a la Secretaría de Hacienda.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión catastral es significativa en la administración del territorio porque permite identificar, actualizar y conservar la información física, jurídica y económica de los bienes inmuebles. Este proceso asegura la disponibilidad de datos confiables para la toma de decisiones en el territorio que hace parte de las funciones específicas de entidades gestoras como la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD).

En este sentido, el manejo y análisis de información geoespacial y alfanumérica, se realiza de manera rigurosa, y requiere la integración constante entre bases de datos, reportes y cartografía oficial. Por esta razón, el uso de herramientas tecnológicas y Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha fortalecido en los diferentes procesos que hacen parte de la gestión catastral.

En la asignación de trámites catastrales es necesario utilizar la información disponible para validar y gestionar de manera eficiente los casos que requieren atención inmediata. De igual manera, la programación de visitas técnicas de terreno por parte de los funcionarios de la entidad depende de la correcta georreferenciación e identificación de los predios asociados a cada solicitud. En la ciudad de Bogotá se radican múltiples solicitudes relacionadas con trámites catastrales que exigen visitas en campo, y deben ser atendidas de manera oportuna.

Actualmente, en la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), estos procesos se ejecutan de manera manual mediante la revisión de reportes utilizados para la asignación de trámites, a partir de los cuales se extrae información como el código de sector correspondiente a cada predio con el propósito de localizarlo en la cartografía. Sin embargo, al tratarse de un flujo manual, se pueden generar inconsistencias, errores humanos, duplicidad, y tiempos prolongados de respuesta. Considerando que la entidad recibe una cantidad considerable de solicitudes, este procedimiento limita la eficiencia y afecta la trazabilidad de los trámites, lo que a su vez justifica la importancia de ejecutar procesos automatizados.

En este contexto, surge la necesidad de implementar un modelo que permita estructurar flujos de trabajo y estandarizar la información relacionada con la asignación de trámites ca-

tastrales. En respuesta a esa necesidad, el presente proyecto de grado tiene como objetivo diseñar un modelo de herramienta SIG para la automatización de procesos, e integración de datos espaciales y alfanuméricos con el uso de herramientas ETL (Extracción, Transformación y carga), que permiten recolectar y consolidar información proveniente de diferentes fuentes, facilitando su análisis y visualización en la extensión Data Interoperability de ArcGIS pro.

La metodología se basa en la interoperabilidad y transformación de los datos provenientes de los reportes, así como su posterior carga y publicación en servicios web como ArcGIS Online, con el propósito de facilitar la consulta y gestión en la asignación de trámites. Adicionalmente, se añaden herramientas de filtros para la toma de decisiones asociados a los procesos vigentes, produciendo salidas estandarizadas para apoyar la asignación y ruteo en la gestión operativa. El modelo se evaluó mediante actualizaciones semanales durante un periodo de un mes, para verificar su funcionamiento, mantener la información actualizada, y garantizar la coherencia en los resultados.

La implementación del modelo SIG tiene como finalidad contribuir de manera directa y efectiva al fortalecimiento de la gestión operativa diaria en la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), optimizando la integración y procedimientos asociados a los reportes de asignación de trámites catastrales. Con su desarrollo se busca generar un impacto positivo en las actividades internas de la entidad, mejorando la calidad y confiabilidad de los datos.

Igualmente, se espera estandarizar la información, reducir los errores humanos, la duplicidad de registros, disminuir los tiempos de respuesta y garantizar una integración más eficiente de los datos. Esto permite que aumente la precisión en la georreferenciación de los predios para atender de manera oportuna cada una de las solicitudes presentadas por los usuarios.

2. PROBLEMA POR RESOLVER

En la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), la asignación de trámites catastrales que requieren visitas técnicas de campo presenta limitaciones en su gestión operativa debido a la ejecución de un flujo manual en la integración entre los reportes con información alfanumérica (radicaciones vigentes) y la cartografía. En la cotidianidad, el líder de reconocimiento requiere más de un día laboral para completar todos los trámites de los reportes que la entidad asigna diariamente.

El proceso es largo, ya que se revisa uno a uno los predios a localizar, obteniendo las coordenadas en conjunto a la agrupación de la información para la realización del ruteo. Diariamente se estima un rendimiento de localización y asignación entre 120 a 150 trámites. El error no se contempla dado el estudio que se lleva a cabo individualmente, siendo un proceso riguroso que toma tiempo. Por esta razón, se incrementan los tiempos de respuesta, se generan redundancias en la información y aumenta el riesgo de errores humanos en la georreferenciación de los predios, lo que afecta directamente la atención oportuna de las radicaciones.

Aunque existen procedimientos establecidos para ejecutar estas tareas en bases de datos de registros catastrales y en el visor cartográfico oficial, la ausencia de un proceso automatizado impide integrar los datos de manera ágil y precisa para su visualización conjunta. Esto ocasiona información redundante, limitaciones operativas, riesgo de errores humanos, y baja estandarización en los reportes generados, afectando la gestión interna de la entidad.

Dado que aún no se ha diseñado un modelo especifico que integre de manera eficiente los tramites en curso con la base cartográfica de los predios de Bogotá, se plantea la necesidad de implementar un modelo SIG, a través del uso de herramientas ETL (Extract, Transform, Load) de análisis espacial, que permita reducir los tiempos de procesamiento y mejorar la interpretación de la información catastral. Así mismo, se busca optimizar la precisión en la georreferenciación de los trámites para facilitar la generación de reportes para la toma de decisiones.

En ese contexto, surge la siguiente pregunta de investigación aplicada: ¿Cómo diseñar e

implementar una herramienta SIG para automatizar e integrar la información alfanumérica y cartográfica en la asignación de tramites, garantizando eficiencia y reducción de tiempos en la gestión catastral?

3. JUSTIFICACIÓN

La presente pasantía se justifica en la necesidad de optimizar los procesos de gestión relacionados con las solicitudes radicadas que requieren visitas de terreno dentro de la UAECD. El volumen de información en la asignación de trámites catastrales exige la implementación de soluciones que permitan aumentar la eficiencia en el manejo e interoperabilidad de los datos, así como mejorar la precisión en la georreferenciación de los predios con radicaciones vigentes.

Desde el enfoque teórico y metodológico, el proyecto se basa en procesos ETL (Extract, Transform, Load), orientados a la integración y transformación de información alfanumérica y cartográfica dentro de un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con este propósito, se emplea ArcGIS Pro y su extensión Data Interoperability, con las cuales se establece un flujo de trabajo automatizado para el geoprocesamiento de los datos. Su posterior publicación en geovisores como ArcGIS Online facilita la toma de decisiones apoyada en la información espacial, y la ejecución de consultas recurrentes asociadas a los trámites registrados.

En términos de contribución, el proyecto aporta en tres aspectos fundamentales: metodológico, operativo y de calidad. El primero se relaciona con la propuesta de un flujo ETL reproducible que integra de manera efectiva datos provenientes de diversas fuentes, los cuales son transformados y cargados dentro de un entorno SIG. En segundo lugar, la contribución operativa se evidencia en el desarrollo de un geovisor que garantiza la actualización constante de la información y apoya la planificación de rutas para las visitas de terreno, mediante herramientas de filtrado y descarga controlada de datos. Finalmente, en términos de calidad, se incorporan criterios de control y validación de datos (QA/QC), que aseguran la confiabilidad y estandarización de datos catastrales relacionados con la asignación de trámites.

La pasantía representa un aporte al fortalecimiento académico y profesional, al permitir la aplicación de competencias formativas como el manejo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la automatización de procesos. Su aplicación se traduce en ahorro de tiempo

en la gestión, mejora en la trazabilidad de las radicaciones, reducción significativa de errores humanos y de la duplicidad en la información. En este sentido, se benefician tanto la entidad receptora, que obtiene una solución concreta a una necesidad operativa, como el proyecto curricular de la universidad, que fortalece la formación de sus estudiantes al vincular los conocimientos adquiridos con la resolución de problemáticas reales del territorio.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un modelo de herramientas SIG para la automatización del proceso de asignaciones de trámites catastrales en la subgerencia física y jurídica, con la finalidad de optimizar tiempos de respuesta.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y organizar los insumos disponibles tales como reportes, geodatabases y catálogos, con el fin de construir un diccionario de datos que documente las variables principales y las reglas de calidad, garantizando la estructuración y coherencia de la información.

- Implementar un flujo ETL en ArcGIS Pro y su extensión Data Interoperability para integrar la información alfanumérica y geográfica, incluyendo procesos de limpieza, normalización, uniones y generación de geometrías sin errores críticos.

- Definir y aplicar un plan de control de calidad y validación de datos QA/QC basado en los lineamientos de la norma ISO 19157 y la NTC 5043, que permita identificar y analizar inconsistencias en la información mediante un muestreo de control, para evaluar la calidad y alcanzar un nivel de exactitud del 90 %.

- Publicar la información procesada en ArcGIS Online mediante un Feature Service para su visualización en Experience Builder, garantizando la incorporación de herramientas de consulta, filtrado y descarga controlada de datos que faciliten la trazabilidad y estandarización.

- Evaluar el desempeño del modelo mediante el análisis de indicadores como el tiempo de procesamiento, completitud, precisión y detección de inconsistencias, documentando los resultados y el procedimiento en un informe técnico.

5. ANTECEDENTES

El catastro en Bogotá se implementó en el siglo XIX, por medio de las leyes 48 de 1887 y 149 de 1888 (UAECD, 2020c). Sin embargo, su consolidación como entidad se constituye en el año 1981 con la creación del Departamento Administrativo de Catastro Distrital, que posteriormente se transformaría, en 2006, en la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, junto con la conformación de la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA). La entidad está acreditada como un gestor catastral por el IGAC, haciendo cumplir las condiciones jurídicas, económicas y financiera para el ejercicio de esta función (Verástegui, 2022). La entidad se destacó por contar, en el año 2019, con 2.572.840 predios actualizados, lo que represento el 50 % de los inmuebles actualizados a nivel nacional, consolidando los procesos formación, actualización y conservación catastral en la ciudad.

El proceso fundamental dentro del ámbito de la actualización catastral es el censo inmobiliario, descrito por la UAECD (2024b) como un procedimiento que la entidad ha realizado anualmente desde el año 2010, mediante el cual se realiza el registro de los inmuebles que presenta la ciudad en sus aspectos físico, jurídico y económico. En el aspecto físico, la verificación comprende la rectificación de linderos, construcciones, uso y destino del predio, áreas del lote y construcción en conjunto al material que lo compone, número de pisos, entre otros aspectos técnicos. Este aspecto se desarrolla en tres etapas, donde la primera es pre-reconocimiento, donde revisan en la base de datos catastral los inmuebles que han sufrido un cambio en el uso o área, y que requieran de una visita a campo para saber a detalle este tipo de modificación (UAECD, 2024b). La segunda etapa, que se desarrolla de forma paralela a la primera, consiste con el cruce de bases de datos a través de otras fuentes de información como los servicios públicos para identificar los inmuebles que han sufirdo modificaciones. La tercera es el reconocimiento predial, en la cual consiste en la inspección directa de cada predio, ya sea bajo régimen de Propiedad Horizontal (PH) o No Propiedad Horizontal (NPH).

Por su parte, en el aspecto jurídico se orienta en la identificación de propietarios de cada inmueble por medio de cruces de información con la base de la Superintendencia de Nota-

riado y Registro, mientras que la parte económica se centra en el avaluó catastral a partir de la investigación y el análisis de información del libre mercado (UAECD, 2024a). Una vez realizados los procesos catastrales, se generan resultados que permiten la actualización del inventario predial en los aspectos previamente mencionados, logrando determinar los valores de cada inmueble en el aspecto de terreno y construcción.

Sin embargo, aunque el censo permita realizar actualización a toda la ciudad, existe otro proceso descrito en la Resolución 73 de 2020 (UAECD, 2020b), donde establece los requisitos para trámites y servicios por parte de la entidad. En el acto administrativo menciona que un propietario o poseedor del inmueble puede solicitar un trámite sin ningún costo (Rivera, 2024). Entre los más concurridos se encuentran el englobe o desenglobe, cambio de propietario, rectificación de área y linderos, asignación de nomenclatura inclusión de una construcción, entre otros (UAECD, s.f.).

El usuario puede realizar este procedimiento presencial en el Super CADE o virtualmente a través de Catastro en línea, donde debe entregar una serie de documentos para gestionar la solicitud. Posteriormente, toda la información suministrada junto al trámite que desea realizar se incorpora a un número de radicado implementado en la Subgerencia de Participación y Atención al Ciudadano, donde luego se crea un expediente documental por parte del Centro de Documentación, que posteriormente se realiza los estudios técnicos en la Subgerencia Física y Jurídica; para finalmente realizar el ajuste al valor del avaluo al inmueble en la Subgerencia Económica.

Es pertinente mencionar que, dentro de la Subgerencia Física y Jurídica, se implementan los estudios técnicos los cuales se analizan los casos presentados por los usuarios. En gran parte, se requiere la realización de visita a terreno, cuya finalidad es la recopilación de la información física del predio. En este contexto, existe un líder de reconocimiento, encargado de coordinar todas las actividades de visita de campo, que inicia desde la descarga de información de los reportes de trámites, agrupación de casos por localidad, ruteo y asignación de funcionario. Todo esto se realiza de manera manual.

En este contexto, se evidencia la necesidad de fortalecer la interoperabilidad y la implementación de tecnologías que ayuden a optimizar la gestión catastral. En respuesta a ello, la

entidad presenta un proceso de interoperabilidad a partir de la implementación del Catastro Multipropósito, impulsado por el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: “Todos por un nuevo país” (Congreso de la República de Colombia, 2015). Posteriormente, Carrero y Rodríguez (2020) señalan la adopción de instrumentos normativos como la CONPES 3859 de 2016 y 3958 de 2019, la Ley 1955 de 2019 y los Decretos 1983 de 2019 y 148 de 2020, los cuales consolidaron la transición de un catastro convencional hacia un catastro multipropósito.

La interoperabilidad en este ámbito brinda la posibilidad que posee un dato de ser intercambiado mediante un modelo de negocio (DNP, 2025). Esto puede dar hincapié a diversos beneficios como la agilidad en los procesos de acceso de información y el trámite de servicios a los ciudadanos. Dentro del concepto del catastro multipropósito, DNP (2025) contempla tres ejes, siendo estas la semántica, gobernabilidad y tecnología adoptados a partir de la ISO19152 en la concepción de la administración de tierras. Antes de la adopción del Catastro Multipropósito y la aplicación de la interoperabilidad, los gobiernos buscaban que los modelos de catastro en las cuales entidad públicas y empresas privadas pudieran consultar y manejar la información según sus requerimientos, y así evolucionar del catastro con enfoque tributario (Campos & Poveda, 2019).

El resultado fue erróneo, dado que en el proceso de modernización siguió con la misma concepción fiscal y no evolucionó hacia la toma de decisiones de índole territorial (of Land Policy, 2007). Campos y Poveda (2019) describen como un catastro de este tipo no debe contener tantas variables, ya que el costo de realizar este paso es alto, lo cual insisten integrar una interoperabilidad que sean administradas por otras instituciones. La DNP (2025) establece que dentro como fue el inicio de este enfoque multipropósito, la cual entidades como el IGAC y la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR) aunaron esfuerzos para facilitar el acceso a los usuarios, permitiendo atender un mayor número de solitudes, siendo uno de ellos la Ventanilla Única de Registro. Complementando lo anterior, el autor también describe los planes de renovación tecnológica y como había dificultades de interoperabilidad para que todas las entidades sincronizaran mediante las políticas contempladas en la CONPES 3641 de 2010.

En la actualidad, el catastro se adopta mediante el Land Administration Domain Model (LADM),

siendo una integración de catastro-registro la cual busca generar informes mediante una plataforma tecnológica que permita caracterizar la unidad frente a la información territorial (DNP, 2025). La unión de la integración como de la interoperabilidad de la información recolectada por medio del modelo LADM, denominándose como LADM-COL, la cual DNP y Sinergia (2016) explica como el modelo mejora la eficiencia en los procesos de identificación, almacenamiento e intercambio de datos para su posterior publicación. Toda la información recolectada será registrada bajo estándares para posteriormente ser incluida dentro del Sistema Nacional de Información Catastral (SINIC).

La concepción de interoperabilidad además estar ampara por políticas públicas, también se encuentra resguardada dentro del Marco de Interoperabilidad de Gobierno Digital, en la cual definen los conceptos y criterios en la intercambio de la información (ANT, 2024), donde sus objetivos se concentran en el apoyo de entidades públicas en ofrecer servicios en línea, ofrecer orientación de los mecanismos de interoperabilidad a entidades públicas y fortalecer mecanismos de interoperabilidad (Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, 2024). Un ejemplo de ello es la ANT, la cual implementa una guía modelo de interoperabilidad, que describe como la entidad va a intercambiar información de forma segura y eficiente a otras entidades del estado.

En el ámbito de la información geográfica, la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (2024) resalta en promover la integración y distribución de la información de los gatos geoespaciales, esto con la finalidad de habilitar al acceso a todas las personas, empresas o entidades que lo requieran. La interoperabilidad no solo adopta un enfoque de compartir datos, sino que también integra varias fuentes de información, permitiendo un análisis más completo y detallado (Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, 2024). Sin embargo, este proceso tiene muchos desafíos como la integración de la información, semántica y la heterogeneidad de los formatos; por lo cual un eje fundamental es el fomento de datos espaciales abiertos, que sean accesibles y que sean utilizados por todos.

Lo anterior se está formulando por IDECA (2024) mediante la participación de políticas distritales, realizando protocolos para la producción de información geográfica donde establece lineamientos para la estandarización como adoptar los datos abiertos a las entidades del

distrito. El propósito se centra en la colaboración y difusión de las diferentes prácticas donde se adoptan diferentes estándares que permita la compartición de información geográfica.

En este ámbito, también se adopta lo que son pruebas de calidad, que es un grado de cumplimiento de los requerimientos definidos en el proceso de producción y uso. Estructuras organizativas como el ICDE o IDECA adoptan la ISO 19157 del 2013, ya que proporciona un lenguaje o estructura estandarizada para evaluar la calidad de la información geoespacial (ICDE, s.f.). Por su parte IDECA (2019) ahonda sobre el procesos de normalización, explicando que esta dividido en elementos cualitativos, que describen el objetivo y uso que se le dará al producto geográfico. El siguiente es el elemento cuantitativa, la cual permite identificar las inconsistencias con respecto a las especificaciones técnicas y requerimiento de usuario. Finalmente, está la metacalidad, que es la evaluación de calidad de la información desde un ámbito más analítico para determinar el nivel de confianza de producto. Sin embargo, desde 2010, la calidad de los datos también se evaluaba según los requerimientos que tenía la entidad, aplicando la Norma Técnica Colombiana NTC 5043, que en síntesis adopta conceptos para describir la calidad y el manejo de la información creada (ICONTEC, 2010).

IDECA ha diseñado varias aplicaciones de alta calidad para el desarrollo de la gestión catastral, incorporando métodos directos, indirectos, colaborativos y declarativos (Carrero & Rodríguez, 2020). Uno de los aplicativos que se usaron dentro de la entidad es la georreferenciación de trámites, donde Gómez (2019) menciona que, en el año 2019, el área de cartografía realizó una solicitud al área de tecnología para desarrollar una herramienta que permita georreferenciar trámites en tiempo real. El modelo de trabajo está hecho por código Python, la cual se adoptaría al programa ArcMap como una caja de herramientas. El objetivo de la herramienta es que la persona encargada de coordinar a los reconocedores prediales para su visita a terreno pueda trabajar fácilmente visualizar espacialmente los puntos obtenidos de la georreferenciación, con la finalidad de establecer rutas óptimas entre localidades colindantes y vías arteriales.

Asimismo, este departamento también establece líneas bases que permite la adopción de control de calidad de la información que se crea en la entidad. IDECA (2019) a través del *Procedimiento para la evaluación y reporte de calidad de datos geográficos*, detalla como es

procedimiento para gestionar la calidad de la información, estableciendo una metodología acorde a la normativa ISO 19157 (for Standardization, 2013), permitiendo que toda la información geográfica sea precisa y confiable para todos lo usuarios que deseen utilizarlo.

La metodología esta ajustada a la interoperabilidad entre la información alfanumérica y la información geográfica, la cual la información se une por medio del código del sector. No obstante, la herramienta no cuenta con la integración de radicaciones de nuevas incorporaciones, ya que estas no cuentan con un código del sector y no están implementadas dentro de la base cartográfica de la entidad. Aunque la herramienta funcione hoy en día, el proceso es engorroso para aplicarlo, haciendo que a través de los años pierda su uso totalmente. El aplicativo a realizar será basado en lo mencionado anteriormente, haciendo la georreferenciación y publicando los resultados en la nube (ArcGIS Online) para su posterior análisis en la distribución de trámites según la localidad a visitar. Esto en conjunto a la implementación de pruebas de calidad de datos que permitan que el productos sea confiable para su uso dentro de la entidad.

6. MARCO TEÓRICO

La implementación del modelo SIG para la georreferenciación de trámites catastrales relacionados a visitas de campo se desarrolla en diferentes fases. En este contexto, el marco teórico se enfoca en los conceptos fundamentales que sustentan la solución propuesta, específicamente en la aplicación de procesos ETL (Extract, Transform and Load) dentro de los Sistemas de Información geográfica (SIG).

6.1. Interoperabilidad

La interoperabilidad es la habilidad que presenta dos o más sistemas de intercambiar información y usarla para una tarea en común (IEEE, 1990). En el ámbito de la computación, este ha sido un logro durante estos años, lo cual empuja hacia los sistemas abiertos, donde establece los estándares informáticos que presentan las grandes industrias de la computación (Sondheim et al., 1999). Esto radica un mayor nivel de beneficios en términos de productividad y condiciones más equilibradas entre las compañías de esta índole.

Desglosando este término, Sondheim et al. (1999) describen que de los propósitos que presenta la interoperabilidad radica principalmente en la comunicación común que tienen la infraestructura, interfaces de programación para dominio público y arquitectura en la definición de objetos o transporte de información a través de redes. En el campo de los Sistemas de Información Geográfica, ha tenido mención desde la época de los 70’s, donde el entorno informático era complicado dado la complejidad de la información geográfica y los diferentes procedimientos que se requerían para modelar este tipo de datos.

En Colombia, la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (2024) establece los fundamentos para la interoperabilidad entre datos geográficos, mencionando la maximización de la información geográfica de manera eficaz e integrable; además de comprometer la producción de la información y utilización de este contenido por las distintas entidades, siendo usadas por otros sin importar el tipo de programa que operen. El manejo se centra en cuatro dimensiones, las cuales son: dimensión político-legal, dominio organizacional, dominio semántico y dominio técnico. Esto tiene como objetivo el manejo de datos geoespaciales para

el desarrollo de aplicaciones y soluciones digitales.

