



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## TESIS DOCTORAL

---

# **Pruebas de inscripción de representaciones gráficas en España, y estudio y creación de herramientas técnicas para la aplicación del LADM en Colombia**

---

**Joan Manuel Velilla Torres**

**Directores:**

**Dra. Doña Carmen Femenia Ribera**

**Dr. Don Joaquín Gaspar Mora Navarro**

*Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría  
Universitat Politècnica de València (UPV)*

*Programa de Doctorado en Ingeniería Geomática*

Valencia, Julio 2024



A mis padres, a mi familia y a mi pareja,  
por darme las raíces y los valores necesarios  
para crecer durante toda mi vida.  
Gracias a ellos soy quien soy ahora.





## **Agradecimientos**

A lo largo de esta tesis son muchas las personas que han contribuido en el proceso y conclusión de este trabajo.

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres por brindarme un futuro, orientarme a lo largo del camino y apoyarme en mis decisiones. Todos los valores que he aprendido son gracias a ellos. Agradezco a mi pareja por animarme todos los días a cumplir mis objetivos y a acompañarme a lo largo de estos años allí donde he estado.

Al Dr. D. Joaquín Gaspar Mora Navarro, por su generosidad al compartir sus conocimientos y por solventar las dificultades técnicas que se han presentado a lo largo de esta tesis, que sin su aportación no hubiese podido resolver. Para mí ha sido un gran mentor a lo largo de esta tesis y en mi carrera profesional.

A la Dra. Dña. Carmen Femenia, Ribera, por la orientación, el enfoque de esta tesis y por su gran dedicación. Sin su ayuda y asesoramiento a lo largo de estos años no hubiese obtenido los conocimientos necesarios para llevar a cabo la tesis. Gracias a Carmen se logró la colaboración con el colectivo de Colombia, que fue clave para el éxito de la investigación.

Al colectivo de la Cámara Colombia de la Topografía, en especial a D. José Wilches, por su colaboración y aportación de los recursos e información necesaria para poder realizar la investigación en la tesis.



## Resumen

Esta tesis versa sobre la gestión de propiedad en el Catastro y el Registro de la Propiedad en España y en Colombia; a través de las herramientas técnicas que utilizan los profesionales que delimitan la propiedad en el terreno. Desde un punto de vista práctico se inició el estudio en España con la coordinación entre el Catastro y el Registro, aplicando con un caso práctico la ley 13/2015, justo en el momento en el que fue aprobada. Para testar la ley se realizó la delimitación de una finca con su representación gráfica alternativa, y se llevó a una notaría. Se comprobó que esta vía no era viable todavía, y se actualizó la cartografía catastral por el cauce tradicional del Catastro.

Posteriormente, en Colombia se ha estudiado una iniciativa de puesta en marcha de la norma ISO19152- LADM, cuyo perfil de aplicación en Colombia se ha denominado LADM-COL. Para la aplicación del perfil el gobierno colombiano ha realizado un desarrollo que ha estado en constante cambio durante el tiempo de investigación de esta tesis, y que incluye un *plugin* para QGIS, denominado LADM-COL. Este *plugin* permite introducir los datos de una delimitación de una propiedad colombiana (finca en España, predio en Colombia) según el modelo LADM-COL en una base de datos local, que luego es exportada para ser incluida en otra base de datos global y oficial. Está previsto que los datos de esta base de datos sean publicados en un geoportal, que en el momento de desarrollo de esta tesis, aún no está disponible.

Esta tesis realiza un estudio de la metodología de trabajo diseñada para la captura de datos en el modelo LADM-COL en Colombia, mediante el *plugin* de QGIS LADM-COL. Para realizar las pruebas se ha contactado con la asociación de topógrafos denominada Cámara Colombiana de la Topografía, estableciéndose una colaboración, de forma que se usará esta tesis para fomentar la captura de datos de delimitaciones topográficas según el modelo LADM-COL. Se ha planteado, junto con la asociación de la Cámara Colombiana de la Topografía, la creación de un visor-geoportal que permita visualizar y consultar la información geográfica y alfanumérica de los trabajos realizados según el modelo. Para ello, se instalaría la base de datos con el modelo LADM-COL en la nube, permitiendo su conexión directamente con QGIS. Los usuarios importarían sus trabajos en la nube y se mostrarían en el geoportal. Los usuarios, previamente identificados, podrán acceder a la información del geoportal, para la consulta de la información. El objetivo del geoportal es poder mostrar los datos capturados, mientras el geoportal oficial no esté disponible, y poder valorar la utilidad de este geoportal en aspectos como: si facilita la regularización de tierras, si facilita la comprensión de los trabajos de regulación, si añade seguridad, o bien, si por el contrario representa una tarea extra poco útil.

La principal conclusión de este trabajo es que, a pesar de las dificultades técnicas para acordar los modelos de datos, y de las complicaciones del diseño y desarrollo de herramientas para la gestión de la información catastral y registral (bases de datos, geoportales, comprobaciones topológicas y temáticas, herramientas de edición e intercambio, etc.), dichas herramientas son desarrolladas adecuadamente, y a pesar de ello no se consigue que se implante su uso. Los motivos que se han detectado son la falta de información de los propietarios, y la falta de información y formación por parte de técnicos y juristas en un tema, el de la delimitación de la propiedad, que exige que todas las partes implicadas conozcan un poco todas las partes del proceso de delimitación de una propiedad, derechos, registro, legislación, trámites administrativos, e incluso el modelo de datos con el que se está trabajando.

## **Palabras clave**

Registro de la Propiedad, Catastro, modelo de datos, bases de datos, *software* libre, sistema de información geográfica, delimitación, lindero, levantamiento topográfico, precisión, administración del territorio, cartografía, LADM, LADM-COL, Colombia, predios, INTERLIS, Geoportal, metadatos geográficos.

## Resum

Aquesta tesi versa sobre la gestió de propietat al Cadastre i el Registre de la Propietat a Espanya i Colòmbia; a través de les eines tècniques que utilitzen els professionals que delimiten la propietat al terreny. Des d'un punt de vista pràctic es va iniciar l'estudi a Espanya amb la coordinació entre el Cadastre i el Registre, aplicant amb un cas pràctic la llei 13/2015, justament en el moment en què va ser aprovada. Per testar la llei es va realitzar la delimitació d'una finca amb la seva representació gràfica alternativa, i es va portar a una notaria. Es va comprovar que aquesta via encara no era viable, i es va actualitzar la cartografia cadastral per la llera tradicional del Cadastre.

Posteriorment, a Colòmbia s'ha estudiat una iniciativa de posada en marxa de la norma ISO19152-LADM, el perfil d'aplicació de la qual a Colòmbia s'ha anomenat LADM-COL. Per a l'aplicació del perfil el govern colombià ha realitzat un desenvolupament que ha estat en canvi constant durant el temps d'investigació d'aquesta tesi, i que inclou un *plugin* per a QGIS, anomenat LADM-COL. Aquest *plugin* permet introduir les dades d'una delimitació d'una propietat colombiana (finca a Espanya, predi a Colòmbia) segons el model LADM-COL a una base de dades local, que després és exportada per ser inclosa a una altra base de dades global i oficial. Està previst que les dades d'aquesta base de dades siguin publicades en un geoportal, que en el moment de desenvolupar aquesta tesi encara no està disponible.

Aquesta tesi realitza un estudi de la metodologia de treball dissenyada per a la captura de dades al model LADM-COL a Colòmbia, mitjançant el *plugin* de QGIS LADM-COL. Per fer les proves s'ha contactat amb l'associació de topògrafs anomenada Cambra Colombiana de la Topografia, establint-se una col·laboració, de manera que s'usarà aquesta tesi per fomentar la captura de dades de delimitacions topogràfiques segons el model LADM-COL. S'ha plantejat, juntament amb l'associació de la Cambra Colombiana de la Topografia, la creació d'un visor geoportal que permeti visualitzar i consultar la informació geogràfica i alfanumèrica dels treballs realitzats segons el model. Per això, s'instal·laria la base de dades amb el model LADM-COL al núvol, permetent la seva connexió directament amb QGIS. Els usuaris importarien els seus treballs al núvol i es mostrarien al geoportal. Els usuaris, prèviament identificats, podran accedir a la informació del geoportal per a la consulta de la informació. L'objectiu del geoportal és poder mostrar les dades capturades mentre el geoportal oficial no estigui disponible, i poder valorar la utilitat d'aquest geoportal en aspectes com: si facilita la regularització de terres, si facilita la compressió dels treballs de regulació, si afegeix seguretat, o bé, si per contra representa una tasca extra poc útil.

La conclusió principal d'aquest treball és que, malgrat les dificultats tècniques per acordar els models de dades, i les complicacions del disseny i desenvolupament d'eines per a la gestió de la informació cadastral i registral (bases de dades, geoportals, comprovacions topològiques i temàtiques, eines d'edició i intercanvi, etc.), aquestes eines són desenvolupades adequadament, i malgrat això no s'aconsegueix que se n'implanti l'ús. Els motius detectats són la manca d'informació dels propietaris, i la manca d'informació i formació per part de tècnics i juristes en un tema, el de la delimitació de la propietat, que exigeix que totes les parts implicades coneguin una mica totes les parts del procés de delimitació d'una propietat, drets, registre, legislació, tràmits administratius, i fins i tot el model de dades amb què està treballant.

## **Paraules clau**

Registre de la Propietat, Cadastre, model de dades, bases de dades, programari lliure, sistema d'informació geogràfica, delimitació, límit, aixecament topogràfic, precisió, administració del territori, cartografia, LADM, LADM-COL, Colòmbia, predis, INTERLIS, Geoportal, metadades geogràfiques.

## Summary

This thesis deals with property management in the Cadastre and Property Registry in Spain and Colombia; through the technical tools used by professionals who delimit the property on the land. From a practical point of view, the study began in Spain with the coordination between the Cadastre and the Registry, applying law 13/2015 with a practical case, right at the moment it was approved. To test the law, the delimitation of a property was carried out with its alternative graphic representation, and it was taken to a notary office. It was found that this route was not yet viable, and the cadastral cartography was updated through the traditional Cadastre channel.

Subsequently, in Colombia an initiative to implement the ISO19152-LADM standard has been studied, whose application profile in Colombia has been called LADM-COL. For the application of the profile, the Colombian government has carried out a development that has been in constant change during the time of research of this thesis, and that includes a plugin for QGIS, called LADM-COL. This plugin allows you to enter the data of a Colombian property delimitation (farm in Spain, property in Colombia) according to the LADM-COL model in a local database, which is then exported to be included in another global and official database. It is planned that the data from this database will be published in a geoportal, which at the time of development of this thesis is not yet available.

This thesis carries out a study of the work methodology designed to capture data in the LADM-COL model in Colombia, using the QGIS LADM-COL plugin. To carry out the tests, the association of surveyors called the Colombian Chamber of Topography has been contacted, establishing a collaboration, so that this thesis will be used to promote the capture of data on topographic delimitations according to the LADM-COL model. The creation of a viewer-geoportal that allows viewing and consulting the geographical and alphanumeric information of the work carried out according to the model has been proposed, together with the association of the Colombian Chamber of Topography. To do this, the database with the LADM-COL model would be installed in the cloud, allowing its connection directly with QGIS. Users would import their jobs into the cloud and display them in the geoportal. Users, previously identified, will be able to access the information from the geoportal, to consult the information. The objective of the geoportal is to be able to show the data captured, while the official geoportal is not available, and to be able to assess the usefulness of this geoportal in aspects such as: if it facilitates the regularization of lands, if it facilitates the compression of regulation work, if it adds security, or, on the contrary, it represents an extra task that is not very useful.

The main conclusion of this work is that, despite the technical difficulties in agreeing on data models, and the complications of the design and development of tools for the management of cadastral and registry information (databases, geoportals, topological checks and themes, editing and exchange tools, etc.), these tools are adequately developed, and despite this their use is not implemented. The reasons that have been detected are the lack of information on the part of the owners, and the lack of information and training on the part of technicians and jurists on a topic, that of the delimitation of property, which requires that all parties involved know a little all parts of the property delimitation process, rights, registration, legislation, administrative procedures, and even the data model with which you are working.

## **Keywords**

Property Registry, Cadastre, data model, databases, free software, geographic information system, delimitation, boundary, topographic survey, precision, territory administration, cartography, LADM, LADM-COL, Colombia, properties, INTERLIS, Geoportal, geographic metadata.



## Índice general

---

<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>23</b>
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	<b>25</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>27</b>
<b>1.3 Aspectos legales y administrativos de la Propiedad Inmobiliaria en España</b> .....	<b>30</b>
1.3.1 Catastro .....	30
1.3.2 Registro de la Propiedad y Notarios .....	32
1.3.3 Geoportal del colegio de registradores .....	33
1.3.4 La Reforma de la Ley Hipotecaria 13/2015 y del Catastro Inmobiliario en España .....	35
<b>1.4 Gestión territorial y catastral de Colombia</b> .....	<b>39</b>
1.4.1 Proyecto Tierra en Paz.....	39
1.4.2 Fit For Purpose y el modelo STDM .....	41
1.4.3 Acciones y normativas en Colombia en línea con los ODS, y para mitigar los efectos del cambio climático .....	43
1.4.4 Catastro Multipropósito .....	46
1.4.5 Superintendencia de Notariado y Registro.....	48
1.4.6 Interrelación Catastro-Registro en Colombia .....	49
1.4.7 LADM-COL.....	51
<b>Capítulo 2. España: Caso práctico de aplicación de la Ley 13/2015. Delimitación topográfica de una finca registral y su coordinación</b> .....	<b>55</b>
2.1 España: Caso práctico de aplicación de la Ley 13/2015. Delimitación topográfica de una finca registral y su coordinación .....	57
2.2 Equipo utilizado y precisiones .....	60
2.3 Cartografía existente en el trabajo .....	60
2.4 Modificación del parcelario.....	63
2.5 Importación a GeoDelProp.....	68
2.6 Generación de ficheros GML y validación de cartografía en Catastro.....	69
2.7 Actualización de la cartografía en el Catastro .....	73
2.8 Planos resultantes .....	78
<b>Capítulo 3. Catastro multipropósito en Colombia. Modelo y Asistente LADM-COL.</b> <b>85</b>	
3.1 Catastro multipropósito en Colombia. Modelo y Asistente LADM-COL. ....	87
3.2 Explicación sobre los diferentes modelos de datos, y el versionado de documentos. 89	
3.3 Modelo Extendido de Catastro Registro LADM-COL. Versión 3.0. ....	90
3.4 Instalación del <i>software</i> .....	94
3.5 Estudio e investigación de las herramientas del Asistente LADM-COL y su relación con el modelo de datos .....	95
3.5.1 Cargar capas .....	99
3.5.2 Creación de entidades geográficas.....	100

3.5.2.1	Creación de un punto .....	100
3.5.2.2	Creación de un lindero .....	114
3.5.2.3	Creación de un terreno.....	119
3.5.2.4	Crear construcción.....	126
3.5.2.5	Crear unidad de construcción .....	130
3.5.2.6	Crear servidumbre de paso .....	133
3.5.2.7	Error en el <i>plugin</i> Asistente LADM-COL en la creación de una servidumbre de paso 136	
3.5.2.8	Relacionar dirección .....	138
3.5.2.9	Crear predio.....	142
3.5.3	Creación y gestión de interesados y fuentes .....	147
3.5.3.1	Crear interesado .....	147
3.5.3.2	Crear agrupación de interesados .....	148
3.5.3.3	Crear fuente administrativa .....	149
3.5.3.4	Crear fuente espacial.....	151
3.5.4	Establecer relaciones entre interesados, derechos, cargas, restricciones (RRR), unidades básicas administrativas, y archivos fuente.....	151
3.5.4.1	Crear derecho .....	152
3.5.4.2	Crear restricción .....	153
<b>Capítulo 4. Desarrollo del Geoportal GEOLADM COL.....</b>		<b>155</b>
4.1	<b>Desarrollo del Geoportal GEOLADM COL.....</b>	<b>157</b>
4.2	<b>Front-end y back-end de la aplicación GEOLADM COL.....</b>	<b>159</b>
4.3	<b>Diseño y funcionalidades iniciales del primer desarrollo de geoportal .....</b>	<b>160</b>
4.4	<b>Segundo desarrollo de geoportal. Únicamente visor de datos .....</b>	<b>164</b>
4.5	<b>Aplicación de casos reales en Colombia utilizando el <i>plugin</i> Asistente LADM-COL.</b>	<b>165</b>
4.5.1	Aplicación a partir de un levantamiento topográfico realizado en Colombia mediante tecnología LIDAR .....	165
4.5.1.1	Ubicación del levantamiento y cartografía digital 2D .....	166
4.5.1.2	Importación al modelo LADM-COL.....	168
4.5.1.3	Representación en el geoportal GeoLadmCol .....	179
4.5.2	Aplicación a partir de un levantamiento convencional .....	181
4.5.2.1	Ubicación del levantamiento y cartografía digital 2D .....	181
4.5.2.2	Importación al modelo LADM-COL.....	185
4.5.2.3	Exportar datos a un archivo formato XTF .....	203
4.5.2.4	Representación en el geoportal GEOLADM COL .....	206
<b>Capítulo 5. Conclusiones .....</b>		<b>209</b>
5.1	<b>Conclusiones .....</b>	<b>211</b>
<b>Capítulo 6. Bibliografía .....</b>		<b>219</b>
6.1	<b>Bibliografía.....</b>	<b>221</b>

## Índice de anexos

<i>Anejo 1. Instalación de software .....</i>	<i>229</i>
<i>Anejo 2. Estudio de países con aplicaciones low-cost actuales para levantamientos topográficos en campo .....</i>	<i>239</i>
<i>Anejo 3. Prototipo de una APP Low-cost para levantamientos topográficos en campo.....</i>	<i>248</i>

## Índice de figuras

Figura 1. Geoportal de Registradores de la Propiedad en España.....	33
Figura 2. Búsqueda de una parcela en el geoportal de Registradores de la Propiedad .....	34
Figura 3. Descargar geometría en formato GML.....	34
Figura 4. Estructura conceptual de la ISO 19152:2012.....	52
Figura 5. Esquema de flujo de trabajo realizado en a investigación en España...	57
Figura 6. Ubicación de la parcela en el municipio de Montserrat.....	58
Figura 7. Parcelas para delimitar en el levantamiento.....	59
Figura 8. Cartografía catastral en la zona del levantamiento .....	60
Figura 9. Planos de la Cartografía histórica catastral en la zona del levantamiento .....	61
Figura 10. Plano topográfico antiguo. ....	62
Figura 11. Parcelas afectadas y levantamiento topográfico. Vista en QGIS.....	63
Figura 12. Polígono del levantamiento topográfico .....	64
Figura 13. Ventana de la herramienta de Diferencia en QGIS.....	65
Figura 14. Diferencia de las parcelas afectadas y el levantamiento .....	65
Figura 15. Selección de un polígono del resultado de la diferencia.....	66
Figura 16. Resultado en QGIS de la herramienta de multiparte a monoparte .....	67
Figura 17. Trozo pequeño de polígono a corregir .....	67
Figura 18. Parcelario modificado .....	68
Figura 19. Publicación en el geoportal GeoDelProp .....	69
Figura 20. DXF de las parcelas afectadas y del levantamiento en el ATNL .....	70
Figura 21. Herramienta de Exportar a GML Parcela Catastral en el ATNL.....	71
Figura 22. Mapa de la Sede Electrónica del Catastro con el IVG seleccionado ..	71
Figura 23. Ventana de carga de GML para la posterior Validación .....	72
Figura 24. Resultado de la validación .....	72
Figura 25. Nueva parcelación.....	73
Figura 26. Parcela con refcat 46174A01000376 antes de su modificación en Catastro.....	75
Figura 27. Parcela con refcat 46174A01000376 después de su modificación en Catastro.....	75
Figura 28. Representación en GeoDelProp del Resultado tras la actualización del Catastro, el 4 de agosto de 2016.....	76
Figura 29. Zoom al resultado tras la actualización del Catastro en GeoDelProp.	76
Figura 30. Plano superposición con el Catastro actual.....	80
Figura 31. Plano superposición con el Catastro actual y PNOA.....	81
Figura 32. Plano superposición del levantamiento con el plano antiguo 1977 ...	82
Figura 33. Plano de superposición del Catastro actual con el plano MTP 1944..	83
Figura 34. Plano de superposición del levantamiento con el plano MTP 1944 ...	84

Figura 35. Esquema de flujo de trabajo realizado en la investigación de Colombia .....	87
Figura 36. Ecosistema de Modelos de Datos .....	90
Figura 37. Modelo Extendido de Catastro Registro del Modelo LADM-COL Versión 3.0.....	92
Figura 38. Modelo de Aplicación de Levantamiento Catastral del Modelo LADM-COL Versión 3.0. ....	93
Figura 39. Barra de herramientas del asistente LADM-COL .....	95
Figura 40. Proceso de creación de un archivo INTERLIS .....	97
Figura 41. Código de ejemplo de un archivo INTERLIS.....	97
Figura 42. Código de un archivo INTERLIS con un punto de levantamiento de ejemplo .....	98
Figura 43. Menú de creación de objetos de levantamiento .....	99
Figura 44. Listado de capas para cargar .....	100
Figura 45. Ventana de creación de puntos.....	101
Figura 46. Opciones de importación de puntos .....	101
Figura 47. Clase LC_PuntoLindero.....	102
Figura 48. LC_PuntoTipo.....	103
Figura 49. LC_AcuerdoTipo .....	104
Figura 50. Clase COL_Punto .....	105
Figura 51. COL_InterpolacionTipo.....	105
Figura 52. COL_MetodoProduccionTipo .....	105
Figura 53. Atributos a rellenar del objeto espacial Punto Lindero.....	106
Figura 54. Ejemplo de creación de un punto lindero .....	107
Figura 55. Punto lindero dibujado en el mapa.....	108
Figura 56. Clase LC_PuntoLevantamiento .....	109
Figura 57. LC_PuntoLevTipo .....	109
Figura 58. Ventana para rellenar los atributos del objeto espacial Punto Levantamiento .....	110
Figura 59. Ejemplo de creación de un punto de levantamiento .....	111
Figura 60. Punto de levantamiento dibujado en el mapa .....	111
Figura 61. Clase LC_PuntoControl .....	112
Figura 62. LC_PuntoControlTipo .....	112
Figura 63. Ejemplo de creación de un punto de control.....	113
Figura 64. Punto de control dibujado en el mapa.....	114
Figura 65. Clase LC_Lindero .....	114
Figura 66. Formulario de creación de un lindero .....	115
Figura 67. Ejemplo de creación de un lindero.....	116
Figura 68. Ejemplo de lindero dibujado en el mapa.....	116
Figura 69. Atributo structure de la clase LA_Level polygon.....	117
Figura 70. Contenido del Subpaquete de Topografía y representación con las asociaciones con otras clases (básicas), del documento de la ISO 19152.....	118

Figura 71. Clase LC_Terreno .....	120
Figura 72. Clase LC_UnidadEspacial .....	121
Figura 73. COL_DimensionTipo.....	121
Figura 74. COL_RelacionSuperficieTipo .....	121
Figura 75. Ventana de creación de terrenos .....	122
Figura 76. Selección de linderos en la creación de un terreno .....	123
Figura 77. Linderos seleccionados en el mapa.....	123
Figura 78. Tabla de atributos del Terreno a rellenar .....	124
Figura 79. Tabla de atributos del Terreno rellenada .....	124
Figura 80. Terreno dibujado en el mapa.....	124
Figura 81. Clase LC_Construccion .....	127
Figura 82. LC_ConstruccionTipo.....	127
Figura 83. LC_DominioConstruccionTipo .....	127
Figura 84. Clase LC_UnidadEspacial .....	128
Figura 85. COL_DimensionTipo.....	128
Figura 86. COL_RelacionSuperficieTipo .....	129
Figura 87. Campos para rellenar en la creación de una construcción .....	129
Figura 88. Ejemplo de construcción dibujado en el mapa .....	129
Figura 89. Clase LC_Construccion .....	131
Figura 90. LC_ConstruccionPlantaTipo.....	131
Figura 91. Atributos para rellenar de una Unidad de Construcción .....	132
Figura 92. Unidad de Construcción dibujada en el mapa.....	133
Figura 93. Clase LC_ServidumbreTransito.....	134
Figura 94. Ventana de creación de Servidumbre de Paso .....	134
Figura 95. Atributos para rellenar en la creación de una Servidumbre de Paso a partir del eje .....	135
Figura 96. Ejemplo de Servidumbre de Paso a partir de un eje digitalizada en el mapa.....	135
Figura 97. Ejemplo de Servidumbre de Paso a partir de un polígono digitalizada en el mapa.....	136
Figura 98. Herramientas de edición antes de la creación de una Servidumbre de Paso.....	136
Figura 99. Herramientas de edición después de la creación de una Servidumbre de Paso .....	136
Figura 100. Clase ExtDireccion .....	139
Figura 101. Herramienta de “Crear y Relacionar dirección” .....	140
Figura 102. Unidades espaciales para seleccionar en la creación y relación de dirección .....	140
Figura 103. Atributos del objeto espacial a rellenar en la creación de una dirección .....	141
Figura 104. Ejemplo de creación en el mapa de una Dirección .....	141
Figura 105. LC_CondicionPredioTipo .....	142

Figura 106. Tipos de predios .....	142
Figura 107. Clase LC_Predio en el modelo LADM_COL.....	143
Figura 108. LC_PredioTipo.....	143
Figura 109. Atributos para rellenar del predio .....	145
Figura 110. Ventana de éxito de creación de un predio .....	146
Figura 111. Clase LC_Interesado en el modelo LADM_COL .....	147
Figura 112. Formulario a rellenar para un Interesado .....	148
Figura 113. Búsqueda de interesados para una agrupación.....	149
Figura 114. Ejemplo de agrupación de Interesados .....	149
Figura 115. Ejemplo de Fuente Administrativa con campos del formulario para rellenar .....	150
Figura 116. Ejemplo de atributos del objeto espacial Fuente espacial.....	151
Figura 117. Relación interesados, RRR, unidad básica administrativa y unidad espacial con archivos fuente .....	151
Figura 118. Ejemplo de relleno de atributos para un Derecho.....	153
Figura 119. Ejemplo de creación de una Restricción.....	153
Figura 120. Mecanismo y lógica de la aplicación web GEOLADMCOLO.....	158
Figura 121. Primera versión WEB GEOLADMCOLO .....	161
Figura 122. Submenú de creación de un nuevo trabajo .....	162
Figura 123. Levantamiento topográfico de España cargado en la plataforma GEOLADMCOLO .....	162
Figura 124. Listado de layers del archivo .dxf cargado en el geoportal .....	163
Figura 125. Pop-up del lindero seleccionado en el geoportal .....	164
Figura 126. Información alfanumérica del lindero seleccionado .....	165
Figura 127. Croquis de situación general del proyecto en el municipio de Colombia .....	167
Figura 128. Localización y límites del levantamiento .....	167
Figura 129. Zoom a los elementos del levantamiento en QGIS.....	168
Figura 130. Ventana de creación de puntos de control .....	169
Figura 131. Formulario con los valores rellenados para la importación de puntos de control .....	170
Figura 132. Puntos de control del modelo LADM-COLO representados en QGIS .....	170
Figura 133. Ventana de creación de puntos de lindero .....	171
Figura 134. Formulario con los valores rellenados para la importación de puntos de lindero .....	172
Figura 135. Puntos de lindero del modelo LADM-COLO representados en QGIS .....	172
Figura 136. Ventana de creación de linderos .....	173
Figura 137. Formulario con los valores rellenados para la importación de linderos .....	174
Figura 138. Linderos del modelo LADM-COLO representados en QGIS .....	174

Figura 139. Ventana de creación de puntos de control .....	175
Figura 140. Formulario con los valores rellenos para la importación de construcciones .....	176
Figura 141. Tabla de atributos de la tabla Construcciones.....	176
Figura 142. Construcciones del modelo LADM-COL representados en QGIS.	177
Figura 143. Construcción a relacionar con la unidad de construcción.....	178
Figura 144. Formulario a rellenar para la creación de una unidad de construcción .....	178
Figura 145. Unidad de construcción representada en QGIS .....	179
Figura 146. Representación del levantamiento importado en el geoportal GeoLadmCol .....	180
Figura 147. Información de una construcción en el geoportal .....	180
Figura 148. Zoom general del levantamiento.....	181
Figura 149. Cartografía del levantamiento convencional .....	182
Figura 150. Parcela 1 del levantamiento .....	183
Figura 151. Parcela 2 del levantamiento .....	183
Figura 152. Puntos medidos durante el levantamiento.....	183
Figura 153. Puntos durante el levantamiento sin promediar .....	184
Figura 154. Puntos de los linderos .....	184
Figura 155. Parcelas del levantamiento.....	185
Figura 156. Ventana de creación de puntos de lindero .....	186
Figura 157. Puntos de lindero del modelo LADM-COL representados en QGIS, del levantamiento topográfico .....	187
Figura 158. Reglas de calidad aplicada a puntos de lindero .....	187
Figura 159. Detección de puntos de lindero duplicados .....	188
Figura 160. Ventana de creación de linderos, en el caso del levantamiento topográfico.....	188
Figura 161. Formulario con los valores rellenos para la importación de linderos .....	189
Figura 162. Linderos del modelo LADM-COL representados en QGIS .....	190
Figura 163. Reglas de Calidad para Líneas .....	190
Figura 164. Linderos superpuestos en el mapa .....	191
Figura 165. Terrenos definidos en el levantamiento .....	191
Figura 166. Formulario de importación de terrenos a partir de otra capa de QGIS .....	192
Figura 167. Representación de los terrenos del levantamiento en QGIS.....	192
Figura 168. Reglas de Calidad para Polígonos.....	193
Figura 169. Resultado de la comprobación de reglas de calidad en terrenos.....	193
Figura 170. Identificadores de los puntos de linderos, linderos y terrenos.....	194
Figura 171. Ventana de Llenar Puntos CCL .....	195
Figura 172. Tabla de atributos de la tabla col_puntoccl.....	195
Figura 173. Verificación de relación de puntos de lindero con linderos.....	195



Figura 174. Ventana de terrenos seleccionados en el proceso de la herramienta de Llenar más CCL y menos .....	196
Figura 175. Selección del primer terreno .....	197
Figura 176. Ventana de creación de predio con el terreno seleccionado .....	197
Figura 177. Formulario de rellenado de atributos en la creación del predio .....	198
Figura 178. Tabla de atributos del Predio .....	198
Figura 179. Tabla col_uebaunit .....	198
Figura 180. Ventana de rellenado de atributos de una fuente administrativa ....	200
Figura 181. Ventana de añadir una fuente de un derecho en el <i>plugin</i> LADM-COL en la versión 3.0.0.....	200
Figura 182. Ventana de col_fuenteadministrativa en la documentación del <i>plugin</i> .....	201
Figura 183. Ventana de creación de un derecho.....	202
Figura 184. Tabla de derechos.....	202
Figura 185. Proceso del Asistente LADM-COL .....	204
Figura 186. Formulario de exportación de archivo INTERLIS .....	204
Figura 187. Representación del levantamiento importado en el geoportal GEOLADM-COL .....	206
Figura 188. Información de un punto de lindero en el geoportal .....	207
Figura 189. Lógica y estructura del <i>plugin</i> Asistente LADM-COL .....	230
Figura 190. Búsqueda del complemento Asistente LADM-COL en QGIS .....	232
Figura 191. Conexión al servidor a través de un túnel SSH.....	234
Figura 192. Configuración a la base de datos en el servidor.....	234
Figura 193. Creación de una base de datos en el asistente Ladm-Col .....	235
Figura 194. Creación de un schema en el asistente Ladm-Col .....	235
Figura 195. Creación de la estructura LADM-COL en el servidor.....	236
Figura 196. Importación del modelo LADM-COL en el servidor .....	237
Figura 197. Tablas del modelo LADM-COL creadas en el servidor remoto GEOLADM-COL .....	238
Figura 198. Mapa ejemplo de una toma de datos en campo .....	251
Figura 199. Listado de pantallas del proceso de creación de puntos .....	254



## **Capítulo 1. Introducción**

---



## 1.1 Antecedentes

A nivel internacional: Para un eficiente sistema de administración del territorio es necesaria una estrecha coordinación entre el Catastro y el Registro de la Propiedad, respaldando esta gestión del territorio sobre una buena base gráfica. Aquellos países que han integrado desde el principio el Catastro y Registro cuentan con una cartografía más completa y precisa como base de su modelo. Los países con un Catastro cuyo objetivo inicial principalmente es fiscal (como en España o Colombia), puede darse una indefinición geográfica de los límites de la propiedad territorial, ya que no existe un elemento gráfico perfectamente definitivo que aporte total seguridad jurídica en la delimitación de los inmuebles.