6.1.1. La interoperabilidad en los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La interoperabilidad en los SIG presenta una gran importancia en esta área, ya que puede superar la complejidad de compartir o integrar entre sistemas que presenten diferente modelo y estructura de datos (Rashidan, 2018). Este proceso dio hincapié a partir de proyectos de investigación en la modelación de datos espaciales, dando como resultado el mercado existente en dicha área.

El mercado SIG se ha caracterizado por los diferentes formatos que al momento de realizar interoperabilidad son difíciles de integrar. Aunque a través del tiempo, los investigadores han realizado procesos de conversión, donde la información tiende a perderse (Fileto, 2001), por lo cual, la interoperabilidad requiere un mayor nivel de integración como también el comportamiento de los sistemas y la interacción que presenta este mismo con el usuario.

Fileto (2001) establece como la adopción de modelos de datos geográficos o la unificación de modelos heterogéneos constituye un objetivo a alcanzar. Los esfuerzos conducen al desarrollo de estándares de interoperabilidad establecidos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

La OGC es un consorcio global de índole industrial, presentando como objetivo el desarrollo y la presentación de estándares y técnicas en el área del geoprocesamiento (Reed, 2011). Esta organización descrita por Sayar et al. (2014) ha generado diversas contribuciones, tanto en la industria y como en la academia, diseñando el OpenGIS para el desarrollo de la interoperabilidad e interfaces de programación abiertas para los SIG. Entre los resultados obtenidos se encuentran el formato GeoPackage (.gpkg), adoptado del Open Geospatial Consortium, la cual permite establecer herramientas que ayuden a compartir grandes cantidades de información geográfica entre los usuarios del todo el mundo y aplicar el concepto de interoperabilidad (Rashidan, 2018). Esto fue creado para promover el intercambio de información entre los programas comerciales y programas de libre acceso; además de que presenta como capacidad para base de datos y con un peso ligero para el procesamiento de información en diferentes ordenadores sin tener que recurrir a procesos de transformación.

También, puede establecerse la interoperabilidad entre el Building Information Modeling (BIM) y SIG, donde el módulo de trabajo puede establecerse por diferentes estándares internacionales que permiten este tipo de procesos, como CityGML la cual describe las clases de objetos que se encuentran en un modelo urbano y las relaciones a establecer entre ellos, las cuales definen las características geométricas, topológicas, semánticas y de apariencia (Hernando, 2013). El segundo que se puede mencionar es el Industry Foundation Classes (IFC), la cual Borrmann et al. (2018) establecen como un formato de datos estandarizados para el intercambio de modelos de construcción digital entre cualquier proveedor, así como una base esencial para la incorporación del OpenBIM, siendo esto un BIM establecido en estándares abiertos enfocados a la interoperabilidad y comunicación, siendo un eje central en el proceso de transformación digital (BuildingSmart, 2025).

Entre otras estandarizaciones de datos para este tipo de aplicaciones se encuentran IndoorGML, enfocado en la representación e intercambio de interiores en 2D y 3D a partir de un esquema XML y LandInfra (Borrmann et al., 2018; Diakite et al., 2022; Guyo et al., 2021), siendo este un modelo de datos conceptual abierto que realiza la representación del terreno con elementos de infraestructura civil, integrando temáticas tales como CAD, SIG y BIM (Kumar et al., 2019); interoperando con otros estándares como CityGML y IFC.

6.1.2. La interoperabilidad en la gestión catastral

En el ámbito de la gestión catastral, es una necesidad real mantener la información actualizada y precisa para la toma de decisiones de los entes gubernamentales, con la finalidad de reducir procesos y optimización de los recursos (Sánchez & Yépez, 2024).

Así mismo, Sánchez y Yépez (2024) explican como este proceso debe ser interoperable, la cual los sistemas y organizaciones puedan intercambiar la información de manera eficiente, donde establecen diferentes ideas como las especificaciones de estandarización que impliquen compatibilidad, protocolos en la integración de datos que logren la adición de datos de distintas fuentes y la ejecución de normas de comunicación para la protección de la información catastral. La empresa ESRI ha implementado CatasIA, la cual implementa los programas como ArcGIS Pro, ArcGIS Enterprise y Parcel Fabric en conjunto a flujos de trabajo

para realizar los procesos de actualización, conservación y divulgación de la información en el desarrollo del catastro multipropósito.

6.2. Trámites catastrales

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2024) define este concepto como un conjunto de procesos administrativos referentes a la actualización y conservación de la información física, jurídica y económica que presentan los predios dentro de la base de información catastral. Para iniciar con un trámite, es indispensable tener la información aportada por el usuario, la cual se pueden presentar de manera virtual o presencial, donde la entrega puede determinarse de forma física, digital o magnética.

Entre los documentos se encuentran: documento de solicitud o solicitud verbal, copia del documento de identificación o certificado de existencia de la empresa y representación legal, certificación de tradición y libertad, copia de la escritura pública y recibo de servicios públicos; siendo obligatorios para continuar con el procedimiento. Otros documentos que se adoptan a este diligenciamiento y que pueden variar según el proceso de adquisición del predio son las sentencias judiciales, ya sea por división material, solicitud de derecho de pertenencia o expropiaciones por vía judicial para entidades públicas; o resoluciones, como lo son de la Agencia Nacional de Tierras (ANT) para la parte rural, Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Caja de Vivienda Popular, Secretaría Distrital de Ambiente, etc. Adicionalmente, los usuarios también incorporan la factura predial, planos del inmueble, fotografías, formato de revisión, entre otros. Toda la información aportada por el usuario pasa al proceso de radicación.

6.2.1. Gestión de estudio previo y estudio técnico-jurídico

En el proceso de gestión catastral, particularmente en el componente físico–jurídico, la asignación de un funcionario constituye la etapa inicial para el análisis de cada trámite. A partir de esta asignación, se desarrolla un estudio previo que da paso al análisis técnico-jurídico, en el cual se evalúa la viabilidad de la radicación mediante la verificación de la correspondencia entre la información suministrada por el usuario y la realidad física del predio. Este análisis incluye aspectos como linderos, área, uso del suelo y características constructivas.

Para efectos del presente trabajo este procedimiento es fundamental y define los métodos

de recolección, la UAECD (2024b) menciona las diferentes metodologías para obtener información establecidos en el Decreto 148 de 2020, la cual se menciona en el Capítulo 2: Procedimientos de enfoque multipropósito (Presidencia de la República, 2020), en él se encuentran los métodos directos que exigen una visita a terreno para detallar y recolectar la realidad física del inmueble, como también métodos indirectos basados en la recopilación de datos por medio imágenes satelitales, cartografía, fotografías del predio, escrituras, planos, plataformas de interoperabilidad entre entidades como la Ventanilla Único de Registro (VUR), modelos estadísticos y fuentes secundarias como los observatorios inmobiliarios; esto para incorporar la información a la base de datos catastral.

La incorporación del estudio técnico-jurídico es necesario, ya que es indispensable para garantizar tanto la exactitud como la confiabilidad de la información a entregar (Moreno, 2024). En el contexto de este trabajo, dicho proceso inicia con la solicitud presentada por el usuario, a partir de la cual se elabora un informe preliminar que permite el seguimiento de la radicación.

El contenido que presenta es la descripción del caso en conjunto a la información que tiene el predio según la documentación adjuntada y la información registrada en la base catastral. Moreno (2024) indica que una de las herramientas a utilizar es el Sistema de Información Integral Catastral (SIIC), permitiendo la consulta del predio a estudiar. Dentro de las características que presenta están la ubicación, información del propietario, información física como el uso del predio, destino catastral, área de terreno y área construcción. También se encuentra la información jurídica como el tipo de documento, matrícula inmobiliaria, tipo de propiedad; y la información económica referente al valor del m2 para construcción y terreno según el avalúo establecido a partir de los Zona Homogéneas Físicas (ZHF) y Zonas Homogéneas Geoeconómicas (ZHC).

6.2.2. Visita técnica puntual

Todas las radicaciones que requieran este procedimiento se agrupan por localidades, en conjunto a la organización y planificación de las rutas teniendo en cuenta el código de sector, fecha de asignación del radicado y solicitudes emitidas por entidades que son prioridad para la entidad (UAECD, 2024b). Para implementarla es necesario diligenciar una solicitud

de visita técnica, ya que es indispensable para dejar registro del requerimiento y establecer el procedimiento administrativo a ejecutar (Moreno, 2024). Posteriormente, el líder encargado debe dar el visto bueno para poder coordinar la visita a terreno.

La metodología que presenta la visita a campo consta de medición por medio de cinta métrica o decámetro, toma de fotografías para la generación de informes y realización de bosquejos que permitan detallar la composición del inmueble, tales como el número de pisos o voladizos, uso que presenta e incorporación de área de terreno o de construcción, entre otros. Establecido la visita, se debe realizar un informe donde se relate cada aspecto visto en la inspección, tales como las condiciones del predio y la descripción de las observaciones realizadas (Moreno, 2024).

Aunque la visita a campo puede establecer como un método directo indispensable para obtener información del inmueble, cabe aclarar que también hay otros insumos dentro de los métodos indirectos capaces de recolectar parcialmente datos de un predio. Entre los ejemplos están Google Street View, la cual es un servicio incorporado dentro de Google Maps y Google Earth que ofrece una colección simultánea en múltiples direcciones de una ubicación única, generando una vista panorámica (Kelly et al., 2013).

Otras herramientas que se contemplan son intrínsecas, es decir que únicamente la entidad posee para sus funcionarios, entre los cuales está el aplicativo FOCA, la cual permite visualizar fotografías históricas contenidas en la base catastral, esto de visitas previas a los inmuebles que fueron seleccionados en anteriores procesos de censo inmobiliario. También puede mencionarse el gestor de contenidos WCC, donde Moreno (2024) describe como un gestor que facilita la visualización, almacenamiento y recuperación de documentos establecidos en trámites catastrales. Finalmente, está el visor geográfico, donde puede visualizarse toda la información geoespacial correspondiente a los inmuebles de la ciudad de Bogotá.

El siguiente proceso una vez realizado el informe de visita técnica puntual y el bosquejo para actualización cartográfica sigue el control de calidad, cuyo procedimiento mencionado por la UAECD (2024b) ahonda en primera instancia en que el profesional que haya realizado el proceso de visita de terreno, debe disponer del expediente digital con la información cargada del procedimiento realizado para subirlo al repositorio, en conjunto a que el auxiliar de asig-

nación de tramites deba realizar el proceso de transferencia al profesional líder de control de calidad.

Finalmente, la culminación de una radicación se da cuando se notifica por medio electrónico o medio físico a través de carta de correspondencia el resultado del proceso de actualización mediante resolución, notificando las modificaciones realizadas al inmueble, ya sea en la parte física o jurídica.

6.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Consultando diversas fuentes de información, se identifican numerosos conceptos sobre lo que es un Sistema de Información Geográfica (SIG). Algunos autores lo definen como un conjunto de herramientas destinadas a representar información georreferenciada, otros como un sistema integrado. Por esta razón, se aborda el concepto desde distintas perspectivas, con el fin de lograr una definición completa y estructurada.

En primer lugar, Goodchild (1992) introduce el concepto de ciencia de la información geográfica que se encarga de “estudiar los problemas derivados del manejo de información espacial”. Con esta definición el autor propone que el uso de los SIG debe analizarse de manera conjunta con una ciencia propia.

Desde la perspectiva clásica, Burrough y McDonnell (1998), considerados referentes en la mayoría de los estudios académicos actuales, define un Sistema de Información Geográfica (SIG) como un conjunto de herramientas capaz de capturar, almacenar, transformar y visualizar los datos espaciales derivados del mundo real. Estos sistemas se basan en modelos de datos espaciales asi como los modelos vectorial y ráster, lo que convierte a esta definición en un concepto amplio y valioso para comprender que la utilidad de los SIG se orienta al desarrollo de análisis más complejos de lo que se pensaba en un inicio.

Siguiendo con los conceptos, es preciso señalar que, según las fuentes consultadas, la definición de los sistemas de información geográfica ha progresado, incorporando análisis cada vez más complejos y ampliando su aplicación a diversos campos de conocimiento, que han quedado plasmados en múltiples artículos académicos. Sendra y García (2000) redacta la importancia de los SIG en la planificación territorial como herramienta fundamental para la

toma de decisiones, especialmente en la gestión y descripción del territorio, aportando soluciones y alternativas que permiten integrar estos procesos y facilitar su comprensión.

De igual manera, Preciado (2004) a partir de su obra consultada en su edición más reciente, aborda el concepto de los SIG, como herramientas multipropósito, orientadas a la solución de problemas en diversos campos, lo que resulta en una visión integral de estos sistemas; además menciona su relevancia en el territorio y el medio ambiente.

Por su parte, Olaya (2020) plantea una definición más integral, en la que reconoce que los conceptos clásicos aportaron las ideas fundamentales, pero sostiene que, en la actualidad, deben ser más amplios para reflejar su complejidad real. En ese orden de ideas resulta preciso definir un SIG, como un "sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica" y su función principal es capturar, analizar, y representar datos espaciales.

Desde esta perspectiva, es necesario considerar y traer a colación los conceptos actuales de los SIG, desde un enfoque tecnológico y aplicable. En este sentido, se considera "Una tecnología que sirve para crear, administrar, analizar y representar geográficamente los datos espaciales" (ESRI, s.f.).

6.3.1. Componentes SIG

Después de exponer los conceptos y la integralidad de los sistemas de información geográfica, se describen a continuación sus componentes, los cuales han sido identificados considerando su importancia dentro del proceso. Se reconocen cinco componentes principales, los cuales son: los datos geográficos, los métodos, software, hardware, y personas (Morales et al., 2025).

Complementando esta parte fundamental, Preciado (2004) plantea una clasificación de los componentes SIG en dos grandes grupos: el componente tecnológico y el componente humano. El componente tecnológico se divide, a su vez, en el componente lógico representado por el software, y el componente físico, por el Hardware; de la misma manera los datos geográficos, se clasifican como un componente esencial del sistema. Por otro lado, el componente humano es el encargado de la operación técnica y analítica, que desempeña un papel fundamental en el desarrollo de proyectos de gran magnitud relacionados con en el manejo

de datos espaciales.

Finalmente, Preciado (2004) recomienda establecer métodos de trabajo, claros y coherentes, para integrar de manera adecuada cada uno de los componentes descritos, asegurando no solo la calidad de la información, sino también el correcto funcionamiento del sistema. Afirma que dichos componentes, se deben considerar de forma conjunta e integrada, y no de manera aislada, con el fin de garantizar resultados confiables en el análisis de la información.

6.3.2. Herramientas SIG (Software)

Como se expuso anteriormente, el componente tecnológico constituye una parte fundamental de los Sistemas de Información Geográfica, ya que, de su elección depende que los procesos se desarrollen de manera satisfactoria. Por esta razón la selección de un software SIG es esencial y se encuentra directamente relacionada con los demás componentes del sistema, asi como con los objetivos y las necesidades propias de cada proyecto.

Desde este punto de vista, el software SIG se clasifica en software libre y Software comercial. El software libre garantiza al usuario final, la libertad de ejecutar el programa en cualquier entorno, y estudiar su funcionamiento con el fin de adaptarlo a necesidades propias, redistribuirlo y mejorarlo (Megías et al., 2016). Por su parte, Olivo (2019) define el software libre como una tecnología de código abierto que permite su adaptación; mientras que, los softwares comerciales no se dejan modificar y prohíben su redistribución.

Entre los principales ejemplos, se encuentran ArcGIS, que corresponde a un software de uso comercial, y dispone de herramientas para el análisis topográfico, la gestión de calles, así como opciones avanzadas de simbología y escalas cartográficas. En cambio, QGIS, como software libre, se caracteriza por ser una herramienta de alta calidad, y de acceso gratuito, que ofrece extensiones y complementos Plugins, para la geografía y el análisis espacial (Olivo, 2019).

La elección, entre uno u otro, depende de las necesidades específicas del usuario y el tipo de proyecto. En este contexto, ArcGIS es un “software de SIG de escritorio para la representación cartográfica avanzada, el análisis, y administración de datos geográficos” (ESRI, s.f.). Debido a estas características, es utilizado en proyectos de gran escala y en entornos

empresariales que requieren herramientas robustas para el manejo y análisis de la información espacial como por ejemplo la georreferenciación de trámites catastrales en la UAECD.

6.4. Herramientas ETL

Las herramientas ETL (Extract, Transform, Load) surgen como respuesta a la necesidad de integrar grandes volúmenes de información heterogénea. Su concepto se encuentra relacionado con el que plantea Inmon (2002) en su libro sobre el almacén de datos (Data warehouse), el cual constituye una base fundamental para el análisis y la toma de decisiones en las organizaciones. Inmon (2002) define el almacén de datos como un sistema orientado a temas clave del negocio, integrado al combinar datos provenientes de diversas fuentes, no volátil.

En la misma obra se presentan las primeras definiciones de lo que sería una herramienta ETL, la cual se define como “el proceso de tomar datos de aplicaciones heredadas e integrarlos en el almacén de datos” y se defiende la idea de que ese proceso es necesario, ya que los datos no integrados resultan complejos y difíciles de manejar.

Diversos autores han resaltado la necesidad de realizar esta integración de datos de manera adecuada; en este sentido, Kimball y Caserta (2004) mencionan que la integración de la información facilita la toma de decisiones en una organización, lo que a su vez contribuye a mejorar la calidad de la información.

6.4.1. Soluciones ETL

Después de definir las herramientas ETL, existen varios estudios y consultas bibliográficas relevantes sobre el tema, lo cual evidencia su importancia y su implementación en investigaciones académicas. En este contexto, Aqlan y Nwokeji (2018) presentan una revisión sistemática de la literatura y analizan como se han implementado las soluciones ETL en la investigación.

A partir del análisis de diferentes artículos, los autores abordan los conceptos de conjuntos de datos asociados al Big Data, los cuales describen como “datos complejos de procesar”. Igualmente, proponen una definición de los procesos ETL estructurada en tres pasos: extracción de datos en diferentes formatos (CSV, XLS, XML, entre otros), transformación mediante

filtrado y clasificación, y Carga, en la cual los datos son migrados a un almacén de datos para su procesamiento.

El articulo desarrollado por Muñoz et al. (2011), aborda el uso de procesos ETL mediante un mapeo sistemático de literatura, en el cual se analizan y evalúan las características asociadas a estos procesos. Este estudio aporta un elemento valioso al demostrar que el tema ha sido ampliamente investigado, identificando las formas en que los procesos ETL se modelan teóricamente y los problemas que se presentan durante su desarrollo, lo que permite establecer un criterio académico sustentado. Los autores afirman que el uso de los procesos ETL son fundamentales para la integración de datos.

De acuerdo con Muñoz et al. (2011), los estudios respaldan que la correcta ejecución de las actividades de extracción, transformación y carga, permiten garantizar la calidad de los datos, lo cual resulta esencial para la toma de decisiones. De este modo, describen las características clave para el proceso, entre las cuales se encuentran las fuentes de datos, las transformaciones, y los flujos de información, señalando que la incorporación de un mayor número de actividades asociadas a estas características fortalece el enfoque de estos procesos.

6.4.2. Etapas del proceso ETL

En el reciente artículo de Seenivasan (2023), se mencionan algunas actividades orientadas a mejorar los procesos ETL, con el objetivo de solucionar las dificultades que implica la toma de decisiones basada en “datos heterogéneos procedentes de diferentes fuentes y formatos”. Desde esta perspectiva el autor señala que “la validación de datos, la limpieza y el control de calidad son actividades fundamentales para el éxito de los procesos ETL”, ya que contribuyen a mejorar la precisión de la información.

Ahora bien, el autor sustenta que la validación de datos incluye la ejecución de actividades de limpieza, eliminación de registros duplicados y corrección de valores atípicos. Además, se destaca la importancia de almacenar datos históricos para su indexación, con el fin de optimizar y agilizar la consulta de la información. Posteriormente, se sugiere la implementación de la gestión de errores, como una fase clave que permite garantizar la confiabilidad en

los procesos ETL.

Estos procesos son significativos y adquieren mayor importancia con el paso del tiempo. Según García et al. (2018), las compañías actuales manejan bases de datos cada vez más grandes, por lo que “deben existir herramientas que respondan a esa necesidad inevitable de crecimiento para homogeneizar datos”. Por otro lado, consideran las herramientas ETL como un componente fundamental para el análisis de datos en contextos de investigación y en la toma de decisiones importantes.

Finalmente, Kherdekar y Metkewar (2016) abordan la importancia de elegir correctamente las herramientas ETL de acuerdo con el contexto, y las necesidades específicas de cada proyecto e investigación, considerando algunos aspectos como el volumen de datos e información, y los objetivos planteados. Cada herramienta ETL presenta diferentes fortalezas y limitaciones, por lo que su elección debe realizarse de manera coherente y acertada.

6.5. Control de calidad de la información geográfica

El control de calidad es un conjunto de procesos y requerimientos que una entidad o empresa debe realizar para garantizar la confiabilidad de la información geográfica que se esté produciendo. ICONTEC (2010) menciona que este proceso es indispensable para satisfacer las necesidades del usuario que lo requiera en un proyecto determinado. Existen normativas que guían al productor de la información a establecer variables y requerimientos a la hora de evaluar, aunque estos también tienen la opción de establecer directrices de porcentajes de error según la obligación que se tenga al momento de crear datos geográficos. Actualmente, las principales empresas y entidades en Colombia toman como insumo para realizar este tipo de tareas la NTC 5403 y la ISO 19157.

7. MARCO NORMATIVO

Este apartado expone la normatividad adoptada por la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (U.A.E.C.D) para todos los procesos que desarrolla en el marco de la gestión catastral del Distrito Capital, y que estén asociados a la implementación de los Sistemas de Información Geográfica. Aunque el enfoque del presente proyecto este centrado en la generación de una herramienta SIG para la georreferenciación de trámites que requieran de visita a campo, es indispensable considerar la normativa asociada a la formación catastral, dado que el procedimiento hace parte de los procesos de formación, actualización y conservación catastral adelantados por la entidad. Asimismo, se adopta la normatividad técnica, la cual sirve como fundamento para establecer un control de calidad a la información geográfica generada en el desarrollo de este trabajo de grado. A partir de la Tabla 1, se muestra la normatividad implicada dentro del proceso de trabajo de grado.

De igual manera, es menester aplicar dentro del contexto de este proyecto el Artículo 365 del Capítulo 5: *"De la finalidad social del estado y de los servicios públicos de la Constitución Política Colombiana, definiendo lo siguiente: "Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional."* (Asamblea Nacional Constituyente, 1991, art. 365).

Normatividad técnica			
Nombre de la normativa	**Entidad que lo expide**	**Descripción**	**Aplicabilidad en el trabajo de grado**
ISO 19157	International Organization for Standardization	Esta normativa técnica establece los principios para describir la calidad de los datos geográficos y conceptos para el manejo de la información de la calidad de los datos geográficos, modelos consistentes y estandarizados para determinar e informar la calidad de la información de un conjunto de datos (ISO,2013). Así mismo, la ISO provee directrices para los procedimientos de calidad de información cuantitativa para los datos geográficos.	Las normativas mencionadas establecerán los lineamientos de control de calidad de la información geográfica generada, a partir de fuentes de información consolidada por parte de la UAECD. Para ello, se aplicarán las directrices de evaluación cualitativa y cuantitativa al producto generado en el modelo, así como una descripción que detalle el propósito de la creación de los datos.
NTC 5043	ICONTEC	Implementa la descripción de la calidad de los datos geográficos establecidos en formato digital y análogo, esto para el fácil manejo de la información, identificar y documentar la calidad de un conjunto o subconjunto de datos (ICONTEC, 2010).	
Normatividad jurídica			
Nombre de la normativa	**Entidad que lo expide**	**Descripción**	**Aplicabilidad en el trabajo de grado**
Ley 14 de 1983	Congreso de la República de Colombia	Esta ley describe el fortalecimiento de los fiscos (impuestos) en las entidades territoriales y otras disposiciones. El enfoque hacia el proyecto se da en el Capítulo 1, mencionando la normatividad del catastro, impuesto e impuesto de renta y complementos (Ley 14, 1983).	El propósito de la inclusión de la ley que conforma el catastro, así como la normatividad que establece los procesos de gestión catastral en el país, es contextual. La incorporación dentro del proceso de implementación del modelo SIG, así como en la generación de información geográfica, es indirecta. Esto se da porque la creación de un modelo SIG en la gestión de trámites catastrales permite aumentar la eficiencia en la asignación de funcionarios para visita a terreno. El resultado general es mejorar el rendimiento en los procesos de actualización y conservación catastral de la entidad.
Resolución 070 de 2011	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Reglamenta la formación, actualización y conservación catastral (IGAC, 2011).	
CONPES 3958 de 2019	CONPES	La normativa se refiere a la estrategia para la implementación de la política pública de Catastro Multipropósito, donde se adopta un plan de acción para el aprovechamiento de la información catastral, así como la capacidad de las entidades públicas para la actualización progresiva de la información catastral en todo el territorio nacional (CONPES, 2019).	
Decreto 148 de 2020	Presidencia de la República	Menciona las disposiciones generales del servicio público de gestión catastral, procedimientos de enfoque multipropósito, información económica catastral y los procesos de inspección, vigilancia y control de la gestión catastral (Decreto 148, 2020).	
Resolución 1040 de 2023	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Esta resolución establece la gestión catastral con enfoque multipropósito en la adopción del modelo de gestión y operación catastral, así como la definición de gestores catastrales, regulación de gestión catastral, especificaciones técnicas de bases de datos e implementación de guías en formación y actualización catastral, entre otros (IGAC, 2023).	
Resolución 746 de 2024	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Modifica la Resolución 1040 de 2023, la cual ajusta el marco técnico del Catastro Multipropósito en sus anexos 1, 8, 10 y 11, con la finalidad de garantizar una mejor integridad, coherencia y armonía del contenido con la regulación única de la gestión catastral multipropósito (IGAC, 2024).	

Tabla 1: *Normatividad contemplada para el proyecto de pasantía*
Fuente: *Elaboración propia*

8. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PASANTÍA

La pasantía se desarrolló en la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), específicamente en el área de censo, la cual está conformada por un líder de proceso. Las actividades descritas a continuación, se realizaron de manera conjunta, lo que permitió su correcta y oportuna ejecución.

En el desarrollo de la pasantía se dividen según las labores asignadas correspondiendo a las actividades de apoyo en el área de actualización en la Subgerencia Física y Jurídica como también actividades de proyecto de investigación referentes a la creación del modelo SIG de trámites catastrales sugerido por la misma subgerencia para mejorar la eficiencia en la asignación de reconocedores prediales que deben ir a campo a visitar los bienes inmuebles que presentan un radicado.

En el marco de las actividades de apoyo institucional, se llevaron a cabo trámites de mutaciones catastrales de segunda clase, correspondientes principalmente a cambios de linderos, incluyendo procesos de englobe y desenglobe de predios bajo el régimen de no propiedad horizontal (NPH).

8.1. Actividades de apoyo institucional

En estas actividades se apoyaron trámites de mutaciones catastrales de segunda clase, correspondientes principalmente a cambios de linderos, incluyendo procesos de englobe y desenglobe de predios bajo el régimen de no propiedad horizontal (NPH). Estas actividades se desarrollaron considerando los aspectos físicos y jurídicos, mediante el uso de herramientas institucionales para la generación de soportes técnicos para la actualización cartográfica.

La pasantía se estructuró en etapas secuenciales, lo que permitió garantizar la entrega de los productos finales de acuerdo con los requerimientos establecidos que se describen a continuación.

8.1.1. Inducción y reconocimiento de procesos

En esta etapa se realizó la inducción a los procedimientos internos de la entidad, relacionados con los trámites de englobe y desenglobe de predios NPH, así como al funcionamiento de los diferentes programas utilizados durante el proceso. Entre las herramientas institucionales empleadas se encuentran:

- **SIIC (Sistema Integral de Información Catastral):** utilizado para la consulta de información física, jurídica y económica de los bienes inmuebles ubicados en Bogotá.
- **VUR (Ventanilla única de registro):** empleada para consultar y validar la situación jurídica de los predios.
- **Visor cartográfico institucional:** utilizado para la visualización, consulta, y análisis gráfico de la información física y jurídica de los inmuebles, así como para la localización de predios verificación de áreas construidas, linderos, y referencias catastrales.

Una vez comprendido el flujo de trabajo, se realizaron actividades de depuración e identificación de 20 predios iniciales con fines de aprendizaje práctico, analizando las matrículas matrices y segregadas correspondientes a cada caso.

8.1.2. Asignación de predios

En esta etapa se asignaron aproximadamente 500 predios correspondientes al reporte SNR-02, los cuales fueron analizados de manera detallada con el fin de recopilar la información necesaria para su gestión.

Durante este proceso se realizó una depuración de la base de datos, dado que algunos predios correspondían a otros municipios, o a registros relacionados con tumbas. Posteriormente, se determinó la ubicación precisa de cada predio, lo que permitió establecer conclusiones orientadas a definir la solución más adecuada para cada caso, respondiendo a la necesidad de resolver los trámites y efectuar su correspondiente actualización en el sistema catastral.

La información obtenida fue consolidada en un informe que respaldó la toma de decisiones, también se elaboró un cuadro en Excel que resume la información recopilada, con el propósito de facilitar el control y seguimiento de los predios analizados.

8.1.3. Actualización cartográfica

Una vez validada la información jurídica e identificada la ubicación precisa de los predios, se procedió a realizar la actualización cartográfica con ArcGIS Pro. En el software se utilizaron herramientas como Merge, Split, Unión, Edición de Vértices y creación de atributos para realizar procesos de rectificación de áreas y modificación de linderos.

Como resultado, se generaron los bosquejos cartográficos pertinentes, incluyendo sus respectivas acotaciones, achurados y la nomenclatura asignada según cada caso. También se elaboró un informe técnico que contenía la descripción de los ajustes realizados, el cual fue remitido al área correspondiente para la ejecución de la actualización cartográfica definitiva.

8.1.4. Diligenciamiento de fichas prediales y cierres de procesos

Una vez realizada la actualización cartográfica de los predios, se procedió al diligenciamiento de las fichas prediales como etapa final del proceso. Esta actividad resultó exigente, dado que debía elaborarse una ficha predial por cada predio segregado, así como en otros escenarios que se describen a continuación:

- Incorporación de predios nuevos: referente a los predios generados como resultado de procesos de englobe o desenglobe, que debían ser incorporados al CT como nuevos registros o también en los casos en que los predios pasaban de condición de mejora a lote asignándoles su respectiva matrícula inmobiliaria.

- Borrado de predios: se diligenció una ficha predial por cada predio que debía ser eliminado del CT, ya sea porque no conservaba su área remanente o porque, tras un proceso de desenglobe, se generaban nuevos predios y el predio matriz dejaba de existir.

- Cambio de propietarios: se diligenciaban las fichas prediales para predios registrados en CT cuya información física y jurídica se encontraba desactualizada.

El diligenciamiento de las fichas prediales abarcó diferentes escenarios, y representó una actividad de alta demanda de tiempo debido al número de predios gestionados y a la necesidad de garantizar la correcta consignación de la información. En esta etapa se consolidaron los productos finales y los soportes técnicos de los predios objeto de estudio.

8.2. Actividades desarrolladas en el proyecto

A partir de las actividades descritas anteriormente y del análisis del flujo de trabajo desarrollado en el área de censo, fue posible identificar algunas limitaciones correspondientes a la gestión y asignación de trámites catastrales que requieren visitas de terreno. Estas dificultades afectaban la trazabilidad en la atención de las solicitudes y la gestión catastral, debido a demoras significativas en la localización de los predios con radicaciones vigentes. Aunque los procesos de englobe y desenglobe se ejecutaban de manera adecuada, la situación demostraba las debilidades en la organización y distribución de la información dentro de la Subgerencia Física y Jurídica de la entidad.

8.2.1. Creación de Modelo SIG para gestión de trámites para visita a terreno

En este sentido, surgió la necesidad de plantear una alternativa orientada a optimizar los procesos operativos institucionales mediante el uso de herramientas ETL en un entorno SIG. Como resultado, durante el desarrollo de la pasantía se propuso el diseño e implementación de un modelo automatizado que permita mejorar la completitud y precisión en la georreferenciación de trámites reducir los tiempos de respuesta y apoyar en la asignación adecuada de rutas para las visitas de terreno en la UAECD, el cual constituye el eje central del presente proyecto.

Entre las actividades realizadas en la implementación del modelo SIG, se destacan; la solicitud ante la subgerencia de los reportes a visita de campo, que para este caso fue del mes de noviembre, dado que es el último periodo donde la entidad gestiona las radicaciones antes de realizar el cierre anual. El número de reportes enviados son 16, donde las fechas van desde el 4 de noviembre del 2025 hasta el 28 de noviembre del 2025. Seguido de esto, se hizo la descarga de la GDB de la ciudad, donde se encuentran información geográfica requerida para realizar este modelo, siendo los más importantes el de lote y las construcciones. Así mismo, se hace la descarga en la extensión Data Interoperability para agregar la información solicitada a la zona de trabajo.

Con la información implementada en la extensión, se realiza el proceso de modelación ETL, donde se hace el cruce de la información consagrada en los reportes con los datos geográficos previamente descargados, pero antes de hacer este proceso, fue necesario realizar

transformación de datos para el primero, ya que este se maneja en un sistema de código alfanumérico, lo cual imposibilita la visualización espacial de los puntos de los trámites requeridos para visita.

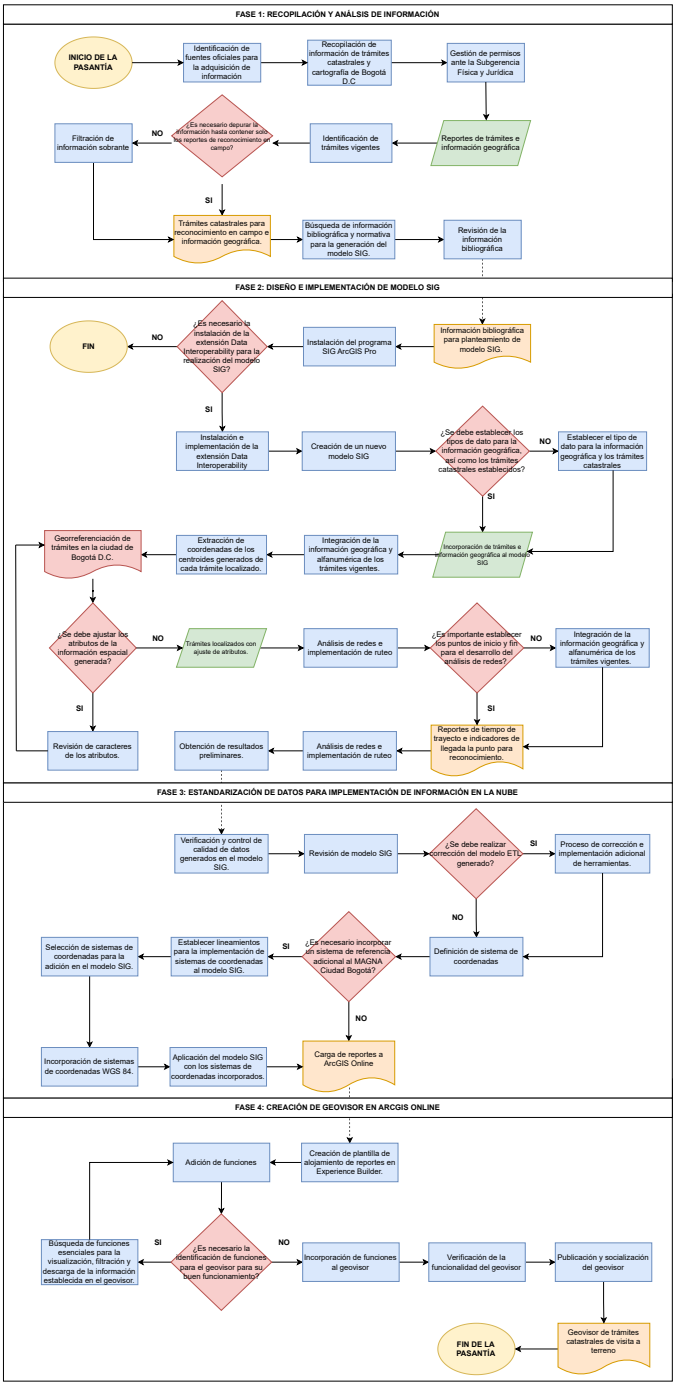
Posteriormente, se realiza el tratamiento de la información unida, tales como la incorporación de sistema de coordenadas WGS84, depuración de información que no tenga importancia para el líder de reconocimiento, implementación del centroide, comparativa de información sobre la que entro, es decir la información de los reportes si hay alguna inconsistencia o error; y por último la importación a la nube, que en este caso se aloja en ArcGIS Online para su publicación en Experience Builder.

No obstante, fue requerido realizar pruebas de calidad posicional, donde se hace medición de precisión de cada centroide generado, ya sea dentro del predio o fuera, esto para que no haya ningún inconveniente al momento de que el modelo sea ejecutado por el profesional encargado. La evaluación se empleará mediante estadística, donde se observará mediante muestreo la exactitud que presenta cada punto de los reportes asignados.

Finalmente, toda la información generada fue publicada en un visor tipo Dashbooard en Experience Builder, diseñado para facilitar la visualización conjunta de los centroides y la gestión de los datos por parte del profesional encargado. Este incluye herramientas como filtrado, descarga de información, visualización de estadísticas, entre otras. No obstante, debido a limitaciones, la descarga de indicaciones de ruteo no se encuentra disponible, por lo que su consulta se realiza únicamente en línea.

9. METODOLOGÍA

El proceso de la pasantía se estructuró en fases con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos y dar respuesta a la pregunta planteada en el problema de investigación, garantizando organización, claridad y efectividad en cada etapa. Para su desarrollo se combinan métodos de análisis espacial, automatización de procesos y gestión de la información. A partir de la Gráfica 1, se describe a detalle todas las actividades en cada fase propuesta.



Gráfica 1: *Diagrama de flujo establecido para el trabajo de grado*

Fuente: *Elaboración propia*

9.1. Implementación de fases

El desarrollo metodológico contempla el uso de fuentes bibliográficas, bases de datos catastrales de la UAECD y recursos propios elaborados durante la pasantía. Como herramientas principales se emplearán ArcGIS Pro y su extensión Data interoperability, para la integración y transformación de datos, para la automatización de tareas repetitivas y generación de reportes. Además, se hará uso de Mendeley como gestor bibliográfico para la organización de referencias y soporte académico. Las fases del proceso metodológico son las siguientes:

9.1.1. Fase 1. Preparación de insumos

En esta fase se realizó la recopilación y organización de los insumos necesarios, tales como reportes, geodatabases, catálogos y dominios. También, se determinaron las entradas, transformaciones y salidas correspondientes a esta fase con el fin de gestionar los permisos pertinentes para su uso. Adicionalmente, se creó un diccionario de datos y se definieron las reglas de negocio relacionadas con los procesos internos de la entidad.

En primer lugar, se definieron dos entradas principales para el desarrollo del proceso. La primera corresponde a la GDB catastral, que contiene la información de los lotes de la ciudad de Bogotá. Estos datos sin procesar fueron obtenidos de la plataforma IDECA (Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital), disponible en el portal web y se encuentran en formatos estándar e interoperables para su integración en el entorno de trabajo.

La segunda entrada corresponde a los reportes de trámites formato XLSX, los cuales son archivos que contienen información almacenada en el entorno Oracle APEX, donde se registran radicaciones vigentes a partir de datos crudos del sistema. Estos reportes presentan un corte semanal, y para el presente estudio, se solicitaron periodos de análisis el mes de noviembre de 2025.

Como resultado de esta fase, se construyó un diccionario de datos con el propósito de describir la estructura de la información tanto de la geodatabase como de los reportes utilizados. Esta documentación define aspectos como el tipo de dato, la longitud y las restricciones de cada campo, lo que garantiza la interpretación de la información de manera consistente.

En la Tabla 2, se presenta un ejemplo del diccionario relacionado con los datos de los repor-

tes de trámites catastrales, mientras que las tablas completas se encuentran en los anexos del presente informe.

CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
Sector	Text	255	Código de sector del inmueble.	N/A	Obligatorio
Ano Radicacion	Double	8	Año de radicación del trámite.	N/A	Obligatorio
Numero Radicacion	Double	8	Número de radicación del trámite.	N/A	Obligatorio
Fecha Radicacion	Date	8	Fecha de radicación del trámite.	N/A	Obligatorio
Codigo Tramite	Double	8	Código del trámite.	N/A	Obligatorio

Tabla 2: *Diccionario de datos para radiciones de terreno (Archivo XLSX)*
Fuente: *Elaboración propia*

Después de obtener los insumos, como parte de las salidas de esta fase, se definieron las reglas de negocio, que se refiere a los procedimientos y el funcionamiento en la gestión interna de la entidad. Estas reglas orientan en la identificación, localización y distribución del proceso en la asignación de trámites catastrales que requieren visita de terreno. El flujo manual del trabajo institucional establece las condiciones para la automatización del modelo propuesto.

Para la identificación de los predios asociados a los trámites que requieren visita técnica, se utilizan los atributos registrados en los reportes, entre ellos el código de sector catastral el cual permite ubicar el predio. La localización se realiza en el visor geográfico institucional de manera manual, y con base en esta localización, los trámites son asignados a los funcionarios responsables según las zonas de trabajo previamente definidas dentro de la localidad.

El análisis de este procedimiento permitió comprender el flujo operativo utilizado, el cual sirvió como base para el diseño del modelo SIG y para la automatización en la georreferenciación y asignación de trámites catastrales.

9.1.2. Fase 2. Diseño e implementación del modelo ETL y georreferenciación

En esta fase se diseñó del modelo ETL utilizando la extensión Data interoperability de ArcGIS Pro, con la finalidad de integrar la información contenida en la geodatabase catastral y los reportes de trámites que incluyen datos alfanuméricos. Durante el proceso se definieron las entradas en diversas transformaciones aplicadas a los datos, entre los cuales incluyen la limpieza, depuración de registros, estandarización e integración mediante uniones (join).

Como resultado, se generó una capa geográfica de puntos que representa la localización de los trámites catastrales, la cual fue visualizada posteriormente en un geovisor. Cada registro incorpora información sobre el método de georreferenciación utilizado y un nivel de confianza satisfactorio relacionado con la localización para evaluar la calidad del proceso de integración de datos. A continuación, se describen actividades realizadas:

En una primera etapa,se realizó la transformación y estandarización del código de sector, con el fin de corregir las diferencias en la estructura del identificador entre los reportes de las radicaciones vigentes y la información cartográfica ya que varían significativamente, como se evidencia en la Figura 1.

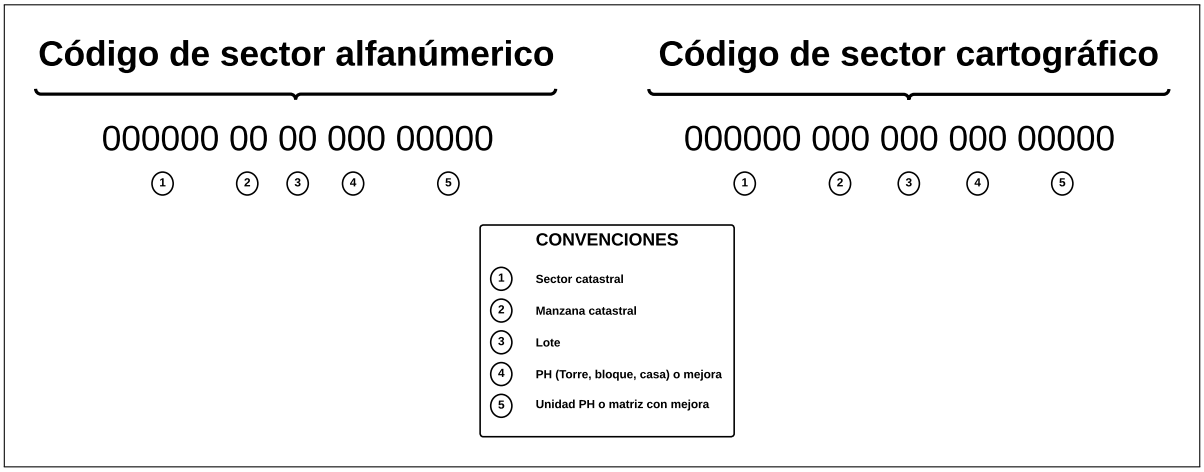


Figura 1: *Código de sector alfanumérico y cartográfico.*

Fuente: *Elaboración propia*

Para el ajuste del del código de sector alfanumérico al cartográfico, se implementó un cero adicional a la parte de la manzana y al lote. En Data Interoperability, el sector es considerado como un valor numérico con una longitud de 18 caracteres, por lo cual es necesario añadir dos caracteres adicionales en las posiciones mencionadas, esto mediante el AttributeManager. La herramienta tiene como funcionalidad la modificación de uno o más atributos y sus principales acciones están renombrar, copiar, eliminar o reordenar (Software, 2019). Así mismo, establece valores para atributos nuevos, existentes y modificados. El método para adoptar es la función en cadena Substring, la cual permite manipular o consultar una información de los caracteres de un atributo (Braunschweig, s.f.). A partir de la Figura 2, se

establece el código para la asignación de ceros al código de sector de los reportes de tramites.

```
@Substring(@Substring(@Value(Sector),0,6)0@Substring(@Value(Sector),6),0,9)0
@Substring(@Substring(@Value(Sector),0,6)0@Substring(@Value(Sector),6),9)
```

Figura 2: *Código para la asignación de ceros.*

Fuente: *Elaboración propia*

El resultado generado es el código de sector con un tipo de dato Varchar de una longitud de 200 caracteres. Sin embargo, para realizar la correcta unión de la información alfanumérica con la espacial, fue necesario depurar los 8 últimos caracteres, dado que no estaban incorporados dentro de la información de la capa de lotes. Para ello se implementó nuevamente la herramienta AttributeManager por medio del Substring, recortando el número de caracteres, pasando de 20 a 12 caracteres como se muestra en la Figura 3.