Conscientes de este problema y de la diversidad de modelos de administración del territorio existente en el mundo, la “*International Federation of Surveyors*”, (Federación Internacional de Geómetras, 2023a), en colaboración con el programa de Naciones Unidas UN-HABITAT (UN-HABITAT, 2023), desarrollaron el llamado “Land Administration Domain Model” (LADM), que se aprobó definitivamente en el año 2012. Por otra parte, es una tarea prioritaria de la FIG desde 2019 la de realizar esfuerzos para contribuir a lograr los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

El modelo LADM es un estándar internacional ISO 19152, desarrollado para modelar la información relacionada con la administración de tierras. Este modelo proporciona una estructura conceptual para describir las relaciones entre las personas y la tierra, ayudando a gestionar información sobre propiedades, derechos, restricciones y responsabilidades asociadas con parcelas de tierra. Este modelo desarrolla el informe presentado por la FIG en el año 1998 conocido como “Catastro 2014: A Vision for a Future Cadastral Systems” (Federación Internacional de Geómetras, 2023b). El LADM fue adoptado por la comisión de normas ISO para el desarrollo del Catastro, resultando la norma ISO 19152, aprobada en el año 2012 (ISO 19152, 2023); norma traducida al español por AENOR en 2013 (AENOR, 2023). Actualmente, en 2024, se está desarrollando la versión II del LADM, recientemente se ha publicado su primera parte (ISO 19152-1:2024, 2024) en la que explican algunos de sus cambios, como por ejemplo, que se han definido más rigurosamente algunos términos como, la unidad administrativa básica, derecho, restricción, fuente... añadiéndoles ejemplos y notas. También se explica otro cambio respecto a la relación de la asociación entre VersionedObject y LA\_Source, en el que se han versionado las instancias de las fuentes y se han añadido restricciones en estas relaciones para garantizar que las fechas y horas en VersionedObject y LA\_Source correspondan.

En su definición se optó por la utilización del lenguaje de modelado UML (*Unified Modeling Language*) creando diagramas de clases que relacionan personas, RRR (derechos, restricciones y responsabilidades) y objetos registrados. El lenguaje UML es un estándar OMG (*Object Management Group*), de estandarización de tecnologías de la información, diseñado para visualizar, especificar, construir y documentar *software* orientado a objetos. Permite comunicar en una estructura un sistema complejo, y especifica el comportamiento deseado del sistema. Gracias a este lenguaje se comprende mejor lo que se está construyendo. El lenguaje UML permite descubrir oportunidades de simplificación y reutilización (Booch, Rumbaugh, & Jacobson, 2023).

La norma ISO 19152 está coordinada a su vez con otras normativas como son la LPIS (*Land Parcel Identification System*), STDM (*Social Tenure Domain Model*) y la Directiva Europea INSPIRE del año 2007 (*Infraestructura for Spatial Information in Europe*) (INSPIRE, 2023).

Tras el documento llamado ‘Catastro 2014’, ya se empezó a plantear el Catastro 2034, liderado por países como Suiza, Australia y Nueva Zelanda. A nivel internacional varios son los países que han venido haciendo pruebas con esta norma, incluso antes de su aprobación, fundamentalmente países con modelos en donde el Catastro se encuentra unido con el Registro.

En la Naciones Unidas el, *United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management* (UN-GGIM), tiene por objeto desempeñar un papel destacado en el establecimiento de la agenda para el desarrollo de la información geoespacial mundial, y promover su uso para hacer frente a los principales desafíos mundiales (Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial, 2023). Dado el interés de la Naciones Unidas por la administración del territorio, en el año 2016 creó el grupo experto *United Nations Group on Land Administration and Management* cuyo objetivo es jugar un papel de liderazgo a nivel político en la administración de tierras.

Por otro lado, en el caso específico de Colombia: La Cámara Colombiana de la Topografía (Cámara Colombiana De La Topografía, 2023) es una Organización Sindical de Gremio, que tiene como objetivos fortalecer los mecanismos de control contra la corrupción en la gestión pública y la contratación estatal, fortalecer los procesos de participación ciudadana y comunitaria en la toma de decisiones, en la gestión de los asuntos que les atañen, y en el seguimiento y control de los proyectos de inversión.

Destacar que la Cámara Colombiana de la Topografía, entidad sin ánimo de lucro, viene desarrollando un proyecto colaborativo, con apoyo del Clúster Prexyza Colombia. El cluster Prexyza es un clúster de servicios catastrales,

topográficos, tecnológicos, ambientales y sociales con 28 años de experiencia a nivel nacional e internacional al servicio de la quintuple hélice (Empresa, academia, gobierno, ambiente y sociedad) (Prexyza, 2023). La colaboración se realiza en el marco de la implementación de la Política Pública de Catastro Multipropósito.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal de esta tesis es realizar un análisis de los procesos de inscripción gráfica de propiedades en España y Colombia a través de los profesionales técnicos que realizan este tipo de trabajos. Se enfoca en dos aspectos cruciales: la implementación de la ley 13/2015 en España, pocos meses después de su publicación en el Boletín Oficial del Estado (BOE), de forma que se compruebe si realmente las Representaciones Gráficas Alternativas mencionadas en la ley pueden ser coordinadas en los plazos que dice la ley. Y por otro lado, el proyecto de adopción de la norma ISO 19152 en Colombia, Land Administration Domain Model (LADM). El propósito central es verificar la viabilidad y eficacia de las Representaciones Gráficas Alternativas (RGA) establecidas por la ley española, así como evaluar la efectividad del modelo de Catastro Multipropósito diseñado en Colombia y las herramientas tecnológicas implementadas para su ejecución, utilizando estudios de casos prácticos.

Los principales alcances políticos mundiales, como la erradicación de la pobreza, la preservación del medio ambiente, el fortalecimiento de la agricultura... tienen al tema de la tierra como aspecto fundamental. En este sentido, la gestión sobre el territorio demanda esfuerzos para un enfoque catastral capaz de incorporar los objetivos ambientales y sociales. El Catastro se ha convertido para los gobiernos en un instrumento fundamental para el desarrollo económico, la equidad, y justicia social mediante modelos sostenidos de uso del suelo (Lemmen C. , 2012).

Actualmente, en Colombia, se encuentran desarrollando, desde hace ya varios años, un modelo con una arquitectura basada en el LADM que les permitirá gestionar de una manera más eficaz y centralizada toda la información y metadatos del territorio. El modelo se encuentra en una fase avanzada de desarrollo, y es respaldado por varios desarrollos tecnológicos a través de *software* libre. Uno de los desarrollos es el *plugin* Asistente LADM-COL desarrollada sobre QGIS. En esta tesis, se utiliza e investiga este *plugin* para explorar sus utilidades y capacidades.

QGIS es un software desarrollado en base a Sistema de Información Geográfica con código abierto y libre. En él se permite visualizar y superponer

diversos tipos de datos, ya sean vectoriales o ráster, en diversos formatos y proyecciones. El plugin mencionado anteriormente Asistente LADM-COL dispone de capacidades de consultar, transformar y gestionar datos de Catastro Multipropósito, compatibles con el estándar LADM-COL. Esta herramienta interactúa con el Sistema de Transición en tareas que requieren análisis y validación de datos espaciales. Se pretenden estudiar trabajos realizados en propuestas de cooperación internacional con Colombia, en el marco del Catastro multipropósito, como son con los Países Bajos (con el modelo de proyecto piloto Fit-For-Purpose); o con Suiza (con el proyecto SwissTierras), estos últimos desarrolladores de INTERLIS y LADM-COL.

Para este fin, en Colombia, se cuenta con la colaboración y participación de la Cámara Colombiana de la Topografía. Donde se pretende realizar un estudio de las tecnologías actuales en Colombia y desarrollar un geoportal complementario para publicar las delimitaciones de los predios a partir de una base de datos que sigue el modelo LADM\_COL, con varios objetivos: por una parte, el hecho de poder mostrar las delimitaciones y documentos mediante un navegador a propietarios y juristas haciendo esto un factor diferenciador de la Cámara Colombiana de la Topografía frente a otros colectivos. Por otro lado, evaluar la utilidad del geoportal para el colectivo de juristas, ya que permitiría mostrar los datos alfanuméricos y geográficos, tomados por los técnicos, a notarios y registradores colombianos de una forma más sencilla e interactiva. Con esto, se aporta una herramienta tecnológica que ofrece una nueva solución para lograr agilizar el proceso de restitución de tierras en Colombia.

Gracias a estas implementaciones y desarrollos, como se indica en la Agenda 2030, y en el V Plan Director de Cooperación Española (V Plan Director de la Cooperación Española, 2023), se intenta aportar una mejora en la reducción de la pobreza, ya que la gran mayoría de los predios (parcelas catastrales-fincas registrales) en Colombia aún no han sido asignados a sus dueños. La investigación se alinea con los objetivos de la Agenda 2030 (Agenda 2030 - Plan de acción. Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2023), que persigue objetivos como la igualdad entre las personas, proteger el planeta, y asegurar la prosperidad como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. En cuanto a la igualdad de género se reflejará en la titularidad de los predios, teniendo en cuenta incluir en los metadatos la parte correspondiente de titularidad a cada ciudadano; no solo al hombre, como es la situación más tradicional. Para con ello aportar seguridad en la tenencia de tierras a las mujeres.

Como se ha comentado anteriormente, los aspectos ha desarrollar son los siguientes, concretando en el entorno de los aspectos relacionados con la toma de datos catastrales de los técnicos:



1. Realizar un análisis y recopilación de la información del Catastro actual en España, así como en algunos otros países, con sus diversas metodologías y puestas en práctica, con la finalidad de evaluar los puntos en los que los procedimientos diseñados funcionan y en los que no.

2. Estudiar e investigar el Catastro actual en Colombia, llamado Catastro multipropósito. Para ello, se quieren realizar diversas reuniones con entidades para entender el modelo, y poder probar los desarrollos tecnológicos, con el propósito de evaluar puntos fuertes y debilidades.

3. Evaluar las aplicaciones móviles existentes Low-cost para levantamientos topográficos en campo que apliquen el enfoque Fit-for-purpose en Colombia, que propone que sean los ciudadanos los que capturen los perímetros de sus propiedades. En el caso que ninguna aplicación se ajuste a las necesidades establecidas, se pretende realizar un primer estudio para desarrollar una posible nueva aplicación.

4. Diseñar y desarrollar un geoportal web para visualizar y consultar la información necesaria de los levantamientos topográficos utilizando para ello el modelo LADM-COL implantado en Colombia. De forma que, en el geoportal se muestre la información oportuna a cada usuario, ya sean las geometrías de los objetos espaciales como sus datos alfanuméricos.

5. Instalar una base de datos con el modelo LADM-COL en un servidor en la nube que se utilice en el geoportal web. De manera que a través de un túnel Secure Shell Host (SSH), los usuarios puedan acceder a esta base de datos común mediante el *plugin* Asistente LADM-COL en QGIS.

## **1.3 Aspectos legales y administrativos de la Propiedad Inmobiliaria en España**

Al desarrollar las pruebas y herramientas de la tesis tanto en España como en Colombia a continuación se presentan distintos conceptos previos en ambos países.

### **1.3.1 Catastro**

El Catastro Inmobiliario (Catastro, 2024a) en España es un registro administrativo dependiente del Ministerio de Hacienda (<https://www.hacienda.gob.es/>) en el que se describen los bienes inmuebles rústicos, urbanos y de características especiales tal y como se definen en la Ley 48/2002, de 23 de diciembre, del Catastro Inmobiliario y en el Real Decreto 1/2004 de 5 marzo. (Berné Valero, Femenia-Ribera, & Benítez-Aguado, Catastro en España, 2008)

El Catastro registra toda la información alfanumérica y cartográfica de los bienes inmuebles ya sean rústicos o urbanos en una base de datos con el fin de obtener una determinación de la propiedad territorial para un correcto reparto equitativo del impuesto sobre el territorio. La información que es almacenada comprende las descripciones literales de las fincas, su ubicación en el terreno de forma gráfica y también almacenada en un fichero informático, superficies, situación de sus linderos, uso, cultivos, referencias catastrales y demás valores que permitan dar a conocer el inmueble.

La incorporación de los bienes inmuebles al Catastro se realiza mediante unos procedimientos específicos para lograr su inscripción. Con la realización de este proceso se consigue aportar una mayor seguridad jurídica.

Toda la información del Catastro también es utilizada, ya sea por ingenieros u otros técnicos competentes, como referencia para futuros planteamientos urbanos y rurales. Ayuda también a calcular el impuesto inmueble de los ayuntamientos, como el Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI). El IBI es un impuesto de carácter nacional que se tributa a nivel local en los ayuntamientos.

El registro del bien inmueble se efectúa mediante la referencia catastral, la cual facilita su ubicación en la cartografía catastral. Esto garantiza una identificación precisa en transacciones como compraventas, herencias, donaciones, etc., evitando confusiones con otros bienes inmuebles.

Esta referencia catastral proporciona una mayor seguridad jurídica a las personas que realicen contratos relativos a bienes inmuebles. Se clasifican catastralmente en urbanos, rústicos o de características especiales.

La cartografía catastral se ha ido obteniendo por diferentes técnicas a lo largo de su historia: (Berné Valero & Femenia Ribera, Catastro de rústica, 2000). Como pueden ser las siguientes:

Amillaramientos: Son descripciones literales de los bienes objeto de imposición, y de las personas. No utilizan representaciones gráficas, describen literalmente la riqueza de los bienes inmuebles.

Masas de cultivo: En este Catastro existía una cartografía definida por masas de cultivos y aprovechamientos de tierra. Carecía de relaciones entre los inmuebles y sus propietarios. Es importante resaltar que no se delimitaban parcelas, sino zonas de características de aprovechamiento homogéneas.

Avance catastral: Catastro con representación gráfica. Los polígonos catastrales fueron levantados por topografía clásica y, las parcelas interiores croquizadas a mano, en campo.

Avance en fotografía aérea: Catastro con representación gráfica. Los polígonos catastrales fueron levantados por topografía clásica y, las parcelas interiores croquizadas, utilizando fotografías aéreas.

Catastro topográfico parcelario: Catastro realizado por topografía clásica, con el que se obtuvo el Mapa Topográfico Parcelario (MTP).

Catastro parcelario por fotografía conformada: La representación gráfica es de escala aproximada. Consiste en actualizaciones del MTP, o avance catastral, donde, admitiendo como lindes los polígonos catastrales, se ha enderezado una fotografía aérea, y se ha reproducido una ampliación de esta para la actualización.

Catastro por fotogrametría. Ortofoto: Las ortofotos son imágenes aéreas que han sufrido una rectificación que hace que tengan una escala métrica. El proceso de rectificación es costoso, ya que en él interviene un modelo digital del terreno, cuya calidad es decisiva en la calidad de la ortofoto. Una vez obtenida la ortofoto, sobre ella, se digitalizan las parcelas catastrales, interpretando los elementos divisorios (muros, márgenes, vallas, etc), que se aprecian en ella.

La referencia catastral es el identificador oficial de los bienes inmuebles de España. Todas las parcelas, pisos, apartamentos, fincas urbanas o rústicas, que tiene asignada un identificador único que es un código alfanumérico asignado por el Catastro. Gracias a este identificador único los bienes inmuebles son identificados en el terreno de forma exacta y registrados en una base de datos para su búsqueda. La referencia catastral está compuesta de veinte caracteres. Según sea una parcela rústica o urbana el código variará en sus caracteres manteniendo siempre la cantidad de veinte.

### **1.3.2 Registro de la Propiedad y Notarios**

El Registro de la Propiedad en España nace en 1861 con la creación de la Ley Hipotecaria. El fin del Registro de la Propiedad es un fin de carácter privado, que tiene por objeto garantizar la titularidad y derechos sobre un bien inmueble determinado al que el estado le concede una serie de efectos jurídicos.

El Registro de la Propiedad es una Institución del Estado español dependiente del Ministerio de Justicia (<https://www.mjusticia.gob.es/es>). Este Registro de Propiedad se encarga de dar publicidad a terceros sobre la descripción, titularidad y de los derechos y obligaciones que puedan recaer sobre un determinado inmueble. Los países con un Catastro mayormente jurídico disponen desde sus comienzos de una cartografía precisa como base de su modelo, mientras que los países con un Catastro de modelo fiscal como el español, tienen una base gráfica que no puede ser utilizada de modo definitivo con fines jurídicos; mientras, la seguridad jurídica, la da el Registro de la Propiedad. (Femenia Ribera & Mora Navarro, Estado de la información geográfica en la coordinación Catastro-Registro. El caso español, 2014)

En la descripción del inmueble se detalla su ubicación, tipología, superficie y distribución. En los derechos indica quien o quienes son los titulares del inmueble y que tipo de derechos tienen sobre él. En las obligaciones se determinan las hipotecas, condiciones resolutorias, inquilinos inscritos, impuestos y embargos entre otros. De esta manera, cualquier persona interesada puede consultar dicha información de una manera simple ya que el Registro de la Propiedad es público.

Los registradores de la propiedad y los notarios están regulados por la Dirección General de Seguridad Jurídica y Fe Pública, que forma parte del Ministerio de Justicia. Ambas profesiones están organizadas en asociaciones. Los registradores de la propiedad están organizados a nivel nacional por el Colegio Oficial de Registradores de la Propiedad y Mercantiles de España (CORPME), y sus miembros sólo pueden ejercer dentro de territorios geográficos. Los notarios pertenecen a una serie de organizaciones regionales bajo el paraguas del Consejo General del Notariado (CGN). (Femenia-Ribera, Mora Navarro, & Martínez Llario, 2021). Su unidad básica es la finca registral, sobre la cual recaen los derechos; que a veces coincide con la parcela catastral y otras veces no.

### 1.3.3 Geoportal del colegio de registradores

El Registro de la Propiedad dispone de una página web (Registradores, 2023) donde puedes encontrar toda la información referente a El Colegio, Registros, Actualidad, Información al ciudadano y Documentación y Descargas.

Han incorporado un geoportal (Geoportal Registradores, 2023) como se muestra en la Figura 1, en el que se pueden realizar búsquedas y obtener información relacionada con la componente geográfica de las fincas registrales. El geoportal tiene la funcionalidad principal de mostrar las ‘alertas geográficas’, que consiste en mostrar a los usuarios las parcelas que han sido coordinadas, en color verde, o que están en proceso, o no han podido ser coordinadas, color rojo.

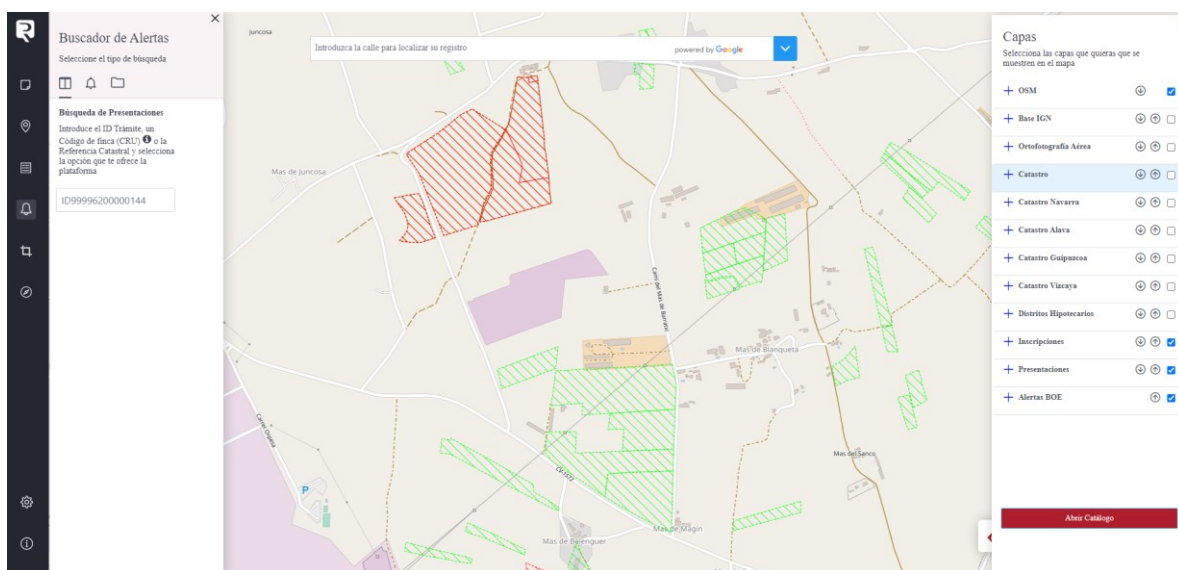
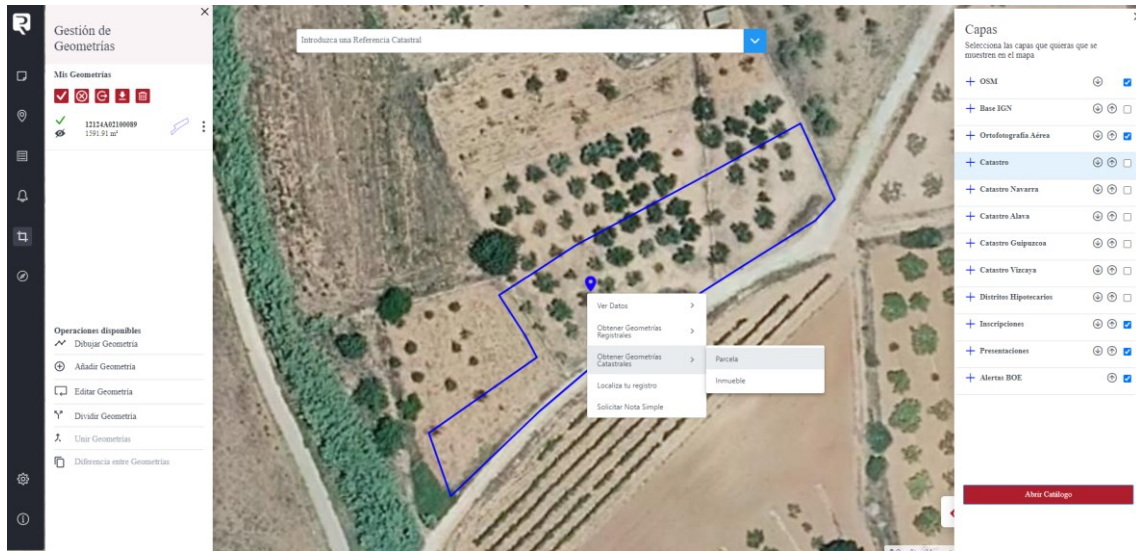


Figura 1. Geoportal de Registradores de la Propiedad en España.

Fuente: Captura de pantalla de la web de Registradores de la Propiedad (<https://geoportal.registradores.org/>)

En el geoportal se pueden consultar los datos relacionados con un registro, buscar un registro a partir de su dirección, o a partir de un nombre, código o provincia.

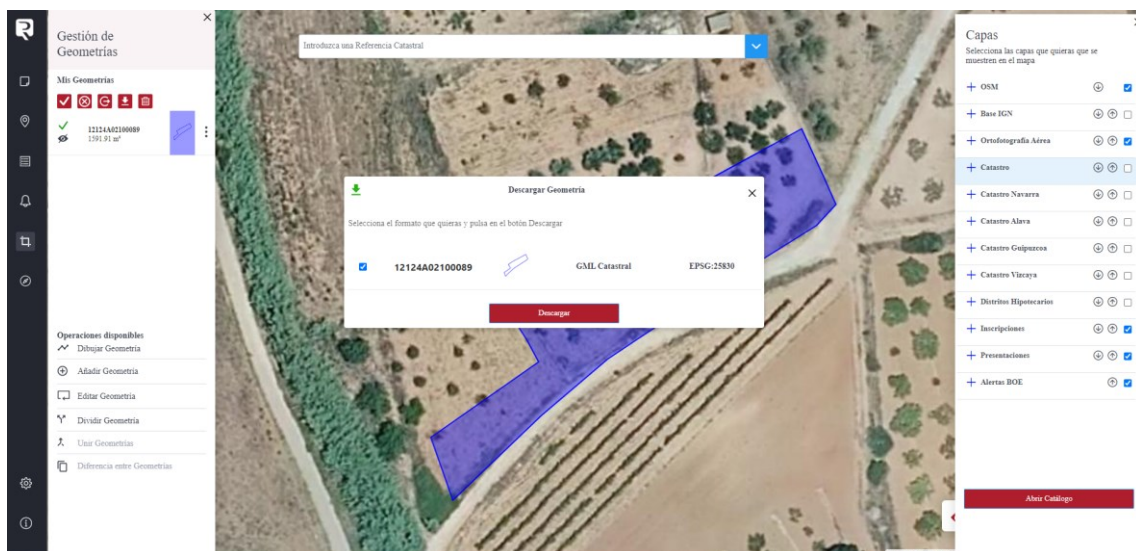
El geoportal permite descargar en formato GML las geometrías de una parcela. Haciendo click derecho en el mapa encima de alguna parcela aparece un popup con el submenú de *obtener geometrías Catastrales* y dentro de él, el submenú de *Parcela*. Una vez pinchado en este submenú se almacena dicha parcela en el menú de *Mis geometrías* como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2. Búsqueda de una parcela en el geoportal de Registradores de la Propiedad**

**Fuente: Captura de pantalla de la web de Registradores de la Propiedad (<https://geoportal.registradores.org/>)**

A continuación, en el menú de *Mis geometrías*, se muestran todas las parcelas almacenadas. Si se hace clic en el icono desplegable de alguna de estas (es el icono con los 3 puntos en vertical) aparecerá un popup con el submenú de *Exportar GML*. Pinchando en este submenú, aparecerá una nueva ventana (Figura 3) en la que se puede descargar la geometría de dicha parcela seleccionada en formato GML.



**Figura 3. Descargar geometría en formato GML**

**Fuente: Captura de pantalla de la web de Registradores de la Propiedad (<https://geoportal.registradores.org/>)**

### **1.3.4 La Reforma de la Ley Hipotecaria 13/2015 y del Catastro Inmobiliario en España**

La Ley 13/2015, fechada el 24 de junio, representa una reforma significativa de la Ley Hipotecaria aprobada mediante el Decreto de 8 de febrero de 1946, así como del texto refundido de la Ley de Catastro Inmobiliario, que fue aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2004 el 5 de marzo. Esta legislación fue oficialmente publicada en el Boletín Oficial del Estado el 25 de junio de 2015.

Tras su reforma, se establece principalmente en un sistema de coordinación entre el Catastro Inmobiliario y el Registro de la Propiedad, para que este incorpore la representación gráfica georreferenciada de las fincas registradas, utilizando como base la cartografía catastral. De modo que este nuevo sistema de coordinación establece un procedimiento para actualizar el límite parcelario catastral de un inmueble cuando no se ajusta a la realidad, dando así una mayor seguridad a los datos de la parcela, limitación, ubicación y superficie. En un buen sistema de administración del territorio es necesaria una perfecta coordinación entre el Catastro y el Registro de la Propiedad; apoyando dicha gestión del territorio sobre una buena base gráfica. (Femenia Ribera & Mora Navarro, Estado de la información geográfica en la coordinación Catastro-Registro. El caso español, 2014)

Esta ley tiene como fin resolver varios problemas que presentaba la regulación existente, y como bases de esta reforma se puede anunciar que:

Esta ley se propone abordar diversas problemáticas inherentes a la regulación previa. En términos generales, se destaca que anteriormente, la delimitación de los deslindes de las fincas registradas era potestativa, lo que significa que no era obligatoria y permitía el uso de bases gráficas no georreferenciadas. La representación gráfica existente se limitaba a croquis en la Cartografía Catastral a mano alzada, realizados por los propietarios, o a simples planos dibujados a escala. En situaciones de desacuerdo con la representación gráfica en el Catastro, los ciudadanos tenían la opción de incluir tanto croquis propios como levantamientos topográficos con GPS realizados por profesionales cualificados.

Con la reforma, la descripción gráfica de las fincas registrales será obligatoria en los supuestos de modificación de la configuración territorial de las fincas registrales. En el resto de los casos será voluntaria. Debido a esto, al adquirir la cartografía catastral una seguridad jurídica tras el revisado por un Registrador, se consigue que exista una coordinación. Esta representación gráfica deberá tener georreferenciada su delimitación en un sistema oficial, ya que

permitirá distinguirla de las colindantes, ubicarla y delimitarla sobre el territorio. Son necesarios una serie de protocolos y tecnicismos para que la representación gráfica se ajuste a unos mínimos requeridos.

La representación gráfica alternativa se realizará cuando la cartografía del Catastro no se corresponda con la realidad o cuando la finca surja al tráfico jurídico, y que, por lo tanto, tampoco exista en el Catastro. Esta representación gráfica alternativa es la representación gráfica que difiere de la representación gráfica que se presenta en la certificación catastral. La representación gráfica alternativa de una finca es un plano georreferenciado, que, a partir de sus coordenadas geográficas de cada uno de sus vértices, representa la parcela en donde se ubica de forma precisa.