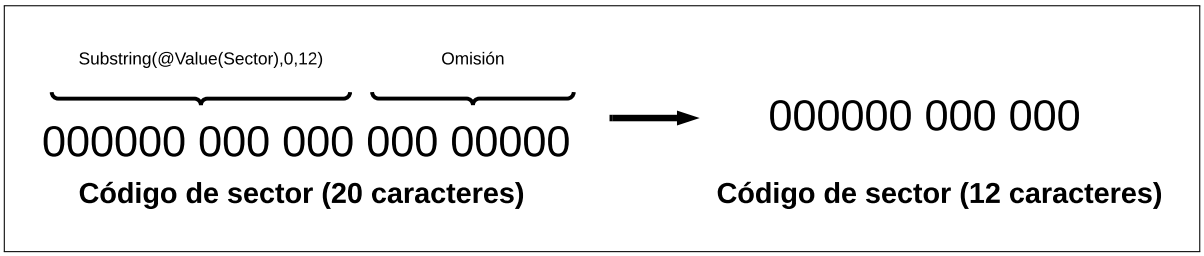


Figura 3: *Transformación de código de sector.*

Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente, se efectuó la unión de la información (Join) entre los reportes y la capa cartográfica de lotes utilizando la herramienta FeatureJoiner. Este proceso se llevó a cabo empleando el código de sector como identificador común entre ambas fuentes de datos.

En el proceso de unión se definió la configuración de Attribute Conflict Resolution, mediante la cual se establece cuál atributo debe conservarse en caso de presentarse duplicidad entre los campos provenientes de las dos fuentes de información. En este caso, se selecciona el atributo correspondiente a una de las tablas (izquierda o derecha), mientras que el atributo alternativo es ignorado. Esta configuración tiene como propósito evitar inconsistencias o du-

plicidad de información durante la integración de los datos.

Por otro lado, la herramienta Geometry Handing, establece el componente espacial en el proceso de combinación, para este modelo se realizó conforme al shape de lotes, porque está representado mediante polígonos. El resultado de la unión de trámites con la capa geográfica de lotes se observa en la Figura 4, así como también La estructura del modelo, observandose mediante la Figura 5.

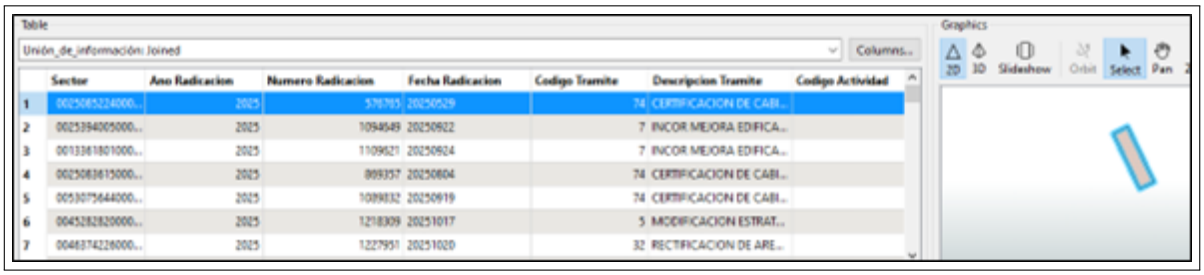


Figura 4: *Unión de reporte de trámites con capa geográfica de lotes.*

Fuente: *Elaboración propia*

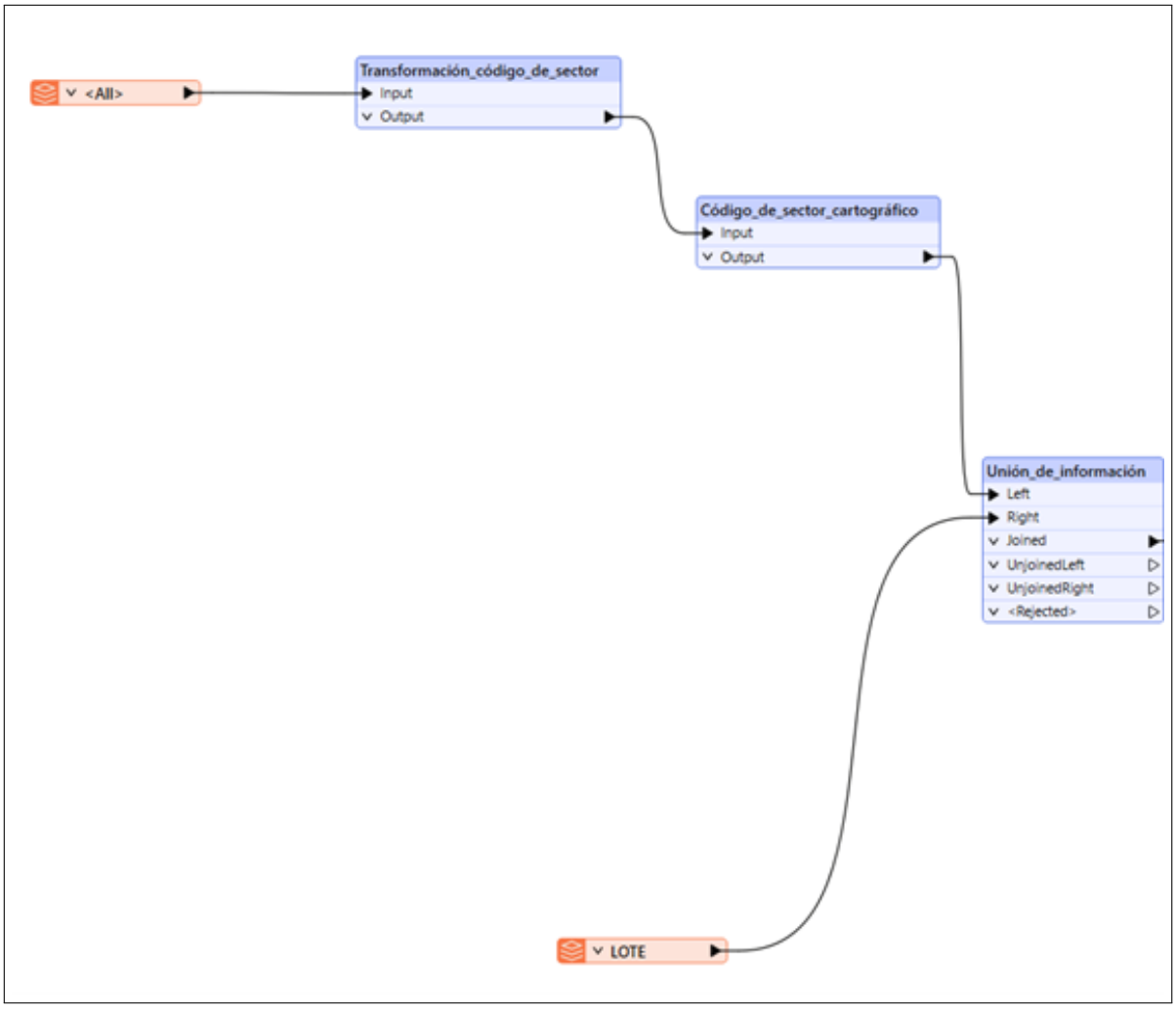


Figura 5: *Estructura de modelo - Unión e integración de información alfanumérica y gráfica.*

Fuente: *Elaboración propia*

Una vez realizado el cruce de información, se generó la geometría puntual de los trámites mediante el cálculo de Centroide de los predios relacionados a trámites vigentes, lo que permitió representar cada radicación como un punto geográfico dentro del sistema con la herramienta CenterpointReplacer.

En el proceso de extracción de coordenadas se utilizó la herramienta CoordinateExtractor, que permite obtener las coordenadas de las entidades generadas en el modelo. Los atributos X y Y fueron definidos como Este y Norte respectivamente de acuerdo con el sistema de coordenadas planas correspondiente a MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá. Luego, se realizó una reproyección al sistema de coordenadas geográficas en el sistema WGS84. Esta trans-

formación permite que los datos puedan ser utilizados en diferentes programas, por lo cual se debe configurar los parámetros como se muestran en la Figura 6 y la visualización del diseño del modelo en la Figura 7.

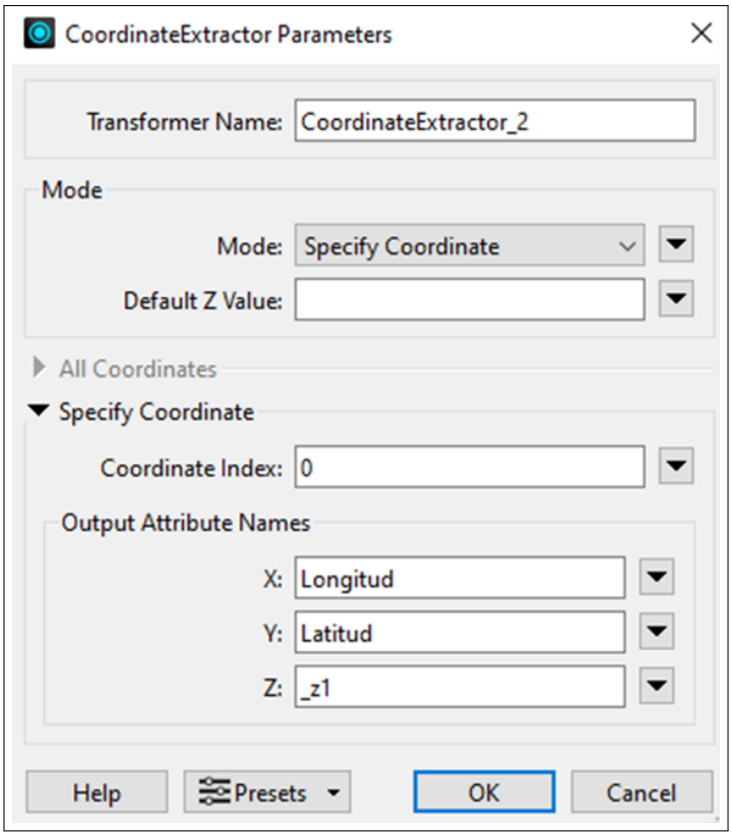


Figura 6: *Parámetros para la asignación de coordenadas*

Fuente: *Elaboración propia*

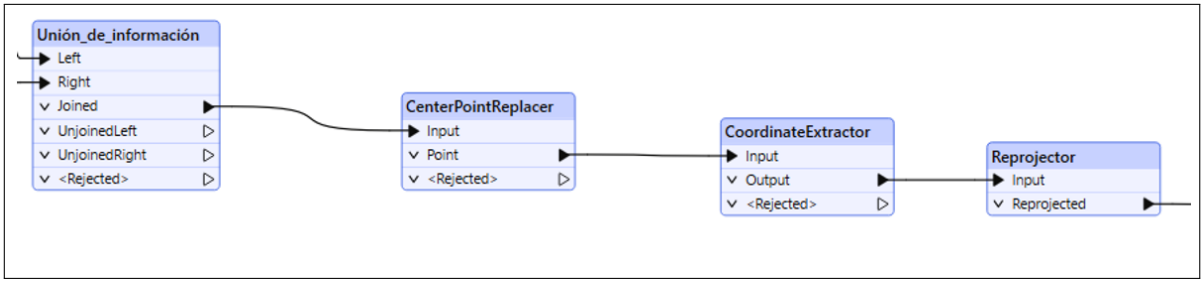


Figura 7: *Modelo SIG - Asignación de coordenadas.*

Fuente: *Elaboración propia*

El líder de reconocimiento encargado de la asignación de visitas técnicas de campo requiere

la ubicación precisa de los predios para establecerrutas optimasrutas óptimasde desplazamiento durante las jornadas de trabajo.

En el ajuste final de atributos se realizó principalmente para la modificación de campos, ya que la interfaz de ArcGIS no permite el uso de espacios ni caracteres especiales, como tildes en la nomenclatura. Adicionalmente, se incorporó un nuevo campo en la capa de centroides destinado a almacenar el código de sector con tipo de dato Varchar.

Para controlar la actualización de la información, identificar cambios en los atributos, nuevas radicaciones y evitar duplicidad en los registros, se agregó la herramienta ChangeDetector para facilitar la actualización en la capa publicada posteriormente en ArcGIS Online como se observa en la Figura 8.

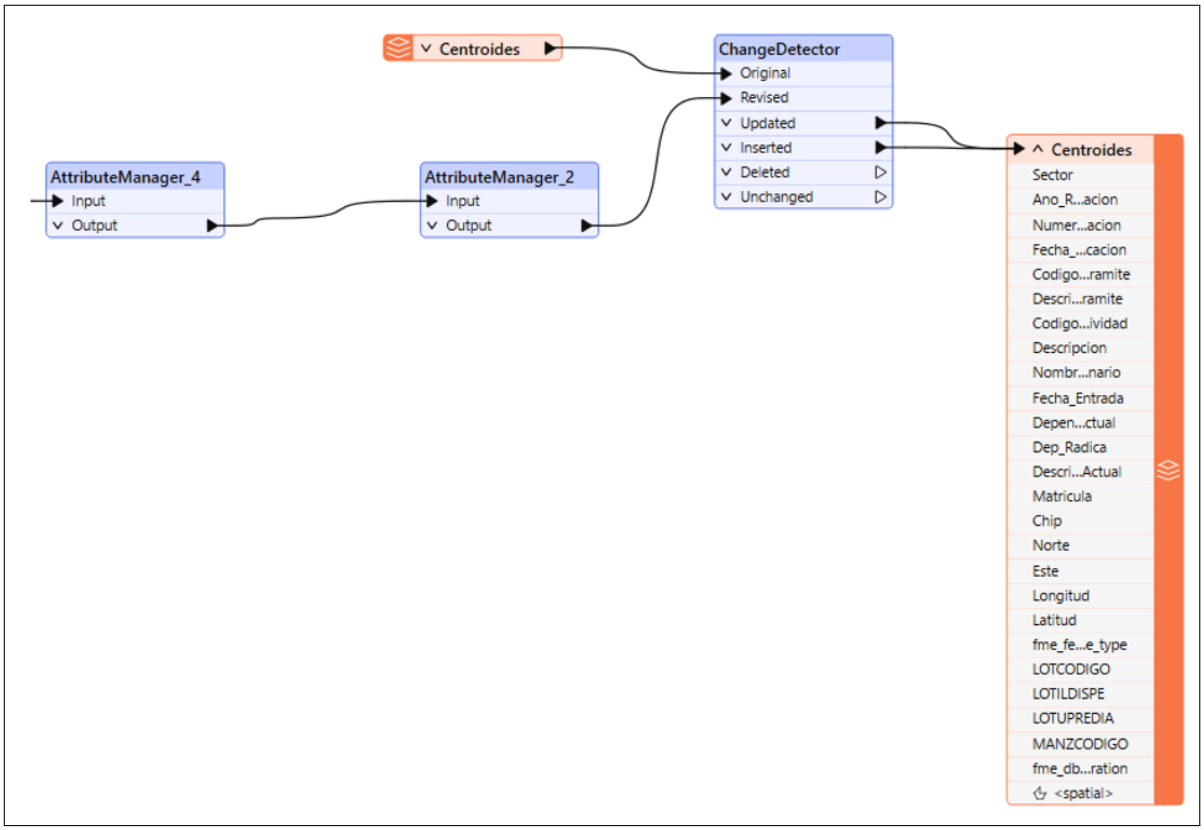


Figura 8: *ChangeDetector para actualización constante de la información.*

Fuente: *Elaboración propia*

A partir de la explicación de las funciones implementadas, se obtiene el marco general del

modelo SIG a efectuar, tal como se muestra en la Figura 9.

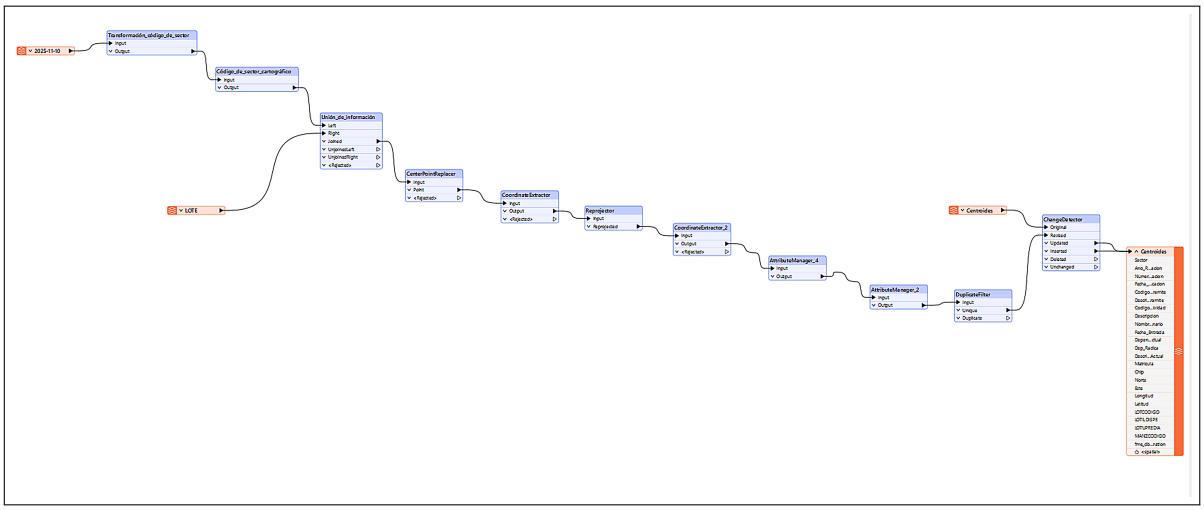


Figura 9: *Diseño final del modelo SIG en Experience Builder.*

Fuente: *Elaboración propia*

Finalmente, como resultado del proceso, se obtuvo una capa geográfica de puntos que representan la localización de los trámites catastrales vigentes observado mediante la Figura 10.

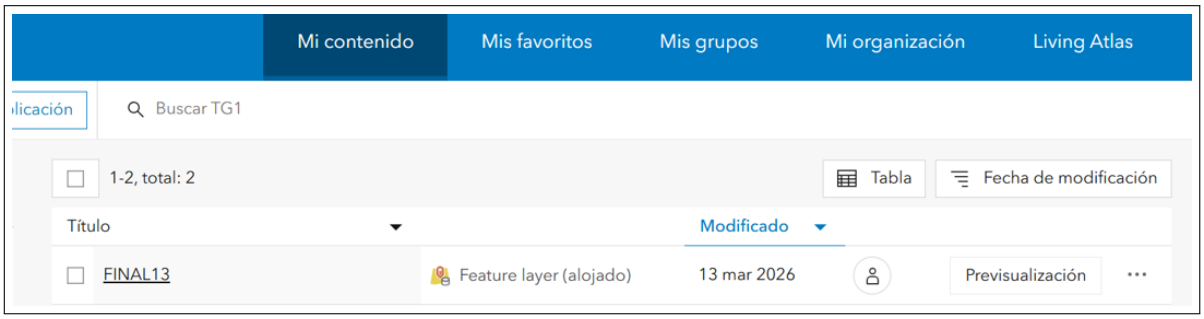


Figura 10: *Capa geográfica de localización de trámites catastrales.*

Fuente: *Elaboración propia*

9.1.3. Fase 3 Control de calidad y validación de datos QA/QC

El control de calidad tiene como propósito asegurar la precisión, exactitud y la integridad de los datos geográficos que están presentes en mapas y contenidos cartográficos (Ore, 2023). En este procedimiento está conformado por procesos que ayuden a que la información sea confiable para su uso, haciendo uso de estándares y normativas (Corradine, 2019).

Dentro de este entorno y asimilando los indicadores cuantitativos como cualitativos a evaluar

según lo reglamentado en la ISO 19157, permiten establecer los criterios de calidad para este insumo. Los factores cualitativos que representan el producto obtenido se encuentran por medio de la Tabla 3.

Elementos generales de la calidad de datos	
Descripción: La información geográfica a evaluar corresponde a los centroides o puntos georreferenciados establecidos para trámites que requieran visita a terreno.	
Propósito	El propósito de la creación de estos puntos obedece a mejorar la eficiencia de los trámites que requieran visita a terreno. En la UAECD, el proceso de asignación de reconocedores se realiza de manera manual, lo cual constituye una metodología obsoleta dada la gran cantidad de radicados que ingresan diariamente a la entidad. Por ello, desde la Subgerencia Física y Jurídica se plantea la creación de un modelo SIG a partir de herramientas ETL, que permita establecer de manera rápida los predios a visitar a partir de centroides, sin necesidad de realizar este proceso uno a uno.
Objetivo	Crear un dato geográfico de tipo punto que ubique, con una exactitud menor a 10 metros de los inmuebles destinados a visita a terreno, con la finalidad de agilizar los procesos de gestión catastral establecidos por la entidad.
Uso de la información	
Los usos de la información dentro del área de reconocimiento son los siguientes: 1. Generar coordenadas geográficas que permitan al reconocedor ubicarse al momento de visitar el inmueble. 2. Establecer una visualización general de los puntos obtenidos de los predios que requieran visita a terreno, para realizar procesos de ruteo por localidad y localidades vecinas. 3. Agilizar el proceso de asignación de reconocedores a partir de la aplicación del modelo y la descarga de resultados alojados en la nube.	
Historia de los datos	
La información de los puntos de trámite para visita a terreno parte, en un principio, de la obtención de la información geográfica correspondiente a lotes descargada desde la página de Datos Abiertos Bogotá y del reporte de trámites correspondiente al mes de noviembre. Al contar con estos dos grupos de información, se evaluaron los datos contenidos en cada uno, con el fin de identificar un atributo común que permitiera su unión. En este caso, se estableció que el código de sector era el más adecuado para el proceso de creación de esta capa de puntos. En la fase de estructuración previa a la creación de este dato, fue necesario realizar una transformación, debido a que los códigos de sector en los datos geográficos y en los reportes presentan diferencias: el primero contiene 20 caracteres, mientras que el segundo contiene 18. Por ello, fue necesaria la inclusión de dos caracteres adicionales en la información contenida en los reportes. Estos caracteres se incorporaron en componentes clave del código, específicamente en las partes de manzana y predio, con el fin de garantizar la unión sin inconvenientes. Una vez integrada toda la información, se realizó un proceso de detección de cambios, mediante el cual se actualizó la información requerida para su posterior publicación en la nube. Esta información contó con control de calidad en términos de exactitud y error, lo que permitió la entrega de un subconjunto de datos confiable.	
Información al momento de usar los datos	
Limitaciones	La información generada a partir del cruce de información puede presentar algunos desajustes, dado que en ciertos casos los predios no se encuentran en la base de datos geográfica de la entidad o pueden corresponder a mejoras.
Confiabilidad	El uso de la información de los centroides es apto para la asignación de reconocedores prediales que deban realizar visitas de campo a los predios establecidos en los reportes diarios de la entidad. La calidad de la información se considera confiable, ya que fue generada a partir de datos de la entidad y sometida a procesos de validación que garantizan su fiabilidad al momento de su uso.

Tabla 3: *Elementos generales de la calidad de datos definidos para la generación de la herramienta SIG*
Fuente: *Elaboración propia*

De este modo, la implementación del control de calidad efectuado para este proyecto está conformado por dos tipos: operativo y espacial. En el operativo incide en la cantidad de datos que se han podido unir en el proceso de incorporación de los trámites con los datos geográficos. Mientras que en la espacial asegura la posición que presenta los centroides obtenidos con respecto a la información incorporada en la base de datos geográfica de la UAECD, específicamente en el dato geográfico de lotes. En este sentido, se incorpora la idea propuesta por Atkinson et al. (2001), siendo esta la comparativa con un mapa de mayor exactitud, la cual ya presenta un control de calidad riguroso.

En la parte cuantitativa es necesario establecer varias temáticas al momento de realizar el proceso de calidad de la información. En primer instancia se establece lo que es el diseño muestral, en la cual el universo contemplado son todos los trámites que la entidad suministro para este trabajo de grado, presentando 2864 trámites que requieren visita a terreno. En el apartado de muestra, se eligieron 48 muestras para el proceso de evaluación de exactitud, esto con el objetivo de ver cuántos predios se encuentran ubicados en el área establecida y cuántos otros se encuentra afuera de ella.

No obstante, también se eligió como muestra todo el universo para la evaluación del índice de error que realiza al momento de unir la información geográfica con respecto a los trámites, dado que es un proceso automatizado, permitiendo evaluar desde ámbito general los datos que no pudieron ser unidos al momento de ejecutar el modelo SIG. El tipo de muestra para la parte de prueba de exactitud es aleatorio tomando puntos en todo el área de la ciudad, mientras que para el segundo es completo dado la facilidad al momento de calcular.

En términos de umbrales de aceptación en términos de calidad espacial o exactitud y operativo con respecto al margen de error se muestran mediante la Tabla 4.

Modo	Variables a evaluar	Porcentaje de aceptación
Operativo	Valor de aceptación	>95 %
	Error de rechazo	<5 %
Exactitud	Precisión con distancia de aceptación de 5 metros	>90 %

Tabla 4: *Variables a evaluar dentro del control de calidad*
Fuente: *Elaboración propia*

9.1.3.1. Control de calidad operativo

En esta parte del procedimiento, se evaluó la información diaria para determinar la cantidad de datos que se integró en el modelo. A partir de la tabla 5 y 6 se establecen los métodos de estimación de la calidad de los datos espaciales para la parte operativa.

Númeral	Componente	Descripción
1	Identificador de la medida	1
2	Nombre de la medida	Valor de aceptación
3	Alias	-
4	Nombre de elemento	Medida
5	Definición	Indica el valor de aprobación que presenta al momento al unir la información de los trámites con respecto a la información geográfica.
6	Descripción	Puede identificar la unión de información masiva.
7	Tipo de valor	Real
8	Estructura de valor	-
9	Ejemplo	95%
10	Medida básica	Tasa de aprobación
11	Fuente de referencia	-
12	Parámetro	-

Tabla 5: *Componente de valor de aceptación*
Fuente: *Elaboración propia*

Númeral	Componente	Descripción
1	Identificador de la medida	2
2	Nombre de la medida	Valor de error
3	Alias	
4	Nombre de elemento	Medida
5	Definición	Establece el error que presenta el producto al momento de unir la información de los trámites con respecto a la información geográfica.
6	Descripción	Puede identificar la unión de información masiva.
7	Tipo de valor	Real
8	Estructura de valor	-
9	Ejemplo	5%
10	Medida básica	Tasa de error
11	Fuente de referencia	
12	Parámetro	

Tabla 6: *Componente de valor de error*
Fuente: *Elaboración propia*

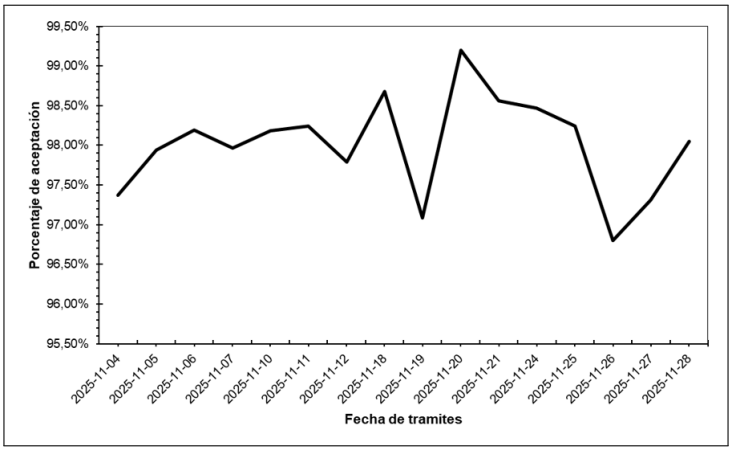
De la misma manera, en la Tabla 7 se evidencia el control operativo descrito.

Trámite	Número de trámites	Trámites espacializados	Trámites que no se espacializaron	Porcentaje de aceptación	Porcentaje de error
2025-11-04	228	222	6	97,37 %	2,63 %
2025-11-05	291	285	6	97,94 %	2,06 %
2025-11-06	277	272	5	98,19 %	1,81 %
2025-11-07	295	289	6	97,97 %	2,03 %
2025-11-10	110	108	2	98,18 %	1,82 %
2025-11-11	285	280	5	98,25 %	1,75 %
2025-11-12	136	133	3	97,79 %	2,21 %
2025-11-18	151	149	2	98,68 %	1,32 %
2025-11-19	103	100	3	97,09 %	2,91 %
2025-11-20	125	124	1	99,20 %	0,80 %
2025-11-21	139	137	2	98,56 %	1,44 %
2025-11-24	131	129	2	98,47 %	1,53 %
2025-11-25	114	112	2	98,25 %	1,75 %
2025-11-26	125	121	4	96,80 %	3,20 %
2025-11-27	149	145	5	97,32 %	2,68 %
2025-11-28	205	201	5	98,05 %	1,95 %
Total	2864	2807	59	98,01 %	1,99 %

Tabla 7: *Resultados de modelación de trámites.*
Fuente: *Elaboración propia*

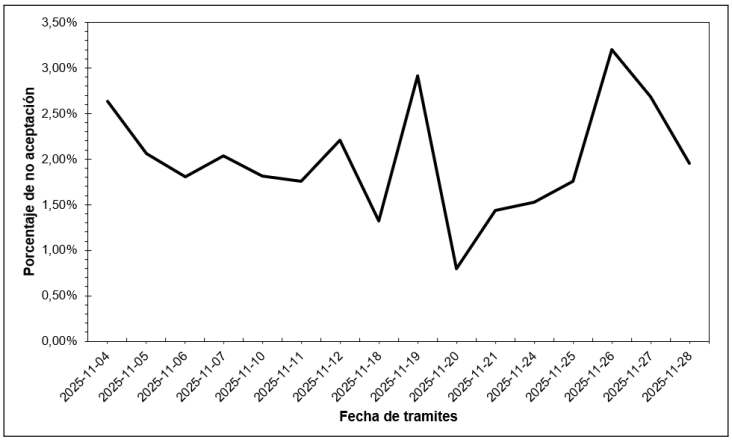
La totalidad de reportes procesados observados en la tabla es de 2864, registrados entre el 4 de noviembre del 2025 y el 28 de noviembre del 2025. Durante el proceso de modelación se identificaron 59 trámites que no lograron unirse, lo que equivale a un porcentaje de error del 2 %. Este resultado indica que el proceso de unión presenta un comportamiento favorable, ya que la mayoría de los trámites logra integrarse correctamente y convertirse en centroides dentro del modelo.

Al momento de desglosar la información se visualiza como el porcentaje de aceptación no baja del 96 %, esto garantizó que el modelo evidenciará una excelente funcionalidad al momento de ejecutarlo. En la Gráficas 2 y 3, se muestra el porcentaje de aceptación y de no aceptación para cada trámite.



Gráfica 2: *Porcentajes de aceptación de modelación SIG de trámites para visita a terreno*

Fuente: *Elaboración propia*



Gráfica 3: *Porcentajes de No aceptación de modelación SIG de trámites para visita a terreno*

Fuente: *Elaboración propia*

Los trámites que no fueron aceptados pueden obedecer a diversos motivos. Entre ellos se encuentra que el predio no se localiza en la cartografía disponible, aunque sí aparece registrado en la base catastral SIIC; también puede tratarse de predios que aún no existen en la base cartográfica y deben ser creados, o corresponden a registros asociados a mejoras. En estos casos, se genera un archivo en Excel en el que se relacionan los trámites que no lograron unirse durante el proceso. En la Tabla 8, se observa la tendencia central del modelo al momento de su ejecución.

Tendencia central	Valores
Media ($\bar{x}$)	3.69
Mediana ($\tilde{x}$)	3.5
Moda (M_o)	2

Tabla 8: *Valores de tendencia central de trámites no ejecutados.*

Fuente: *Elaboración propia*

Con esa información, se observa que la media de error que presenta es de 3.69, que aproximado es de 4 trámites que no fueron ejecutados por cada reporte, lo cual garantiza que la información que pasa por el modelo pueda ser cartografiada como centroide. La idea presenta mayor peso observando con el valor de la mediana, ya que presenta una cercanía con la media. En la parte de la moda, se observa que el número de trámites rechazados fueron dos, estos para fechas del 10 de noviembre del 2025, 18 de noviembre del 2025 y del 21 de

noviembre del 2025 al 25 de noviembre del 2025. En síntesis, la parte operativa, el modelo presenta un desempeño satisfactorio, teniendo bajo porcentaje de rechazo al momento de su ejecución.

9.1.3.2. Control de calidad espacial

En esta sección se contempló la evaluación en términos de exactitud de los centroides generados una vez ejecutado el modelo. Para la realización de este proceso se obtuvo un muestreo aleatorio de 48 trámites esparcidos en toda la ciudad, sea en la parte urbana como en la parte rural. El objetivo se centró en identificar si los puntos generados se encuentran dentro del lote o presenta alejamiento. Por otro lado, para la establecer el proceso de calidad es también es necesario incluir el método de estimación para este componente referente a la exactitud posicional visualizado en la Tabla 9.

Numeral	Componente	Descripción
1	Identificador de la medida	3
2	Nombre de la medida	Exactitud posicional
3	Alias	–
4	Nombre de elemento	Exactitud absoluta
5	Definición	Es la diferencia de distancia que representa el centroide generado con respecto a la ubicación del inmueble.
6	Descripción	Se establece a partir de la obtención de las distancias, así como de la calificación de distancias de alejamiento descritas en la Tabla 10. La fórmula establecida para la obtención de distancias fue la siguiente: $e_i = \sqrt{(x_{mi} - x_{ti})^2 + (y_{mi} - y_{ti})^2}$ 
7	Tipo de valor	Medida
8	Estructura de valor	–
9	Ejemplo	–
10	Medida básica	No aplica
11	Fuente de referencia	–
12	Parámetro	–

Tabla 9: *Componente de exactitud posicional.*
Fuente: *Elaboración propia*

La metodología para su realización se basa en la generación de zonas de influencias como se muestra en la Figura 11, así como en la asignación de calificaciones a cada zona de acuerdo con la distancia de alejamiento, las cuales se presentan en la Tabla 10.

Distancia de alejamiento (m)	Calificación
1-5	Conformidad alta
5-10	Conformidad aceptable
10-20	Conformidad moderada
20-50	Conformidad baja
50-100	No conforme

Tabla 10: *Calificación de distancias de alejamiento.*
Fuente: *Elaboración propia*

En la Figura 11, se observa que dentro de las convenciones la distancia de alejamiento que hay sobre el centroide del trámite generado. La división de colores se basa en los estándares establecidos por los autores para visualizar las afectaciones que pueden repercutir al momento de realizar el ruteo. Para el ejemplo dado, los colores con tonalidad verdosa y amarilla muestran que el punto pueda estar dentro del predio a visitar, como también pueden encontrarse en predios colindantes. Los puntos se encuentran entre 0 hasta los 5 metros. Este resultado se considera como conformidad alta, ya que al estar en cercanía puede ser fácilmente localizable y con mayor facilidad por medio de la placa domiciliaria. Los colores representan zonas que posteriormente fueron analizadas en los resultados.

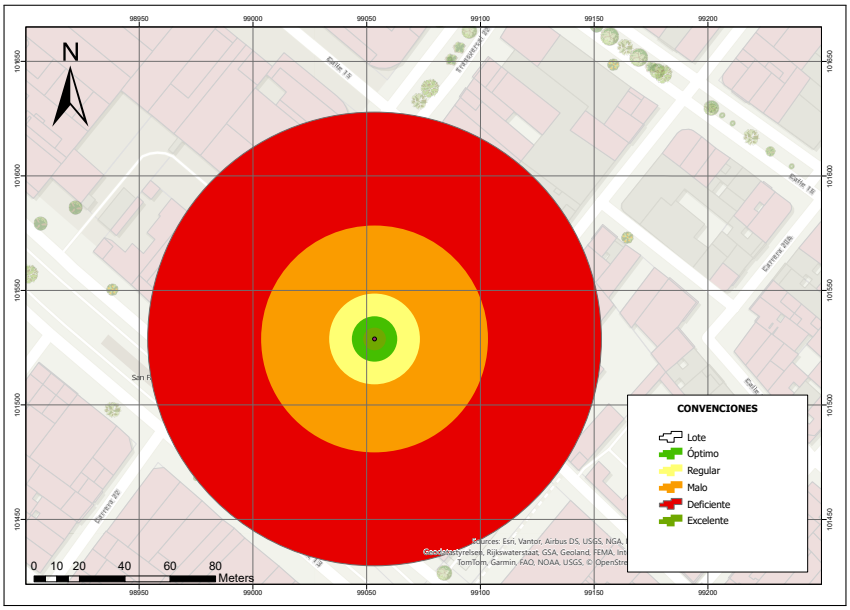


Figura 11: *Visualización de distancias de alejamiento.*

Fuente: *Elaboración propia*

Las extensiones representadas con color amarillo y naranja corresponden a zonas que se

ubican en otros predios o incluso en otras manzanas. En estos casos, los puntos se encuentran aproximadamente entre 5 y 20 metros de distancia respecto al predio asociado, calificandose como conformidad aceptable o conformidad moderada. El resultado en ciertas áreas se considera conformidad baja, dado que, aunque los puntos se encuentran relativamente cerca del lugar donde debe realizarse el reconocimiento, el tiempo de búsqueda puede incrementarse, ya que es necesario verificar predio por predio hasta localizar el correcto.

Finalmente, las tonalidades **rojizas** representan los puntos de trámite que se encuentran entre **50 y 100 metros o más**, lo que indica que el punto se ubica a una distancia considerable del predio correspondiente. La calificación es no conforme. Esta situación implica que el reconocedor requiere **mayor tiempo para ubicar el predio**, guiándose principalmente por la dirección registrada. En la Tabla puede visualizarse los resultados de error generados aplicando la formula que se encuentra en la Tabla 10.

Código de sector	¿Esta dentro del lote?	Coordenadas centroide		Coordenadas ubicación al predio		Distancia calculada (m)	Distancia de alejamiento (m)
		Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)		
002539037020	NO	92018.69	94904.45	92019.0971	94907.5046	3.08	2.71
201508045001	NO	104155.56	102096.94	104155.4	102099.02	2.09	2.12
002561040011	NO	93742.22	91624.37	93735.23	91626.33	7.26	9.31
003208090024	NO	98589.42	100753.58	98591.02	100753.9	1.63	2.18
001308092011	NO	96207.38	99133.59	96207.53	99133.56	0.15	0.16
001309018014	NO	95217.63	99018.69	95218.11	99018.97	0.56	0.64
004203020002	NO	100571.05	96954.33	100570.94	96954.5	0.20	0.21
002615039075	NO	88767.49	96290	88772.55	96289.05	5.15	5.28
Promedio						2.51	2.83

Tabla 11: *Valor de errores.*
Fuente: *Elaboración propia*

9.1.4. Fase 4. Publicación y visualización de información procesada en Experience Builder

Esta fase comprende la publicación y visualización de los datos procesados a partir del modelo SIG. La capa geográfica resultante en la fase 2 del proyecto fue publicada como un Feature Service, para su almacenamiento y consulta en la nube.

Como parte de la publicación esta capa se añadió a un Web Map en ArcGIS Online, lo que permitió la configuraron de parámetros y simbología de la visualización de cada uno de los tramites catastrales.

La simbología mostrada en la imagen se realizó mediante la clasificación de los datos por atri-

buto con la herramienta estilos en ArcGIS Online, utilizando el campo “Descripción_Tramite” el cual contiene la clasificación de los diferentes tipos de trámites catastrales, tal como se muestra en la Figura 12. Se aplicó el estilo de símbolos únicos, permitiendo asignar un color especifico, para cada categoría. Está representación facilitó la identificación visual y diferenciación de los trámites dentro del mapa, reconociendo rápidamente el tipo de solicitud para tomar decisiones dentro del entorno SIG.



Figura 12: *Web Map en ArcGIS Online.*

Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente por medio de la aplicación Experience Builder se creó un geovisor con filtros, tablas, buscadores, descargas y estadísticas. Inicialmente se seleccionó una plantilla de diseño, que define la estructura visual del geovisor y la disposición de los componentes dentro de la aplicación, como se evidencia en la Figura 13.

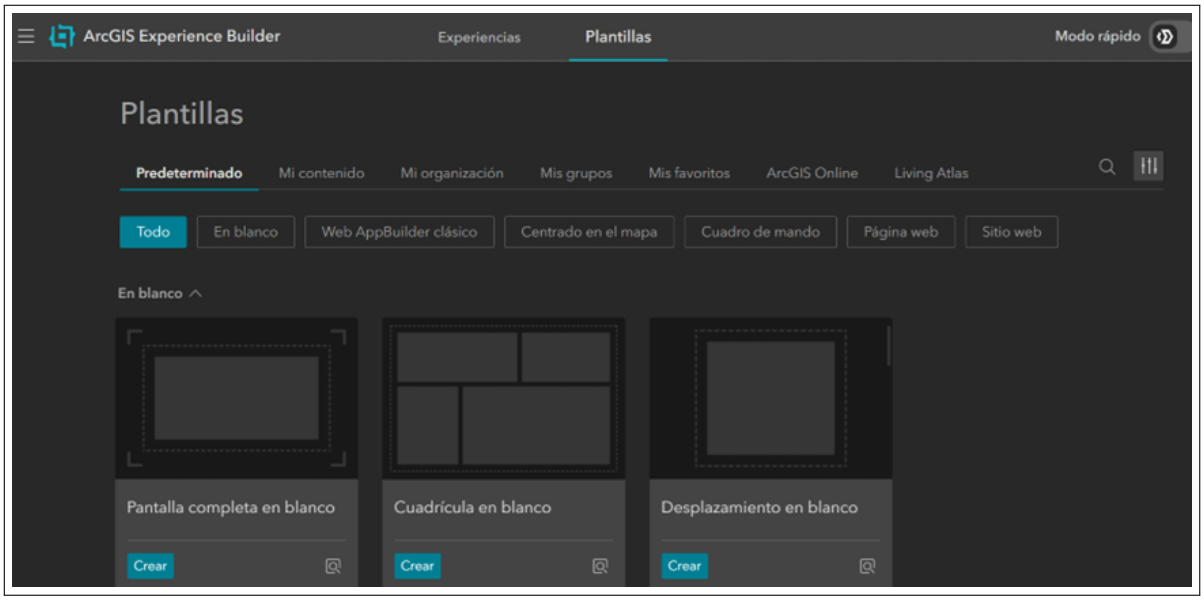


Figura 13: *Selección de plantillas geovisor.*

Fuente: *Elaboración propia*

Al configurar la plantilla, se integró el Web Map, el cual contiene la capa de trámites publicada como Feature Service. A continuación, se añadieron Widgets y herramientas interactivas como filtros, tablas de atributos, gráficas y opciones de descarga de datos, permitiendo a los usuarios explorar la información espacial de manera dinámica.

Finalmente, se configuraron los elementos de interacción, como la selección de registros, visualización y filtrado por criterios específicos, (por ejemplo, tipo de trámite, o funcionario) de acuerdo con las necesidades de los funcionarios encargados de la asignación de trámites catastrales. De esta manera se garantizó, la consulta y análisis de gestión de trámites, manteniendo la información actualizada constantemente, dentro de un entorno web interactivo.

Como parte de los resultados y productos generados, el geovisor permite la visualización de los predios que presentan trámites pendientes en el mapa. La información espacial puede ser descargada con el fin de asignar los trámites de manera coherente, utilizando la herramienta de ruteo disponible en ArcGIS Online para calcular el desplazamiento optimo durante las visitas técnicas de campo. A través de la figura 14, se contempla el resultado final del diseño del geovisor de trámites.

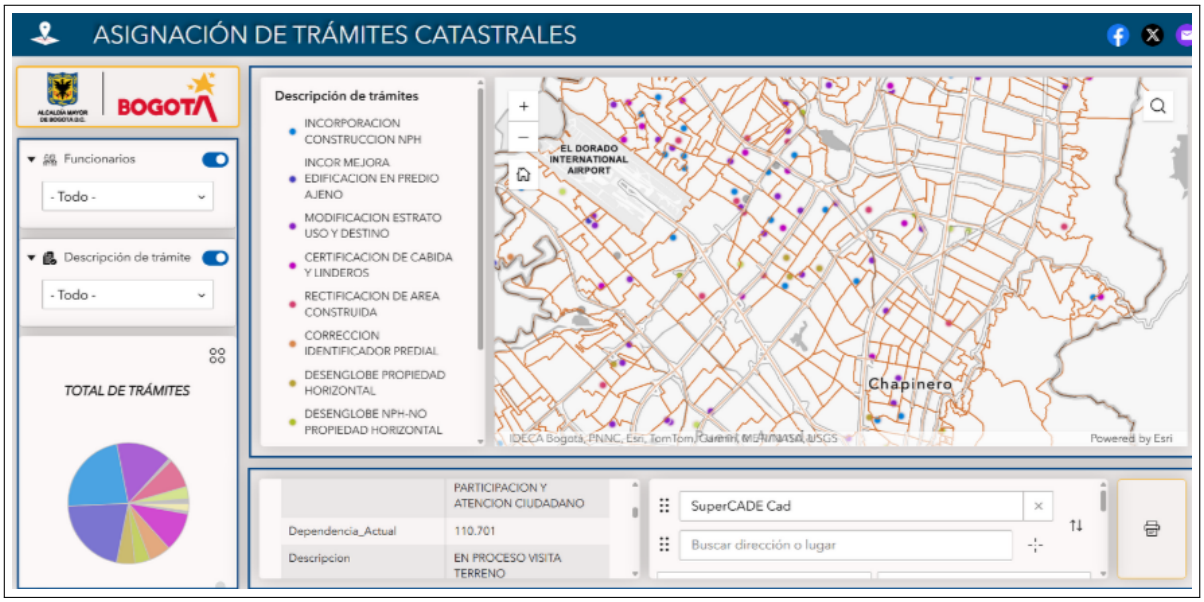


Figura 14: *Diseño final de geovisor en Experience Builder.*

Fuente: *Elaboración propia*

9.1.5. Fase 5. Evaluación desempeño de modelo SIG

En esta fase se evaluó el desempeño del modelo SIG mediante la definición y análisis de indicadores clave de rendimiento (KPIs). Para el tiempo, se comparó la duración del proceso de localización y asignación de trámites antes y después de la implementación del modelo. La completitud de la información se evaluó a partir del control de calidad de los datos integrados, verificando el número de registros que lograron unirse correctamente durante el proceso de modelación frente al total de trámites procesados. La precisión se analizó considerando la cercanía entre los puntos generados y el predio correspondiente en la cartografía, mientras que los errores se determinaron a partir de los registros que no lograron integrarse al modelo o presentaron inconsistencias.