Debido a estos nuevos conceptos y protocolos a los que no están acostumbrados los ciudadanos, los Notarios e incluso los Registradores, es el técnico competente en materia de tráfico inmobiliario el que adquiere un mayor protagonismo, ya que sirve de puente o enlace para esta coordinación. El topógrafo es el encargado de realizar la representación gráfica alternativa o delimitación de una parcela catastral. Su labor es realizar un levantamiento y generar los ficheros GML en formato INSPIRE. Los ficheros GML son el inicio para el procedimiento de coordinación Registro y Catastro. La diferencia de estos ficheros con otro tipo de ficheros como DXF o DWG es que aportan más información a los *softwares* que utilizan este tipo de datos como los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para poder iniciar el procedimiento de modificación de la cartografía catastral, estos ficheros deberán de ser validados a través de la Sede Electrónica del Catastro (SEC) (Sede Electrónica del Catastro, 2023) a partir de una plataforma que ha dispuesto el Catastro para el ciudadano, obteniendo así el Informe de Validación Gráfica. El informe de validación es el medio idóneo para incluir la representación gráfica alternativa en una escritura. El informe de validación gráfica es un documento electrónico firmado por la Dirección General del Catastro mediante Código Seguro de Verificación. El informe de validación evita el intercambio físico de archivos informáticos, permite visualizar la nueva representación y habilita la captura automatizada de su contenido impidiendo posibles errores de transcripción (Catastro, 2024b). Por lo que, si esta validación es correcta, se genera un informe con un código de validación que significa que la geometría de esta delimitación va a poder ser modificable a posteriori por el Catastro.

Este informe es enviado a la notaría junto con los planos y la memoria topográfica. La notaría se encarga de enviar este informe al Catastro añadiendo



toda la información legal necesaria, como los datos privados de los vecinos, los datos de la compraventa, entre otros.

Una vez enviado el informe, le llega al Registro de la Propiedad una incidencia con la que se confirma que la delimitación coincide con la información del Catastro y del Registro de la Propiedad, por lo que es alcanzada la coordinación. En el Registro de la Propiedad se regulan todos los procedimientos de inscripción para garantizar la coordinación con el Catastro inmobiliario. Los procedimientos de coordinación se regulan de manera muy garantista para evitar perjuicios a terceros y colindantes. Según el artículo 10 de la Ley 13/2015, la cartografía catastral se constituye como base gráfica del Registro de la Propiedad para la descripción de las fincas.

Se debe de aportar, junto a la justificación catastral descriptiva y gráfica, la descripción de la finca que hacen los Registradores indicando si está coordinada o no gráficamente con el Catastro. Por lo que, la creación de la figura de la finca coordinada gráficamente con el Catastro tendrá efectos jurídicos reforzados (presunción de certeza) tras la calificación del registrador. A continuación, se ha de trasladar al Catastro el código registral único de la finca cuando se alcance esta coordinación.

Se regula de manera detallada la interoperabilidad entre el Catastro y el Registro de la Propiedad. El proceso de coordinación será paulatino a medida que se inscriban en el Registro los nuevos actos o negocios donde se reflejen alteraciones de las fincas.

El problema actual es la falta de metadatos en los linderos de cada parcela catastral. No se ha identificado con qué tecnologías se han realizado las delimitaciones, ya sea con fotogrametría, digitalización por ortofoto con precisiones de 1 metro donde la parcela sí que se observa de forma visible o con precisión de 5 o más metros donde la parcela no se observa de forma visible o por levantamiento topográfico por uso del GPS con precisiones de alrededor de 5 cm.

Para resolver el problema de metadatos geográficos en la cartografía catastral, se propone que se registren más metadatos de las delimitaciones nuevas, como precisiones, tecnologías, fechas, entre otras. En concreto, se propone que, al obtener un informe de validación gráfica de una RGA, el técnico rellene los componentes Qualitative (cualitativo) y Quantitative (cuantitativo), de la clase Data Quality (calidad de los datos), del Núcleo Español de Metadatos (Mora-Navarro, Femenia-Ribera, Velilla Torres, & Martínez-Llario, 2022). El objetivo es metadatar de una forma estándar el método de obtención del polígono, y las precisiones alcanzadas. Hay que tener en cuenta que las normas

de metadatos están pensadas para metadatar conjuntos de datos, capas y series, no elementos individuales, por lo que se propone una adaptación. Por ejemplo:

- Componente cualitativa:
  - Statement (resumen): Es un resumen del trabajo. Se delimita la finca Y con GPS. Solo el propietario está presente. Uno de los linderos tuvo que ser digitalizado por la imposibilidad de acceso al barranco. Las coordenadas GPS tienen una precisión superior (desviación típica) a 0.05 m. La digitalización se realizó con el PNOA, pero el límite digitalizado no se distingue por la vegetación. Estimo un error máximo de 3 metros.
  - Process step (pasos del proceso):
    - Step 1 (paso 1): Medición de los linderos accesibles con GPS en RTK. Los linderos están bien determinados en el suelo mediante muros y señales.
    - Step 2 (paso 2): Completado del perímetro de finca Y digitalizado el lindero inaccesible por la vegetación, formado por la cabeza de talud de un barranco. Se usa el PNOA del año 2023. Se estima un error máximo de 3 metros en la digitalización, por la indeterminación del borde del barranco.
  - Source (documentos utilizados):
    - Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del año 2023.
- Componente cuantitativa:
  - Name of measure (nombre de la medida): Precisión posicional externa absoluta.
  - Measure description (descripción de la medida): Máximo error en las coordenadas, con una probabilidad del 99%, en el sistema de coordenadas 25830, en las coordenadas del perímetro de la finca.
    - Result (resultado):
      - Value unit (unidad de medida): m.
      - Value (valor): 3.

Estos metadatos geográficos no contienen información protegida, sino técnica, y no solo contienen la precisión del perímetro determinado de la finca, sino una justificación de dicha precisión. Se propone, en el caso de las RGA, que el Catastro solicite esta información, y luego sea pública, por ejemplo, con la descarga de un fichero XML.

## **1.4 Gestión territorial y catastral de Colombia**

Colombia ha sido el país de estudio en esta tesis debido a que nos pusimos en contacto con la Cámara Colombiana de la Topografía y les mostramos nuestro trabajo realizado en España, y se interesaron por el desarrollo de TopodelProp y el geoportal GeoDelProp (explicados más adelante).

Con la Cámara Colombiana de la Topografía se realizaron diversas reuniones telemáticas en donde se nos explicó cómo era su metodología de trabajo. En los aspectos tecnológicos ellos disponían de un *plugin* en QGIS llamado Asistente LADM-COL, que se describe con más detalle en el apartado 3.5 de esta tesis, donde trabajan en bases de datos locales para, a posteriori, exportar a través de un fichero INTERLIS los trabajos realizados a una base de datos oficial. Nuestra propuesta fue de realizar, en un servidor en la nube, una base de datos donde poder trabajar conjuntamente y un geoportal donde poder visualizar y consultar los datos alfanuméricos y la cartografía de los trabajos. De modo que se intentarían aplicar conocimientos e investigación realizada en España para estudiar su aplicación en el caso colombiano.

### **1.4.1 Proyecto Tierra en Paz**

En 2016, se inició el Proyecto Tierra en Paz en Colombia, con el objetivo de registrar la propiedad de la tierra en las zonas afectadas por el conflicto armado. Desde entonces, el proyecto ha venido trabajando en diversas regiones del país para garantizar la seguridad jurídica de los campesinos y promover el desarrollo rural.

El proyecto Tierra en Paz ha sido implementado por Kadaster International, de los Países Bajos (Catastro, Registro de Tierras y Mapeo Nacional de los Países Bajos) y sus consultores, con el apoyo técnico del International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) – Universidad de Twente (Países Bajos), Universidad Distrital, en estrecha cooperación con las autoridades catastrales colombianas. (Catastro Multipropósito como herramienta de construcción de Paz, 2021).

Para lograrlo, se implementaron diversas estrategias, como la creación de un sistema de información y registro de la propiedad, la capacitación y asistencia técnica a los campesinos y la promoción de la participación comunitaria en el proceso de registro de la propiedad a través de una metodología, rápida y sencilla

de bajo costo para administrar la tierra, Fit-for-Purpose (FFP). Para esto se realizaron varias pruebas piloto en Colombia.

La esencia de la metodología FFP es obtener un conjunto de datos mínimo de todo el territorio, mejor que obtener muchos datos, muy precisos de una porción pequeña del territorio. Posteriormente se puede incrementar la calidad y cantidad de los datos, para ir administrando cada vez mejor el territorio. En este caso, el enfoque que se dio en este proyecto es que el dueño, o poseedor del predio rural, junto con un joven de la vereda, recorre y registra, de manera integrada y con base en el modelo LADM, los datos físicos y jurídico-administrativos de su terreno, por medio de una aplicación móvil y un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés). El término vereda en Colombia, se asemeja al concepto de paraje o polígono catastral en España. Una vez los datos de toda la vereda han sido colectados y procesados, se presentan a la comunidad para su aprobación, en un evento organizado por las autoridades catastrales. El evento es conocido como la Inspección Pública de los datos. Allí, con la participación de la comunidad y particularmente de los vecinos colindantes, los aspirantes a derechos de propiedad se declaran públicamente en acuerdo (o en desacuerdo) respecto de las colindancias y ubicación de los linderos, y este acuerdo se registra públicamente su firma y huella, ambas de manera digital (Catastro Multipropósito como herramienta de construcción de Paz, 2021).

Este Proyecto Tierra en Paz es considerado una de las iniciativas más importantes en Colombia para la promoción del acceso a la tierra y la formalización de la propiedad rural. Además, ha contado con el apoyo de diversas entidades y organizaciones internacionales, lo que ha permitido ampliar su alcance y llegar a zonas de difícil acceso (El Proyecto Tierra en Paz, 2016).

En 2022 en Bogotá tuvo lugar El Simposio Internacional en Administración de Tierras “Administración de Tierras con una mirada a la realidad social en Colombia y Latinoamérica” se centró en examinar la situación actual de la realidad social en Colombia y Latinoamérica en relación con la gestión de la tierra. El evento reunió a expertos y profesionales del campo de la administración de tierras y se llevaron a cabo diversas discusiones y presentaciones. Durante el simposio se destacó la importancia de una gestión adecuada de la tierra para el desarrollo sostenible de los países, así como la necesidad de abordar los desafíos y las problemáticas en la administración de la tierra en la región. Se abordaron temas como la tenencia de la tierra, la gobernanza de la tierra, el acceso a la tierra y la resolución de conflictos. Además, se discutió sobre la relevancia de las políticas públicas para garantizar una gestión justa y equitativa de la tierra, y se exploraron soluciones innovadoras

para enfrentar los desafíos actuales (Simposio Internacional en Administración de Tierras 2022, 2022).

Una de las pruebas piloto realizadas fue en Huila según el artículo publicado en El Espectador Colombia +20, (Espectador Colombia +20, 2023) donde se explica que el Kadaster ha capacitado a jóvenes de Hobo, para aprender a medir fincas de su comunidad y así que los distintos predios queden delimitados y adjudicados. Como relata en el artículo mencionado el margen de error en las mediciones fue de menos de un metro, ya que para ello se utiliza una aplicación que conectada por Bluetooth recibe las coordenadas de un GPS externo, que recibe correcciones de satélites geostacionarios. La señal utilizada es a partir de RTX y es de Trimble. La solución funciona, y es excelente, en cuanto a metodología, facilidad de uso, procesamiento y rendimiento. El inconveniente de esta metodología es que resulta cara, ya que el *software* de adquisición y procesamiento de los datos es de ESRI, y el uso del receptor GPS también está sujeto al pago del servicio de correcciones del satélite geostacionario. A fecha de 2023 los presupuestos de estos equipos oscilan los 12 millones de pesos colombianos, equivalente a 2800€. Dado que las competencias de Catastro recaen sobre las administraciones locales (ayuntamientos), y los de reducido tamaño no pueden permitirse los costos, esta solución ha resultado inaccesible en muchos casos, según el testimonio de expertos locales y de la responsable de la regularización de la Agencia Nacional de Tierras en Colombia.

### **1.4.2 Fit For Purpose y el modelo STDM**

Fit For Purpose es un enfoque usado para construir sistemas de administración de tierras en países menos desarrollados, es flexible y enfocado en servir al propósito de los sistemas en lugar de a los requerimientos técnicos y levantamientos de alta exactitud. La flexibilidad es la característica clave, ya que, en términos de demandas de precisión, demandas de información espacial y registro de tenencia legal y social, y en dar forma al marco legal para adaptarse a las necesidades de la sociedad (Enemark, Clifford Bell, Lemmen, & McLaren, 2014).

FFP surge como resultado de la cooperación entre el Banco Mundial y la Federación Internacional de Geómetras (FIG) en respuesta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en 2016.

Dado el carácter flexible del enfoque FFP, el cual puede adaptarse a distintos propósitos en la administración de tierras, surge un problema en la aplicación en países como Colombia que tienen normas bastante rígidas en cuanto a procedimientos y productos geográficos relacionados con la tierra,

teniendo en cuenta que estas normas no se ajustan a nuevos métodos y procedimientos que pueden llegar a ser más eficientes en cumplir los objetivos que las políticas nacionales establecen, en cuanto a la administración de tierras, se restringe a productores de información geográfica en el uso tecnologías y métodos más modernos y rápidos. Sin embargo, FFP no cuenta con un “modelo de calidad” para determinar cómo se debe proceder en cuanto a controlar y medir la calidad del producto generado en base a su metodología, es decir, no existe un marco de referencia el cual pueda seguirse para garantizar calidad en los procedimientos realizados y en los productos finales que genere en su aplicación para Colombia. Luego se requiere realizar dicho “modelo de calidad”, dándole un enfoque sobre el elemento de exactitud posicional puesto que este es la información física base sobre la cual se desarrollarán y registrarán aspectos relevantes para el manejo y uso de los datos recolectados en campo (Montoya Castellanos & Rocha Salamanca, 2020).

La metodología FFP se está utilizando actualmente (en enero de 2024) en Colombia. Ha habido un proyecto de investigación donde se aplica este enfoque en Colombia. En primer lugar, se utiliza una ortofotografía del territorio a recorrer como base. Sobre esta imagen, se realiza un dibujo preliminar de los límites de los predios que necesitan ser inspeccionados. Posteriormente, se lleva a cabo un recorrido de campo en compañía de los propietarios, ocupantes o poseedores de los terrenos en cuestión. El propósito de este recorrido es permitir que ellos mismos identifiquen cualquier error existente en la delimitación de los linderos y sugieran las correcciones o rectificaciones necesarias. Para facilitar este proceso, se proporcionará a los ciudadanos un equipo técnico adecuado, que incluye un teléfono móvil conectado por Bluetooth a un dispositivo ligero, como el R1 de TRIMBLE. Utilizando este equipo, se espera que los ciudadanos puedan identificar con precisión las coordenadas de los vértices de las parcelas. Es importante destacar que estos datos obtenidos son sometidos a un proceso de verificación y comparación. Se contrastan con los resultados obtenidos en otros predios que han sido mapeados utilizando métodos de levantamiento tradicionales (Molendijk, Morales, & Lemmen, 2015).

El propósito último es elaborar un informe comparativo que permita evaluar la precisión y fiabilidad de los datos recopilados mediante este enfoque participativo, en comparación con los métodos más convencionales de levantamiento de terrenos. Este proceso no solo busca mejorar la exactitud de la información catastral disponible, sino también involucrar activamente a la comunidad en la gestión y mantenimiento de sus propias propiedades y límites territoriales.

El modelo STDM es una especialización o una generalización del LADM. El STDM se diferencia del LADM en que este se basa en las relaciones no

convencionales entre los interesados o partes y la tierra, tiene el poder de abordar las necesidades de administración de la tierra en las comunidades sin ser reconocidos por el gobierno. Proporciona un marco de gestión de la información territorial que integra sistemas territoriales estatales y no estatales. También integra componentes administrativos y espaciales. (Lemmen, Oosterom, & Bennett, 2015).

### **1.4.3 Acciones y normativas en Colombia en línea con los ODS, y para mitigar los efectos del cambio climático**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) desempeñan un papel fundamental en el contexto del Catastro Colombiano al proporcionar un marco integral para abordar desafíos socioeconómicos, ambientales e institucionales. Estos objetivos, establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, incluyen metas específicas relacionadas con la erradicación de la pobreza, la igualdad de género, el acceso a la tierra y la sostenibilidad ambiental. En el caso del Catastro Colombiano, la integración de los ODS permite impulsar acciones que promuevan la equidad en la tenencia de la tierra, la planificación territorial sostenible, la gestión de recursos naturales y la mejora de la calidad de vida de la población. Además, al alinear sus esfuerzos con los ODS, el Catastro Colombiano contribuye de manera significativa a los compromisos internacionales de desarrollo sostenible, fortaleciendo así su relevancia y su capacidad para abordar los retos actuales y futuros del país en materia de ordenamiento territorial y gestión de la tierra.

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades. (Naciones Unidas, 2023) Los organismos que coordinan la estrategia para el desarrollo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en España son la Red Española para el Desarrollo Sostenible y la Agencia de Cooperación Española.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son:

- 1) Fin de la pobreza
- 2) Hambre cero
- 3) Salud y bienestar
- 4) Educación de calidad
- 5) Igualdad de género
- 6) Agua limpia y saneamiento

- 7) Energía asequible y no contaminante
- 8) Trabajo decente y crecimiento económico
- 9) Industria, innovación e infraestructura
- 10) Reducción de las desigualdades
- 11) Ciudades y comunidades sostenibles
- 12) Producción y consumo responsables
- 13) Acción por el clima
- 14) Vida submarina
- 15) Vida de ecosistemas terrestres
- 16) Paz, justicia e instituciones sólidas
- 17) Alianzas para lograr los objetivos

El origen del “desarrollo sostenible” se remonta al año 1987, cuando aparece por primera vez en el famoso Informe Brundtland (también titulado 'Nuestro futuro común') elaborado por varios países de la ONU, el cual define el desarrollo sostenible como “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades” (Acciona, 2023).

En concordancia con las iniciativas que se han llevado a cabo a nivel político al interior del país en los últimos años para mitigar los efectos adversos que provoca el cambio climático en el desarrollo económico y social, es necesario hacer referencia también al Plan Nacional de Desarrollo (PND) “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, que propone el Presidente de la República - Iván Duque Márquez, para su periodo de gobierno en el 2018-2022, en lo que respecta específicamente a sostenibilidad y medio ambiente. Este, se estructuró bajo la figura de pactos, los cuales fueron concertados con las regiones, el sector productivo, los sectores académicos y la sociedad en general. En total, el PND contiene tres (3) pactos centrales y doce (12) Pactos Transversales.

En lo que respecta a implementación de los ODS, si bien el gobierno Nacional se ha encargado de crear su propia Comisión de los ODS para hacer un seguimiento exhaustivo de su implementación a nivel nacional; los gobiernos departamentales y ciudades capitales, por su parte, se han planteado también la tarea de crear planes específicos que apuntan al cumplimiento de diversos Objetivos de la Agenda 2030, de acuerdo a sus propias necesidades, lo que hace que tengan un mayor alcance en todo el país.

El proceso de implementación de los ODS por parte del gobierno Colombiano a nivel general se ha ido realizando desde la adaptación formal que adquirió el país de estos a nivel internacional. Esta implementación, se evidencia a través de un informe que llevan a cabo los países de manera voluntaria ante la



secretaría de Naciones Unidas, de tal manera que se pueda contar con información actualizada que permita llevar un balance en tiempo real sobre el cumplimiento de los diversos Objetivos y Metas para el año 2030. El primer informe voluntario de Colombia se presentó un año después de la adopción de la Agenda 2030 en el año 2016. Posteriormente, se presentó un segundo informe en el año 2018, el cual es el último que ha realizado el gobierno colombiano hasta la fecha, que únicamente hace referencia a los resultados obtenidos en cinco Objetivos de Desarrollo Sostenible, lo que impide tener una continuación de información precisa y realizar un balance real y más detallado de cómo evoluciona el país para cumplir con los ODS (Rodríguez & Lozano Rodríguez, 2020).

En Colombia, el Plan Nacional de Formalización Laboral Rural y Protección Social se plantea de aquí a 2030, el compromiso para fortalecer el sistema de protección y seguridad social de la población rural, garantizar el trabajo digno y los derechos de los trabajadores del campo, así como su acceso a la protección social. Adicionalmente, los Acuerdos de paz buscan expresamente: (i) derechos a recursos económicos, (ii) derecho a servicios básicos a través de Planes Nacionales para vivienda, agua potable, saneamiento, energía eléctrica, conectividad, salud y educación, (iii) derecho a propiedad y control de la tierra, y a (iv) servicios financieros, todos temas cruciales para alcanzar el fin de la pobreza (Presentación Nacional Voluntaria de Colombia. Los ODS como instrumento para consolidar la paz. Bogotá, 2016)

## 1.4.4 Catastro Multipropósito

Catastro Multipropósito fue creado en el año 2019 por el gobierno nacional de Colombia y se creó para actualizar toda el área catastral de Colombia y tenerla lista para el año 2025. El objetivo de la creación del Catastro Multipropósito es obtener unas mejores decisiones en los planes de ordenamiento territorial, diseñar e implementación de políticas públicas, mejorar la seguridad jurídica, formalización de la propiedad, titulación y la facilitación de trámites inmobiliarios.

El Catastro sostenible multipropósito es fundamental para consolidar al país como un territorio articulado, integrado y cohesionado en los campos físico, económico y social dentro de su herramienta de entorno geográfico natural (Alcázar Molina, 2015).

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2023a) el Catastro con enfoque multipropósito es equidad y paz con legalidad. La información que se genera a partir de su implementación debe servir como un insumo fundamental en la formulación e implementación de diversas políticas públicas, contribuyendo a brindar una mayor seguridad jurídica, la eficiencia del mercado inmobiliario, el desarrollo y el ordenamiento territorial. Sus datos están integrados con el registro público de la propiedad inmueble, es digital e interoperable con otros sistemas de información del territorio, y provee instrumentos para una mejor asignación de los recursos públicos y el fortalecimiento fiscal de los territorios.

Los beneficios que aporta dicho Catastro Multipropósito son:

- Facilita la toma de decisiones y la construcción de políticas públicas en el territorio.
- Constituye la base para la elaboración o revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT).
- Fortalece las finanzas públicas mediante la creación de oportunidades de recaudo y la implementación de otros mecanismos de captura de valor.
- Permite el análisis e impacto de la implementación de instrumentos de gestión, planificación y financiación del desarrollo territorial.
- Constituye la línea base para el diseño e implementación de estrategias masivas para la formalización, regularización o legalización de la propiedad.
- Favorece el desarrollo del mercado inmobiliario, generando seguridad y confianza en sus transacciones.
- Facilita el diseño e implementación de políticas públicas asociadas a la debida atención y prevención de riesgos y desastres.

- Permite contar con información veraz y confiable para la construcción de redes e infraestructuras asociadas a servicios públicos.

El Departamento Nacional de Planeación publicó el 27 de octubre de 2020 en Bogotá, que el gobierno nacional de Colombia reduciría tiempos y trámites en la Administración del territorio (Departamento Nacional de Planeación, Interrelación Catastro y Registro Completo, 2023a). El Gobierno nacional aprobó el documento de política CONPES del Sistema de Administración del Territorio, en el que se encuentra el Estado con el ciudadano para desarrollar acciones sobre el uso, desarrollo, valor y tenencia de la información.

El objetivo es optimizar los trámites relacionados con las entidades territoriales, reduciendo no solo en los tiempos de trámite, sino también en los pasos que hay que cumplir. Un registro de una propiedad cuesta en Inírida unos 28 días, mientras que en Manizales o en otros casos tarda unos 7 días. En Manizales se requieren 7 pasos para su aprobación mientras que en Mocoa se requieren 12 pasos.

Las acciones planteadas en esta política dan continuidad a lo establecido en la estrategia para la implementación de la Política Pública de **Catastro Multipropósito**, ya que se alinean con los compromisos en materia de transformación digital del Estado y plantean los cimientos para la formalización del Sistema de Administración del Territorio.

El documento presentado por CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2020) propone tres objetivos estratégicos para fortalecer la gobernanza del Sistema de Administración del Territorio (Sistema de Administración del Territorio, 2023) en Colombia. El SAT es una infraestructura que facilita la implementación de políticas y estrategias de gestión del territorio. Se basa en información actualizada y confiable, abarcando acuerdos institucionales, marcos legales y estándares para coordinar acciones entre diversas partes interesadas. El SAT se centra en la información detallada del territorio, incluyendo lo permitido, derechos de uso, restricciones y responsabilidades asociadas. Para su funcionamiento eficiente, se destaca la importancia de contar con un sistema catastral integrado, como el Catastro Multipropósito, que digitaliza y centraliza la información territorial para facilitar la toma de decisiones y el acceso público a la información.

Según los tres objetivos comentados anteriormente; **el primero** promueve el fortalecimiento de los procesos de generación de información y de interoperabilidad de datos para la administración del territorio, identificando los objetos territoriales claves y posteriormente, en el marco de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, 2023), aplicar estándares para su adecuada gestión. Este objetivo

toma en consideración los avances que ya se tienen hasta el momento, a partir de regulaciones previas y del avance de la Política de Catastro Multipropósito.

**El segundo objetivo** desarrolla estrategias para el uso, el aprovechamiento y la difusión de la información del territorio, para ello, por una parte, se identificarán los procesos relacionados con un grupo de trámites al ciudadano para posteriormente ser estandarizados buscando su optimización gradual. Dicha estandarización se realizará con el acuerdo de las autoridades llamadas a aplicarlas en desarrollo del principio de colaboración armónica y coordinación entre la administración de los diferentes niveles. Por otra, se implementarán acciones para promover el uso de la información geoespacial en el territorio.

**El tercer objetivo** propone la hoja de ruta para la formalización del SAT en Colombia, integrando los procesos y actores, públicos y privados, que se relacionan con la administración del territorio, desde las cuatro funciones del territorio (uso, valor, tenencia y desarrollo) y diseñando un esquema de gobierno que permita mejorar la gobernanza sobre la administración del territorio.

### **1.4.5 Superintendencia de Notariado y Registro**

La Superintendencia de Notariado y Registro (SNR) es una entidad, creada el 28 de diciembre de 1959, donde el presidente de Colombia, llamado Alberto Lleras Camargo expide el Decreto 3346 de 1959, en el que se le da una adecuada dirección y un ordenamiento racional al servicio público de notariado y registro, creándose a través del artículo 1º la Superintendencia Nacional de Notariado y Registro, como dependencia del Ministerio de Justicia de Colombia (<https://www.minjusticia.gov.co/>). En el año de 1962, se expidió la Ley 1ª, en la que se erigió la Superintendencia de Notariado y Registro como Persona Administrativa. El Decreto 1298, del mismo año, aprobó sus estatutos como nueva entidad, como establecimiento público, con capacidad jurídica y patrimonio propio. (Superintendencia de Notariado y Registro, 2023a)

El registro de Colombia nace en el año 1790 donde a través de un libro se anotaba cada uno de los actos destinados al registro según la ley (Superintendencia de Notariado y Registro, 2023b). En 1825, la Ley 11 autoriza la apertura de un nuevo libro especial únicamente para la anotación de las hipotecas, estando a la par con el libro general que es donde se anotarían los actos relacionados con venta de bienes raíces, tributos y censos. En 1844 se crea un Estatuto Registral, contenido en el Título 43 del Código Civil de los Estados Unidos de Colombia, en el que se inició el sistema de registro en libros múltiples al ordenar que se llevarán separadamente. En el 2004 se expide el Decreto 302, el cual en su artículo 20 enuncia que las Oficinas de Registro de Instrumentos Públicos son dependencias de la Superintendencia de Notariado y Registro. Actualmente, está

vigente el Decreto 2163 de 2011, por el cual se modifica la estructura de la Superintendencia de Notariado y Registro y se determinan las funciones de sus dependencias.

La organización de la Superintendencia del Notariado y los Registro forma parte de la Red Registral Iberoamericana – IBEROREG (Red Registral Iberoamericana, 2023). IBEROREG nació en octubre del año 2012. Es un proyecto de interconexión de las organizaciones responsables de los registros públicos de diversos países. En este proyecto se ofrece una colaboración entre las distintas instituciones para ofrecer información precisa y útil a los ciudadanos y administraciones de todos los países de Iberoamérica.

### **1.4.6 Interrelación Catastro-Registro en Colombia**

En el año 2016, se escribió un documento para la evaluación de la política para consolidar la interrelación entre el Catastro y el registro. Este documento estaba a cargo del Departamento Nacional de Planeación en Colombia (Departamento Nacional de Planeación, Interrelación Catastro y Registro Completo, 2023b). La interrelación es una política que busca integrar y armonizar los sistemas de registro y Catastro que funcionan de forma desarticulada. En esta política intervienen principalmente dos entidades, por una parte, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a cargo del Catastro que tiene la función de elaborar el censo de las propiedades inmobiliarias del país con sus características económicas, jurídicas y físicas de la propiedad. Por otra parte, la Superintendencia de Notariado y Registro, a cargo del registro que tiene el dominio de los derechos reales constituidos con él. Para realizar esta interrelación se diseñó un plan de acción que consistía en 4 fases: garantizar el intercambio de la información catastral y registral, unificar dicha información, mejorar los procedimientos para un correcto mantenimiento a lo largo de los años y facilitar y ofrecer la información a los usuarios de una forma ágil.

El folio es la información de la matrícula inmobiliaria registrada en las bases de datos del registro de la SNR. Incluye la inscripción de los actos, contratos y providencias referentes a un bien raíz y se distingue con un código alfanumérico de cada Oficina de Registro de Instrumentos Públicos.

Los predios son los inmuebles pertenecientes a personas naturales o jurídicas. Estos predios están registrados en las bases de datos del Catastro del IGAC y se identifican a partir de un número predial con la información económica, física y jurídica de los mismos.

En vigencia a 1 de enero de 2023 la situación actual del territorio es de un 9,63% actualizado, en 10 millones de hectáreas con un total de 7,6 millones de predios. (Comité Permanente sobre Catastro en Iberoamérica Chile, 2023)

El cruce de toda la información de las bases de datos entre el Catastro y el registro se estableció en 5 variables: folio o número de matrícula inmobiliaria, el número predial, nombre del propietario, identificación del propietario y la dirección. Con este cruce se separaron los predios y folios interrelacionados y aquellos que quedan libres. Estos que quedan libres necesitan una intervención con nuevos procesos de depuración, ya que se originan inconsistencias como por ejemplo una matrícula inmobiliaria, número predial no válidos o no se encuentran, propietarios sin documentos, propietarios sin nombres o falta de direcciones.

Una vez realizada la interrelación entre el SNR y el IGAC que parte de 8,1 millones de predios y 7,4 millones de folios se identificaron un total de 3,5 millones. Lo que corresponde a un 43,3% de los predios. Un 49,9% de predios libres están ubicados en la zona urbana (1,75 millones) y 50,1% en la zona rural (1,76 millones). Por lo que se concluyó que hay una verdadera desactualización catastral de los municipios con el resultado de la interrelación, que indica que a medida que los municipios están más desactualizados en el momento del cruce, mayor es el número de predios libres en proporción al total. Y se observó, que una buena parte de los municipios del país tienen un bajo nivel de interrelación entre Catastro y registro.

En 2021, Colombia pasó de tener el 2,25% del territorio con información catastral actualizada, al 15,39%, equivalente a 17,56 millones de hectáreas, gracias al Catastro Multipropósito del Gobierno Nacional. Una de las principales características del Catastro Multipropósito es que es digital e interoperable, por eso, se viene haciendo un trabajo interinstitucional para facilitar el intercambio de información. Precisamente, se han construido con la Superintendencia de Notariado y Registro los protocolos técnicos de interoperabilidad y gracias al trabajo con los gestores, la entidad ha logrado realizar 902.642 folios de matrícula inmobiliaria con la información catastral (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2023c).

Durante el Primer Encuentro Iberoamericano de Seguridad Jurídica Preventiva en 2022, la directora del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Superintendente de Notariado y Registro anunciaron una iniciativa clave para la reactivación inmobiliaria en la postpandemia. La propuesta, denominada "Intercambio de Información para la Actualización Catastral y Registral", marca el inicio de la interoperabilidad entre ambas entidades. El objetivo principal es facilitar un intercambio ordenado de datos entre el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Superintendencia de Notariado y Registro, con la finalidad de posibilitar el registro masivo de predios en Colombia. Como se ha mencionado previamente, al adquirir un predio, una persona suele tener que registrar las escrituras en la Superintendencia de Notariado y Registro y, posteriormente,

registrar las bases catastrales en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Sin embargo, con esta nueva interconexión, se implementará un solo procedimiento que permitirá mantener ambas bases de datos actualizadas de manera eficiente (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2022).

### **1.4.7 LADM-COL**

Hasta 2016, la situación en Colombia era que el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) era la autoridad rectora en temas catastrales y gestionaba dos sistemas de información principales: el Sistema Nacional Catastral de Colombia (SNC) y un sistema de información desarrollado en COBOL, un lenguaje de programación universal. El IGAC administraba la mayor cantidad de municipios del país.

Adicionalmente a este IGAC, existían en Colombia unos Catastros descentralizados. Como el Catastro de Medellín, el Catastro de Cali, el Catastro de Bogotá. Son Catastros que tienen competencias en algunos municipios en los cuales la ley les da autoridad para ejercer los fines catastrales.

El problema radica en que esta metodología de trabajo y descentralización de Catastros, no permite articular los datos catastrales de la gestión que se realiza en cada uno de estos municipios con otros municipios. En el momento que se realiza una consolidación de cifras nacionales, el IGAC y los Catastros descentralizados emitían a final de año unas tablas con unos parámetros establecidos. El IGAC unificaba estos datos y reportaba las cifras nacionales de la cantidad de predios actualizados. Al realizarlo de esta forma, los cambios que se realizaban en el país de los predios y su cantidad, únicamente se registraban a nivel anual.

Consolidar estos datos catastrales era un problema porque ninguno de los sistemas de información permitía articular la información que se hacía en cada uno de estos Catastros con las cifras nacionales. A este proceso, hay que sumarle la Superintendencia de Notariado y Registro y los diferentes Catastros quieren hacer una articulación de información con esta entidad. Hasta 2016, esta articulación o vinculación de sistemas del SNR con los diferentes Catastros descentralizados y el IGAC se tenía que realizar uno a uno y eso originaba un desgaste institucional en permitir que sus sistemas de información entendieran los datos y que generarán los servicios de manera adecuada.

LADM\_COL es el sistema para la administración de la tierra y gestión de la información de Catastro multipropósito en Colombia. Se implementa con la adopción de la norma ISO 19152 de 2012: Modelo para el Ámbito de Administración del Territorio. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2023d). Es un estándar internacional que define un modelo de dominio para la

administración de la tierra. Este estándar proporciona un marco común y un lenguaje para describir los aspectos relacionados con la gestión de la tierra, incluyendo derechos de propiedad, restricciones legales y roles de las partes involucradas.

LADM es un modelo conceptual basado en UML y estructurado en tres paquetes: Interesado (Party), Administrativo (Administrative) y Unidad Espacial (SpatialUnit), y un sub-paquete de medición y topografía (Surveying). Adicionalmente, mediante cuatro clases (Party, RRR, BA\_Unit y SpatialUnit) se puede brindar información de cada objeto territorial de acuerdo con las relaciones que existen entre esos objetos y las personas, a través de un derecho, una responsabilidad o una restricción (RRR), como se muestra en la Figura 4.

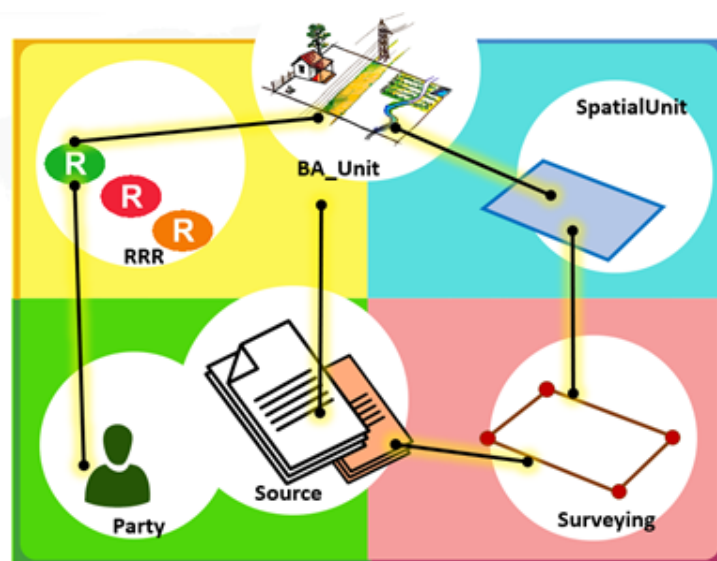


Figura 4. Estructura conceptual de la ISO 19152:2012

Fuente: SwissTierras Colombia

- **BA\_Unit:** Es la representación del objeto, como puede ser, el predio, con las relaciones de sus límites y su relación con los predios colindantes.
- **RRR:** Derechos, restricciones y responsabilidades
- **Party:** Son los interesados que reclaman los derechos del objeto y tienen una relación legal con el elemento territorial.
- **SpatialUnit:** Es la representación espacial de los objetos
- **Surveying:** Es un subpaquete del SpatialUnit en el que se refiere a la recopilación, medición y representación de datos sobre la superficie terrestre a partir de geometrías de puntos como elemento mínimo.

Según la Federación Internacional de Geómetras, existe una revisión de la LADM en la que se está ampliando la actual versión del modelo, perfeccionando



alguna de las partes llamada LADM II. Esta segunda edición de la LADM sería un modelo con 6 partes donde se incluirían extensiones hacia la implementación del modelo conceptual y de una metodología de cómo desarrollar un perfil de país (Federación Internacional de Geómetras, 2023c).

El proceso de adopción e implementación en el contexto Colombiano LADM-COL, comenzó en una primera etapa con talleres realizados en noviembre de 2015 a las entidades vinculadas a las políticas de tierras, en los cuales se definió una primera versión del modelo. Pasando a una segunda etapa, en marzo de 2016; se extendió la primera versión del modelo con las necesidades de Catastro y registro. Ya para la tercera etapa, empezó la fase de aplicación, donde se realizaron ajustes para finalmente llegar a una versión “oficial” del modelo (Medium, 2023).

El LADM es utilizado en multitud de países y en muchos otros se encuentran en proceso de su implantación. En el capítulo 3 se explica de forma más extendida el Catastro multipropósito en Colombia, su modelo, y Asistente LADM-COL, que es la aplicación con la que más se trabaja en esta tesis.



**Capítulo 2. España: Caso práctico de aplicación de la Ley 13/2015. Delimitación topográfica de una finca registral y su coordinación**

---



## 2.1 España: Caso práctico de aplicación de la Ley 13/2015. Delimitación topográfica de una finca registral y su coordinación

Para facilitar la comprensión de las fases que ha atravesado esta investigación en España, en la Figura 5 se presenta el siguiente esquema. Este esquema sirve como guía visual para el lector, ayudando a desglosar y entender los diferentes pasos y procesos involucrados en el estudio. A medida que se avance en la lectura de esta tesis, este esquema proporcionará un marco de referencia claro y estructurado, permitiendo ubicar cada etapa del estudio en su contexto adecuado.

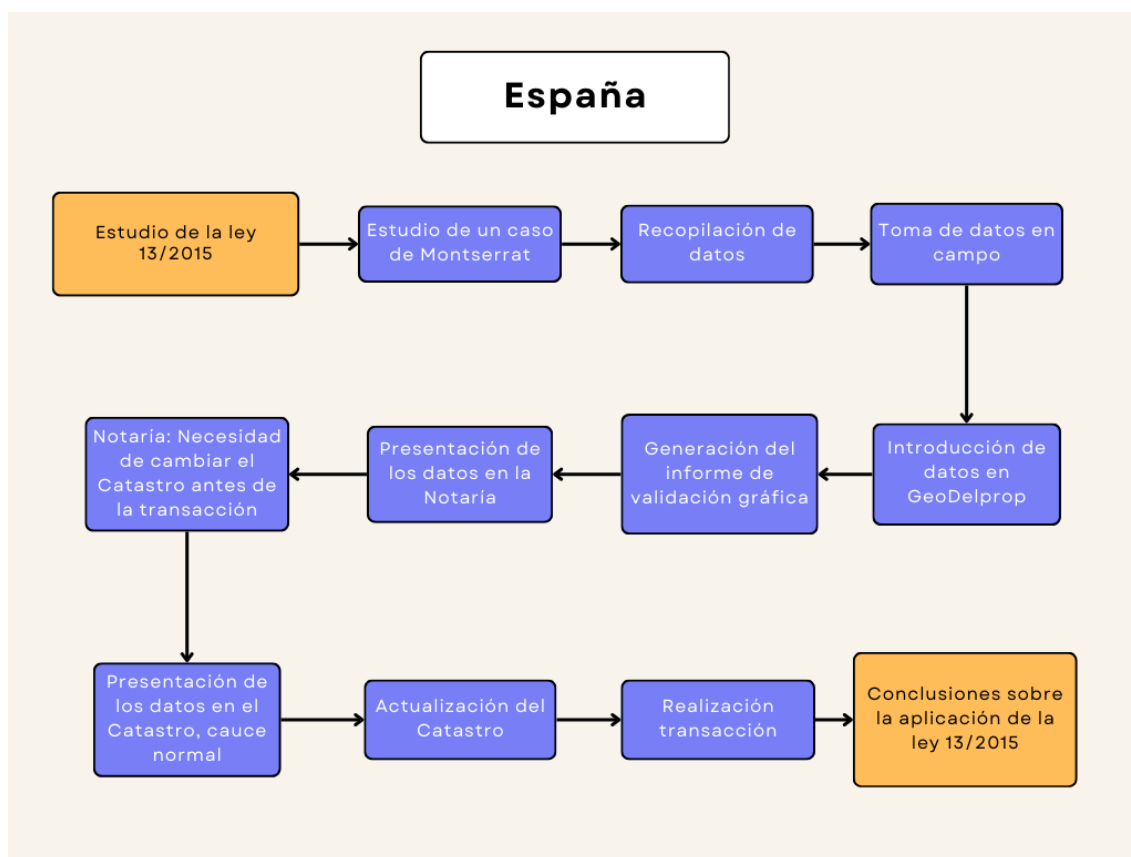


Figura 5. Esquema de flujo de trabajo realizado en a investigación en España

Fuente: Elaboración propia

El proceso comienza con el estudio de la ley 13/2015, que es la base legal sobre la que se sustenta la investigación. Posteriormente, se aborda un estudio de un caso de Montserrat, el cual sirve para ejemplificar y aplicar los principios y disposiciones de la ley en un escenario práctico.

Seguidamente, se lleva a cabo la recopilación de datos, seguida de la toma de datos en campo, lo que implica la obtención de información directa y precisa

del terreno. Estos datos se publican en GeoDelprop, para visualizarlos en el geoportal. Una vez generado el informe de validación gráfica en la Sede Electrónica del Catastro, se procede a la presentación de los datos en la Notaría. En esta etapa, nos indican que es necesario modificar el Catastro antes de realizar cualquier transacción, como se señala en el esquema bajo "Notaría: Necesidad de cambiar el Catastro antes de la transacción".

Por lo que, posteriormente, se presentan los datos en el Catastro siguiendo el cauce normal y actualizando su información. Con esto, se allana el camino para la realización de la transacción. Finalmente, se culmina con la formulación de conclusiones sobre la aplicación de la ley 13/2015, las cuales se derivan de todo el trabajo y análisis realizado a lo largo de la investigación. Este esquema no solo clarifica el flujo del proceso investigativo sino que también resalta la interconexión entre cada etapa, ofreciendo al lector una visión completa y detallada del estudio realizado.

Ya introducido el flujo de trabajo realizado en la investigación en España y recapitulando en la etapa titulada "Estudio de un caso de Montserrat", para conocer todo el proceso de representaciones gráficas en España por los técnicos se llevó a cabo una prueba práctica desde sus inicios de la ley en el año 2017. Se eligió como zona piloto el municipio de Montserrat, provincia de Valencia, en concreto una finca registral que en ese momento se encontraba en proceso de trámite para su venta y que no estaba correctamente identificada en Catastro. En la figura 6 se muestra en un recuadro rojo la ubicación de la parcela en el municipio de Montserrat.



**Figura 6. Ubicación de la parcela en el municipio de Montserrat**

**Fuente: Elaboración propia**

Para llevar a cabo una prueba de funcionamiento de la Ley 13/2015, se efectuó una delimitación topográfica de una finca registral con la referencia

catastral 46174A010003760000GF. Esta finca se ubica en el municipio de Montserrat, en el polígono 10, parcela 376.

Debido a un error comunicado previamente en el Catastro, la vivienda y el almacén asociados a la parcela 376 aparecían incorrectamente graficados en una parcela diferente a la que realmente les corresponde. En concreto, estaban registrados en la parcela 205, cuando su ubicación correcta es la parcela 376. En la Figura 7 se presenta un dibujo aproximado, donde el propietario señaló la discrepancia.



Figura 7. Parcelas para delimitar en el levantamiento.

Fuente: Captura de pantalla de la web de GeodelProp (<https://gisserver.car.upv.es/geodelprop/>)

En la Figura 7, las líneas negras son de la cartografía catastral. Las líneas rojas son la delimitación topográfica de las fincas catastrales, mientras que las anotaciones en amarillo señalan la ubicación de las parcelas catastrales. Se evidencia que las delimitaciones de las parcelas 376 y 178, según el Catastro, no concuerdan con las delimitaciones reales dibujadas en rojo, dando lugar a que una parte de la finca de la parcela 376 se encuentre dentro de la parcela 205. Es importante señalar que la parcela 178 es propiedad del Ayuntamiento de Montserrat.

El inconveniente residía en que, debido a la incorrecta definición de la parcela catastral en el Catastro, esta no podía ser objeto de venta. Los propietarios de la vivienda se encontraban en la situación en que no podían llevar a cabo la compraventa, ya que el notario no lo autorizaba. Esto se debía a que la vivienda que se pretendía vender estaba registrada en una parcela catastral que no correspondía a la correcta.

Con el fin de delimitar topográficamente la finca, se llevó a cabo una medición precisa de todos sus linderos mediante GPS. En el proceso de

medición, un representante del propietario participó, y dio su conformidad para la toma de puntos de los límites, acompañada de fotografías correspondientes.

## 2.2 Equipo utilizado y precisiones

El levantamiento topográfico de este trabajo se ha realizado con GPS en modo VRS conectado a la red ERVA. Esta técnica alcanza precisiones de hasta 2 cm, de desviación típica, en el sistema de referencia ETRS89.

El instrumento utilizado fue un GPS Leica System 1200. Para optimizar el rendimiento, y asegurar una precisión mínima, se configuró el equipo con el objetivo de garantizar una precisión de 10 centímetros en el sistema de coordenadas EPSG 25830. El levantamiento se efectuó siguiendo las marcas preexistentes en el terreno, las cuales están sólidamente establecidas e incluyen pies de talud de valles y muros.

## 2.3 Cartografía existente en el trabajo

Se empleó cartografía catastral, obtenida de la SEC, en la fecha del levantamiento (Figura 8). Esta cartografía se utilizó con el propósito de verificar la concordancia entre el levantamiento topográfico y la representación gráfica de la parcela en la cartografía catastral.

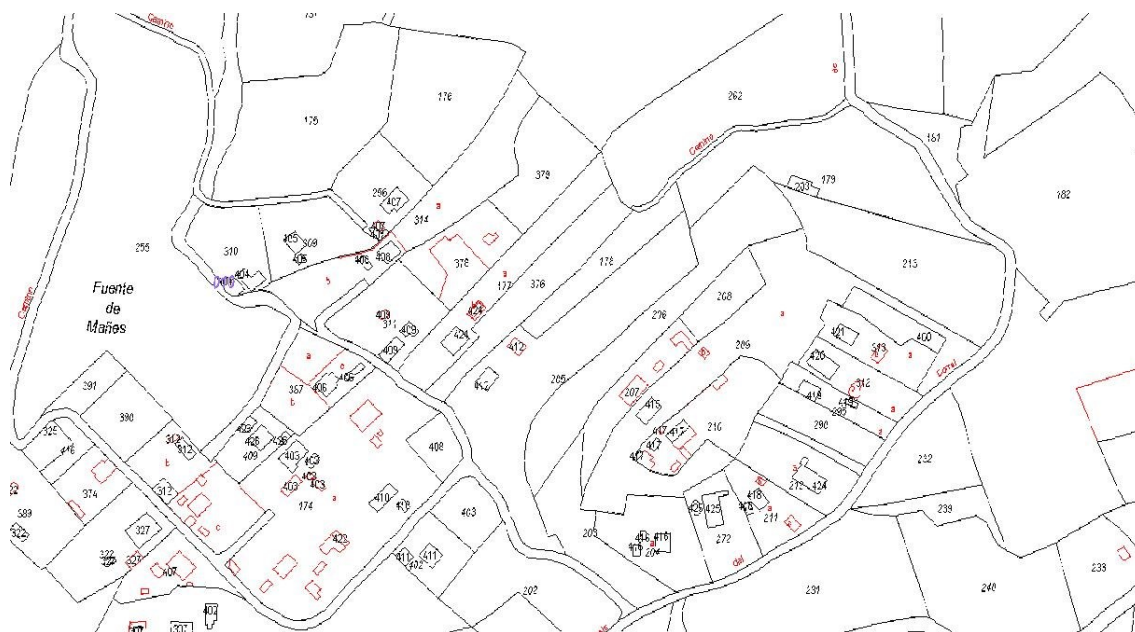


Figura 8. Cartografía catastral en la zona del levantamiento

Fuente: Sede Electrónica del Catastro (<https://www.sedecatastro.gob.es/>)

La cartografía del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea), se obtuvo mediante servicios WMS. A partir de esta cartografía, se generó una imagen recortada de la zona de trabajo, la cual fue georreferenciada e integrada al



proyecto como fondo del levantamiento. Esta representación gráfica se empleó con el objetivo de permitir al propietario reconocer los elementos presentes en el terreno, en conjunto con las líneas de los linderos trazadas durante el levantamiento.

Los planos de la Cartografía histórica catastral, representados en la Figura 9, fueron elaborados por el extinto Instituto Geográfico Catastral y forman parte del Mapa Topográfico Parcelario (MTP).

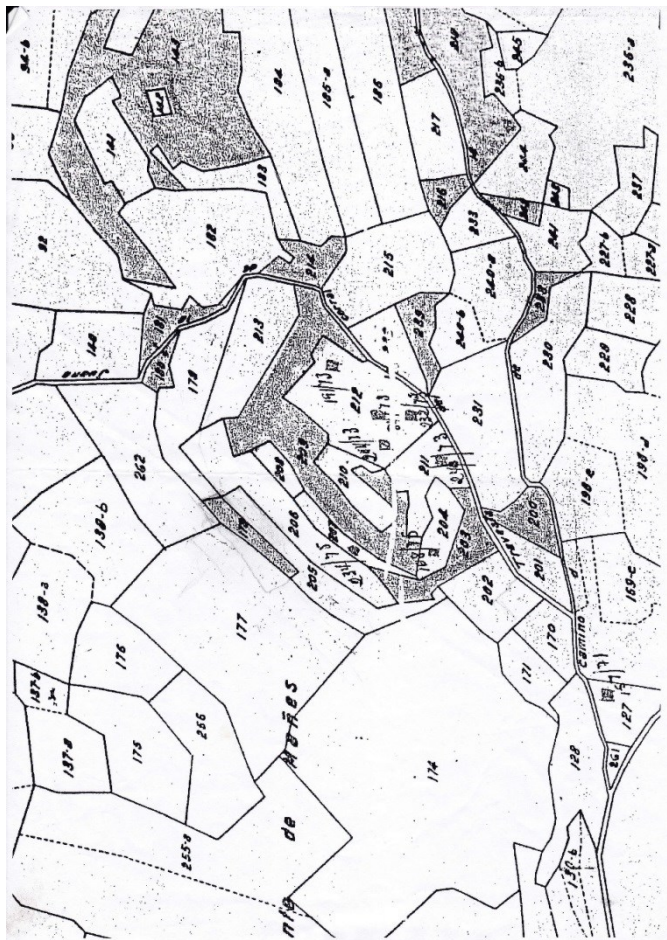
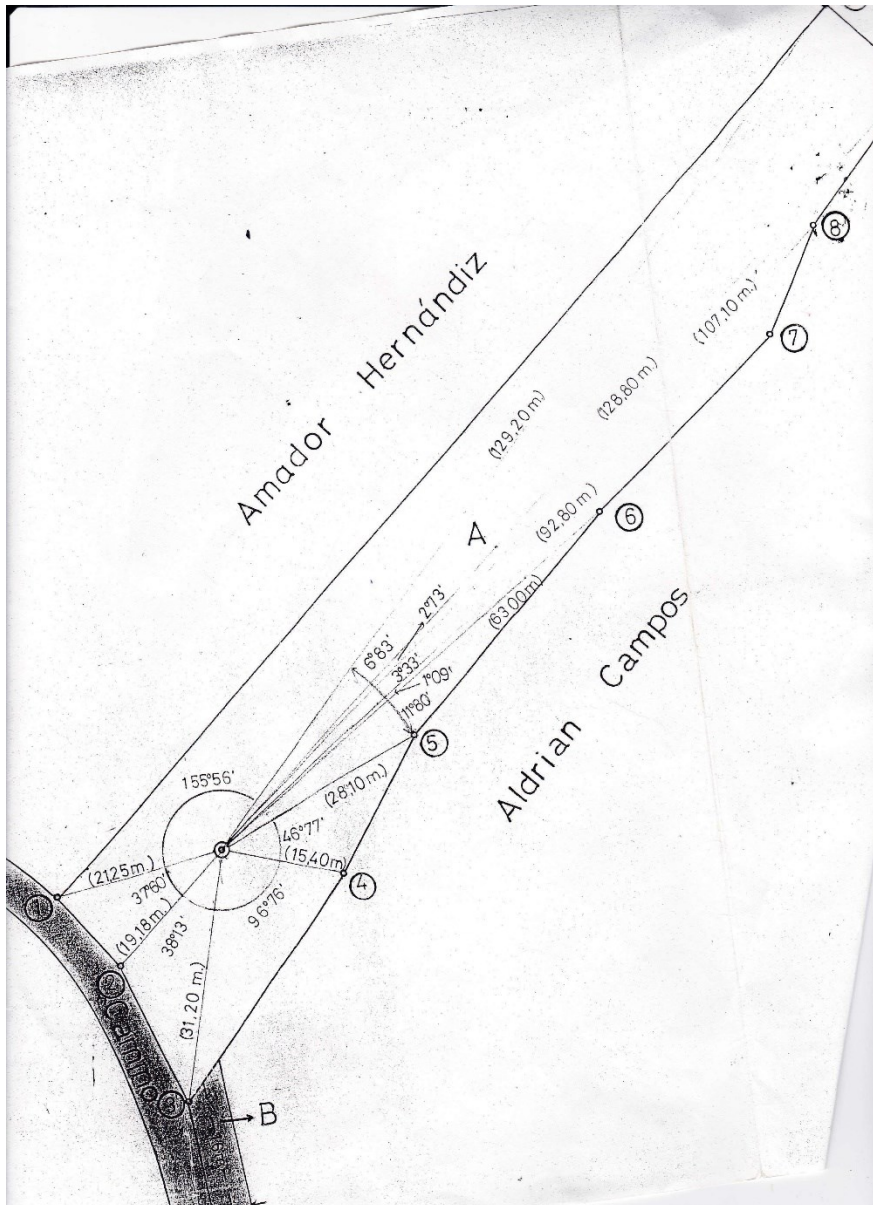


Figura 9. Planos de la Cartografía histórica catastral en la zona del levantamiento

Fuente: Instituto Geográfico Catastral

El plano topográfico antiguo, presentado en la Figura 10, fue confeccionado por Jose Soler Trilla, miembro colegiado del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Este plano data del año 1977 y está elaborado a una escala de 1/500. El plano ha sido proporcionado por el propietario de la parcela.



**Figura 10. Plano topográfico antiguo.**

**Fuente: Jose Soler Trilla colegiado del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía**

El mapa topográfico parcelario se encajó o georeferenció, tomando como base la cartografía catastral actual y el PNOA. La conclusión fue que el parcelario actual es tan diferente que el MTP no arrojaba ninguna luz sobre los lindes de la parcela 376. El plano topográfico antiguo sí encaja perfectamente con el levantamiento que se ha realizado, aportando una evidencia de que, la medición realizada con GPS se ha realizado sobre los límites correctos de la parcela a delimitar.

## 2.4 Modificación del parcelario

Lo primero que hay que realizar es la modificación del parcelario, es decir, obtener los polígonos de las parcelas de la cartografía catastral afectadas que se superponen con el levantamiento topográfico realizado. Y a continuación, generar los archivos GML de cada una de estas parcelas afectadas junto con el GML del levantamiento o representación gráfica alternativa, para finalmente realizar el informe de validación gráfica.

Para ello, en el buscador de inmuebles y visor cartográfico de la Sede Electrónica del Catastro se busca la parcela en cuestión a partir de su provincia, municipio, polígono y parcela. Ya encontrada la ubicación de la parcela en la cartografía, se procede a abrir el menú de *Selección de parcelas*. *Descarga* situado en la barra de herramientas de la parte inferior derecha.

Al seleccionar dicho menú, se abrirá una nueva ventana con nuevas herramientas. En esta ventana se selecciona la opción de *Selección por polígono* y se dibuja en el mapa un polígono en que él se superponga con aquellas parcelas afectadas por el levantamiento topográfico. El siguiente paso es descargar el GML de todas estas parcelas afectadas. En la misma ventana de herramientas se selecciona la herramienta de *Descargas* y a continuación en *GML*.

Una vez descargado el GML, se importa a QGIS arrastrando el fichero del GML a la ventana de listado de capas y se mostrarán los polígonos en el mapa. La Figura 11 muestra en color azul los polígonos de las parcelas afectadas y en color rojo el levantamiento topográfico realizado.



Figura 11. Parcelas afectadas y levantamiento topográfico. Vista en QGIS.

Fuente: Elaboración propia desde QGIS.



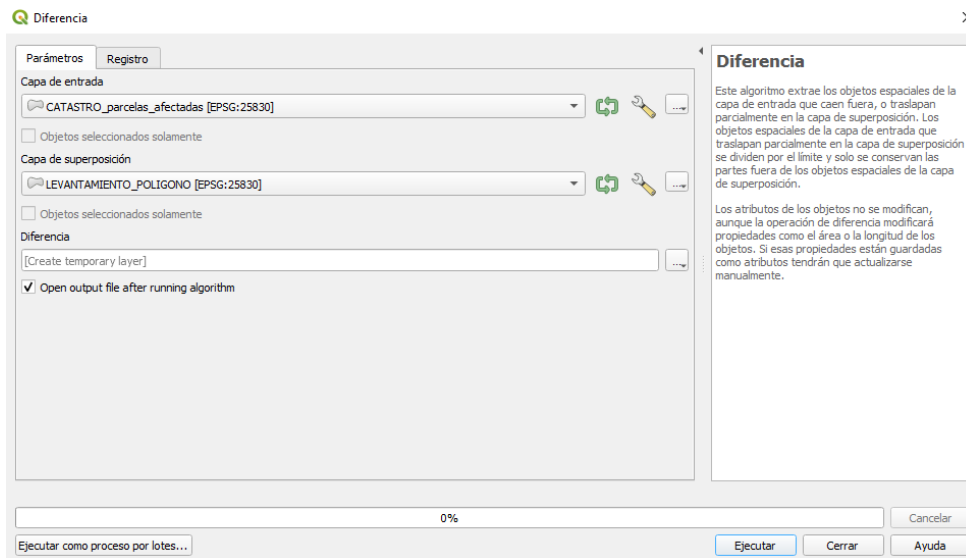
El siguiente paso es crear el polígono de nuestro levantamiento topográfico. Utilizaremos para ello se utiliza la herramienta en QGIS situada en el menú de *Vectorial > Herramientas de geometría > Líneas a Polígonos*. La Figura 12 muestra el resultado. Las líneas en rojo es el levantamiento topográfico, los polígonos en azul son las parcelas catastrales afectadas, el polígono en verde es el polígono de nuestro levantamiento y los polígonos en marrón son los elementos interiores de este.



**Figura 12. Polígono del levantamiento topográfico**

**Fuente: Elaboración propia desde QGIS.**

Ahora se procede a obtener la diferencia entre el polígono de nuestro levantamiento con los polígonos de las parcelas afectadas de la cartografía catastral. A partir de la herramienta en QGIS situada en el menú de *Vectorial > Herramientas de geoprocso > Diferencia*. En esta ventana de Diferencia se selecciona como capa de entrada las parcelas afectadas de la cartografía catastral y como capa de superposición el polígono de nuestro levantamiento. Como se muestra en la Figura 13:



**Figura 13. Ventana de la herramienta de Diferencia en QGIS**

**Fuente: Elaboración propia desde QGIS.**

Y como resultado se obtendrán los polígonos de estas diferencias como se muestra en la Figura 14. En color verde se representan los polígonos de las diferencias y en color rojo es la delimitación del levantamiento.



**Figura 14. Diferencia de las parcelas afectadas y el levantamiento**

**Fuente: Elaboración propia desde QGIS**

Ahora hay que corregir los posibles errores topológicos de estos polígonos de diferencias y ajustarlos para su posterior validación. Lo primero que se observa en la Figura 15, es que al seleccionar uno de los polígonos afectados en la parte norte del levantamiento, se seleccionan 2 polígonos diferentes. Un polígono seleccionado sí que corresponde con la parcela afectada pero el otro polígono mucho más pequeño no corresponde.



Figura 15. Selección de un polígono del resultado de la diferencia

Fuente: Elaboración propia desde QGIS

Esto es debido a que es una parte de un polígono multiparte. Como anteriormente se han dividido las parcelas afectadas por el polígono del levantamiento, han quedado pequeños trozos que hay que asignar a una parcela afectada.