Con base en estos indicadores se realizó un análisis de los resultados obtenidos, lo que permitió elaborar un informe comparativo del proceso antes y después de la implementación del modelo, acompañado de las conclusiones sobre su desempeño y aporte a la optimización de la gestión de trámites.En el proceso descriptivo de los indicadores como el tiempo, completitud, precisión y errores presenta diferentes valores; donde el primero se toma una muestra de 8 ubicaciones aleatorias donde se realizará un procedimiento de comparación entre lo manual contra lo automatizado. El segundo y cuarto se establecerá toda la información su-

ministrada por la entidad, es decir los 2864 trámites registrados en el mes de noviembre. Finalmente, para el tercero se estableció 48 muestras en toda la ciudad, donde se calculará la cercanía de los centroides generados con respecto al predio.

9.1.5.1. Tiempo

En esta variable se establece el lapso temporal requerido para la localización de los trámites para la visita a terreno, en la cual se incorporará una comparativa entre el tiempo que el líder de reconocimiento realiza la ubicación de cada predio con respecto a lo generado mediante el modelo.

9.1.5.1.1. Localización de inmuebles de manera manual

En la parte manual, el líder de reconocimiento comprende diversas acciones para poder localizar el predio a visitar, en donde el primer paso es encontrar información que pueda ser útil para la localización en el geovisor de la entidad, siendo las mas recurrentes el código de sector y el CHIP. El siguiente paso es realizar una consulta espacial con el dato seleccionado, esto para que en el visor lo localice automáticamente, seguido de ver las características del lugar, así como sus alrededores mediante ortoimagenes. Para finalizar, el paso a seguir es ubicarlo mediante un servicio de mapas que logre suministrar coordenadas para los reconocedores prediales, lo cual es proceso engorroso, ya que se requiere realizar comparaciones de imágenes para poder llegar al predio correspondiente. Una vez localizado el inmueble, se procede a la extracción de coordenadas a un listado donde se encuentra la información del trámite para posteriormente asignar a un reconocedor predial.

El proceso realizado en este ámbito se compone en la implementación de un muestreo de ocho predios en los reportes del día 4 de noviembre de 2025 y 24 de noviembre del mismo año, en la cual se hace el paso a paso mencionado en el anterior párrafo con un cronometro para determinar el tiempo generado para la localización de cada uno de estos predios. Del mismo modo, se calcula el promedio de tiempo de cada predio ubicado según las fechas de los trámites generados por medio de la Ecuación 1.

$$\bar{x}_{ubicacion} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \, localizacion}{N_{predios}} \tag{1}$$

donde:

$\bar{x}_{ubicacion}$= Promedio de tiempo estimado para la localización de un predio de manera manual (Segundos).

$\sum_{i=1}^{n} x_i\, localizacion$= Sumatoría de tiempos medidos para la localización del predio.

$N_{predios}$= Número de predios elegidos.

Al implementar la Ecuación 1, se obtiene el tiempo promedio generado al momento de ubicar un inmueble, tal como se observa en la Tabla 12.

Reportes 4 de noviembre			
Código de sector	**CHIP**	**Minutos de busqueda**	**Segundos de busqueda**
00141406702400000000	AAA0009DBWW	3.867	232
20410600100100000009	AAA0147DURJ	2.567	154
00261900903900000009	AAA0209YDOE	2.217	133
00854301903100000000	AAA0157NPWW	4.283	257
Promedio		3.233	194
Reportes 24 de noviembre			
Código de sector	**CHIP**	**Búsqueda en minutos**	**Búsqueda en segundos**
00135001300100000009	AAA0005FYOE	5.650	339
00451002800700000000	AAA0043OFPP	3.367	202
10411000304200000009	AAA0143TDPP	2.833	170
00131503900900000000	AAA0004CDTD	1.733	104
Promedio		3.396	204

Tabla 12: *Tiempo genereado en la busqueda del predio de manera manual*
Fuente: *Elaboración propia*

A partir de la información consagrada en la Tabla 12, se puede ver que el promedio de tiempo que el líder de reconocimiento toma para lograr ubicar y extraer las coordenadas del predio a visitar es de 194 y 204 segundos; que si se toma nuevamente un nuevo promedio entre estos dos da como resultado 199 segundos o 3 minutos para poder generar esta acción para cada inmueble. Cada predio puede aumentar o disminuir su tiempo, dado el área donde se encuentre, la cantidad de inmuebles que hay en una manzana o si el predio presenta mejoras.

Al calcular los promedios generados durante el proceso de muestreo y paso a paso, el siguiente cálculo es determinar cuanto tiempo puede consumir el funcionario al realizar todos los trámites que la entidad realiza. Para ello se realizo un multiplicación entre el número de trámites diarios para las fechas en mención con respecto al promedio de tiempo requerido para la localización de cada predio como se detalla en la Ecuación 2.

$$Tr_{tramites} = \bar{x}_{Predio} * N_{Predio} \tag{2}$$

donde:

$Tr_{tramites}$= Tiempo requerido que necesita el líder de reconocimiento para realizar todo el reporte de trámites en segundos de manera manual (Segundos).

$\bar{x}_{Predio}$= Promedio de tiempo requerido por el líder de reconocimiento para localizar cada predio.

N_{Predio}= Número de predios que se encuentran dentro del reporte de trámites (Segundos).

En la aplicación de la Ecuación 2, se observa que el resultado generado se encuentra en segundos, por lo cual es necesario calcular el tiempo que puede requerir el funcionario para poder completar un trámite asignado al día, tal como se observa en la Ecuación 3.

$$Tr_{tramites\,al\,da} = Tr_{tramites} * \frac{1\,min}{60\,s} * \frac{1\,hr}{60min} * \frac{1\,dia\,laboral}{8\,horas} \quad (3)$$

donde:

$Tr_{tramites\,al\,dia}$= Tiempo requerido por el líder de reconocimiento para realizar todo el reporte de trámites al día de manera manual.

$Tr_{tramites}$= Tiempo requerido que necesita el líder de reconocimiento para realizar todo el reporte de trámites en segundos de manera manual (Segundos).

Al aplicar la Ecuación 3, la información calculada se puede ver detalladamente en segundos, minutos, horas y día laboral mediante la Tabla 13.

Fecha del reporte	Número de trámites	Tiempo en realización del reporte diario			
		Segundos	Minutos	Horas	Días laborales
4/11/2025	228	44232	737	12.29	1.54
24/11/2025	131	26691	445	7.41	0.93
Promedio	179.5	35462	591	9.85	1.23

Tabla 13: *Cuadro comparativo de realización manual de ubicación de trámites por reporte*
Fuente: *Elaboración propia*

Los cálculos descritos en la Tabla 13 permiten detallar que el promedio que requiere el líder de reconocimiento al completar todo el reporte de trámites, donde se puede ver que el promedio según los datos que la entidad pueda publicar para las actividades correspondientes a visita terreno pasa del día laboral. Esto hace que se acumule trámites de días pasados, ejerciendo un mayor esfuerzo por completar las asignaciones de esta actividad al mes.

9.1.5.1.2. Localización de inmuebles de mediante modelo SIG

Al tener un mayor conocimiento de la problemática real que se vive en la ubicación de inmuebles de manera manual, es menester incorporar el tiempo que el modelo SIG pueda consumir durante la generación de los centroides. En cierto modo, al ser una herramienta automatizada, el tiempo de gestión al momento de localizar un predio que requiere visita a campo se reduce considerablemente, en adición a que el modelo incorpora la opción de subir

a la nube, la cual provee diferentes herramientas, siendo la más importante la localización mediante herramientas de ruteo.

Para determinar los tiempos aproximados que el modelo en la generación los puntos de ubicación de los predios consistieron en realizar un muestro de ocho intentos, los cuales se dividieron en dos grupos, de acuerdo con los reportes utilizados en la parte manual. Asimismo, al ejecutar el modelo, este tiene la funcionalidad de ubicar todos los trámites consagrados en el reporte, por lo cual se estimó el tiempo total de procesamiento de la herramienta. Cabe señalar que este tiempo puede variar dependiendo la cantidad de memoria que presenta el ordenador al momento de ejecutar como también el tipo de ordenador, ya que, dependiendo el tipo de procesador, la capacidad de cálculo puede aumentar o disminuir. Posteriormente, al calcular el tiempo en los cuatro intentos para cada grupo, se realiza el proceso de calculo del promedio aplicando la Ecuación 4.

$$\bar{x}\, tiempos\, modelo\, SIG = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i\, tiempos\, modelo\, SIG}{N\, ejecucion} \tag{4}$$

donde:

$\bar{x}\, tiempos\, modelo\, SIG$= Promedio de intentos del modelo SIG.

$x_i\, tiempos\, modelo\, SIG$= Sumatoria de tiempos generados por el modelo SIG en la obtención de puntos de localización (Segundos).

$N\, ejecucion$= Número de intentos de ejecución del modelo SIG.

Al aplicar la Ecuación 4, se pudo establecer los promedios generados por el modelo para cada reporte, esto por medio de la Tabla 14.

Reportes 4 de noviembre		
Número de intentos	**Número de trámites**	**Tiempo (segundos)**
1	**228**	29
2		21
3		22
4		12
Promedio		21
Reportes 4 de noviembre		
Número de intentos	**Número de trámites**	**Tiempo (segundos)**
1	**131**	34
2		12
3		21
4		12
Promedio		20

Tabla 14: *Tiempo de ejecución de reportes diarios de trámites mediante modelo SIG*
Fuente: *Elaboración propia*

La información consagrada en la Tabla 14, permite visualizar como el promedio de tiempo que consume el modelo para obtener la mayoría de los puntos es de 20 segundos, lo cual es un gran avance con respecto al proceso de ubicación de manera manual. Sin embargo, es necesario aclarar a partir de esta variable, que la información, aunque se procese más rápido, puede generar rechazos debido a otros factores como la inclusión de mejoras o códigos de sector que no se encuentran en la base de datos geográfica, siendo los casos más comunes al momento de ejecutar el modelo.

9.1.5.1.3. Comparativa método de ubicación manual contra método de ubicación automatizada

A partir de la información descrita anteriormente, es indispensable realizar al comparativa de ambos métodos de ubicación, ya que permite ver la eficiencia que puede obtener el modelo con respecto a una acción mecánica. En este caso se tuvieron en cuenta cuatro aspectos para el cálculo comparativo, las cuales son: factor mejora, reducción de tiempo y rendimiento de trámite por segundo. Cada una de ellas implementadas mediante la Ecuación 5, 6, 7 y 8.

1. Factor de mejora

$$Fm_t = \frac{\bar{x}\, reportes\, diarios_{manual}}{\bar{x}\, reportes\, diarios_{modelo\, SIG}} \tag{5}$$

donde:

F_m= Factor de mejora de la localización de trámites por modelo SIG contra la ejecución de manera manual.

$\bar{x}\ reportes\ diarios_{manual}$= Promedio de reportes diarios de manera manual (segundos).

$\bar{x}\ reportes\ diarios_{modelo\ SIG}$= Promedio de reportes diarios mediante modelo SIG (segundos).

2. Reducción de tiempo

$$R_t = \frac{\bar{x}\,reportes\,diarios_{manual} - \bar{x}\,reportes\,diarios_{modelo\,SIG}}{\bar{x}\,reportes\,diarios_{manual}} * 100 \quad (6)$$

donde:

R_t= Reducción de tiempo.

$\bar{x}\ reportes\ diarios_{manual}$= Promedio de reportes diarios de manera manual (segundos).

$\bar{x}\ reportes\ diarios_{modelo\ SIG}$= Promedio de reportes diarios mediante modelo SIG (segundos).

3. Rendimiento manual

$$R_m = \frac{N_{Tramites}}{\bar{x}\,reportes\,diarios_{manual}} \quad (7)$$

donde:

R_m= Rendimiento manual ($\frac{tramite}{s}$).

$N_{Tramites}$= Número de trámites (Trámites).

$\bar{x}\ reportes\ diarios_{manual}$= Promedio de reportes diarios de manera manual (segundos).

4. Rendimiento modelo SIG

$$R_m = \frac{N_{Tramites}}{\bar{x}\,reportes\,diarios_{modelo\,SIG}} \quad (8)$$

donde:

R_m= Rendimiento manual ($\frac{tramite}{s}$).

$N_{Tramites}$= Número de trámites (Trámites).

$\bar{x}\ reportes\ diarios_{modelo\ SIG}$= Promedio de reportes diarios mediante modelo SIG (segundos).

La aplicación de estas ecuaciones permite visualizar los resultados generados, esto visualizados mediante la Tabla 15.

Número de pruebas	Factor mejora	Reducción de tiempo	Rendimiento	
			Manual (trámites)	Automatizado (trámite/s)
1	1361.798469	99.927 %	0.0049	6.684
2	2256.734694	99.953 %	0.0052	10.962
Promedio	1809.266582	99.940 %	0.0050	8.823

Tabla 15: *Resultados generados de eficiencia del modelo SIG vs acción manual*
Fuente: *Elaboración propia*

La información contemplada en la Tabla 15, permite visualizar como el modelo SIG aumenta significativamente la eficiencia en gestionar las localización, logrando ser ampliamente superior a la acción manual que el líder de reconocimiento realiza diariamente. En los promedios generados para las dos pruebas, puede contemplarse que el factor mejora es 1800 veces mayor a la acción mecánica que realiza el funcionario, teniendo una reducción de tiempo del 99.94 % siendo un valor instantáneo para las grandes cantidades de trámites que se gestionan diariamente en la entidad. Finalmente, se presentan los rendimientos, evidenciando que el modelo supera ampliamente al procedimiento manual, alcanzando un promedio de 9 trámites por segundo, mientras que el segundo no registra un avance significativo en la ubicación de los predios.

9.1.5.2. Tiempo

Este indicador establece el nivel de integración de la información alfanumérica contenida en los reportes de trámites con respecto a la información geográfica. La variable en mención no se puede comparar con respecto a la acción manual que realiza el líder de reconocimiento, ya que dentro del procedimiento que realiza de manera manual, no se contempla la unión de información, sino la consulta desde un geovisor.

En cambio, el modelo SIG si es indispensable calcular el valor de éxito que tiene al momento de ejecutarlo. Es requerido saber cuántos datos dEl resultado obtenido puede contemplarse que, dentro de los 16 días del mes de noviembre, el porcentaje de aceptación es del 98.51 % lo cual, de cada 250 trámites de un reporte diario, 246 pueden ser localizables en el proceso de unificación con la información geográfica.entro de un reporte pueden unirse con la

información geográfica, para identificar si la herramienta es óptima al momento de aplicarse en la vida real. El número de muestras utilizado para la evaluación de esta variable es de 2864, las cuales toda la información se conecto para saber directamente cuantos datos no pudieron ser unidos.

La información manejada es la que se visualiza en la Tabla 7, la cual se muestra el número de tramites que se lograron unir y los que no. El rango de aceptación que presenta los datos unidos para cada trámite ronda entre los 96.8 % hasta los 99.20 %, siendo un porcentaje positivo al momento de ejecutar el modelo SIG. No obstante, se estableció el cálculo del promedio, la cual puede dar un resultado generalizado con toda la información puesta para este cálculo, visualizándose mediante la 4.

El resultado obtenido puede contemplarse que, dentro de los 16 días del mes de noviembre, el porcentaje de aceptación es del 98.51 % lo cual, de cada 250 trámites de un reporte diario, 246 pueden ser localizables en el proceso de unificación con la información geográfica.

9.1.5.3. Precisión

La precisión es una variable esencial para que el modelo pueda ser confiable al momento de usar, siendo un porcentaje que avale el grado de exactitud que tiene el centroide con respecto al predio.

En la parte manual se puede diferir por la metodología de trabajo en la ubicación de predios que requieran visita a campo, la precisión debe ser del 100 %, ya que se hace búsqueda no solamente con la información geográfica de la entidad, sino que también de otras fuentes internas como externas. En las fuentes internas puede mencionarse el SIIC, la cual permite ver a detalle información clave a la hora de localizar como lo son las direcciones, mientras que las fuentes externas está Google Maps, siendo una herramienta indispensable a la hora de aproximarse a un lugar específico buscando un barrio o un punto de interés cerca al inmueble que se encuentra en proceso de trámite.

Por otro lado, en el proceso del modelo SIG, la evaluación de exactitud consta de un muestreo aleatorio de 48 puntos de toda los trámites consolidados del mes de noviembre aportados por la entidad, donde en a partir de la Tabla 16 se detalla los resultado de precisión para la

muestra implementada.

Código de sector	¿Esta dentro del lote?	Distancia de alejamiento (m)
005615037003	Si	0
002539037019	NO	2.71
001108043028	SI	0
002510058001	SI	0
002582002017	SI	0
201508045001	NO	2.12
104134002007	SI	0
006514031027	Si	0
005507043017	SI	0
008408031022	SI	0
002561040011	NO	9.31

Tabla 16: *Muestreo de datos para la exactitud de los centroides*
Fuente: *Elaboración propia*

La información de la Tabla 16 se puede visualizar como se conformo el estudio para determinar el nivel de precisión del modelo, en las cuales hay algunos puntos donde si se encuentran en el inmueble, mientras que hay otros que presentan un desfase desde los 0.21 metros hasta los 9.31 metros. Aunque algunos valores pueden visualizarse como despreciable, es menester aclarar que la distancias de alejamiento más altas se encuentran dentro de un rango de conformidad aceptable ya que, en procesos de ubicación, este se encuentra en relativa cercanía al predio. Sin embargo, también es indispensable calcular la precisión que presenta el modelo con la muestra seleccionada lo cual, al ser pequeña, puede que tenga una variabilidad al momento de ejecutar otros trámites, pero sirve para dejar en evidencia el porcentaje de exactitud al momento de ejecutar el modelo. A través de la Ecuación 9 se establece la formula para la obtención de la precisión del modelo SIG.

$$P_{\%} = \frac{N_{uc}}{N_m} \tag{9}$$

donde:

$P_{\%}$= Porcentaje de precisión (%)

N_{uc}= Número de ubicaciones correctas en el proceso de muestreo.

N_m= Número de muestras.

En el cálculo se obtuvo el siguiente resultado:

$$P_{\%} = 83{,}33\,\%$$

El resultado que presenta el muestreo es que el modelo tiene buena precisión, aunque presenta algunas diferencias que en su mayoría y como se muestra en la Tabla 5, están dentro de un rango de error mínimo. A partir de la Tabla 17 puede visualizarse los puntos que tuvieron una distancia de alejamiento.

Código de sector	¿Esta dentro del lote?	Distancia de alejamiento (m)	Calificación
002539037019	NO	2.71	Conformidad alta
201508045001	NO	2.12	Conformidad alta
002561040011	NO	9.31	Conformidad aceptable
003208090024	NO	2.18	Conformidad alta
001308092011	NO	0.16	Conformidad alta
001309018014	NO	0.64	Conformidad alta
004203020002	NO	0.21	Conformidad alta
002615039075	NO	5.28	Conformidad aceptable

Tabla 17: *Calificación de los puntos muestreados con distancia de alejamiento*
Fuente: *Elaboración propia*

A posteriori, con la información de las distancias de alejamiento de la Tabla 10, se procede a clasificar como se realizó en la Tabla 17, en la cual el 75 % presenta una calificación de conformidad alta, la cual es una diferencia pequeña que tiene el centroide al predio a visitar; mientras que el otro 25 % corresponde a puntos que se encuentran calificados con conformidad aceptable, donde la ubicación de los puntos puede variar de inmueble o hasta de manzana.

En este sentido si se representa estos porcentajes en el término general del muestreo, puede detallarse que los centroides calificados como conformidad alta poseen un porcentaje de 12.5 %, mientras que para la calificación con conformidad aceptable es del 4.17 %; logrando que la mayoría, es decir, el 95.8 % están dentro del predio o en cercanía a este mismo.

9.1.5.3.1. Comparativa entre el modelo SIG vs flujo de trabajo manual en el proceso de ubicación de trámites

Este proceso de comparación puede destacar principalmente en la exactitud que presenta, dado que, en la parte manual, esta tiende que ir al 100 % por todo el proceso de localización de los inmuebles que requieren visita a campo desde la consulta en el geovisor, ubicación en servicios de mapas como Google Maps y la extracción de coordenadas del punto buscado para el proceso de ruteo. Sin embargo, al ser pasos tan detallados y completos, el tiempo para implementar cada punto con coordenadas en los predios es largo. Por lo cual, completando todo el reporte puede tardarse más de un día laboral en ejecutarse con éxito.

Sin embargo, en la ejecución del modelo SIG, este puede aumentar la eficiencia considerablemente, pero la precisión tiende a bajar levemente hasta incorporar puntos con una distancia con respecto al predio de máximo de 5 metros. Aunque presente un desplazamiento, al momento de rutear, no exige un mayor problema dado que estos centroides pueden encontrarse en predios vecinos o en la vía pública que está al frente, lo cual garantiza que la localización este tan desfasada.

9.1.5.4. Errores

Un error se puede comprender como el resultado generado que no coincide con la información esperada, ya sea por una inconsistencia o algún error cometido en el proceso. Esta variable se centra en la información que no pudo integrarse al momento de ejecutar el modelo SIG. La información en este caso se recurrirá a la 7, donde puede observar los diferentes porcentajes de error, en las cuales presentan un rango entre el 0.80 % a 3.20 %. El cálculo del promedio de error se establece a partir de la Ecuación 4.

Al realizar los cálculos se pudieron establecer que el promedio del porcentaje de error de integración es de 1.99 %, siendo este un porcentaje muy bajo. Como se declaro en la parte de control de calidad, los motivos en los cuales los datos se rechazaron tienen que ver con la mala incorporación del código del sector, que el inmueble no este dentro de la base de datos geográfica o sea una mejoras.

10. PLAN DE TRABAJO

El proyecto de pasantía consta de un periodo de tiempo de nueve semanas, las cuales están regidas dentro de la resolución. Se adoptarán las fases mencionadas en las metodologías basadas de los objetivos específicos de la pasantía. Se definen dos planes correspondientes a las labores de cada uno de los estudiantes, se plantea lo siguiente:

10.0.1. Plan de trabajo 1

Este es el plan de trabajo realizado por la estudiante Andrés Felipe Chacón Casas.