Para corregirlo hay que utilizar la herramienta de QGIS situada en el menú de *Vectorial > Herramientas de geometría > Multiparte a monoparte*. Al seleccionar la herramienta, se abre una nueva ventana, donde hay que indicarle en la capa de entrada la capa de diferencia creada anteriormente. En QGIS se creará una nueva capa llamada monoparte. Y ahora, al seleccionar un polígono de esta nueva capa creada, se observa en la Figura 16 que los polígonos quedan diferenciados.

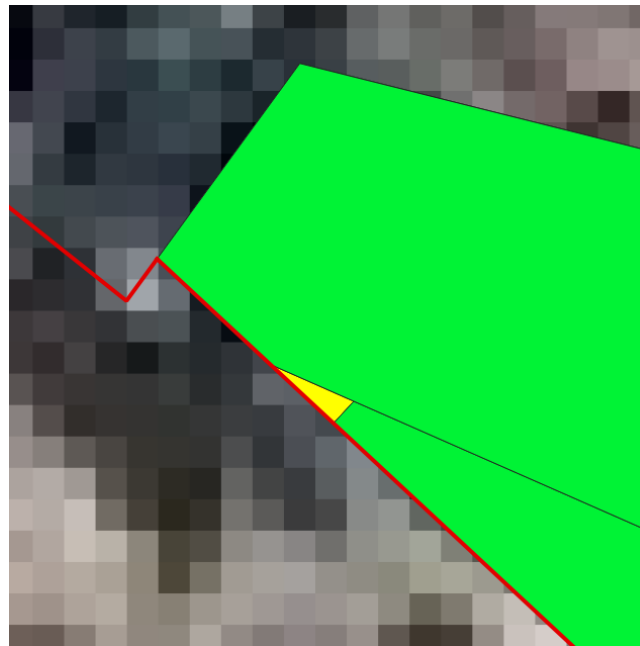


**Figura 16. Resultado en QGIS de la herramienta de multiparte a monoparte**

**Fuente: Elaboración propia desde QGIS**

El siguiente paso es combinar aquellos trozos de polígono muy pequeños que se hayan creado debido a la superposición con el levantamiento con los polígonos de las parcelas afectadas a su alrededor, ya que pertenecen realmente pertenecen a estas parcelas.

La Figura 17 muestra un trozo de polígono en color amarillo que se ha quedado dividido en la parte norte del levantamiento.



**Figura 17. Trozo pequeño de polígono a corregir**

**Fuente: Elaboración propia desde QGIS**



En modo edición de la capa, se seleccionan dicho trozo de polígono con su respectivo polígono de parcela afectada a su alrededor y se procede a utilizar la herramienta de QGIS de combinar objetos espaciales seleccionados. Al utilizarla, se abrirá una nueva ventana para la combinación de sus atributos en la que se deberá de aceptar. Se realizará así con todos aquellos trozos de polígonos que hayan quedado separados.

Y siguiendo el mismo proceso para combinar los polígonos de las parcelas afectadas con los trozos de polígonos pequeños de su alrededor, obtendríamos el parcelario modificado para la obtención de los archivos GML como se muestra en la Figura 18.



**Figura 18. Parcelario modificado**

**Fuente: Elaboración propia desde QGIS**

## **2.5 Importación a GeoDelProp**

GeoDelProp, es una herramienta que publica, a través de internet, datos espaciales (geometrías y sus metadatos, imágenes, documentos, etc.) sobre delimitaciones de la propiedad. El objetivo de este *software* era facilitar a Notarios, Registradores, y ciudadanos (propietarios y colindantes afectados) la identificación de los lindes sobre el terreno con mayor facilidad, usando un navegador de Internet. Toda esta información es mostrada en un geoportal web.

Una vez realizado el levantamiento topográfico y obtenido la cartografía de las parcelas afectadas, se publican sus datos espaciales, tanto geometrías como metadatos, con el *software* GeoDelProp como se muestra en la Figura 19, basado en el *plugin* TopoDelProp (Mora Navarro, 2013). Este *plugin* TopoDelProp



permite consultar, insertar y modificar los datos del modelo programado en la base de datos. TopoDelProp es el frontend de edición de la base de datos que se utiliza a partir de un *plugin* de QGIS, porque GeoDelProp únicamente se publican los datos y no se permite editar.



**Figura 19. Publicación en el geoportal GeoDelProp**

**Fuente:** Captura de pantalla de la web de GeoDelProp (<https://gisserver.car.upv.es/geodelprop/>)

Posteriormente se mostró el levantamiento al notario de Montserrat (<https://gisserver.car.upv.es/geodelprop/>), con el objetivo de que éste valorase su utilidad a la hora de citar colindantes y conseguir acuerdos en los lindes. El resultado fue que el notario solo estaba interesado en que se cambiase el Catastro para poder realizar la compraventa, no en el geoportal, ni sus características, tal como se detalla más adelante.

Con esto, se pretende ayudar a Notarios, Registradores y ciudadanos a identificar sus lindes sobre el terreno, de forma que se añada seguridad al proceso de delimitación. Este *software* permite generar y descargar los ficheros GML INSPIRE con las geometrías de los elementos espaciales para una validación en el Catastro.

## **2.6 Generación de ficheros GML y validación de cartografía en Catastro**

Los GML necesarios para el Informe de Validación Gráfica se pueden realizar a partir de las herramientas que ofrece GeoDelProp en su propia web, así como con las propias herramientas de la Sede Electrónica del Catastro, o a través del Archivo Topográfico Nacional de Lindes (ATNL, 2024).

El ATNL es la herramienta del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica que incorpora tres niveles de accesos a su plataforma: Un nivel básico que no requiere de identificación con unas funcionalidades limitadas, usuarios registrados con funcionalidades avanzadas como la posibilidad de incorporar ficheros DXF y su conversión a ficheros GML catastrales o edificios y un usuario Premium con funcionalidades especiales. (Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica, 2023)

A continuación, se describe el proceso para obtener dichos GML y su posterior validación.

El primer paso es obtener los archivos DXF de la representación gráfica alternativa y de las capas de las parcelas afectadas. Desde QGIS hay que obtener las delimitaciones de estas capas nombradas anteriormente. Se utiliza la herramienta situada en el menú de *Vectorial > Herramientas de geometría > Polígonos a líneas* para obtener dichas líneas que luego exportaremos a DXF. En la herramienta situada en el menú de *Polígonos a líneas*, se selecciona como capa de entrada la capa de las parcelas afectadas y la capa del levantamiento topográfico.

Ahora procedemos a obtener los archivos GML. En el ATNL, a partir de la herramienta (Figura 20) situada en el menú de *Subir archivos > Ficheros DXF > ETRS89 UTM H30* se indican los archivos DXF creados anteriormente en QGIS para subirlos a la plataforma. Una vez subidos se muestran en el mapa de la siguiente manera:



Figura 20. DXF de las parcelas afectadas y del levantamiento en el ATNL

Fuente: Captura de pantalla de la web de ATNL (<http://h2693745.stratoserver.net/atnl/>)

En rojo quedan representados aquellos polígonos que se han cargado en el mapa. En la ventana de la izquierda se muestran divididos por capas cada uno de

los polígonos cargados. El siguiente paso es ir seleccionando cada una de las capas de forma individual y a partir de la herramienta situada en el menú de *Herramientas > Exportar > GML Parcela Catastral* se van creando los GML necesarios para realizar la validación. La Figura 21 muestra la ventana de diálogo donde se debe de seleccionar si es una parcela catastral nueva o existente, la precisión del levantamiento y un nombre.



**Figura 21. Herramienta de Exportar a GML Parcela Catastral en el ATNL**

**Fuente: Captura de pantalla de la web de ATNL (<http://h2693745.stratoserver.net/atnl/>)**

El Informe de Validación Gráfica se puede obtener en la Sede Electrónica del Catastro accediendo al menú de *Validaciones gráficas*.

Al entrar en dicho menú, aparecerán diferentes opciones, hay que elegir la opción que indica *Servicio de validación gráfica frente a parcelario catastral (IVG) Generación de IVG a través del visor cartográfico* y se mostrará el portal de la Sede Electrónica del Catastro con la opción de IVG seleccionada (Figura 22).



**Figura 22. Mapa de la Sede Electrónica del Catastro con el IVG seleccionado**

Fuente: Captura de pantalla de la web de Sede Electrónica del Catastro (<https://www.sedecatastro.gob.es/>)

En la ventana situada en la derecha del mapa se deberán cargar los GML e iniciar la carga de ellos (Figura 23). Una vez finalizada la carga se mostrará el Informe de Validación Gráfica con los resultados.

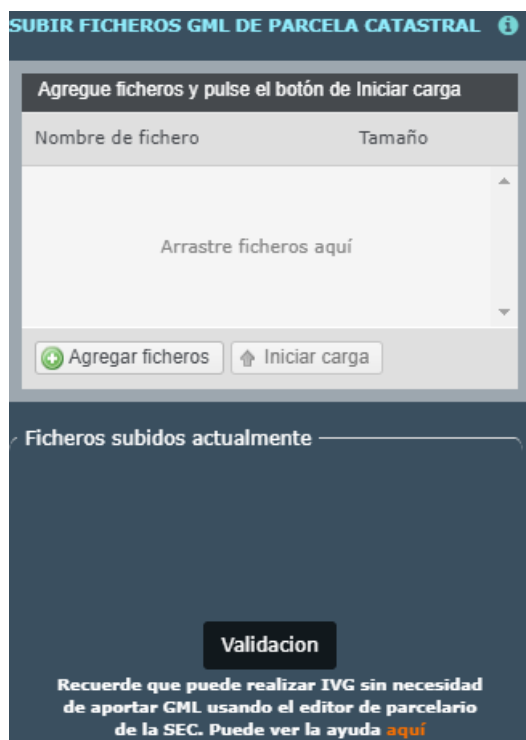


Figura 23. Ventana de carga de GML para la posterior Validación

Fuente: Sede Electrónica del Catastro (<https://www.sedecatastro.gob.es/>)

El resultado de la validación del levantamiento ha sido positivo como se muestra en la Figura 24. La representación gráfica es respecto al perímetro del conjunto de las fincas aportadas que resulta de la cartografía catastral y reúne los requisitos técnicos necesarios que permitan su incorporación al Catastro.

## Resultado de la validación

La representación gráfica respeta la delimitación del perímetro del conjunto de las fincas aportadas que resulta de la cartografía catastral y reúne los requisitos técnicos necesarios que permitan su incorporación al Catastro.



Figura 24. Resultado de la validación

Fuente: Informe de validación gráfica



En la Figura 25 se muestra la nueva parcelación, a fecha de firma el 28 de enero de 2016.



**Figura 25. Nueva parcelación**

**Fuente: Informe de validación gráfica**

## 2.7 Actualización de la cartografía en el Catastro

La actualización de la cartografía en el Catastro, a fecha de enero de 2016, se pretendía realizar a través de una Notaría siguiendo los procedimientos que marca la nueva Ley 13/2015, pero siendo tan reciente la norma (pocos meses) y con algunas complicaciones en el proceso, no se pudo realizar por los siguientes motivos:

1. El propietario de la parcela 205 se encontraba en paradero desconocido, complicando el proceso legal para la modificación.
2. El propietario de la parcela situada en el lindero norte falleció y no había herencia. Esta parcela contenía una pequeña modificación de

menos de 0,5 m<sup>2</sup>, por lo que se optó, con el acuerdo del propietario de la parcela 376 a desestimar la modificación en Catastro por este lindero.

3. No estaban completamente establecidos todos los canales necesarios para ejecutar el procedimiento de manera adecuada a través de la Notaría. Por lo tanto, en este caso, se optó por realizar la actualización de la cartografía catastral, aportando directamente el GML a Catastro, con el fin de agilizar el proceso y verificar la actualización.
4. Aunque se mostró al notario la delimitación en GeoDelProp, y quedó clara, el notario indicó que no estaba al tanto de la Ley 13/2015 y que él no enviaría la RGA al Catastro. Se argumentó que, para la firma de la venta, era necesario primero cambiar el Catastro por el canal normal.
5. Durante el proceso de actualización en Catastro, se consiguió la firma del arquitecto del ayuntamiento perteneciente a la parcela 178. Por lo que esta parcela también se actualizó.

Es importante destacar que la nueva Ley contempla la presentación de GML por parte de los técnicos mediante las Notarías y Registros, pero no aborda específicamente el escenario de la presentación directa a Catastro. En caso de realizar la actualización y coordinación gráfica entre Catastro y Registro, la coincidencia gráfica con la RGA del técnico debe ser exacta.

Tras entregar la información directamente a Catastro en enero de 2016, y transcurrido un tiempo de aproximadamente 8 meses, el 4 de agosto de 2016, se obtienen los resultados de la actualización de la cartografía catastral, quedando registrado en su histórico parcelario.

A continuación, se descarga desde la Sede Electrónica del Catastro el histórico parcelario del municipio de Montserrat. La Figura 26, muestra la parcela con refcat 46174A01000376 antes de su modificación, indicando una fecha de baja del 4 de agosto de 2016. Y la Figura 27, muestra la parcela con refcat 46174A01000376, después de su modificación, a fecha de alta el 4 de agosto de 2016.

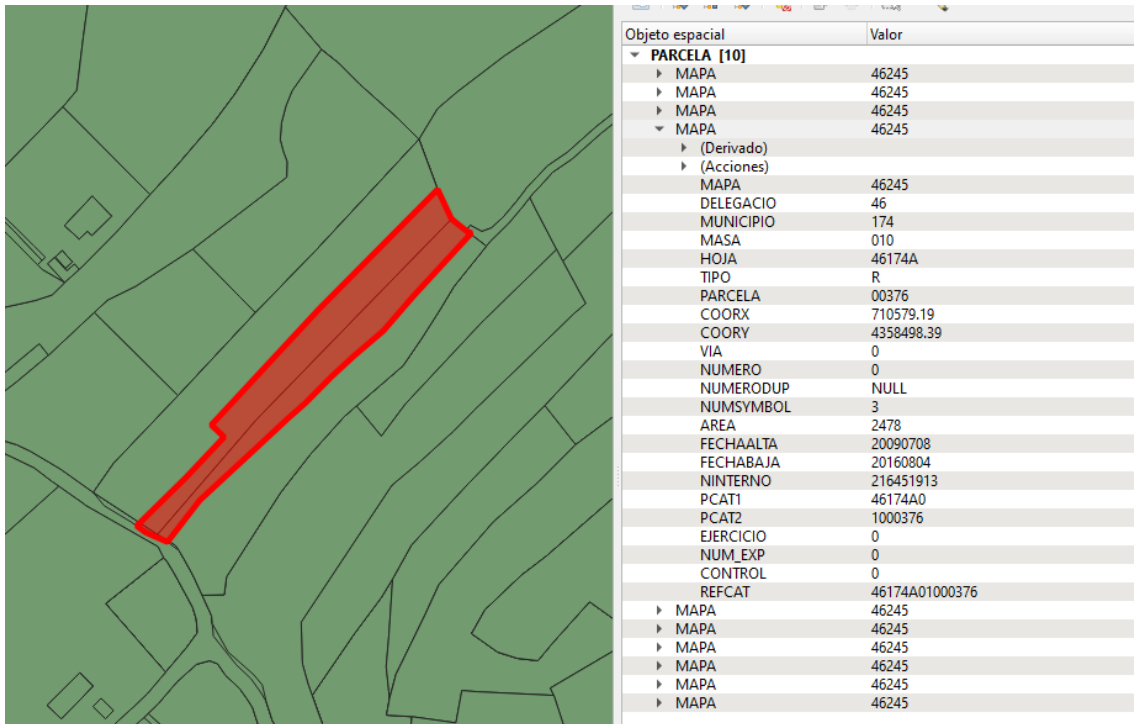


Figura 26. Parcela con refcat 46174A01000376 antes de su modificación en Catastro.

Fuente: Captura de pantalla desde QGIS con cartografía histórica catastral del municipio de Montserrat

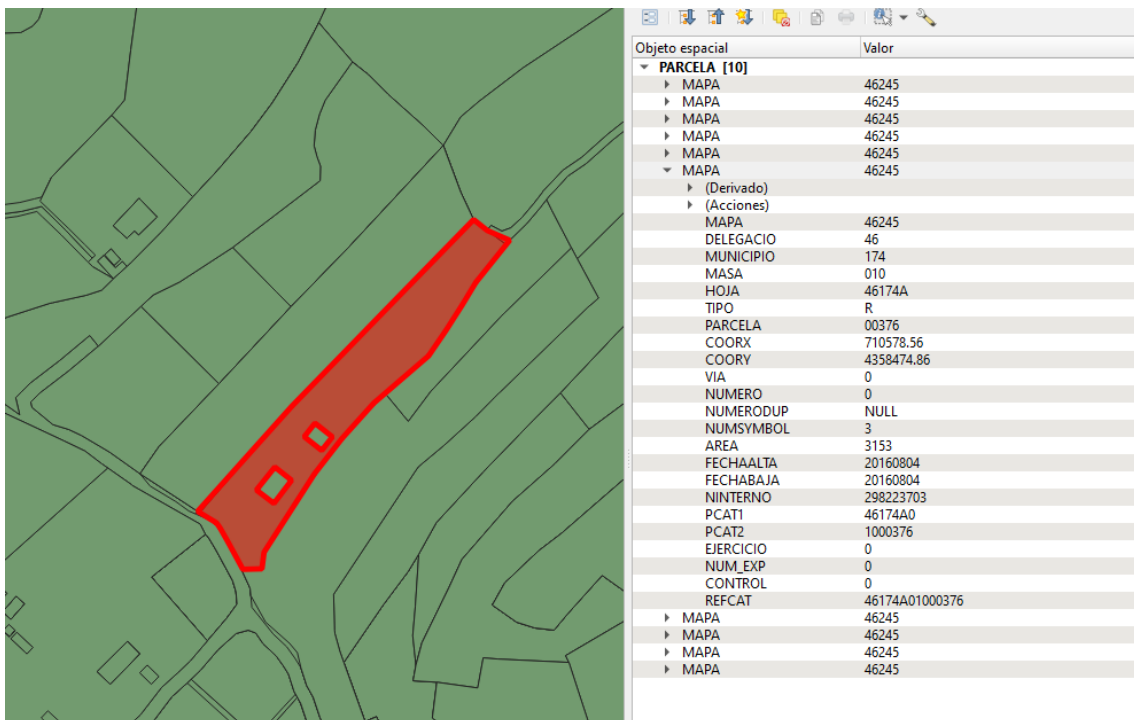
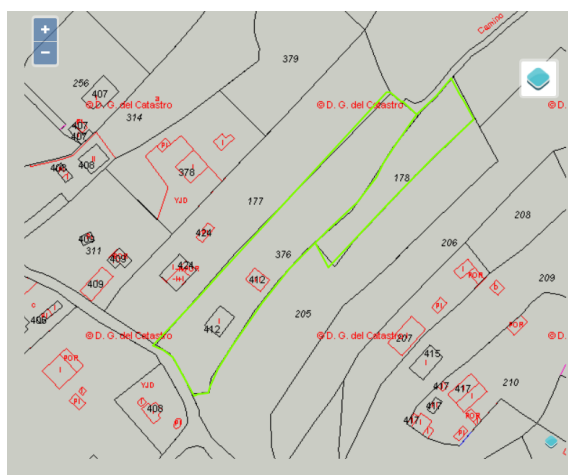


Figura 27. Parcela con refcat 46174A01000376 después de su modificación en Catastro.

Fuente: Captura de pantalla desde QGIS con cartografía histórica catastral del municipio de Montserrat

En las Figuras 28 y 29, se muestra como queda representada esta actualización de la cartografía catastral en el GeoDelProp el 4 de agosto de 2016:



**Figura 28. Representación en GeoDelProp del Resultado tras la actualización del Catastro, el 4 de agosto de 2016.**

**Fuente:** Captura de pantalla de la web de GeoDelProp (<https://gisserver.car.upv.es/geodelprop/>)



**Figura 29. Zoom al resultado tras la actualización del Catastro en GeoDelProp.**

**Fuente:** Captura de pantalla de la web de GeoDelProp (<https://gisserver.car.upv.es/geodelprop/>)

Las líneas en verde representan los linderos resultantes del levantamiento topográfico, mientras que las líneas en negro y rojo corresponden a la cartografía catastral junto con sus anotaciones. La cartografía catastral no concuerda exactamente con la geometría del levantamiento topográfico, a pesar de haber entregado el GML y el DXF de las geometrías de las parcelas afectadas. Debido a que la información gráfica no ha sido tramitada a través de la Notaría y/o Registro, lo que garantizaría una coincidencia total. Al tramitar directamente a través de Catastro, las pequeñas variaciones en la cartografía se consideran dentro de la tolerancia técnica, y en algunos casos, no es necesario subsanarlas. A pesar de las diferencias que no encajan de manera perfecta, el propietario de la



parcela catastral está conforme con el resultado, considerándolo suficiente para el propósito previsto.

Con este trabajo práctico, se puso a prueba la Ley 13/2015 en sus inicios, aplicándola a un caso específico y comprobando que los canales de comunicación Notaría – Catastro, en lo que a geometrías se refiere, aún no estaban preparados. Los resultados del trabajo han sido satisfactorios, aunque sin implementar la Ley, mediante una representación gráfica alternativa. Se llevó a cabo un levantamiento topográfico de una finca con una precisión de 10 centímetros en las coordenadas registradas, que luego no fueron mantenidas por el Catastro. La publicación en el *software* GeoDelProp facilitó al Notario, la identificación de los linderos. Sin embargo, no mostró un interés significativo, centrándose únicamente en la forma actual del Catastro y la formalización del acto.

El desarrollo de este proyecto se ha concluido con un informe para el Registrador de la Propiedad junto con sus planos, y un código seguro de verificación (CSV) que permite acceder al informe de validación gráfica con la forma verdadera de la finca.

El trámite convencional a través de Catastro resulta adecuado en ciertos casos; sin embargo, para lograr una representación gráfica más rápida y precisa, es recomendable gestionar los procedimientos correspondientes a través de Notarías y Registros, aplicando la Ley 13/2015. Aún en enero de 2024, los procedimientos para actualizar las Representaciones Gráficas Alternativas provenientes de Notarías y Registros no están completamente operativos, se tiene la intención de que, una vez implementados, sean prácticamente automáticos. Se espera que estos procedimientos permitan modificar parcelas catastrales en un plazo de 5 días para cambios gráficos y, incluso, en minutos para cambios de datos alfanuméricos, como la actualización de titulares. En el caso de modificaciones en el parcelario catastral mediante RGA, se prevé que se conserven las coordenadas medidas por el técnico. En el año 2023 se han implementado nuevos desarrollos para la comunicación notarios – Catastro. Se han realizado ya pruebas de casos reales, donde la modificación de las geometrías de Catastro, en casos de RGAs, ha sido modificada en un plazo menor a un mes.

## 2.8 Planos resultantes

La delimitación física de una zona respecto de los colindantes, se realiza mediante el procedimiento administrativo denominado deslinde. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023) Un deslinde topográfico es el arte de encontrar evidencias de por dónde se encuentran los límites hasta donde llegan los derechos de los propietarios. Estas evidencias se encuentran en signos visibles en el terreno, fotografías, planos antiguos, croquis, descripciones literales de las escrituras, etc. En muchos de los casos las evidencias, o pruebas obtenidas de documentación antigua y escrituras no son exactas, y tienen precisiones muy bajas, no habiendo casi nunca ninguna prueba concluyente, como en el caso que se presenta. En este caso, las mejores pruebas son un plano antiguo que coincide con los límites físicos del terreno, y los propios límites físicos de la parcela. El arte del deslinde consiste en interpretar todas las evidencias y proponer los límites más probables, junto con una estimación de su indeterminación. Sea cual sea la delimitación propuesta final, y su precisión, el deslinde termina con éxito sólo si los colindantes acuerdan establecer el límite propuesto por el topógrafo, como en este caso.

Se presenta a continuación el nombre de cada plano adjuntado y una descripción de su contenido:

- 1) **Superposición con el Catastro actual.** Figura 30. se pone de relieve las diferencias entre el Catastro actual y la delimitación realizada. Se presentan las coordenadas y las precisiones de los puntos singulares de los linderos.

Dadas las diferencias entre el Catastro actual y el levantamiento, se presentan los siguientes planos para tratar de aportar pruebas a favor de que existe un error en el Catastro en la forma y posición de las parcelas 376 y 178.

- 2) **Superposición con el Catastro actual y el PNOA.** Figura 31. Se presenta en este plano el PNOA de fondo para que se aprecie la coincidencia del levantamiento con el terreno.
- 3) **Superposición del levantamiento con el plano antiguo 1977.** Figura 32. El titular presenta un plano topográfico, realizado en 1977, que coincide, con diferencias despreciables, con el levantamiento realizado con GPS. El plano está realizado a escala 1/500 (precisión 10 cm), por el I. T en topografía D. José Soler Trilla, colegiado nº 284 del entonces Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. Las diferencias entre los dos planos, en algunos puntos son del entorno de 1 m, y son debidas a la imposibilidad de situarse exactamente sobre los mismos puntos en las dos mediciones. Esta es la mejor prueba, junto con los límites consolidados de

la finca, indicando que la finca es realmente como se ha delimitado con GPS. No obstante, es un plano de una parte, y no constituye una prueba definitiva, ya que no contiene firmas de los colindantes, aceptando los límites que aparecen en el plano.

A continuación, se describen dos planos. Con estos planos se pretende mostrar las diferencias del lindero entre las parcelas 205 y 376 (lindero 6) que existen entre el Catastro Actual y el MTP de 1944 y la coincidencia del MTP de 1944 con el levantamiento realizado por GPS. La parcela 376 es una segregación de la finca matriz que se corresponde con la parcela 177 del MTP.

- 4) Superposición Catastro actual con el plano MTP de 1944.** Figura 33. Se escanea y georreferencia el Mapa Topográfico Parcelario de 1944 y se superpone con el Catastro actual. Para la georreferenciación se utilizan cuatro puntos homólogos MTP-Catastro actual que rodean la zona de estudio. Los cuatro puntos aparecen marcados y numerados en el plano. La diferencia media entre los puntos homólogos es de 3.73 m. En la superposición se observa que la forma del lindero número 6 en 1944 no se parece a la forma del mismo lindero en el Catastro actual, y que la situación de la parcela 178 tampoco coincide entre los dos Catastros.
- 5) Superposición del levantamiento con el plano MTP 1944.** Figura 34. Se escanea y georreferencia el Plano Topográfico Parcelario de 1944. Para la georreferenciación se utilizan dos puntos homólogos MTPlevantamiento con GPS. En la superposición se observa que la forma del lindero número 6 en 1944 y la posición de la parcela 178 coinciden bastante bien con el levantamiento realizado, lo cual constituye también una prueba de que la finca delimitada tiene como linde este mismo lindero número 6.

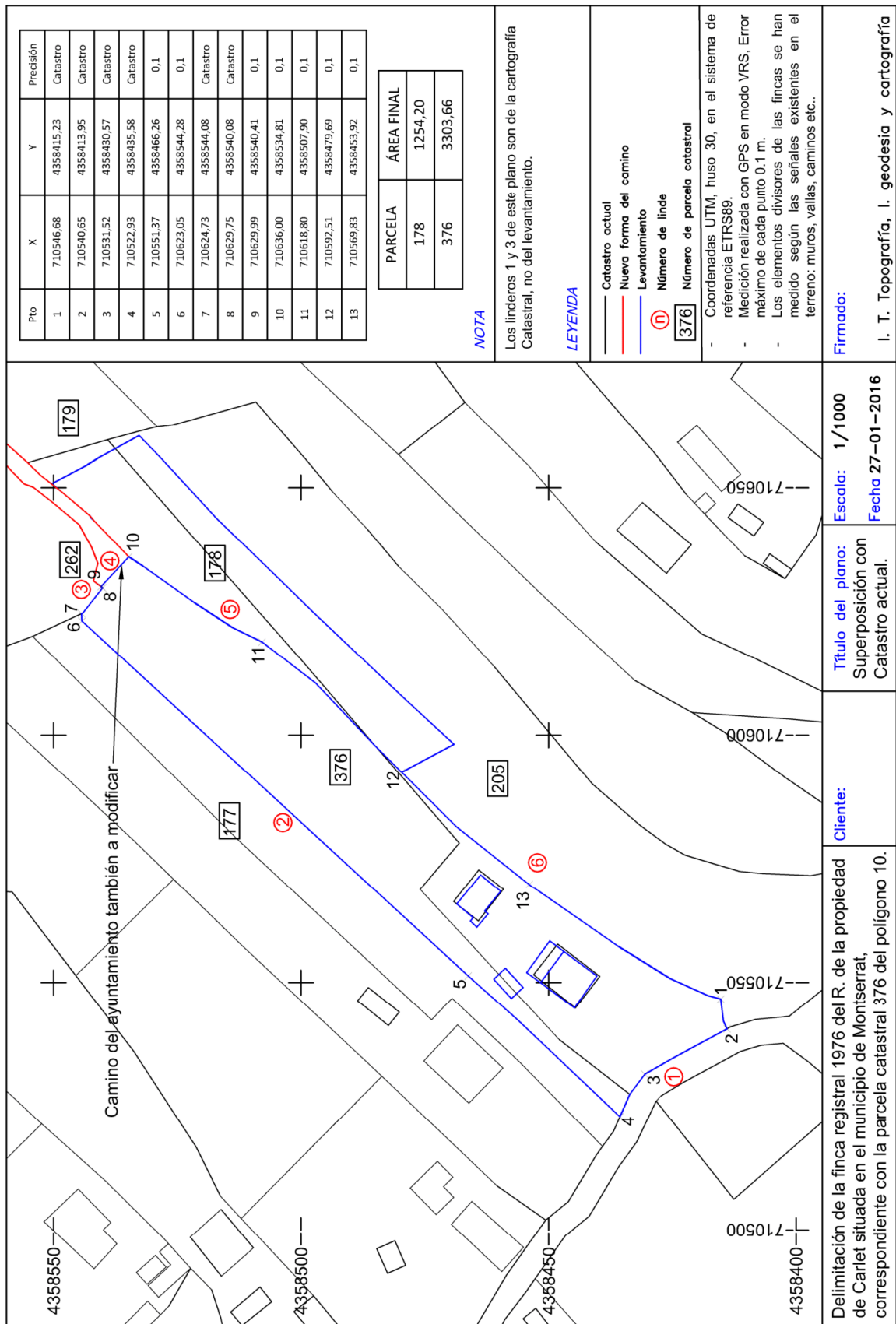


Figura 30. Plano superposición con el Catastro actual

Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Plano superposición con el Catastro actual y PNOA

Fuente: Elaboración propia



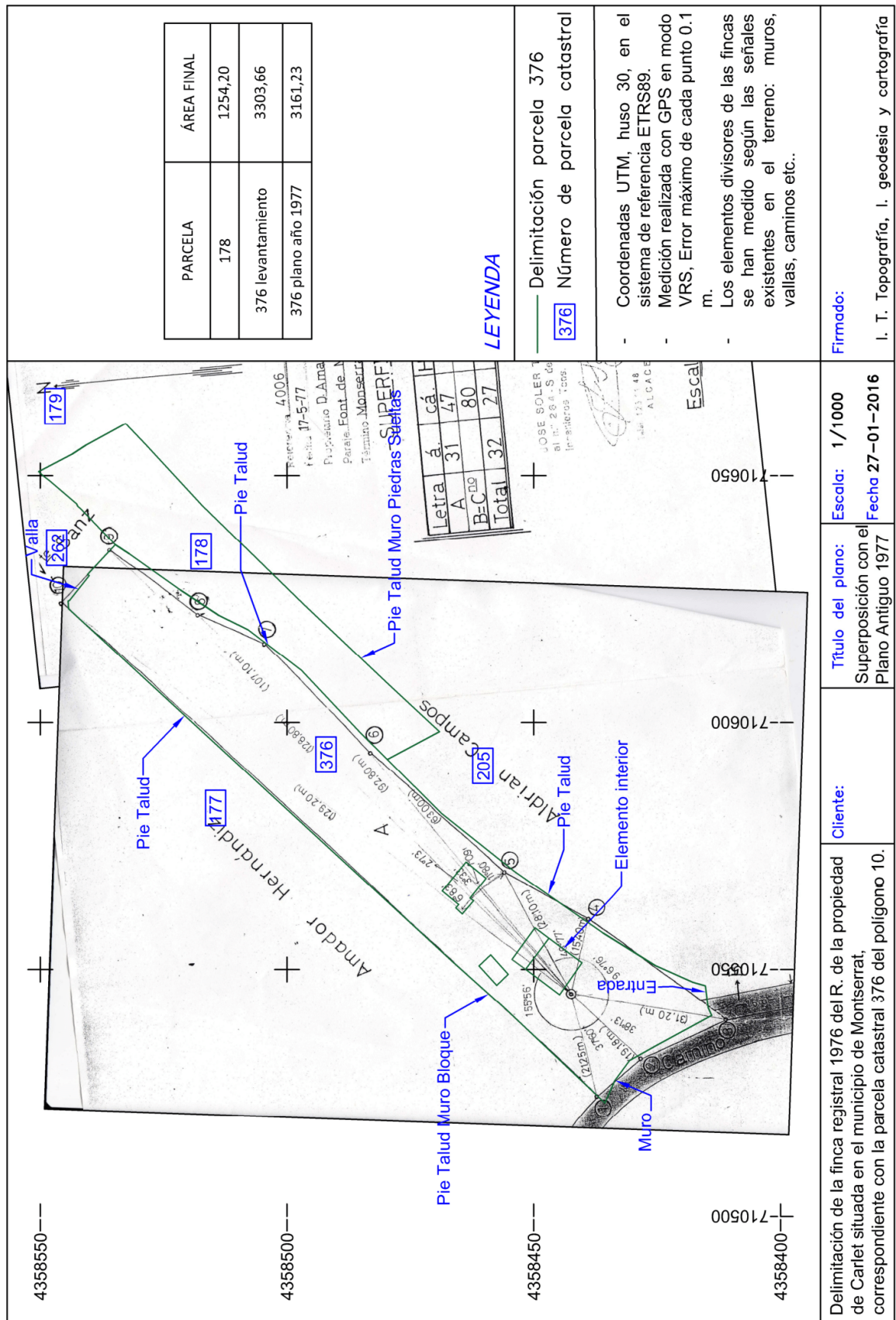


Figura 32. Plano superposición del levantamiento con el plano antiguo 1977

Fuente: Elaboración propia

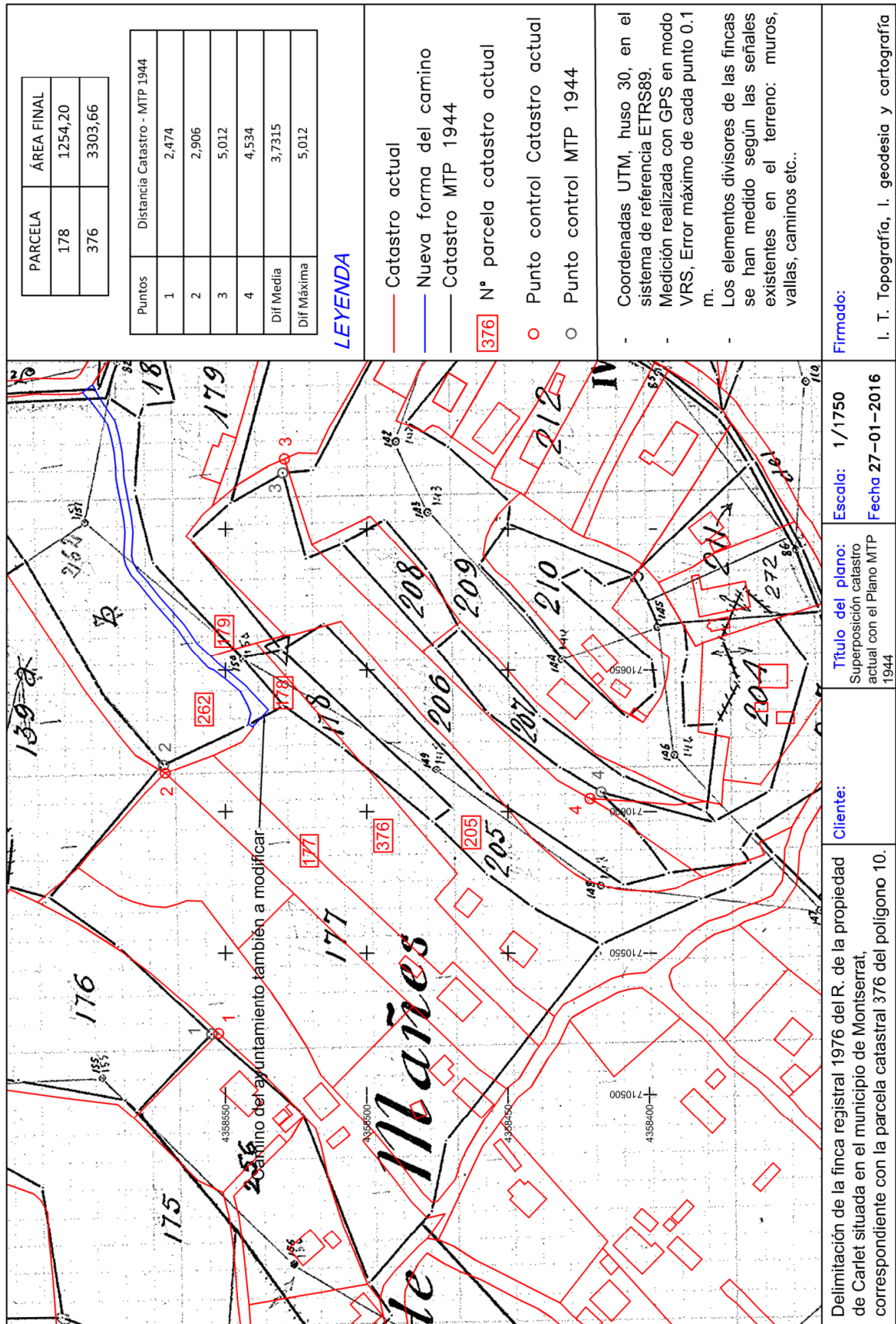


Figura 33. Plano de superposición del Catastro actual con el plano MTP 1944

Fuente: Elaboración propia

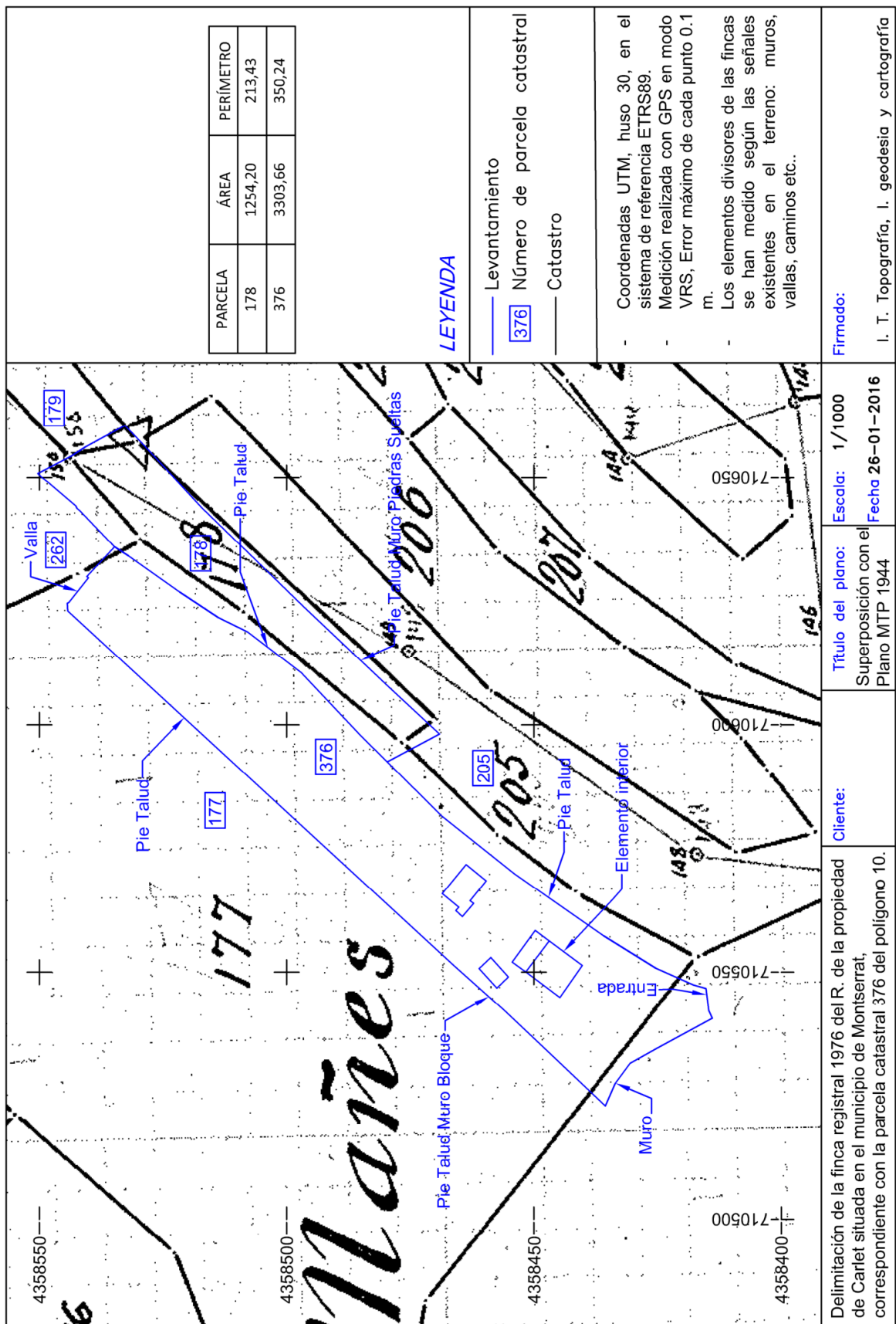


Figura 34. Plano de superposición del levantamiento con el plano MTP 1944

Fuente: Elaboración propia



**Capítulo 3. Catastro multipropósito en Colombia.  
Modelo y Asistente LADM-COL**

---



### 3.1 Catastro multipropósito en Colombia. Modelo y Asistente LADM-COL.

A continuación en la Figura 35 se presenta un esquema para aclarar las diferentes fases por las que se ha pasado en este apartado de la investigación. El lector quizás ahora no comprenda todas las fases, pero conforme avance en la lectura, este esquema hará que quede más claro los trabajos que se han realizado, y por qué, ya que ha habido que reorientar la investigación varias veces.

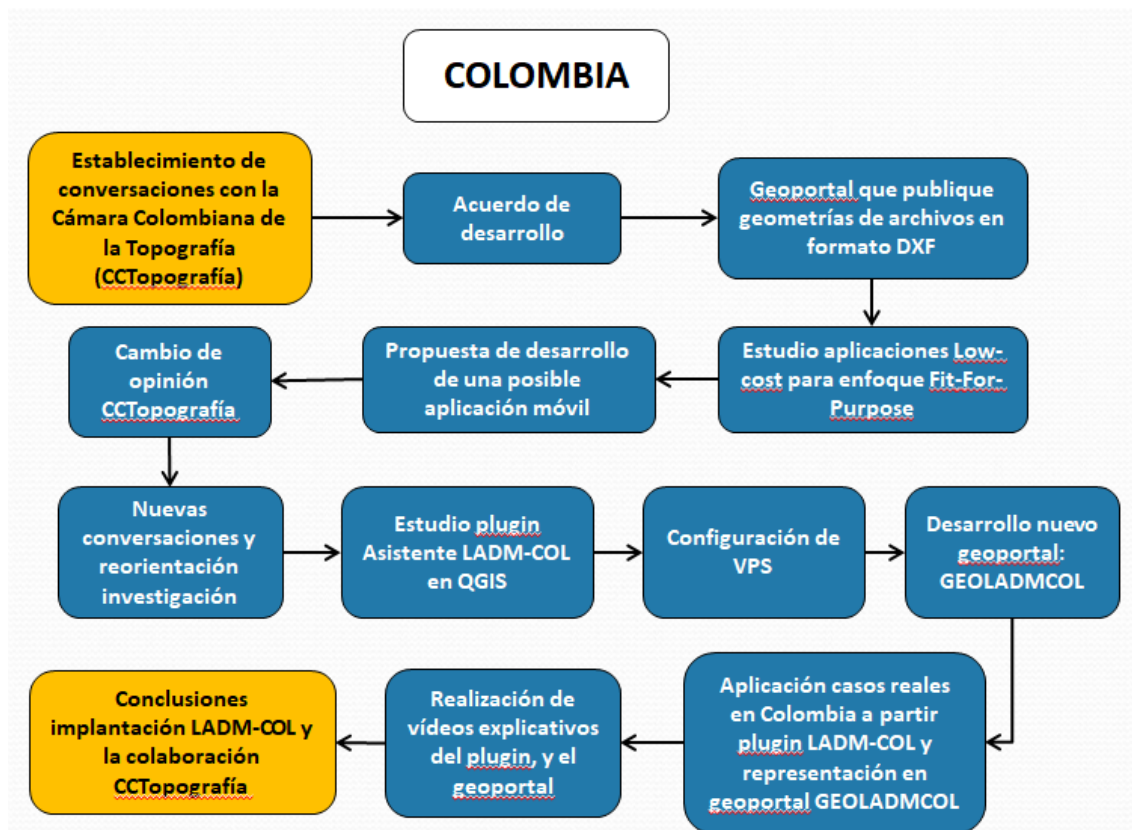


Figura 35. Esquema de flujo de trabajo realizado en la investigación de Colombia

Fuente: Elaboración propia

En Colombia, tras la firma de los acuerdos de paz después de muchos años de conflictos, la política pública del Catastro multipropósito se considera fundamental en la restitución de tierras a los ciudadanos colombianos; para impulsar un mayor desarrollo económico. En los últimos años, con apoyo del Banco Mundial y áreas de cooperación de algunos países como Suiza (proyecto SwissTierras) y Países Bajos (Fit-For-Purpose) se ha establecido el modelo LADM-COL, para administrar y gestionar la información del Catastro Multipropósito. Para la recopilación de datos catastrales, los técnicos desempeñan un papel crucial al trabajar en el terreno, interactuando directamente

con los ciudadanos. Un ejemplo de estos técnicos puede ser aquellos asociados a la Cámara Colombiana de la Topografía.

El problema en Colombia tiene su origen en un patrón inadecuado de ocupación y uso de la tierra, fruto del desplazamiento de los campesinos por culpa de la guerra. Muchos campesinos han identificado incorrectamente la ubicación de sus parcelas, lo que ha debilitado sus derechos de propiedad. Esta situación ha llevado a retrasos en el desarrollo social y económico, así como a debilidades institucionales en la gestión de la propiedad de la tierra.

El Catastro multipropósito, (Congreso de la República de Colombia - Cámara de representantes, 2023) se presenta como una herramienta integral para la administración, gestión y gobernanza de las tierras rurales, permitiendo el conocimiento detallado de los predios y sus propietarios. Su objetivo es proporcionar información en tiempo real sobre los bienes inmuebles, evitando la existencia de múltiples propietarios o la falta de documentación que respalde la propiedad. El Catastro Multipropósito aborda cuatro variables fundamentales:

- Variable Económica: Busca estimar valores catastrales precisos que reflejen las condiciones físicas y económicas de los bienes inmuebles.
- Variable de Identificación y Descripción Física y Jurídica: Tiene como finalidad detallar la identificación y descripción física y jurídica de los bienes inmuebles, tanto públicos como privados, siguiendo estándares definidos y adoptados por la autoridad catastral.
- Variable Jurídica: Busca establecer una conexión sólida entre Catastro y registro, abordando una normativa integradora y unificadora en estas áreas. Esta variable se reconoce como uno de los desafíos más significativos en el sector de tierras en Colombia.
- Variable Institucional: Se orienta a fortalecer la institucionalidad catastral para la implementación del Catastro Multipropósito. Además, pretende adecuar mecanismos que mejoren el acceso e interoperabilidad de la información relacionada con la tierra y la propiedad.

En resumen, el Catastro Multipropósito busca ser una herramienta integral que, mediante el análisis de estas cuatro variables, contribuya a una gestión eficiente y transparente de la información catastral y registral en Colombia, abordando desafíos significativos en el sector de tierras del país.

La implementación del Catastro Multipropósito se planificó en dos fases: una fase piloto del nuevo modelo en 11 municipios, programada para el año 2016, y la expansión a nivel nacional entre 2017 y 2023. La meta para 2018 era establecer e implementar el Catastro multipropósito en el 25% del país, con un

enfoque especial en las zonas rurales, sentando así las bases para completar el ejercicio a nivel nacional en 2023. El costo estimado de esta política ascendía a \$2,6 billones, y la implementación estaba liderada por la Presidencia de la República, el Departamento Nacional de Planeación, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la Superintendencia de Notariado y Registro, y la Agencia Nacional de Tierras.

El actual diseño del Catastro Multipropósito utiliza INTERLIS (INTERLIS, 2023), un lenguaje de esquema conceptual, especializado en modelos geospaciales que incluye varios tipos de geometrías. El formato de transferencia de datos es mediante ficheros de texto en ITF o XTF, destacándose por su "libertad de métodos". Este enfoque tecnológico apunta a una implementación eficiente y versátil del Catastro Multipropósito en Colombia.

### **3.2 Explicación sobre los diferentes modelos de datos, y el versionado de documentos.**

La gestión de la información del territorio se basa en administrar objetos territoriales, como vías, áreas de protección ambiental, etc. El estándar ISO 19152:2012 busca estandarizar la información territorial mediante un modelo de datos común, facilitando la gobernanza y el intercambio de datos. El modelo LADM consiste en varios modelos de datos que cumplen con la independencia legal de las áreas temáticas asociadas al territorio. En Colombia, se ha adoptado el estándar con ajustes específicos, como la adaptación de nombres de clases y la inclusión de clases particulares. La implementación en Colombia no es un único modelo, sino un ecosistema de modelos de datos que se expande con la gestión de la información territorial (Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, 2022). Como se muestra en la Figura 36, los diferentes modelos de datos son:

- **Modelo núcleo LADM\_COL:** Este modelo representa la base fundamental para la gestión de información geoespacial. Es el marco estándar que define la estructura y semántica de los datos geoespaciales. Se encuentra en el repositorio oficial de modelos extendidos LADM\_COL en la rama principal (master o maestra)
- **Modelos extendidos:** Estos modelos se desarrollan para mantener la conformidad semántica y estructural con el modelo núcleo. Representan registros auténticos de objetos territoriales de acuerdo con la legislación específica, las necesidades de un ente rector de información y las obligaciones del responsable de levantar y mantener la información específica. Cada modelo extendido tiene su propia rama en el repositorio oficial de modelos extendidos LADM\_COL, sin embargo, solo se

considera oficial la información contenida en la rama principal. El IGAC se encarga de mantener al día esta rama principal.

- **Modelos de aplicación:** Estos modelos responden a necesidades particulares de procesos y/o sistemas, haciendo uso de la semántica definida por el respectivo modelo extendido con el cual se relacionan. No se proporciona un repositorio específico para los modelos de aplicación.

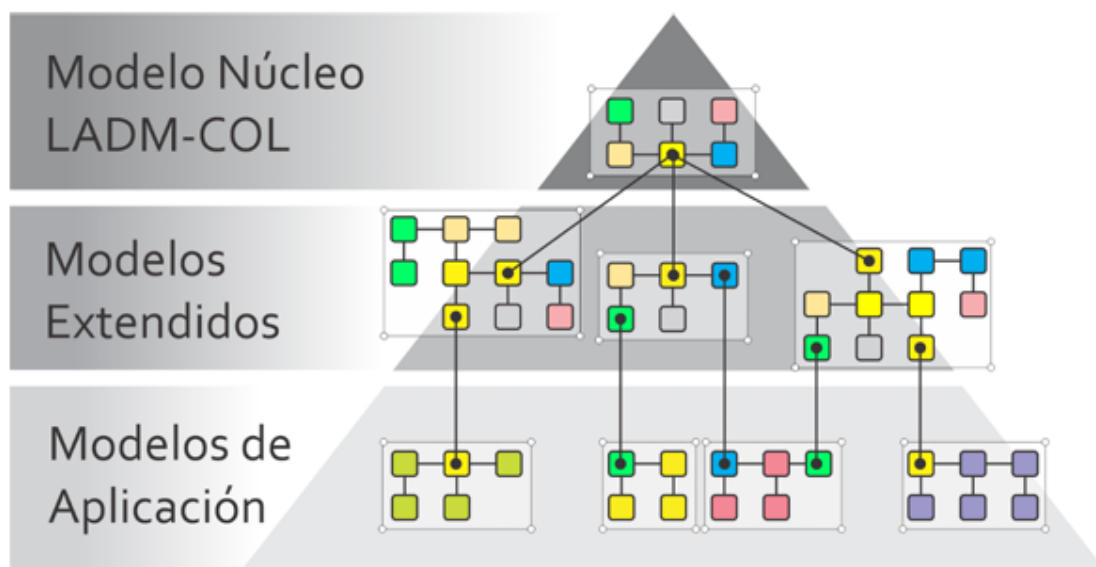


Figura 36. Ecosistema de Modelos de Datos

Fuente: Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales

El repositorio oficial de modelos extendidos LADM\_COL (Repositorio LADM\_COL, 2024a) contiene los modelos extendidos, en los que tienen sus propias ramas en este repositorio, y es donde se lleva a cabo el almacenamiento de los cambios.

### 3.3 Modelo Extendido de Catastro Registro LADM-COL. Versión 3.0.

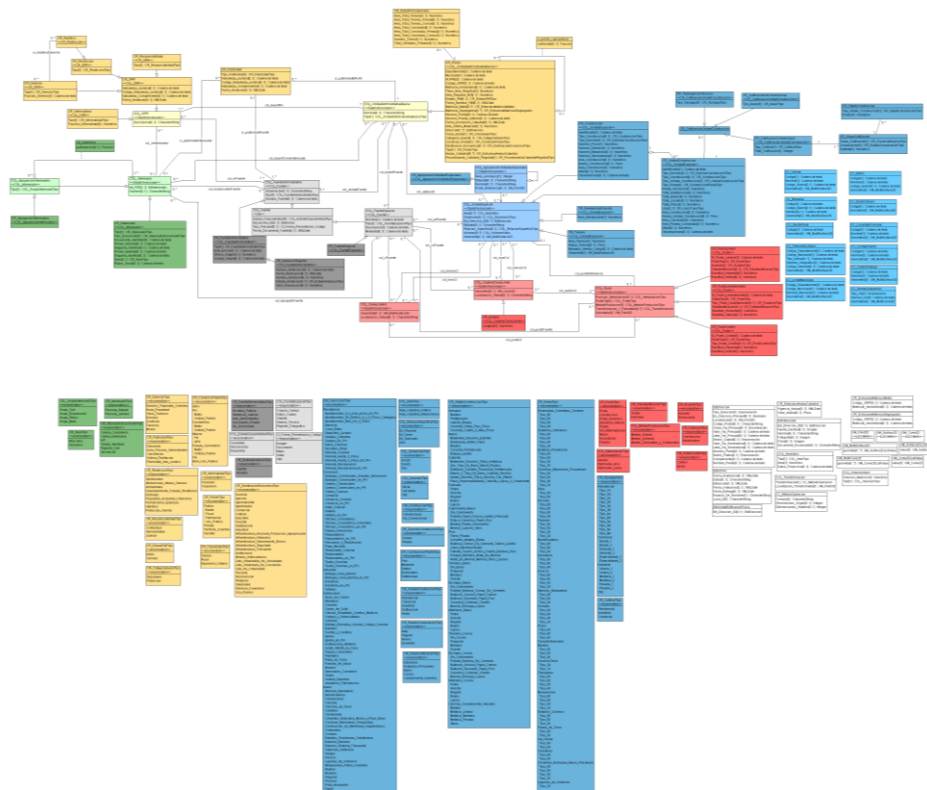
El Modelo Extendido de Catastro Registro LADM-COL (Repositorio LADM\_COL, 2023b), versión 3.0 ha sido desarrollado en el proyecto SwissTierras, en colaboración con las entidades locales. El proyecto SwissTierras Colombia, financiado por el Gobierno de Suiza, apoya diferentes procesos relacionados con la política de tierras, que incluye la estandarización de datos para la interoperabilidad y disposición de la información, acompañamiento a las entidades territoriales para descentralizar la gestión del territorio, en especial del Catastro Multipropósito, así como cursos de capacitación para actualizar el talento humano. Todas estas iniciativas, con el firme propósito de mejorar los servicios al ciudadano (Swiss Tierras Colombia, 2023).

Este modelo pretende facilitar y ofrecer ventajas para buscar una estandarización entre la tecnología como puede ser las bases de datos espaciales, modelos estandarizados, *software* de código libre, GIS... y los servicios que puedan optar y trabajar con esta tecnología como puede ser el gobierno electrónico, el desarrollo sostenible, tener la documentación de forma electrónica, entre otras.

El Modelo Extendido de Catastro Registro del Modelo LADM-COL corresponde a un modelo especializado para el perfil colombiano de la norma internacional definida como Modelo para el Ámbito de la Administración del Territorio (Land Administration Domain Model – LADM) ISO 19152 de 2012. El modelo implementa los paquetes de interesados, la unidad administrativa básica, las unidades espaciales y la topografía; así mismo, las clases principales definidas en la norma ISO 19152:2012: interesados, RRR (Rights, Restriccions and Responsibilities), fuentes administrativas, unidad administrativa básica, unidades espaciales y topografía.

El Modelo Extendido de Catastro Registro del Modelo LADM-COL atiende como temática particular la gestión catastral que se desarrolle por el Catastro tradicional y por el Catastro con enfoque multipropósito. Por otro lado, el modelo permitirá la interoperabilidad de la información catastral y registral a nivel nacional, y también su consulta por otros sistemas de información de tierras, estableciendo una semántica o lenguaje común para los datos catastrales y registrales que describen la información predial desde su componente geográfico y alfanumérico (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2023b).

En 2015 se empezó a trabajar con una primera versión del modelo LADM-COL hasta llegar a la versión de la Figura 37, la última con la que están trabajando. Hay que destacar que tanto el modelo como el *plugin* Asistente LADM-COL están en continuos cambios por mejoras y aún no hay una versión definitiva. Para esta tesis se trabajará con la última versión en el momento de la realización de la tesis, que era la 3.0. En enero de 2024 está vigente la versión 4.



**Figura 37. Modelo Extendido de Catastro Registro del Modelo LADM-COL Versión 3.0.**

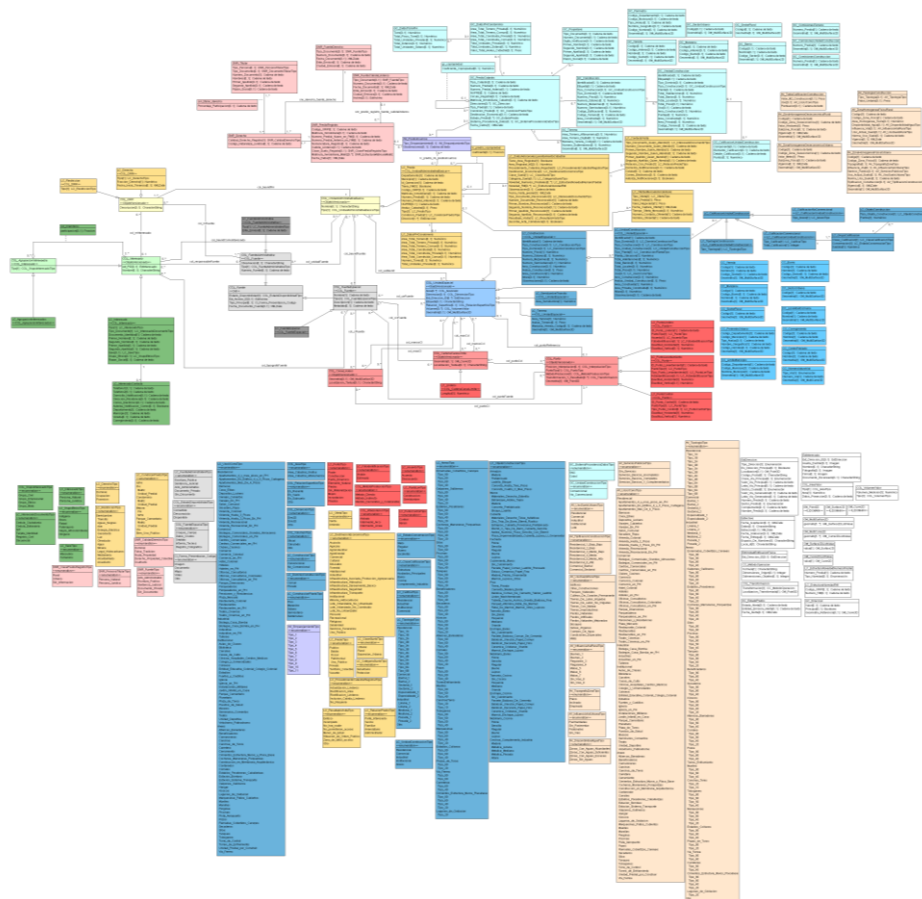
**Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi**

**Nota: para ver la figura con todo detalle, descargarla del siguiente enlace:**

[https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM\\_COL/-/blob/3.0/Catastro\\_Multiproposito/1\\_Metamodelo\\_Extendido/1\\_Catastro\\_Registro/Modelo\\_Extendido\\_LADMCOL\\_Cat\\_Reg\\_V3\\_0.png](https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM_COL/-/blob/3.0/Catastro_Multiproposito/1_Metamodelo_Extendido/1_Catastro_Registro/Modelo_Extendido_LADMCOL_Cat_Reg_V3_0.png)

El Modelo de Aplicación de Levantamiento Catastral del Modelo LADM-COL, Figura 38, utilizada también en esta tesis, define la semántica y estructura de datos para la información de los componentes físico, jurídico y económico de los procesos de formación o actualización catastral con enfoque multipropósito. En este sentido, el modelo de aplicación define las variables que deben capturarse por los gestores u operadores en la ejecución de los procesos catastrales.