10.0.1.1. Fase 1. Recopilación y análisis de información

Esta fase contempla una duración de dos semanas, donde se establece el proceso de recopilación de los trámites vigentes en toda la ciudad de Bogotá a través de solicitudes a la Subgerencia Física y Jurídica, determinando factores como el estado de la radicación, descripción del trámite, la actividad que presenta la radicación y la localización del bien inmueble.

Se divide en recopilación y análisis de la información e identificación de trámites vigentes. Dentro de las actividades están la obtención de la cartografía catastral (shapefiles), en la cuales se encuentran la placa domiciliaria, construcciones, lotes, cabida y linderos; así como la base de datos alfanumérica de las radicaciones vigentes hasta la fecha.

10.0.1.2. Fase 2. Diseño e implementación del modelo SIG

En esta fase se desarrolla un modelo SIG en el programa ArcGIS Pro, mediante la extensión Data Interoperability, herramienta de gran alcance que permite la integración de diferentes fuentes de información para realizar aplicaciones geoespaciales. El propósito de incorporar esta extensión es la generación de puntos para ubicar de manera precisa los bienes inmuebles que presentan trámites vigentes hasta la fecha de generación del reporte.

Tiene un periodo de tiempo más extenso, especificamente de 5 semanas, ya que, el uso de Data Interoperability requiere experiencia en análisis espacial y aprendizaje continuo, aunque es una herramienta intuitiva, tiene cierta complejidad por la cantidad de formatos que

puede manejar en un entorno FME (Feature Manipulation Engine de Safe Software).

Las actividades a desarrollar se dividen en: la instalación de la extensión Data Interoperability, la creación del modelo mediante herramientas ETL, y la integración de información alfanumérica y geográfica que se orienta principalmente en la unión del código de sector alfanumérico con el código de sector geográfico.

Posteriormente se evaluará la estructura del modelo SIG, que en primera instancia establece la creación de shapefiles, cálculo de coordenadas planas y geográficas e implementación de la información generada.

El producto final corresponde al modelo SIG, ejecutado en el software ArcGIS Pro mediante la extensión Data, para generar información geoespacial en la nube y visualizarla en un geovisor proporcionando resultados confiables para la toma de decisiones.

10.0.1.3. Fase 3. Estandarización de modelo SIG en el proceso de cargue de información en ArcGIS Online

La fase adopta un tiempo estimado de una semana, las actividades se dividen en: la revisión del modelo SIG para compatibilidad y la definición de sistemas de coordenadas.Consta de la revisión del modelo SIG, contemplando parámetros como el ajuste de campos generados en el proceso, nombres del atributo sin espacios o tildes y asignación de un tipo de dato como por ejemplo (Text, long, double, date, varchar, entre otros) si se requiere; para homogeneizar los nombres, tipos y formatos de los campos para compatibilidad con ArcGIS online. Por otro lado, se implementa la definición de sistemas de coordenadas, donde se aplica las coordenadas geográficas WGS 84 (EPSG: 3246) para encontrar la ubicación en campo y coordenadas planas como MAGNA Ciudad Bogotá (EPSG: 102233) para su representación espacial.

Posteriormente se publican diferentes capas de prueba para revisar el tiempo de carga, la simbología y el comportamiento de los atributos definidos en el modelo SIG para aplicar funciones como filtros, descargas y búsquedas.

10.0.1.4. Fase 4. Implementación y visualización de los resultados mediante Experience Builder

Se desarrollará un aplicativo web mediante la herramienta Experience Builder que ofrece ArcGIS Online. Los funcionarios que estén asignados en alguna actividad referente al trámite podrán consultar detalladamente la localización exacta del inmueble que se actualizará diariamente.

Este producto visual, además de mantener la información actualizada de los reportes, también incorpora filtros de datos por actividad o por localidad, líneas temporales para identificar las fechas de trámite, y finalmente la descarga de información a partir de consultas. Se hará mediante el uso de widgets y códigos que garantizan una mejor estructuración del geoservicio.

El periodo de desarrollo para esta fase es de una semana y cinco días, donde se abordará el diseño del aplicativo, que se vincula a la información generada en el modelo SIG, para su correcta visualización, según el tamaño de la pantalla del ordenador.

10.0.2. Plan de trabajo 2

Este es el plan de trabajo realizado por la estudiante Karen Lorena Basto Velásquez.

10.0.2.1. Recopilación y análisis de información

Esta fase contempla una duración de dos semanas, donde se establece el proceso de recopilación de los tramites vigentes en toda la ciudad de Bogotá a través de solicitudes a la Subgerencia Física y Jurídica, determinando factores como el estado de la radicación, descripción del trámite, la actividad que presenta la radicación y la localización del bien inmueble.

Se divide en recopilación y análisis de la información, identificación de fuentes oficiales, revisión bibliográfica y solicitud de permisos para el acceso de las bases de datos de la entidad. Dentro de las actividades están la obtención de la cartografía catastral (shapefiles), en la cuales están lotes dispersos, manzanas y sector; así como la base de datos alfanumérica de las radicaciones vigentes hasta la fecha.

Las siguientes actividades planteadas, consisten en la integración de referencias bibliográfi-

cas que permitan plantear ideas para el desarrollo del modelo SIG, el proceso de automatización y posterior visualización en la web. Adicional la solicitud de permisos para el acceso a las bases de datos de la entidad.

10.0.2.2. Fase 2. Diseño e implementación del modelo SIG

Tiene un periodo de tiempo más extenso, específicamente de 5 semanas, ya que, el uso de Data Interoperability requiere experiencia en análisis espacial y aprendizaje continuo, aunque es una herramienta intuitiva, tiene cierta complejidad por la cantidad de formatos que puede manejar en un entorno FME (Feature Manipulation Engine de Safe Software).

Las actividades a desarrollar se dividen en: la obtención de resultados preliminares y la verificación y control de calidad de datos donde se evalúan, cada una de las etapas de la creación del modelo SIG, verificando las tablas alfanuméricas, datos coherentes, formatos uniformes, y datos duplicados o inconsistentes. Una vez integrados, se verifica también los datos espaciales como los centroides para proporcionar la ubicación exacta de los trámites.

El producto final corresponde al modelo SIG, ejecutado en el software ArcGIS Pro mediante la extensión Data, para generar información geoespacial en la nube y visualizarla en un geovisor proporcionando resultados confiables para la toma de decisiones.

10.0.2.3. Estandarización de modelo SIG en el proceso de cargue de información en ArcGIS Online

La fase adopta un tiempo estimado de una semana, las actividades se dividen en: la revisión del modelo SIG para compatibilidad, definición de sistemas de coordenadas y cargar la información en la nube para su interoperabilidad.

Consta de la revisión del modelo SIG, contemplando parámetros como el ajuste de campos generados en el proceso, nombres del atributo sin espacios o tildes y asignación de un tipo de dato como por ejemplo (Text, long, double, date, varchar, entre otros) si se requiere; para homogeneizar los nombres, tipos y formatos de los campos para compatibilidad con ArcGIS online. Por otro lado, se implementa la definición de sistemas de coordenadas, donde se aplica las coordenadas geográficas WGS 84 (EPSG: 3246) para encontrar la ubicación en campo y coordenadas planas como MAGNA Ciudad Bogotá (EPSG: 102233) para su repre-

sentación espacial.

Posteriormente se publican diferentes capas de prueba para revisar el tiempo de carga, la simbología y el comportamiento de los atributos definidos en el modelo SIG para aplicar funciones como filtros, descargas y búsquedas.

10.0.2.4. Implementación y visualización de los resultados mediante Experience Builder

Se desarrollará un aplicativo web mediante la herramienta Experience Builder que ofrece ArcGIS Online. Los funcionarios que estén asignados en alguna actividad referente al trámite podrán consultar detalladamente la localización exacta del inmueble que se actualizará diariamente.

Este producto visual, además de mantener la información actualizada de los reportes, también incorpora filtros de datos por actividad o por localidad, líneas temporales para identificar las fechas de trámite, y finalmente la descarga de información a partir de consultas. Se hará mediante el uso de widgets y códigos que garantizan una mejor estructuración del geoservicio.

11. RESULTADOS ESPERADOS

Durante el desarrollo de la pasantía, los resultados esperados se encuentran directamente relacionados con los objetivos planteados y con las fases metodológicas definidas para el proyecto. Por esta razón, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las fases desarrolladas.

11.1. Fase 1. Preparación de insumos

Como resultado de la primera fase, se obtienen los insumos para la integración de la información; los trámites catastrales que requieren visita técnica de terreno correspondientes al mes de noviembre de 2025, Capa geográfica, y diccionario de datos. Todos los documentos fueron necesarios como insumos base para diseñar el modelo ETL y establecer las reglas de negocio, para fases posteriores (Ver Tabla 18 para las radicaciones vigentes).

Sector	Radicacion	Fecha Radicacion	Codigo Tramite	Descripcion Tramite	Codigo Actividad	Descripcion	Fecha Entrada	Chip
002584382000100000	1276190	2025-10-31	10	CAMBIO DE NOMBRE	31	CONTROL CALIDAD TERRENO	2025-11-25	AAA0209XCKL
104127054200900000	1315548	2025-11-10	10	CAMBIO DE NOMBRE	7	EN PROCESO VISITA TERRENO	2025-11-26	AAA0267XAUZ
008535952400100000	1325524	2025-11-12	10	CAMBIO DE NOMBRE	101	PENDIENTE VISITA TERRENO MUTACIO-NES	2025-11-19	AAA0117KRBR
002442770200000000	1329503	2025-11-13	10	CAMBIO DE NOMBRE	7	EN PROCESO VISITA TERRENO	2025-11-26	AAA0171JZWW
002539372000000000	1348152	2025-11-18	10	CAMBIO DE NOMBRE	7	EN PROCESO VISITA TERRENO	2025-11-26	AAA0171WJEA
001108432800000000	1363043	2025-11-20	10	CAMBIO DE NOMBRE	7	EN PROCESO VISITA TERRENO	2025-11-26	AAA0000XMNX
003206012000000000	1130707	2025-09-29	64	CANCELACION PREDIO	101	PENDIENTE VISITA TERRENO MUTACIO-NES	2025-11-28	AAA0261SOCN
002510580100000000	1205744	2025-10-15	64	CANCELACION PREDIO	31	CONTROL CALIDAD TERRENO	2025-11-25	AAA0022DUPA

Tabla 18: *Radicaciones vigentes trámites que requieren visita a terreno*
Fuente: *Elaboración propia*

Las tablas completas del diccionario de datos se encuentran en los Anexos del presente informe. A través de la Tabla 19 se muestra la conformación de la información establecida para el trabajo de grado, mientras que en la Tabla 20 se establece el diccionario de datos referente a la capa geográfica de lotes.

CÓDIGO	TEMA GENERAL O MEDIO	COMPONENTE/TABLAS Y RASTER	CÓDIGO (Comp./Raster)	CAPA GEOGRÁFICA/TABLA/RASTER	CÓDIGO (CG/T/R)	GEOMETRÍA	ID ENTIDAD
V	ORDENAMIENTO TERRITORIAL	CATASTRO	11	Lote	01	Polígono	V1101
V			11	Construcción	02	Polígono	V1102
T	CATASTRO	Trámites catastrales	11	Radicaciones terreno	01	Tabla	T1101

Tabla 19: *Diccionario de datos para el proyecto de pasantía: modelación de herramienta SIG para la automatización de datos de trámites catastrales*
Fuente: *Elaboración propia*

CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
LotCodigo	Text	12	Código de sector que presenta el inmueble.	N/A	Obligatorio
LotUnidPre	Long	N/A	Número de unidades prediales que tiene el predio.	N/A	Obligatorio
LotDispers	Text	1	Identificación si el lote es disperso o no.	N/A	Obligatorio
LotCodDisp	Text	12	Código de sector que presenta el lote disperso.	N/A	Obligatorio
LotDistrit	Text	12	Identificación de lote como propiedad del distrito.	D_LotDistrit	Obligatorio
LotCLinder	Short	N/A	Indica si el predio tiene estudio de cabida y linderos.	D_LotCLinder	Obligatorio
LotTipo	Short	N/A	Tipo de lote, ya sea PH o NPH.	N/A	Condicional
LotMTopogr	Short	N/A	Índica si el predio presenta levantamiento topográfico.	D_LotMTopogr	Obligatorio
LotMejora	Short	N/A	Identifica si el predio tiene mejora o no.	D_LotMejora	Obligatorio
LotCodMzn	Short	N/A	Código de manzana	N/A	Obligatorio

Tabla 20: *Diccionario de datos - Capa geográfica de lotes*
Fuente: *Elaboración propia*

11.2. Fase 2. Diseño e implementación del modelo ETL y georreferenciación

Como resultado en esta fase, se obtiene el modelo ETL reproducible que se muestra en la Figura 15 al 17.

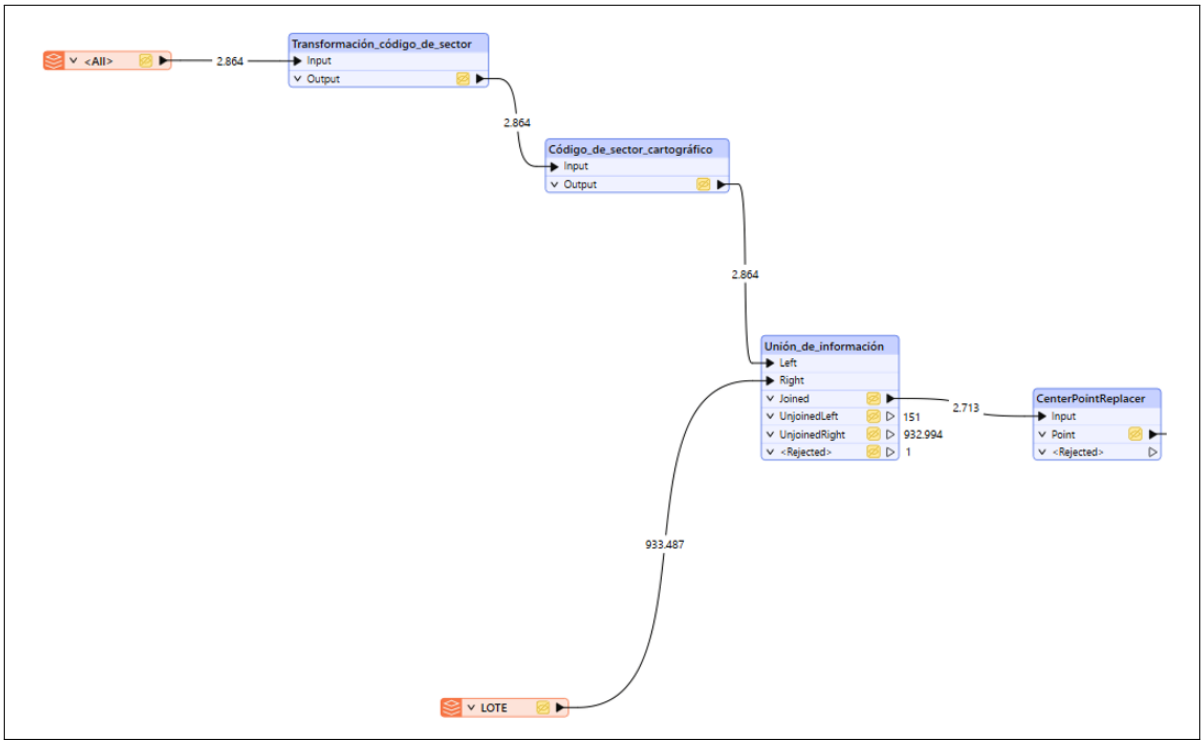


Figura 15: *Modelo SIG en el proceso chequeo y subida de centroides a la nube*

Fuente: *Elaboración propia*

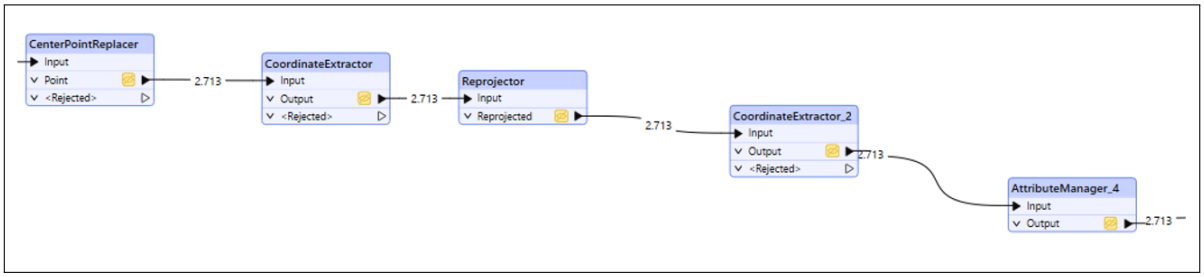


Figura 16: *Modelo SIG en el proceso de extracción de coordenadas*

Fuente: *Elaboración propia*

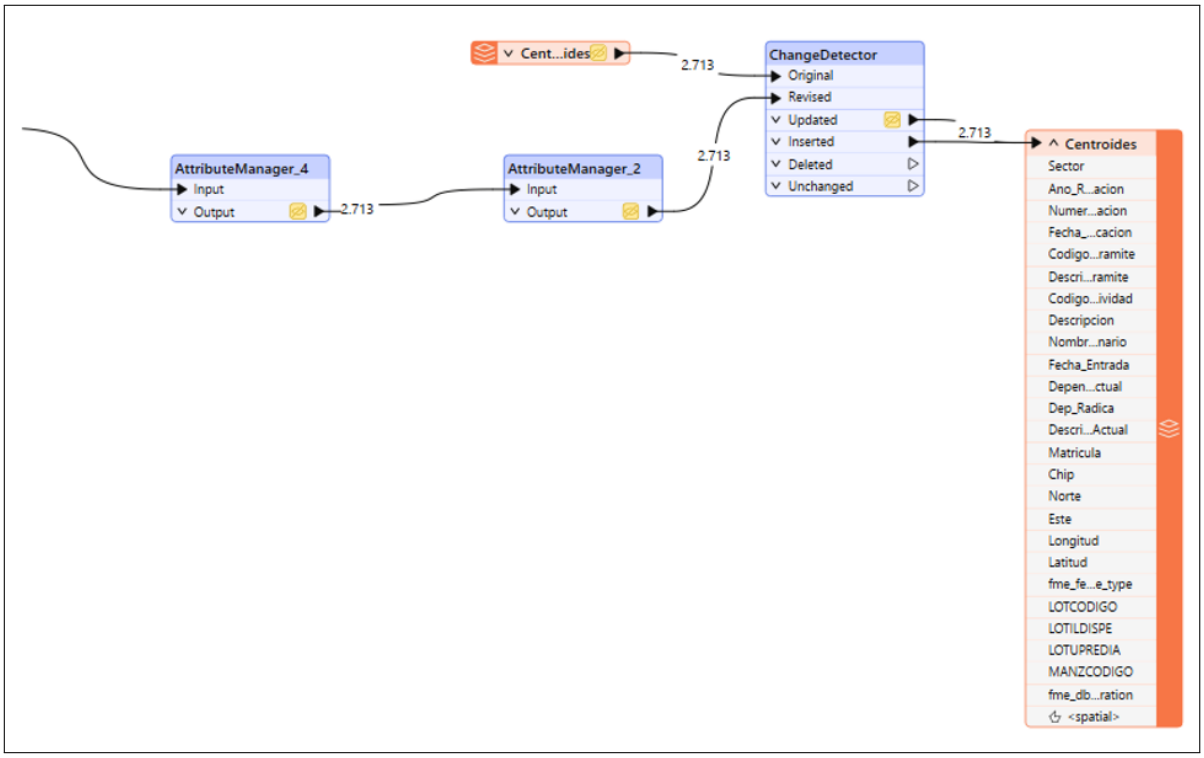


Figura 17: *Modelo SIG en el proceso de unión y subida de información a la nube*

Fuente: *Elaboración propia*

11.3. Fase 3. Control de calidad y validación de datos QA/QC

En la segunda fase se espera la creación un modelo SIG en ArcGIS Pro, automatizado mediante herramientas ETL, que permita integrar de manera eficiente, los datos geoespaciales. Este modelo debe ser óptimo e interoperable para la gestión catastral.

En la siguiente fase se espera la estandarización de la información obtenida en el modelo SIG, para procesarla en la nube y visualizarla en un geoservicio. Además, un aplicativo web en Experience Builder, para la visualización interactiva de los datos integrados, incorporando herramientas de consulta, y descarga de información. Finalmente, reportes estandarizados para entregar a los funcionarios para la gestión de trámites. A esto se le suma la elaboración de un documento técnico del proceso metodológico desarrollado, consolidando tanto la experiencia académica como los aportes prácticos al fortalecimiento de la gestión catastral de la entidad.

11.4. Fase 4. Publicación y visualización de información procesada en Experience Builder

En esta fase se obtuvo el geovisor interactivo, desarrollado mediante ArcGIS Experience Builder, el cual permite la visualización y consulta de los trámites a través de diferentes filtros. Entre estos se incluyen la descripción del trámite y el funcionario encargado, lo que facilita la búsqueda y gestión de la información.

El geovisor también incorpora estadísticas dinámicas, que se actualizan automáticamente, según el filtro aplicado por el usuario, mostrando el número total de trámites, aquellos que requieren visita técnica de campo y el funcionario responsable de cada caso tal como se muestra en la Figura 19.

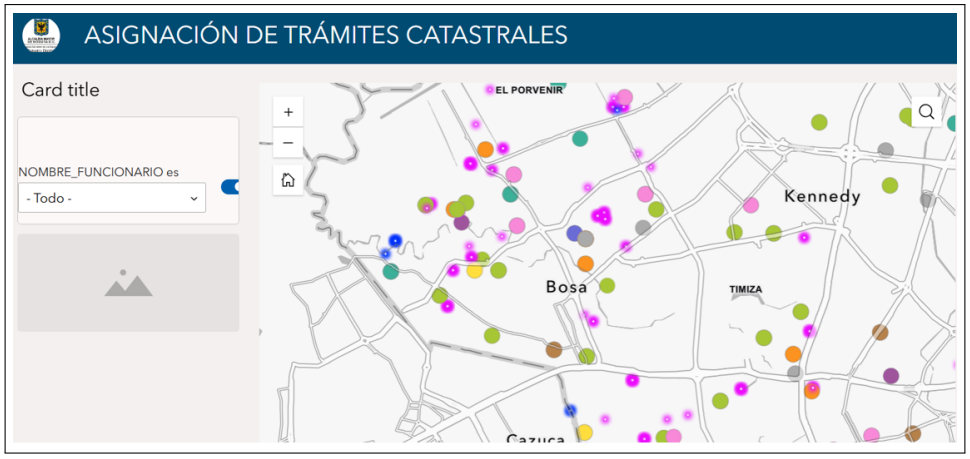


Figura 18: *Geovisor en Experience Builder*

Fuente: *Elaboración propia*

11.5. Fase 5. Publicación y visualización de información procesada en Experience Builder

A partir de los indicadores presentados en la Tabla se realizó un análisis del desempeño del modelo SIG, demostrando su nivel de eficiencia en la integración y localización de los trámites catastrales. De igual manera un alto nivel de completitud, y reducción en los tiempos de respuesta respaldando su utilidad como herramienta de apoyo para la gestión y planificación de las visitas técnicas de campo. A partir de la Tabla 21, se contemplan los indicadores KPI para este proyecto.