**Figura 38. Modelo de Aplicación de Levantamiento Catastral del Modelo LADM-COL Versión 3.0.**

**Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi**

**Nota: para ver la figura con todo detalle, descargarla del siguiente enlace:**

[https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM\\_COL/-/blob/3.0/Catastro\\_Multiproposito/2\\_Aplicacion/1\\_Levantamiento\\_Catastral/Modelo\\_Aplicacion\\_LADMCOL\\_Lev\\_Cat\\_VI\\_0.png](https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM_COL/-/blob/3.0/Catastro_Multiproposito/2_Aplicacion/1_Levantamiento_Catastral/Modelo_Aplicacion_LADMCOL_Lev_Cat_VI_0.png)

Este modelo garantizará la interoperabilidad entre la información administrada por los gestores catastrales para todos los municipios del país. Por lo tanto, deberán adoptar el Modelo de Aplicación de Levantamiento Catastral del Modelo LADM-COL a sus sistemas de gestión para el desarrollo de las labores y procesos catastrales.

Este esquema se creó principalmente para que los usuarios no especializados entendieran el modelo dado su complejidad. Ya que cada una de las diferentes partes del modelo están conectadas con otras.

En programación orientada a objetos (OOP), una clase es una plantilla o un molde que define propiedades (atributos) y comportamientos (métodos) que los objetos de ese tipo tendrán. Una instancia es un objeto concreto creado a partir de una clase, representando un ejemplar específico con valores particulares

para sus atributos. Un hijo o clase derivada es una clase que hereda atributos y métodos de otra clase, conocida como clase base o padre.

LADM-COL se divide en conjuntos de clases que se agrupan principalmente en tres paquetes y un subpaquete en el UML:

- **Paquete de Interesados (Verde):** Contiene las clases relativas a las partes interesadas. Sus clases registran a las personas físicas o jurídicas, que tienen una relación legal con un elemento territorial.
- **Paquete Administrativo (Amarillo):** Contiene las clases que registran la relación entre el interesado y la tierra, así como el objeto territorial legal o unidad administrativa básica.
- **Paquete Espacial (azul):** Contiene las clases que pueden almacenar la información espacial de la unidad administrativa básica.
- **Subpaquete de Topografía y Representación, dentro del paquete Espacial (Rojo):** Sus clases almacenan la información de la representación espacial de los objetos territoriales legales y la de los elementos de apoyo procedentes de las mediciones.

### 3.4 Instalación del *software*

Esta investigación se centra en la implementación práctica del modelo LADM-COL en el contexto de Sistemas de Información Geográfica. En línea con las directrices acordadas con la Cámara Colombiana de Topografía, se emplean herramientas y desarrollos oficiales para poner a prueba la viabilidad y eficacia del modelo. Este enfoque metodológico, que abarca desde la explicación del modelo hasta la instalación de *software* esencial, busca establecer una conexión coherente entre la teoría y la aplicación práctica, garantizando así la validez y utilidad del modelo LADM-COL en el contexto geoespacial colombiano.

En el Anejo 1 se detalla la instalación del *software* necesario para realizar las pruebas, así como la configuración del servidor en la nube.

Durante las reuniones con Colombia, y las diferentes pruebas con el *plugin*, se detectó un error en el *software*. Por este motivo se contactó con la empresa LandNetwork situada en Suiza. Esta empresa colaboró y trabajó en el proyecto de SwissTierras Colombia, y en la creación del modelo LADM-COL en sus inicios.

En la reunión se habló de la documentación en GitHub del proyecto SwissTierras Colombia, y cómo estaban organizadas las carpetas y archivos. Se les indicó que había un bug en cuanto a la carga del modelo extendido

LADM-COL a través de un archivo con extensión .ili, en el *plugin* LADM-COL, pero como hacía ya varios años que no trabajan con el *plugin*, no conocían esta nueva implementación en el *plugin*. Al parecer otra empresa debía haber ampliado el desarrollo.

### 3.5 Estudio e investigación de las herramientas del Asistente LADM-COL y su relación con el modelo de datos

Antes de empezar a realizar una aplicación en un caso real en Colombia, y a desarrollar el geoportal GEOLADM-COL, es necesario haber un estudio en profundidad del *plugin* Asistente LADM-COL, ya que, como se ha comentado, se pretende implementar un portal web con sus respectivas conexiones a la base de datos LADM-COL generada. La idea es utilizar una base de datos común, cuya interfaz gráfica de edición sea el *plugin* Asistente LADM-COL, y generar un geoportal que publique los datos de dicha base de datos, es decir, editar con el *plugin* y mostrar con un geoportal.

Este paso es muy importante para la implementación del geoportal. Estudiar cada una de las herramientas del *plugin* con sus funcionalidades, permitirá obtener unos mayores conocimientos sobre la base de datos y, de esta forma poder implementar el geoportal con una mayor agilidad. Conocer el flujo de trabajo, la metodología, usuarios, formularios y su conexión con la base de datos con sus respectivas tablas y campos es una parte fundamental para el desarrollo de cualquier web. Una vez dominado el *plugin*, también se pretendía hacer cursos de formación, y de hecho se hicieron vídeos demostrativos del uso del *plugin*, para que los usuarios colombianos pudieran añadir datos a la base de datos con él, y visualizar dichos datos con el geoportal.

En este apartado se han realizado pruebas ficticias para comprender el correcto funcionamiento del *plugin* LADM-COL y dar a conocer posibles errores o mejoras que se observen. Se recuerda que actualmente este *plugin* se encuentra en desarrollo, y que para esta tesis se utilizará la versión 3.0, que es la última versión utilizada a fecha 1 de junio de 2020.

Después de su instalación en QGIS aparece una nueva barra con diferentes herramientas en la parte superior. La Figura 39 muestra la nueva barra en QGIS donde se puede elegir las diferentes herramientas que proporciona el *plugin*:

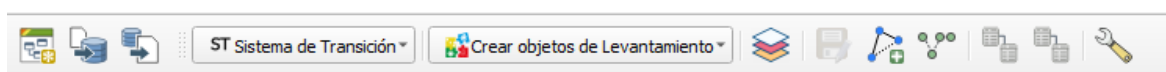


Figura 39. Barra de herramientas del asistente LADM-COL

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

INTERLIS es un Lenguaje de Esquema Conceptual (CSL) estandarizado y muy preciso a un nivel conceptual para la descripción de modelos de datos. Es neutral respecto a sistemas (independiente de plataformas). Facilita el entendimiento entre especialistas de administración de tierras e informáticos. Es legible para personas y procesable por computadoras. Integra diferentes tipos de aplicación en los SIG. (Proadmintierra - INTERLIS, 2023a)

Incluye un formato de transferencia neutro. El formato (ITF o XTF) deriva del modelo de datos, a través de reglas estandarizadas. Mantiene una división estricta entre la parte de transferencia y la modelización. (model driven approach) El formato garantiza el intercambio de datos de conformidad con el modelo de datos para la validación automatizada

INTERLIS se utiliza para la implementación del LADM. Este lenguaje está especializado en modelos y datos geográficos, con herramientas con las que poder lograr una validación, gestión transaccional y actualización de información mediante protocolos de interoperabilidad.

### **Ventajas de INTERLIS (Proadmintierra - INTERLIS, 2023b)**

#### Ventajas principales

- El enfoque de neutralidad en sistemas soporta el principio central de la “libertad de métodos” del Catastro en Suiza
- Directamente soporta los conceptos de «Cadaster 2014» (i.e.independencia temática)
- INTERLIS es simple y flexible = La “Navaja Suiza para Modelización”
- INTERLIS es fácilmente comprensible tanto por expertos TI como por expertos temáticos
- INTERLIS (Modelo y Datos) puede ser procesado y validado por programas de cómputo directamente

#### Otras ventajas

- La implementación es fácil (Manual INTERLIS-2.3 son 160 páginas)
- Permite la validación automatizada de los datos (checker, check service)
- Permite la automatización de muchos procesos de Catastro
- Manuales de referencia traducidos a muchos idiomas

Se genera un archivo de prueba INTERLIS, como se muestra en la Figura 40:

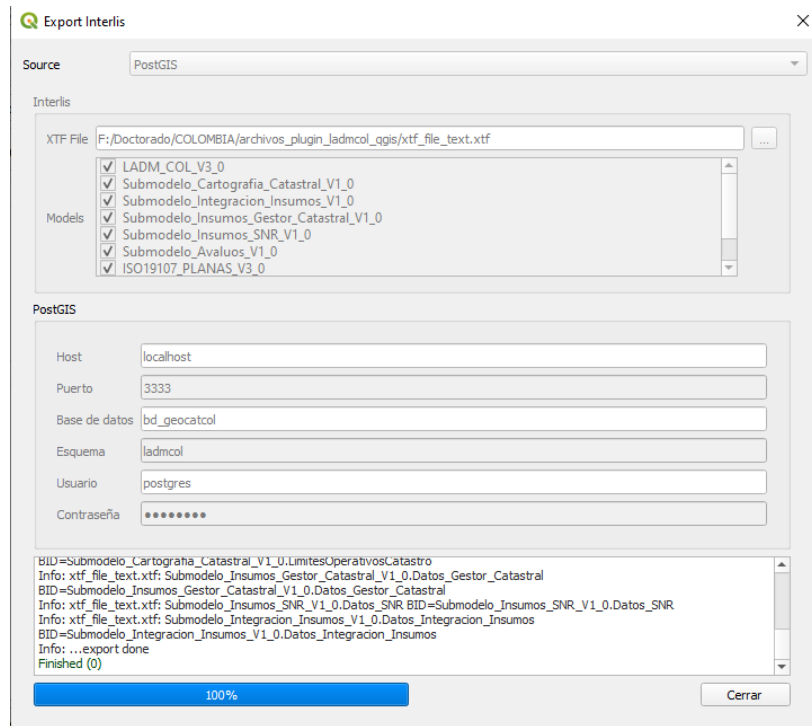


Figura 40. Proceso de creación de un archivo INTERLIS

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

El archivo INTERLIS generado en formato .xtf contiene el código de la Figura 41, donde se observa cada uno de los submodelos del modelo LADM-COL con sus respectivas divisiones.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><TRANSFER xmlns="http://www.interlis.ch/INTERLIS2.3">
2 <HEADERSECTION SENDER="ili2pg-4.4.3-658b7daf37ba45ed2330ca3e3a3c3d59c96e91fa" VERSION="2.3"><MODELS><MODEL NAME=
3 "LADM_COL_V3_0" VERSION="V1.2.0" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL NAME=
4 "Submodelo_Cartografia_Catastral_V1_0" VERSION="V2.2.1" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL
5 NAME="Submodelo_Integracion_Insumos_V1_0" VERSION="2019-09-06" URI="mailto:PC4@localhost"></MODEL><MODEL NAME=
6 "Submodelo_Insumos_Gestor_Catastral_V1_0" VERSION="2019-08-01" URI="mailto:PC4@localhost"></MODEL><MODEL NAME=
7 "Submodelo_Insumos_SNR_V1_0" VERSION="V2.3" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL NAME=
8 "Submodelo_Avaluos_V1_0" VERSION="V2.2.1" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL NAME=
9 "ISO19107_PLANAS_V3_0" VERSION="2016-03-07" URI="http://www.swisslm.ch/models"></MODEL><MODEL NAME=
10 "Modelo_Aplicacion_LADMCOOL_Lev_Cat_V1_0" VERSION="V2.2.1" URI="http://www.proadmintierra.info/"
11 ></MODEL></MODELS></HEADERSECTION>
12 <DATASECTION>
13 <Submodelo_Cartografia_Catastral_V1_0.LimitesOperativosCatastro BID=
14 "Submodelo_Cartografia_Catastral_V1_0.LimitesOperativosCatastro">
15 </Submodelo_Cartografia_Catastral_V1_0.LimitesOperativosCatastro>
16 <Submodelo_Integracion_Insumos_V1_0.Datos_Integracion_Insumos BID=
17 "Submodelo_Integracion_Insumos_V1_0.Datos_Integracion_Insumos">
18 </Submodelo_Integracion_Insumos_V1_0.Datos_Integracion_Insumos>
19 <Submodelo_Insumos_Gestor_Catastral_V1_0.Datos_Gestor_Catastral BID=
20 "Submodelo_Insumos_Gestor_Catastral_V1_0.Datos_Gestor_Catastral">
21 </Submodelo_Insumos_Gestor_Catastral_V1_0.Datos_Gestor_Catastral>
22 <Submodelo_Insumos_SNR_V1_0.Datos_SNR BID="Submodelo_Insumos_SNR_V1_0.Datos_SNR">
23 </Submodelo_Insumos_SNR_V1_0.Datos_SNR>
24 <Submodelo_Avaluos_V1_0.Avaluos BID="Submodelo_Avaluos_V1_0.Avaluos">
25 </Submodelo_Avaluos_V1_0.Avaluos>
26 <Modelo_Aplicacion_LADMCOOL_Lev_Cat_V1_0.Levantamiento_Catastral BID=
27 "Modelo_Aplicacion_LADMCOOL_Lev_Cat_V1_0.Levantamiento_Catastral">
28 </Modelo_Aplicacion_LADMCOOL_Lev_Cat_V1_0.Levantamiento_Catastral>
29 </DATASECTION>
30 </TRANSFER>

```

Figura 41. Código de ejemplo de un archivo INTERLIS

En este archivo también se almacenan los objetos de las tablas del modelo LADM-COL. Para ello, se genera un punto de levantamiento de prueba y se observa cómo se guardan todos sus campos así como sus respectivas coordenadas. La Figura 42 muestra el código del archivo INTERLIS con un punto de levantamiento:

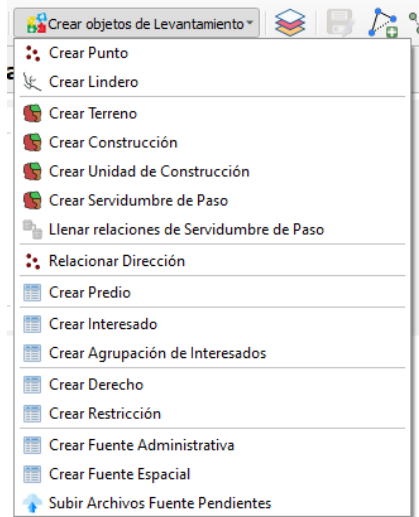
```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><TRANSFER xmlns="http://www.interlis.ch/INTERLIS2.3">
<HEADERSECTION SENDER="1112pg-4.4.3-658b7daf37ba45ed2330ca3e3a3c3d59c96e91fa" VERSION="2.3"><MODELS><MODEL NAME="LADM_COL_V3_0"
VERSION="V1.2.0" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL NAME="Submodelo Cartografia Catastral V1_0" VERSION="V2.2.1"
URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL NAME="Submodelo Integracion Insumos V1_0" VERSION="2019-09-06" URI=
"mailto:PC4@localhost"></MODEL><MODEL NAME="Submodelo Insumos Gestor Catastral V1_0" VERSION="2019-08-01" URI=
"mailto:PC4@localhost"></MODEL><MODEL NAME="Submodelo Insumos SNR V1_0" VERSION="V2.3" URI="http://www.proadmintierra.info/"
></MODEL><MODEL NAME="Submodelo Avaluos V1_0" VERSION="V2.2.1" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL><MODEL NAME=
"ISO19107 PLANAS V3_0" VERSION="2016-03-07" URI="http://www.swisslm.ch/models"></MODEL><MODEL NAME=
"Modelo Aplicacion LADMCOL Lev_Cat_V1_0" VERSION="V2.2.1" URI="http://www.proadmintierra.info/"></MODEL></MODELS></HEADERSECTION>
<DATASECTION>
<Submodelo Cartografia Catastral V1_0.LimitesOperativosCatastro BID=
"Submodelo Cartografia Catastral V1_0.LimitesOperativosCatastro">
</Submodelo Cartografia Catastral V1_0.LimitesOperativosCatastro>
<Submodelo Integracion Insumos V1_0.Datos Integracion Insumos BID="Submodelo Integracion Insumos V1_0.Datos Integracion Insumos">
</Submodelo Integracion Insumos V1_0.Datos Integracion Insumos>
<Submodelo Insumos Gestor Catastral V1_0.Datos Gestor Catastral BID=
"Submodelo Insumos Gestor Catastral V1_0.Datos Gestor Catastral">
</Submodelo Insumos Gestor Catastral V1_0.Datos Gestor Catastral>
<Submodelo Insumos SNR V1_0.Datos SNR BID="Submodelo Insumos SNR V1_0.Datos SNR">
</Submodelo Insumos SNR V1_0.Datos SNR>
<Submodelo Avaluos V1_0.Avaluos BID="Submodelo Avaluos V1_0.Avaluos">
</Submodelo Avaluos V1_0.Avaluos>
<Modelo Aplicacion LADMCOL Lev_Cat_V1_0.Levantamiento Catastral BID=
"Modelo Aplicacion LADMCOL Lev_Cat_V1_0.Levantamiento Catastral">
<Modelo Aplicacion LADMCOL Lev_Cat_V1_0.Levantamiento Catastral.LC_PuntoLevantamiento TID="2101f839-3970-4087-bab9-14163e0b15f2"
><Espacio_De_Nombres>LC_PUNTOLEVANTAMIENTO</Espacio_De_Nombres><Local_Id>0</Local_Id><Comienzo_Vida_Util_Version>
2020-09-28T00:49:06.665</Comienzo_Vida_Util_Version><Posicion_Interpolacion>Aislado</Posicion_Interpolacion><PuntoTipo>Construccion
</PuntoTipo><MetodoProduccion>Metodo_Declarativo_y_Colaborativo</MetodoProduccion><Geometria><COORD><C1>16600798.138</C1><C2>
1694187.824</C2><C3>0.000</C3></COORD></Geometria><ID_Punto_Levantamiento>1</ID_Punto_Levantamiento><Tipo_Punto_Levantamiento>
Construccion</Tipo_Punto_Levantamiento><Fotoidentificacion>Estimado</Fotoidentificacion><Exactitud_Horizontal>0.001
</Exactitud_Horizontal></Modelo_Aplicacion_LADMCOL_Lev_Cat_V1_0.Levantamiento_Catastral.LC_PuntoLevantamiento>
</Modelo_Aplicacion_LADMCOL_Lev_Cat_V1_0.Levantamiento_Catastral>
</DATASECTION>
</TRANSFER>
    