Indicador (KPI)	Descripción	Método de evaluación	Resultado obtenido
Tiempo	Tiempo requerido para localizar y asignar trámites para visitas de campo.	Comparación del proceso tradicional de consulta de información frente al uso del geovisor desarrollado.	Reducción del tiempo de búsqueda y localización de predios mediante la visualización directa en el geovisor es del 99,94 % con respecto a la elaboración manual.
Completitud	Nivel de integración de los registros de trámites dentro del modelo SIG.	Relación entre el número total de trámites procesados y aquellos que lograron unirse correctamente con la cartografía predial.	De 2864 trámites procesados, 2805 se integraron correctamente y 59 no lograron unirse, equivalente a un 98 % de integración.
Precisión	Nivel de cercanía entre el punto generado y el predio correspondiente.	Análisis de distancias entre los puntos generados y los predios, clasificados mediante zonas de influencia.	Un porcentaje de precisión del 83.33 % de puntos dentro del inmueble, en conjunto al 12.5 % de puntos que presenta un desfase de conformidad alta, es decir que la distancia es mínima lográndose localizar y 4.17 % de conformidad aceptable.
Errores	Registros que no lograron integrarse o presentan inconsistencias.	Identificación de trámites que no se unieron durante el proceso de modelación.	Los registros no integrados representan aproximadamente el 2 % del total procesado.

Tabla 21: *Indicadores KPI establacidos para el proyecto*
Fuente: *Elaboración propia*

12. CRONOGRAMA

A través del siguiente cronograma se estima los tiempos establecidos para la gestión de actividades dentro de la pasantía, tal como se observa en la Figura 19.

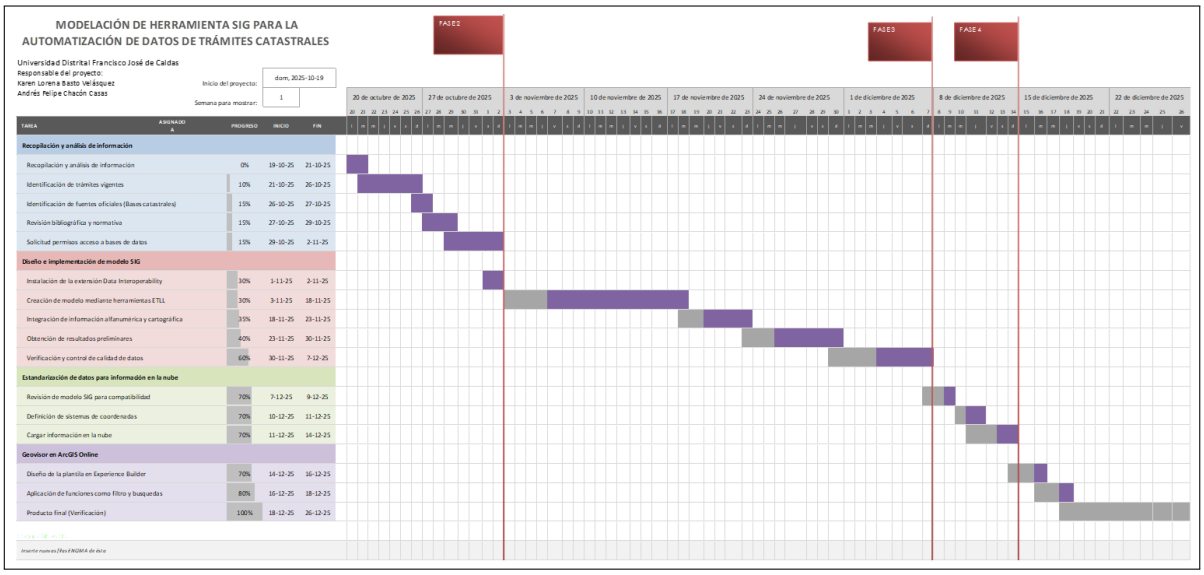


Figura 19: *Diagrama de Gantt de actividades para el desarollo del modelo SIG*

Fuente: *Elaboración propia*

13. CONCLUSIONES

En relación con el objetivo de recopilar y organizar los insumos, a partir de la información alfanumérica y geográfica de lotes (IDECA), se logró construir el diccionario de datos que documenta atributos, tipos de dato, descripciones, dominios y reglas de calidad. Esto permitió estructurar de manera coherente la información, incorporar criterios y fortalecer los procesos de control de calidad, incrementando la confiabilidad de los datos utilizados en el modelo.

Respecto a la implementación del flujo ETL en ArcGIS Pro con la extensión Data Interoperability, se logró integrar de manera eficiente la información alfanumérica y geográfica mediante procesos de unión de atributos y generación de geometrías. El flujo permitió transformar códigos alfanuméricos en referencias espaciales, incorporar coordenadas, depurar campos no relevantes y preparar los datos para la correcta georreferenciación de los trámites y su posterior publicación, automatizando un proceso previamente manual y optimizando los tiempos de respuesta. En términos cuantitativos, de un total de 2864 registros procesados, 151 no pudieron ser vinculados espacialmente, lo que representa una proporción baja de inconsistencias relacionadas principalmente a códigos erróneos o campos vacíos, sin afectar de manera significativa el modelo.

En cuanto al control de calidad, basado en la norma ISO 19157 y la NTC 5043, se obtuvo un nivel de exactitud del 96 % en la georreferenciación de los trámites. La evaluación posicional, realizada mediante el muestreo, evidenció que la mayoría de los centroides se ubican dentro del predio correspondiente, mientras que los restantes presentan desviaciones menores a 10 metros. Estos resultados se consideran aceptables para la planificación y ruteo de visitas de terreno, garantizado la calidad de la información generada a partir del modelo.

La publicación de la información procesada en ArcGIS Online permitió desarrollar un geovisor en Experience Builder con herramientas de consulta, filtrado y visualización de la información. Esta herramienta dinámica e interactiva, facilita el análisis espacial optimiza la trazabilidad de los trámites, mejora los tiempos de respuesta y fortalece la toma de decisiones en la asignación de visitas de campo.

Para la evaluación del desempeño del modelo, se realizó análisis comparativo entre el proceso manual y el automatizado, considerando variables como el tiempo de procesamiento. Mientras que la consulta manual de un solo registro en el visor cartográfico puede tardar entre 20 segundos y 30 segundos aproximadamente, el modelo automatizado permitió procesar 2713 registros en tan solo 5 minutos y visualizarlos en un geovisor. Estos resultados evidencian una mejora significativa en la eficiencia del proceso, reduciendo los tiempos de respuesta. Finalmente, la documentación de los procedimientos y resultados permite establecer bases para futuras mejoras y duplicidad del modelo.

Referencias

ANT. (2024, diciembre). *Guía modelo de interoperabilidad*. Agencia Nacional de Tierras. https://www.ant.gov.co/sites/default/files/2025-02/documentos/archivos/ginfo-g-013-modelo-de-interoperabilidad-v2.pdf

Aqlan, F., & Nwokeji, J. (2018). Big Data ETL Implementation Approaches: A Systematic Literature Review. https://doi.org/10.18293/SEKE2018-152

Arundel, S., Li, W., & Campbell, B. (2023, noviembre). *Reimagining standardization and geospatial interoperability in today's GeoAI culture*. https://doi.org/10.1145/3615886.3627744

Asamblea Nacional Constituyente, C. (1991, julio). *Constitución Política de Colombia*. https://www.constitucioncolombia.com/titulo-12/capitulo-5/articulo-365

Atkinson, A., García-Balboa, J., & Ariza-Lopez, F. (2001, junio). *Los diferentes test para el control de calidad posicional en cartografía*. https://www.researchgate.net/publication/326107156_Los_diferentes_test_para_el_control_de_calidad_posicional_en_cartografia

Blankenship, J., & Karin, A. (2025). A Beginner's Guide to Creating an Address Workflow in FME™ Workbench. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, *91*, 257-261. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2025/05/05-2025-GISTT-A-Beginners-Guide-to-Creating-an-Address-Workflow-in-FME%E2%84%A2-Workbench.pdf

Borrmann, A., Beetz, J., Koch, C., Liebich, T., & Muhic, S. (2018, septiembre). *Industry Foundation Classes: A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_5

Braunschweig, D. (s.f.). *String Functions*. https://press.rebus.community/programmingfundamentals/chapter/string-functions/

BuildingSmart, S. (2025). *Fundamentos Técnicos de openBIM: Estructuras de Datos, Estándares y Protocolos de Intercambio* (1.ª ed., Vol. 1). https://s701e818940989375.jimcontent.com/download/version/1747035157/module/13193058126/name/FTOB-BSSP-ZZZ-ZZZ-MAN-MIC-001-FundamentosTecnicosOpenBIM-A1-0100.pdf

Burrough, P., & McDonnell, R. (1998). Principle of Geographic Information Systems.

Bustamante, L., & Gaviria, N. (2004, abril). *El Catastro de Bogotá: Ejemplo de un catastro multifuncional*. https://www.lincolninst.edu/es/publications/articles/el-catastro-bogota/

Campos, A., & Poveda, N. (2019). *Propuesta de un modelo catastro y registro que mejore las inconsistencias de la información como aporte a catastro multipropósito (LADM)*. https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/07da3b78-f79d-442d-a11e-7a5295b05f5b/content

Carrero, D. F., & Rodríguez, H. (2020). GO CATASTRAL: Un vehículo para la modernización catastral multipropósito en Colombia. *Cultura GEO*, *4*, 23-27. https://revistageodata.icde.gov.co/sites/default/files/boletin/202008_BoletinCulturaGeo.%20No%204%20.pdf

Cespedes, N. A. E., & Naranjo, D. S. C. (2024). *Propuesta metodológica para mejorar el proceso de mutación de segunda clase específicamente desagregación de propiedad horizontal en la conservación de catastro para la unidad administrativa especial de catastro distrital*. http://hdl.handle.net/11349/39758

Congreso de la República de Colombia, c. (1983, julio). *Ley 14*. https://tramites1.suit.gov.co/registro-web/suit_descargar_archivo?A=55751

Congreso de la República de Colombia, c. (2015, junio). *Ley 1753*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933

CONPES. (2019, marzo). *CONPES 3958 de 2019*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3958.pdf

Corradine, J. E. (2019). *Análisis cartográfico, georreferenciación y control de calidad de proyectos de urbanismo y alcantarillado realizados en la localidad de Ciudad Bolívar por APF Ingeniería S.A.S*. http://hdl.handle.net/11349/22227

de Bogotá D.C, C. (2006, noviembre). *Acuerdo 257*. https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=22307

de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, M. (2015, diciembre). *Tutorial de Google Earth*. https://biblioteca-digital.bue.edu.ar/descargar/b6e849-tutorial-google-earth.pdf

Diakite, A. A., Díaz, L., Biljecki, F., Isikdag, Ü., Simmons, S., Li, K., & Zlatanova, S. (2022). IFC2INDOORGML: AN OPEN-SOURCE TOOL FOR GENERATING INDOORGML

FROM IFC. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLIII-B4-2022*, 295-301. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2022-295-2022

Dionizio, R. F., & Dezen-Kempter, E. (2024). From Data and Metadata to HBIM-GIS Integration. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-14. https://doi.org/10.1080/15583058.2024.2439916

DNP. (2025, junio). *Catastro Multipropósito: interoperabilidad*. https://www.catastromultiproposito.gov.co/catastro-multiproposito/Paginas/interoperabilidad.aspx

DNP & Sinergia. (2016). *Evaluación de la política para consolidar la interrelación entre el catastro y el registro*. Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Interrelacion_Catastro_y_Registro_Completo.pdf

ESRI. (s.f.). *¿Qué son los SIG?*

ESRI. (2017). *FME Workbench essentials*. https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/data-interoperability/fme-workbench-essentials.htm

ESRI. (2020). *ArcGIS Data Interoperability extension*. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/data-interoperability/what-is-the-data-interoperability-extension.htm

ESRI. (2022, marzo). *ArcGIS Data Interoperability*. https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-data-interoperability/overview

Fileto, R. (2001). Issues on interoperability and integration of heterogeneous geographical data. *III Brazilian Symposium on Geoinformatics-GEOINFO*, 138-139. https://www.academia.edu/56932081/Issues_on_interoperability_and_integration_of_heterogeneous_geographical_data

for Standardization, I. O. (2013, diciembre). *ISO 19157*.

García, Y., Obando, C., Pérez, H., & Reyes, E. (2018). ETL (extracción, transformación y carga) o intercambio de información entre aplicaciones empresariales con el fin de crear un prototipo. *Retos de la investigación en ingeniería de sistemas: aplicaciones, herramientas y desarrollos*, *1*, 115-139.

Gómez, M. B. (2019). *Instructivo georreferenciación de trámites*.

Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science [doi: 10.1080/02693799208901893]. *International journal of geographical information systems*, *6*, 31-45. https://doi.org/10.1080/02693799208901893

Guyo, E., Hartmann, T., & Ungureanu, L. (2021). Interoperability between BIM and GIS through open data standards: An overview of current literature. *9th Linked Data in Architecture and Construction Workshop*, 115-117. https://api-depositonce.tu-berlin.de/server/api/core/bitstreams/c596c54f-f87d-430b-823c-6b57c32aefb8/content

Hernando, I. A. (2013). CityGML: modelado urbano 3D. *Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*, 2-2. https://www.idee.es/resources/presentaciones/JIIDE13/miercoles/7_CityGML.pdf

ICDE. (s.f.). *Calidad de Datos*.

ICONTEC. (2010, mayo). *NTC 5043*.

IDECA. (2019, diciembre). *Procedimiento para la evaluación y reporte de calidad de datos geográficos*. UAEcd.

IDECA. (2024, diciembre). *Protocolo para la Producción de Recursos de Información Geográfica*. Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. https://www.ideca.gov.co/sites/default/files/ProtocoloProduccion.pdf

IEEE. (1990). IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. *IEEE Std 610.12-1990*, 1-84. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1990.101064

IGAC. (2011, febrero). *Resolución 70 de 2011*. https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/resolucion_70_2011.pdf

IGAC. (2023, agosto). *Resolución 1040 de 2023*. https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/resolucion_1040_de_2023_con_anexos_.pdf

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, I. (2024). *Fundamentos para la interoperabilidad entre datos Geográficos de la ICDE*. https://www.icde.gov.co/sites/default/files/archivos/Fundamentos%20Interoperabilidad%20datos%20geogra%CC%81ficos.pdf?utm_source=chatgpt.com

Inmon, W. (2002). *Building the Data Warehouse* (1.ª ed., Vol. 1). John Wiley Sons.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, I. (2024, junio). *Resolución 746 de 2024*. https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/RESOLUCION%20746%20DE%202024%20MODICIACI%C3%93N%201040-con%20anexos_compressed%20%281%29.pdf

James, P., & Al, K. (2020). GIS Tips & Trick: FME Tool Tips. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, *86*, 657-658. https://doi.org/10.14358/PERS.86.11.657

Kelly, C., Wilson, J., Baker, E., Miller, D., & Schootman, M. (2013, junio). *Google Street View GuideFinal*. https://www.researchgate.net/publication/258846648_Google_Street_View_GuideFinal

Kherdekar, V., & Metkewar, P. (2016). A Technical Comprehensive Survey of ETL Tools. *International Journal of Applied Engineering Research*, *11*, 2557-2559. https://doi.org/10.37622/IJAER/11.4.2016.2557-2559

Kimball, R., & Caserta, J. (2004). *The Data Warehouse ETL Toolkit* (1.ª ed., Vol. 1). Wiley Publishing, Inc.

Kumar, K., Labetski, A., Ohori, K. A., Ledoux, H., & Stoter, J. (2019). The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, *4*, 5. https://doi.org/10.1186/s40965-019-0065-z

Luo, L., Wang, X., Guo, H., Lasaponara, R., Shi, P., Bachagha, N., li li, Yao, Y., Masini, N., Chen, F., Ji, W., Cao, H., Li, C., & Hu, N. (2018). Google Earth as a Powerful Tool for Archaeological and Cultural Heritage Applications: A Review. *Remote Sensing*, *10*. https://doi.org/10.3390/rs10101558

Megías, D., Navarro, A., & Bain, M. (2016). Introducción al software libre en general y a los SIG libres en particular. *Jornadas de SIG Libre*, *1*.

Morales, N. S., Lamaro, A. A., & Zucchino, B. I. 2. (2025). *Introducción a los SIG* (E. de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), Ed.; 1.ª ed., Vol. 1). Universidad Nacional de La Plata.

Moreno, J. L. (2024). *Propuesta metodológica para determinación de áreas construidas por medio de métodos indirectos*. http://hdl.handle.net/11349/41938

Muñoz, L., Mazón, J., Norberto, & Trujillo, J. (2011). ETL Process Modeling Conceptual for Data Warehouses: A Systematic Mapping Study. *Latin America Transactions, IEEE*

(Revista IEEE America Latina), *9*, 358-363. https://doi.org/10.1109/TLA.2011.5893784

of Land Policy, L. I. (2007). *Catastro Multifinalitario aplicado a la definición de políticas de suelo urbano* (D. Erba, Ed.; Vol. 1). https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/catastro-multifinalitario-politicas-de-suelo-urbano-full.pdf

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográca* (1.ª ed., Vol. 1).

Olivo, M. (2019). *Comparativas de software SIG libre y comercial para estudios ambientales*.

Ore, J. M. (2023). *Metodología para el control de calidad en la cartografía censal del distrito de Cajamarca mediante herramientas GIS*. https://repositorio.unfv.edu.pe/communities/f20dc759-3d4f-47df-b997-c84663f75e13/search

Pecha, P. (2007, julio). *Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital*. https://archivobogota.secretariageneral.gov.co/sites/default/files/fondo_documental/Guia-UAE-Catastro.pdf

Preciado, J. M. (2004, agosto). *Sistemas de Información Geográfica* (Vol. 1). Unidad didáctica.

Presidencia de la República, P. (2020, febrero). *Decreto 148*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=105952

Rashidan, M. (2018, agosto). *Development of cartographic styling tool to support geospatial data interoperability*. https://files01.core.ac.uk/download/pdf/231742303.pdf

Reed, C. (2011, mayo). *OGC standards*. https://doi.org/10.1201/b11080-26

Rivera, N. (2024, mayo). *Estos son los trámites que se pueden realizar ante Catastro en Bogotá*.

SafeSoftware. (2025). *AttributeManager*. https://docs.safe.com/fme/html/FME-Form-Documentation/FME-Transformers/Transformers/attributemanager.htm

Sánchez, J. E., & Yépez, C. A. (2024, julio). *Interoperabilidad y tecnología: una articulación necesaria para desarrollar una Gestión Catastral eficiente*. https://www.esri.co/es-co/nosotros/publicaciones/blogs/fecha/2024/catastro/interoperabilidad-tecnologia-gestion-catastral?utm_source=chatgpt.com

Sayar, A., Pierce, M., & Fox, G. (2014, marzo). *OGC Compatible Geographical Information Services*. https://www.researchgate.net/publication/265167324_OGC_Compatible_Geographical_Information_Services

Seenivasan, D. (2023). ETL (Extract, Transform, Load) Best Practices. *International Journal of Computer Trends and Technology*, *71*, 40-44. https://doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V71I1P106

Sekon, J. (2018). A Review Of Feature Manipulation Engine (FME). *Jurnal Kejuruteraan, Teknologi dan Sains Sosial*, *4*. https://www.puo.edu.my/webportal/wp-content/uploads/2023/01/P04.pdf

Semana, R. (2024, abril). *Inició nuevo censo inmobiliario en Bogotá para fijar cambios en el avalúo catastral. Conozca a qué predios se les aplicará*. https://www.semana.com/politica/articulo/inicio-nuevo-censo-inmobiliario-en-bogota-para-fijar-cambios-en-el-avaluo-catastral-conozca-a-que-predios-se-les-aplicara/202403/

Sendra, J. B., & García, R. (2000). El Uso De Los Sistemas De Información Geográfica En La Planificación Territorial. *Anales de Geografía de la Universidad complutense*, *1*, 49-47.

Software, S. (2019). *FME Desktop Basic: Training Course* (S. Software, Ed.).

Sondheim, M., Gardels, K., & Buehler, K. (1999). GIS interoperability. *Geographical information systems*, *1*, 347-359. https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch24.pdf

UAECD. (s.f.). *Trámites, productos y servicios*.

UAECD. (2016, febrero). *Conozca a fondo qué es, qué hace y qué les ofrece Catastro Bogotá a los ciudadanos*. https://www.catastrobogota.gov.co/noticia/conozca-fondo-que-es-que-hace-y-que-le-ofrece-catastro-bogota-los-ciudadanos

UAECD. (2019). *¿Quiénes somos?* https://www.catastrobogota.gov.co/sobre-catastro/quienes-somos

UAECD. (2020a, enero). *Catastro Bogotá, 40 años de trabajo para prestar el mejor servicio a la ciudadanía*. Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/noticias/Comunicado%20Cumplean%CC%83os%20UAECD%20-14%20ENERO.pdf

UAECD. (2020b, enero). *Resolución 73 de 2020*.

UAECD. (2020c, noviembre). *Historia catastro Bogotá*. https://www.catastrobogota.gov.co/sobre-catastro/historia

UAECD. (2020d, noviembre). *Resolución 1299*. https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/noticias/Resoluci%C3%B3n%201299_Ordena%20Cierre%20Temporal%20SIIC-LPC-CEL_2020.pdf

UAECD. (2024a). *¿Qué es el Censo Inmobiliario?* https://www.catastrobogota.gov.co/recurso/censo-inmobiliario

UAECD. (2024b, septiembre). *Documento técnico de mutación*.

UAECD. (2025). *Censo Inmobiliario Bogotá 2025*. https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/recursos/Censo%20inmobiliario%202025%20%283%29_0.pdf

Vélez, C. M. (2018). El catastro y la descentralización. *Revista de ingeniería*, *1*, 14-15. https://doi.org/https://doi.org/10.16924/revinge.46.4

Verástegui, E. (2022). La gestión catastral como mecanismo para aumentar los ingresos de las entidades territoriales por medio del cobro del impuesto predial. *Revista de derecho Fiscal*, *1*, 185-188. https://doi.org/https://doi.org/10.18601/16926722.n22.07

A. ANEXOS

Información utilizada para el trabajo de grado.

- Presentación de modelación de herramienta SIG para trámites catastrales mediante el uso herammientas ETL.
- Modelo SIG mediante la extensión .fmw
- Guía de uso de modelo SIG para la gestion de trámites catastrales requeridos para reconocimiento de terreno.