```

Figura 42. Código de un archivo INTERLIS con un punto de levantamiento de ejemplo

Fuente: Archivo INTERLIS creado en QGIS

La Figura 43 muestra las herramientas de creación de objetos de un levantamiento disponibles en el *plugin*. Se realiza un estudio con más profundidad en la creación de puntos, linderos, terrenos, construcciones, unidades de construcción y servidumbres de paso, ya que son los objetos que se van a representar en el geoportal.



**Figura 43. Menú de creación de objetos de levantamiento**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

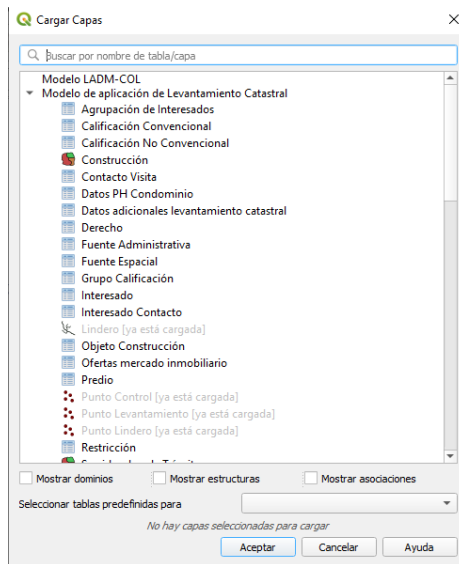
El estudio de las diferentes herramientas que ofrece el *plugin* Asistente LADM-COL permite observar en qué tablas se realizan modificaciones y si es correcto según su modelo UML.

Este estudio es prioritario realizarlo, ya que para la creación de cada objeto en la base de datos a través del *plugin* se debe de añadir su información alfanumérica. Después de dibujar cada objeto en el mapa aparece su correspondiente ventana para completar los diferentes atributos o campos que contendrá el objeto.

### **3.5.1 Cargar capas**

El Asistente LADM-COL permite cargar capas conservando las características del modelo *.ili* con el que se generó la base de datos.

La carga de una o varias capas es configurada de forma automática mostrando los dominios, dependencias y relaciones del modelo, así como una simbología única para cada capa espacial que se cargue. También tiene unas capas para cargar (Figura 44) de forma predeterminada:



**Figura 44. Listado de capas para cargar**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

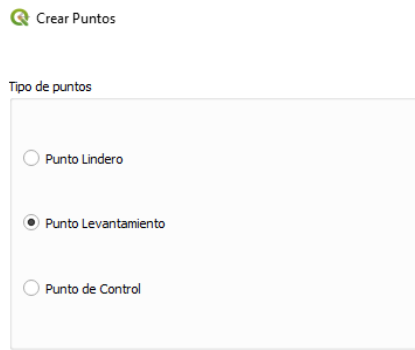
## 3.5.2 Creación de entidades geográficas

### 3.5.2.1 Creación de un punto

Se permite la creación de tres tipos de puntos: Punto Lindero, Punto Levantamiento y Punto de Control (Figura 45). Conceptos teóricos:

- El **Punto Lindero** almacena puntos que definen un lindero y es una clase especializada de LA\_Punto. Lindero es una instancia de la clase LA\_BoundaryFaceString y sus especializaciones.
- El **Punto Levantamiento** representa la posición horizontal de un vértice de construcción, servidumbre o auxiliares. Es una clase especializada de LA\_Punto.
- El **Punto de Control** representa puntos de la densificación de la red geodésica local, que se utilizan en el levantamiento topográfico. Es una clase especializada de COL\_Punto.

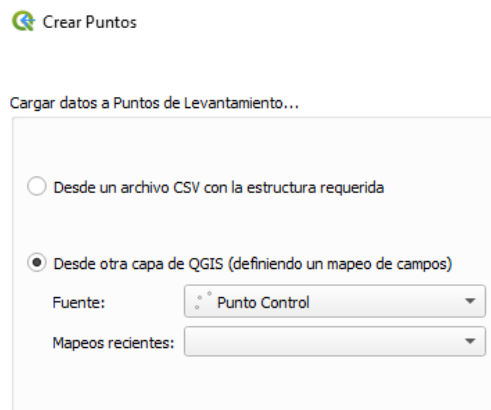




**Figura 45. Ventana de creación de puntos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Cada una de las capas de puntos se pueden importar desde un archivo CSV con una estructura requerida en valores separados por coma, seleccionando el delimitador y los campos que contienen las coordenadas de los puntos o desde otra capa de QGIS (Figura 46). También se pueden dibujar directamente en el mapa.



**Figura 46. Opciones de importación de puntos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Se procede a realizar una prueba y a digitalizar un punto de lindero. Los puntos de lindero se representan a partir de la clase LC\_PuntoLindero dentro del subpaquete de Topografía y Representación, dentro del paquete Espacial (Rojo) que es hija de la clase COL\_Punto. En la base de datos LADM-COL el punto de lindero es almacenado en la tabla llamada lc\_puntolindero. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

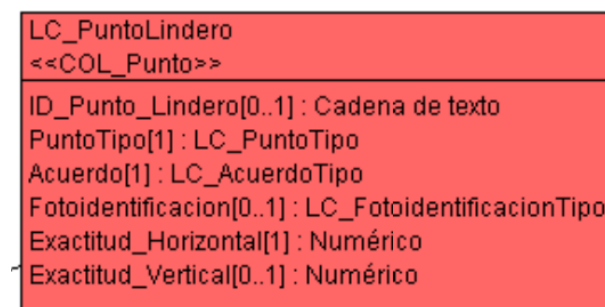
Algunos atributos de la tabla de puntos de lindero son obligatorios y están relacionados con un dominio. Estos atributos se representan en el modelo con una relación de multiplicidad [1], y en el propio formulario de creación del punto de lindero se indican como campos obligatorios. Los campos obligatorios son

*ID\_Punto\_Lindero, PuntoTipo, Acuerdo, Exactitud\_Horizontal y MetodoProduccion.*

Los campos que se representan en la clase LC\_PuntoLindero son:

- **ID\_Punto\_Lindero** (obligatorio): Cadena de texto.
- **PuntoTipo** (obligatorio): Que pertenece a una lista de elementos de LC\_PuntoTipo.
- **Acuerdo** (obligatorio): Que pertenece a una lista de elementos de LC\_FotoidentificacionTipo.
- **Fotoidentificación**: Que pertenece a una lista de elementos de LC\_FotoidentificacionTipo.
- **Exactitud\_Horizontal** (obligatorio): Campo numérico.
- **Exactitud\_Vertical**: Campo numérico.

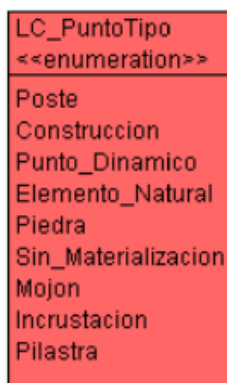
Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres. La Figura 47 muestra el cuadro de la clase LC\_PuntoLindero en el UML LADM-COL:



**Figura 47. Clase LC\_PuntoLindero**

**Fuente: UML LADM-COL**

LC\_PuntoTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_puntotipo, contiene un listado con las variables poste, construcción, punto\_dinamico, elemento\_natural, piedra, sin\_materializacion, mojon, incrustacion, pilastra. Como se muestra en la Figura 48:



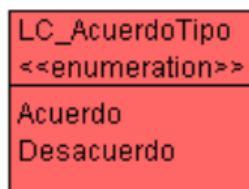
**Figura 48. LC\_PuntoTipo**

**Fuente: UML LADM-COL**

- El **poste** es el punto referido a los soportes verticales que sirven de apoyo, utilizados en la construcción de alambradas, tendidos eléctricos y telefónicos, televisión por cable, para iluminar calles, plazas o estadios y en las actividades agrícolas. Corresponde con el valor de 836.
- La **construcción** es el punto referido a la esquina o sección de los paramentos de las construcciones y unidades de construcción. Corresponde con el valor de 837.
- El **punto dinámico** es el punto referido a los puntos limitantes con elementos hidrográficos que por su condición pueden variar su límite con el tiempo. Corresponde con el valor de 838.
- El **elemento natural** es el punto referido a los elementos naturales de la vegetación como los árboles, arbustos o cualquier otra especie de la fauna. Corresponde con el valor de 839.
- La **piedra** es el punto referido a los elementos piedra o rocas. Corresponde con el valor de 840.
- **Sin materialización** son los puntos referidos a las áreas de campos abiertos, zonas boscosas, desérticas o cualquier otro tipo de espacio donde no se aprecia una clara delimitación. Corresponde con el valor de 841.
- **El mojón** son los puntos referidos a los mojones utilizados en topografía que tienen datos de coordenadas espaciales. Corresponde con el valor de 842.
- **Incrustación** son los puntos referidos a las incrustaciones realizadas en el suelo. Corresponde con el valor de 843.

- **Pilastra** son los puntos referidos a las columnas verticales donde se encuentra materializado un punto con coordenadas espaciales. Corresponde con el valor de 844.

LC\_AcuerdoTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_acuerdotipo, contiene un listado con las variables Acuerdo y Desacuerdo. Como se muestra en la Figura 49:



**Figura 49. LC\_AcuerdoTipo**

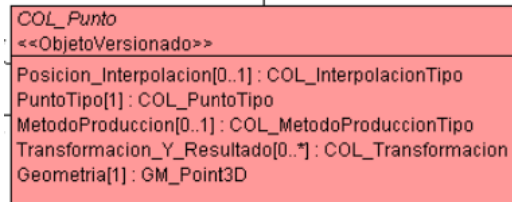
**Fuente: UML LADM-COL**

- **Acuerdo:** Existe un acuerdo entre los vecinos colindantes sobre la posición del punto. Corresponde con el valor de 194.
- **Desacuerdo:** Existe un desacuerdo sobre la posición del punto. Corresponde con el valor de 195.

La clase LC\_PuntoLindero es hija de la clase COL\_Punto. Esta clase contiene los siguientes campos:

- **Posicion\_Interpolacion:** Pertenece a COL\_InterpolacionTipo.
- **PuntoTipo** (obligatorio): Que pertenece a COL\_PuntoTipo, este campo ya se almacenó anteriormente en la tabla lc\_puntolindero.
- **MetodoProduccion** (obligatorio): Pertenece a COL\_MetodoProduccionTipo.
- **Transformacion\_y\_resultado:** Pertenece a la clase COL\_Transformacion. Este campo no se representa en la tabla lc\_puntolindero.
- **Geometria:** Pertenece a la clase GM\_Point3D.

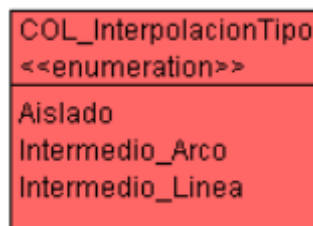
La Figura 50 muestra el cuadro de la clase COL\_Punto en el UML LADM-COL:



**Figura 50. Clase COL\_Punto**

**Fuente: UML LADM-COL**

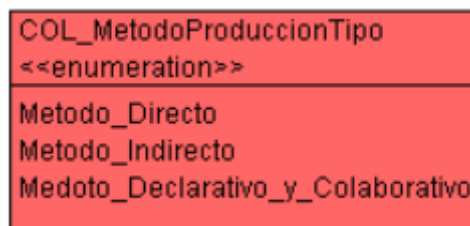
COL\_InterpolacionTipo, representada en la base de datos como la tabla col\_interpolaciontipo, contiene un listado con las variables: aislado, intermedio\_arco y intermedio\_linea. Como se muestra en la Figura 51:



**Figura 51. COL\_InterpolacionTipo**

**Fuente: UML LADM-COL**

COL\_MetodoProduccionTipo, representada en la base de datos como la tabla col\_metodoproducciontipo, contiene un listado con las variables: metodo\_directo, metodo\_indirecto y Metodo\_Declarativo\_y\_Colaborativo. Como se muestra en la Figura 52:



**Figura 52. COL\_MetodoProduccionTipo**

**Fuente: UML LADM-COL**

- **Método directo:** aquellos que requieren una visita campo con el fin de recolectar la realidad de los bienes inmuebles. Corresponde con el valor de 208

- **Método indirecto:** métodos identificación física, jurídica y económica de los inmuebles a través del uso de sensores remotos, integración registros administrativos, modelos místicos y econométricos, análisis de Big Data y fuentes secundarias como observatorios inmobiliarios, su posterior incorporación en la base catastral. Corresponde con el valor de 209
- **Método declarativo y colaborativo:** Son los derivados participación de la comunidad en el suministro de información que sirva como insumo para el desarrollo de los procesos catastrales. Los gestores catastrales propenderán por la adopción nuevas tecnologías y procesos comunitarios que faciliten la participación los ciudadanos. Corresponde con el valor de 210

Al dibujar el punto de lindero en el mapa aparece una ventana, Figura 53, para rellenar los atributos del objeto espacial.

**Figura 53. Atributos a rellenar del objeto espacial Punto Lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

- **Acuerdo:** Acuerdo o Desacuerdo.
- **Espacio de nombre:** Nombre perteneciente al punto.
- **Exactitud vertical:** valor de estimación para acercarse a la magnitud real.
- **Exactitud horizontal:** valor de estimación para acercarse a la magnitud real.
- **Fotoidentificación:** Estimado o visible.
- **ID del punto del lindero:** Identificador del punto. Se rellena de forma manual.

- **El método de producción:** Método declarativo y colaborativo, método directo o método indirecto.
- **El tipo de punto:** Construcción, elemento natural, incrustación, mojón, piedra, pilastra, poste, punto dinámico y sin materialización.
- **Versión de comienzo de vida útil:** Fecha de creación del punto.
- **Versión de fin de vida útil:** Fecha final de vida útil.
- **Local ID:** Identificador Local. Se rellena de forma manual.
- **Posición interpolación:** Aislado, intermedio arco o intermedio línea.

Se procede a rellenar la ventana con atributos aleatorios creando un punto de lindero en el mapa y almacenándolo en la base de datos en remoto. Con esto se sabe qué información alfanumérica para un punto de lindero es la que hay que mostrar en el geoportal, que será la misma que se ha rellenado en la ventana de atributos (Figura 54).

**Figura 54. Ejemplo de creación de un punto lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En la Figura 55 muestra cómo se representó el punto lindero en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



Figura 55. Punto lindero dibujado en el mapa

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

A continuación, se procede a digitalizar un punto de levantamiento realizando el mismo procedimiento. Los puntos de levantamiento se representan a partir de la clase LC\_PuntoLevantamiento dentro del subpaquete de Topografía y Representación, dentro del paquete Espacial (Rojo) que es hija de la clase COL\_Punto. En la base de datos LADM-COL el punto de levantamiento es almacenado en la tabla llamada lc\_puntolevantamiento. A continuación, se muestran los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

Algunos atributos de la tabla de puntos de levantamiento son obligatorios, y están relacionados con un dominio, o enumeración. Estos atributos se representan en el modelo con una relación de [1] y en el propio formulario de creación del punto de levantamiento se indican como campos obligatorios. Los campos obligatorios son *ID\_Punto\_Levantamiento*, *PuntoTipo*, *Tipo\_Punto\_Levantamiento*, *Exactitud\_Horizontal* y *MetodoProduccion*.

Los campos que se representan en la clase LC\_PuntoLevantamiento son:

- **ID\_Punto\_Levantamiento** (obligatorio): Cadena de texto.
- **PuntoTipo** (obligatorio): Que pertenece a una lista de elementos de LC\_PuntoTipo.
- **Tipo\_Punto\_Levantamiento** (obligatorio): Que pertenece a una lista de elementos de LC\_PuntoLevTipo.
- **Fotoidentificación**: Que pertenece a una lista de elementos de LC\_FotoidentificacionTipo.
- **Exactitud\_Horizontal** (obligatorio): Campo numérico.
- **Exactitud\_Vertical**: Campo numérico.



Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres de campo. La Figura 56 muestra el cuadro de la clase LC\_PuntoLevantamiento en el UML LADM-COL:

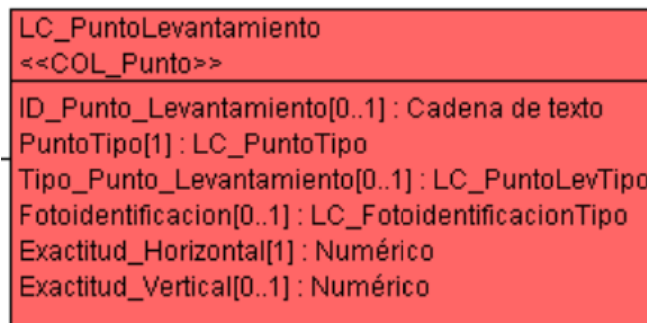


Figura 56. Clase LC\_PuntoLevantamiento

Fuente: UML LADM-COL

LC\_PuntoTipo, descrita previamente en la Figura 48.

LC PuntoLevTipo, representada en la base de datos como la tabla lc\_puntolevtipo, contiene un listado con las variables servidumbre y construcción. Como se muestra en la Figura 57:

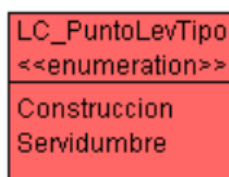


Figura 57. LC\_PuntoLevTipo

Fuente: UML LADM-COL

- **Servidumbres:** Puntos de levantamiento para las servidumbres de tránsito. Corresponde con el valor de 45.
- **Construcción:** Puntos de levantamiento para delimitar las construcción y unidades de construcción. Corresponde con el valor de 44.

Algunos de los siguientes campos de la tabla lc\_puntolevantamiento son heredados de la clase padre COL\_Punto, que ya se ha descrito previamente (Figura 58).

**Figura 58. Ventana para rellenar los atributos del objeto espacial Punto Levantamiento**

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

- **Espacio de nombre:** Nombre perteneciente al punto.
- **Exactitud vertical:** valor de estimación para acercarse a la magnitud real.
- **Exactitud horizontal** (obligatoria): valor de estimación para acercarse a la magnitud real.
- **Fotoidentificación:** Estimado o visible.
- **ID del punto del levantamiento:** Identificador del punto.
- **El método de producción:** Método declarativo y colaborativo, método directo o método indirecto.
- **El tipo de punto:** Construcción, elemento natural, incrustación, mojón, piedra, pilastra, poste, punto dinámico y sin materialización.
- **El tipo de punto del levantamiento** (obligatorio): Construcción o servidumbre.
- **Versión de comienzo de vida útil:** Fecha de creación del punto.
- **Versión de fin de vida útil:** Fecha final de vida útil.
- **Local ID:** Identificador Local.
- **Posición interpolación:** Aislado, intermedio arco o intermedio línea.

Se procede a rellenar la ventana con atributos aleatorios creando un punto de levantamiento en el mapa y almacenándolo en la base de datos en remoto. Con esto se sabe qué información alfanumérica es utilizada para un punto de

levantamiento y la que hay que mostrar en el geoportal, que será la misma que se ha rellenado en la ventana de atributos (Figura 59).

General	
Versión de comienzo de vida útil	9/10/20 10:00 ✓
Exactitud horizontal [m]	0.001 ✓
Versión de fin de vida útil	23/10/20 10:00 ✓
Local ID	1 ✓
Posición interpolación	Aislado ✓
Tipo de punto de levantamiento	Servidumbre ✓
Espacio de nombres	GEOCATCOL_LC_PUNTOLEVANTAMIENTO ✓
Exactitud vertical [m]	0.001 ✓
Fotoidentificación	Estimado ✓
ID del punto de levantamiento	1 ✓
Método de producción	Metodo declarativo y colaborativo ✓
Tipo de punto	Pilastra ✓

Figura 59. Ejemplo de creación de un punto de levantamiento

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

En la Figura 60 muestra cómo se representa el punto levantamiento en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



Figura 60. Punto de levantamiento dibujado en el mapa

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

Se procede a digitalizar un **punto de control** realizando el mismo procedimiento. Los puntos de control se representan a partir de la clase LC\_PuntoControl dentro del subpaquete de Topografía y Representación, dentro del paquete Espacial (Rojo) que es una subclase de la clase COL\_Punto. En la base de datos LADM-COL el punto control es almacenado en la tabla llamada lc\_puntocontrol. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

Los campos obligatorios son *ID\_Punto\_Control*, *PuntoTipo*, *Exactitud\_Horizontal*, *Exactitud\_Vertical* y *MetodoProduccion*.

Los campos que se representan en la clase LC\_PuntoControl son:

- **ID\_Punto\_Control** (obligatorio): Cadena de texto.
- **PuntoTipo** (obligatorio): Que pertenece a una lista de elementos de LC\_PuntoTipo.
- **Tipo\_Punto\_Control**: Que pertenece a una lista de elementos de LC\_PuntoControlTipo.
- **Exactitud\_Horizontal** (obligatorio): Campo numérico.
- **Exactitud\_Vertical** (obligatorio): Campo numérico.

Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres de campo. La Figura 61 muestra el cuadro de la clase LC\_PuntoControl en el UML LADM-COL:

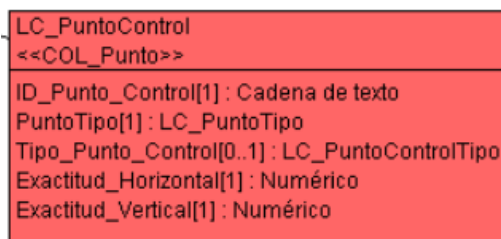


Figura 61. Clase LC\_PuntoControl

Fuente: UML LADM-COL

LC\_PuntoTipo, descrita previamente en la Figura 48.

LC\_PuntoControlTipo, representada en la base de datos como la tabla *lc\_puntocontroltipo*, contiene un listado con las variables control y apoyo. Como se muestra en la Figura 62:

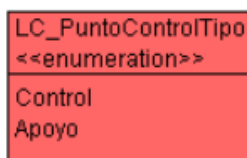


Figura 62. LC\_PuntoControlTipo

Fuente: UML LADM-COL

Los puntos de control y de apoyo son puntos en el terreno levantados por topografía o geodesia que sirven de base para la orientación absoluta en la restitución fotogramétrica, para efectuar un tratamiento geométrico o georreferenciación de los datos en teledetección, o como referencias para llevar coordenadas UTM a la zona de trabajo.

- El punto **Apoyo** corresponde con el valor de 631
- El punto de **Control** corresponde con el valor de 630

Los siguientes campos de la tabla `lc_puntocontrol` son el `ue_lc_servidumbretransito`, `ue_lc_terreno`, `ue_lc_unidadconstruccion`, `ue_lc_construccion`, `comienzo_vida_util_version`, `fin_vida_util_version`, `espacio_de_nombres`, `local_id`.

Se procede a rellenar la ventana con atributos aleatorios creando un punto de control en el mapa y almacenándolo en la base de datos en remoto. Con esto se sabe qué información alfanumérica es la utilizada para un punto de control y la que hay que mostrar en el geoportal, que será la misma que se ha rellenado en la ventana de atributos (Figura 63).

Field	Value
Versión de comienzo de vida útil	9/10/20 10:00
Exactitud horizontal [m]	0.001
Versión de fin de vida útil	23/10/20 10:00
ID del punto de control	1
Método de producción	Metodo declarativo y colaborativo
Tipo de punto	Construcción
Espacio de nombres	GEOCATCOL_LC_PUNTOCONTROL
Exactitud vertical [m]	0.001
Local ID	1
Posición interpolación	Aislado
Tipo de punto de control	Apoyo

Figura 63. Ejemplo de creación de un punto de control

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

En la Figura 64 muestra cómo se representa el punto de control en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



Figura 64. Punto de control dibujado en el mapa

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

### 3.5.2.2 Creación de un lindero

Lindero es una clase especializada de LA\_CadenaCarasLindero que permite registrar los linderos. Dos linderos no pueden cruzarse ni superponerse.

Los linderos se representan a partir de la clase LC\_Lindero dentro del subpaquete de Topografía y Representación, dentro del paquete Espacial (Rojo). En la base de datos LADM-COL el lindero es almacenado en la tabla llamada lc\_lindero. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

El campo que se representa en la clase LC\_Lindero es:

- **Longitud** (obligatorio): Campo numérico.

Este campo *longitud* es obligatorio. La herramienta calcula automáticamente el valor de la longitud en metros al crear un lindero digitalizado y desde otra capa de QGIS.

El campo *longitud* está incluido en la tabla en la base datos con el mismo nombre de campo. La Figura 65 muestra el cuadro de la clase LC\_Lindero en el UML LADM-COL:

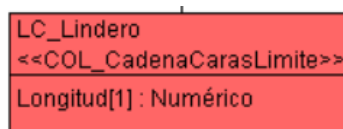
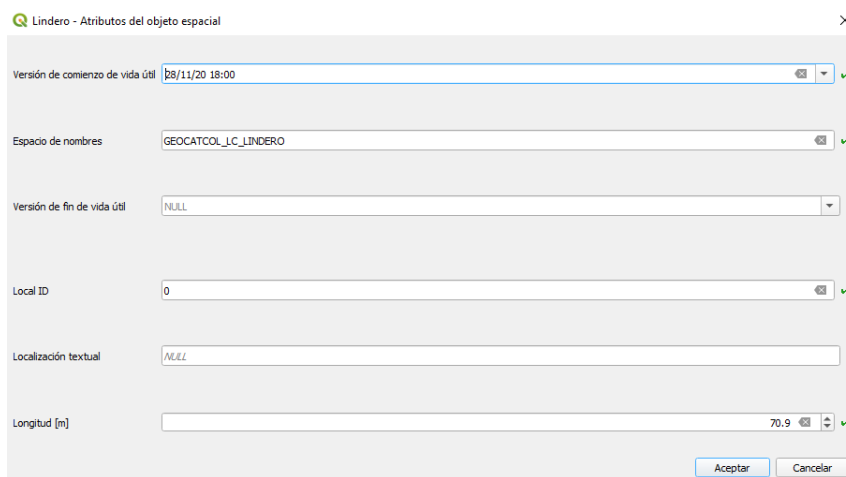


Figura 65. Clase LC\_Lindero

Fuente: UML LADM-COL

## Formulario en el *plugin* Asistente LADM-COL

La Figura 66 muestra el formulario con los campos que hay que rellenar durante el proceso de creación de un lindero a través del *software* QGIS. El resto de campos, diferentes del campo longitud, provienen de la clase padre de este elemento:



**Figura 66. Formulario de creación de un lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

La capa de lindero se puede importar desde un archivo CSV con una estructura requerida con valores separados por coma, seleccionando el delimitador y los campos que contienen las coordenadas de los puntos o desde otra capa de QGIS. También se pueden dibujar directamente en el mapa.

Se procede a realizar una prueba y a digitalizar un lindero almacenándolo en la base de datos en remoto. Se rellenan los campos con atributos aleatorios (Figura 67). Al dibujarlo en el mapa aparece una ventana para rellenar los atributos del objeto espacial. Con esto se sabe qué información alfanumérica es utilizada para la creación de un lindero y la que hay que mostrar en el geoportal, que será la misma que se ha rellenado en la ventana de atributos.

Lindero - Atributos del objeto espacial

Versión de comienzo de vida útil: 11/10/20 19:22 ✓

Espacio de nombres: GEOCATCOL\_LC\_LINDERO ✓

Versión de fin de vida útil: 11/10/20 20:00

Local ID: 1 ✓

Localización textual: Lindero|norte

Longitud [m]: 201.3 ✓

Aceptar Cancelar

**Figura 67. Ejemplo de creación de un lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

- **Localización textual:** Descripción de la localización, cuando esta se basa en texto.
- **Longitud [m]:** Longitud en metros del lindero.

En la Figura 68 muestra cómo se representa el lindero en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



**Figura 68. Ejemplo de lindero dibujado en el mapa**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

Como se puede apreciar no hay ninguna relación en la base de datos entre los puntos de lindero y un lindero, es decir que los puntos de lindero y linderos son entidades distintas. A posteriori, sí que existe y se va a utilizar una herramienta, llamada “llenar PuntosCCL” que permite relacionar dichos puntos



de lindero con sus linderos, comentada al final de este apartado. Tampoco existe relación alguna en la base de datos entre un lindero y un predio, o propiedad, pero de igual forma si que existe una herramienta que los relaciona, que se comenta más adelante en esta tesis. No hay conexión topológica explícita entre las unidades espaciales vecinas.

Esta implementación del LADM utiliza el valor para el atributo structure de la clase LA\_Level polygon (Figura 69).

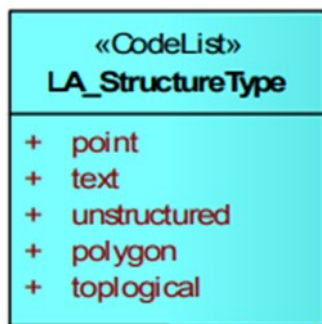


Figura 69. Atributo structure de la clase LA\_Level polygon

Fuente: UML LADM-COL

Una unidad espacial «basada en polígono» (unidad espacial poligonal) se usa cuando cada unidad espacial se registra como una entidad separada. No hay conexión topológica entre las unidades espaciales vecinas (y no se comparten los linderos), y por tanto, cualquier restricción que fuerce una cobertura completa, se debe aplicar en el *software* de origen y de destino.

La forma elegida de almacenar las geometrías en PostGIS es mediante el esquema de Simple Feature Access (Simple Feature Access, 2024).

Otra posibilidad de almacenar las geometrías es mediante la estructura arco-nodo, que se corresponde el valor para el atributo structure de la clase LA\_Level topological:

“Una unidad espacial «basada en topología» (unidad espacial topológica) se usa cuando las unidades espaciales comparten representaciones de linderos. Una unidad espacial topológica está codificada mediante referencias a sus linderos, almacenando el lindero común entre las dos unidades espaciales una sola vez. De este modo hay una conexión topológica entre los vecinos. Para una representación 2D, las cadenas de caras lindero se utilizan formando bucles cerrados y estas cadenas de caras lindero tienen referencias de las unidades espaciales a izquierda y derecha. En el caso de una representación 3D, al menos se incluye una cara lindero con información de la izquierda y derecha”

(Información Geográfica Modelo para el Ámbito de la Administración del Territorio (LADM), 2023).

Para utilizar una estructura topológica en PostGis es necesario utilizar la extensión Topology.

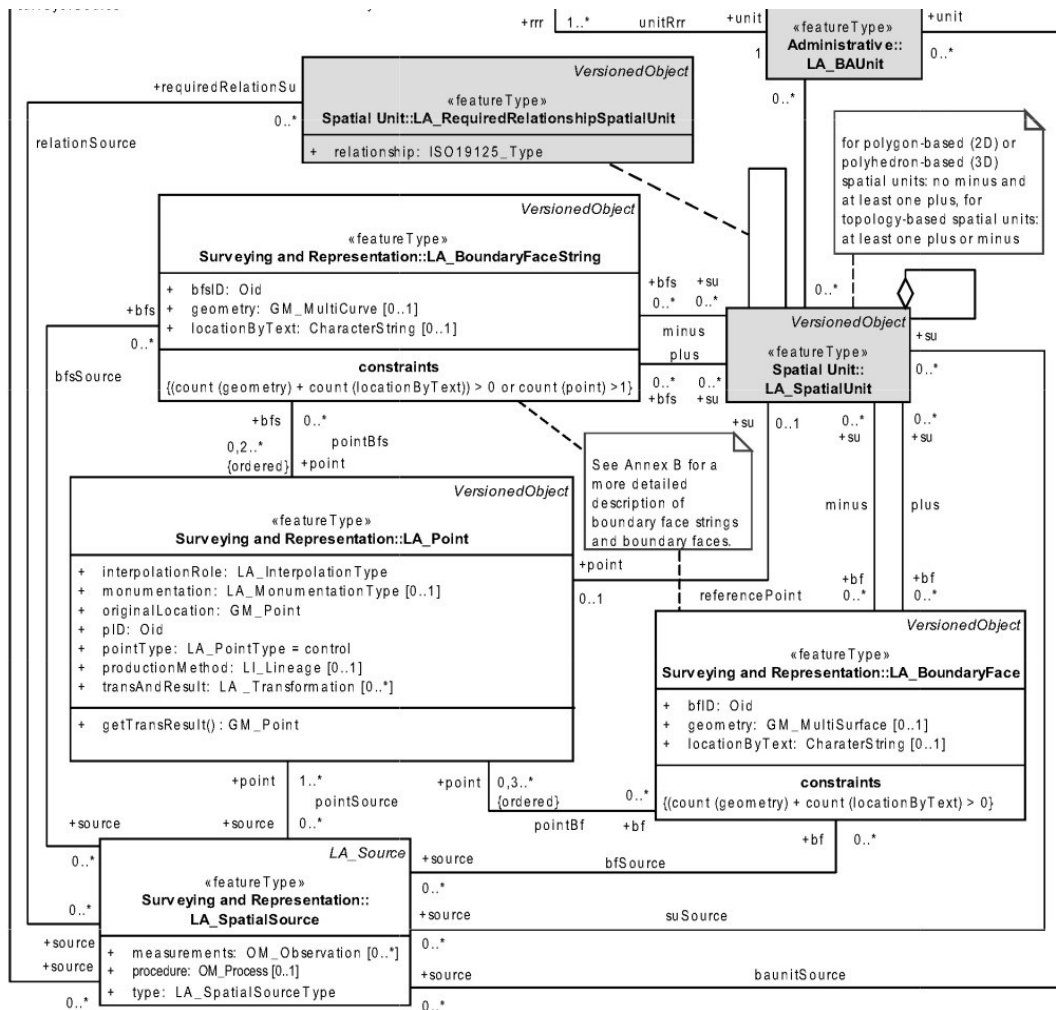


Figura 70. Contenido del Subpaquete de Topografía y representación con las asociaciones con otras clases (básicas), del documento de la ISO 19152

Fuente: Documento de la ISO 19152

Una solución intermedia sería que los puntos de lindero tuviesen un campo clave foránea, que indicase a qué lindero pertenecen, y que los linderos tuviesen también una clave foránea indicando a qué predio pertenecen, tal y como aparece en el modelo LADM, en el paquete de topografía y representación (Figura 70). En la Figura 70 se especifica que la clase `LA_BoundaryFaceString` está relacionada con 0, 2 o muchos objetos de la clase `LA_Point`, y con 0 o muchos objetos de la clase `LA_SpatialUnit` (parcela, finca, propiedad o predio). Así mismo, la clase `LA_Point` también se relaciona con 0 o muchos objetos `LA_SpatialUnit`. Estas relaciones no son obligatorias, ya que la multiplicidad puede ser 0.

Añadir estas relaciones a las tablas implicaría invertir el orden de creación de los objetos, primero el objeto LA\_SpatialUnit, luego los LA\_BoundaryFaceString, y luego los LA\_Point, para poder incluir el identificador del LA\_SpatialUnit en la clave foránea de sus LA\_BoundaryFaceString, y los identificadores de los LA\_BoundaryFaceString en las claves foráneas de los LA\_Point. Estos identificadores también se podrían complementar realizando análisis espacial de intersección, es decir seleccionar, para cada LA\_Point, qué lindero intersecta, y actualizar el campo de clave foránea. Lo mismo con LA\_BoundaryFaceString y LA\_SpatialUnit.

Para que el análisis tenga éxito todas las coordenadas de los elementos en distintas capas deben coincidir en todos los decimales. Dicho de otra forma, si un vértice está tres objetos LA\_Point, LA\_BoundaryFaceString y en un LA\_SpatialUnit, las coordenadas de ese vértice deben ser las mismas con todos los decimales, de lo contrario el análisis espacial con PostGIS no va a funcionar, a no ser que se empleen tolerancias en el análisis. En este caso el orden de creación de los objetos sería indiferente, simplemente deben estar dibujados antes del análisis.

### **Relación Entre Puntos y los Linderos**

Ahora se debe identificar los puntos que hacen parte de los linderos recién construidos, es decir, identificar el id de los puntos que conforman un lindero, para ello se hará uso de la herramienta llamada: “llenar PuntosCCL” (cara cadena línea). Ubicado en la barra de herramientas.

### **3.5.2.3 Creación de un terreno**

El terreno se representa a partir de la clase LC\_Terreno dentro del paquete Espacial (Azul) que tiene relación con la clase COL\_UnidadEspacial. En la base de datos LADM-COL el terreno es almacenado en la tabla llamada lc\_terreno. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

Algunos atributos de la tabla de terrenos son obligatorios, y están relacionados con un dominio, enumeración o lista de valores. Estos atributos se representan en el modelo con una relación de [1] y en el propio formulario de creación del terreno se indican como campos obligatorios. Para la tabla de terreno el campo *Area\_Terreno* es un campo obligatorio.

Los campos que se representan en la clase LC\_Terreno son:

- **Area\_Terreno:** (obligatorio) Campo numérico.
- **Avaluo\_Terreno:** Valor catastral asignado en el proceso de valoración económica masiva al terreno del predio. Peso.
- **Manzana\_Verde\_Codigo:** Corresponde la identificación del número predial hasta la posición 21, permite identificar la relación espacial en sus componentes: departamento, municipio, zona, sector, comuna, barrio, manzana o vereda y terreno de acuerdo a su codificación en el número predial. Cadena de texto.
- **Numero\_Subterranos:** Campo numérico.
- **Geometria:** Corresponde a la figura geométrica vectorial poligonal, generada a partir de los linderos del predio. GM\_MultiSurface3D.

Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres de campo. La Figura 71 muestra el cuadro de la clase LC\_Terreno en el UML LADM-COL:

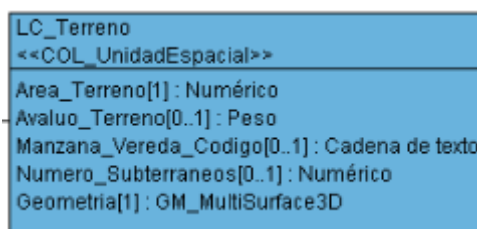


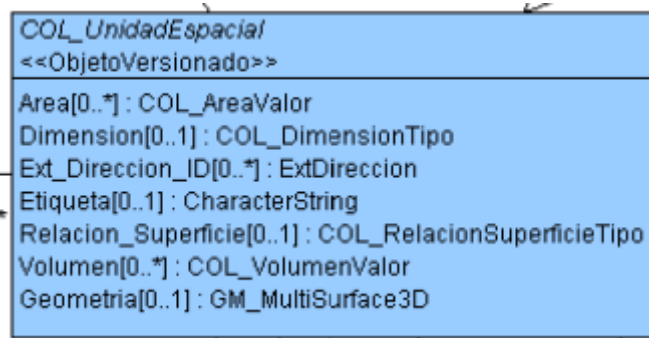
Figura 71. Clase LC\_Terreno

Fuente: UML LADM-COL

Algunos de los campos que se representan en la clase COL\_UnidadEspacial y están relacionados con la clase LC\_ServidumbreTransito son:

- **Dimension:** Que pertenece a una lista de elementos de COL\_DimensionTipo.
- **Etiqueta:** Campo de texto.
- **Relacion\_Superficie:** Que pertenece a una lista de elementos de COL\_RelacionSuperficieTipo.

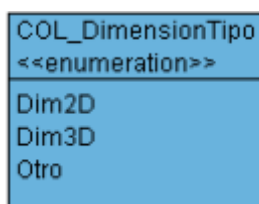
Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres de campo. La Figura 72 muestra el cuadro de la clase LC\_UnidadEspacial en el UML LADM-COL:



**Figura 72. Clase LC\_UnidadEspacial**

**Fuente: UML LADM-COL**

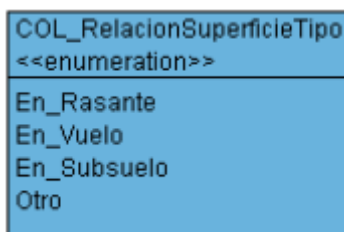
COL\_DimensionTipo, representada en la base de datos con la tabla col\_relacionsuperficietipo, contiene un listado con las variables Otro, Dimensión 3D, Dimensión 2D. Como se muestra en la Figura 73:



**Figura 73. COL\_DimensionTipo**

**Fuente: UML LADM-COL**

COL\_RelacionSuperficieTipo, representada en la base de datos como la tabla col\_interpolaciontipo, contiene un listado con las variables Otro, En subsuelo, En vuelo, En rasante. Como se muestra en la Figura 74:



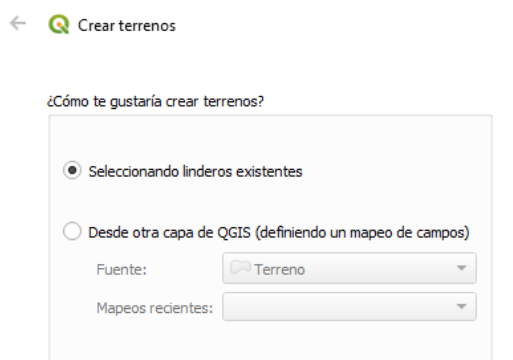
**Figura 74. COL\_RelacionSuperficieTipo**

**Fuente: UML LADM-COL**

## Formulario en el *plugin* Asistente LADM-COL

En el Asistente LADM-COL no hay un formulario disponible en la creación de un terreno. Para la creación de un terreno hay que seleccionar lindes existentes en el mapa. A continuación, automáticamente se crea el terreno y si se desea modificar sus atributos alfanuméricos hay que hacerlo manualmente abriendo la tabla de atributos.

Para la creación de un terreno se puede realizar seleccionando los linderos ya dibujados en el mapa o a partir de otra capa de QGIS como muestra la Figura 75:

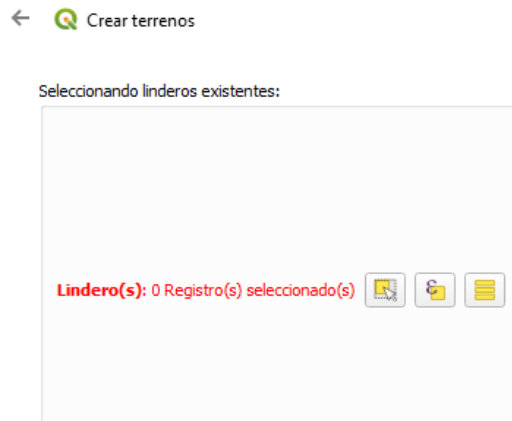


**Figura 75. Ventana de creación de terrenos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

El *plugin* ofrece la posibilidad de seleccionar los linderos necesarios para la creación del terreno de tres formas distintas (Figura 76). Estas son las 3 opciones disponibles:

- **Selección de linderos en el mapa:** Seleccione uno o más Linderos y haga clic derecho en el mapa para volver al asistente, se activará el botón para crear los terrenos.
- **Selección por expresión:** seleccione uno o más Linderos usando una expresión. Si se seleccionaron uno o más linderos, se habilitará el botón para crear los terrenos.
- **Seleccionar todos los linderos:** seleccione todos los linderos disponibles. Si se seleccionaron uno o más linderos, se habilitará el botón para crear los terrenos.



**Figura 76. Selección de linderos en la creación de un terreno**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Se procede a seleccionar unos linderos en el mapa ya creados para testear la herramienta de creación de terrenos como se observa en la Figura 77:



**Figura 77. Linderos seleccionados en el mapa**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

Esta herramienta también tiene en consideración reglas topológicas, como en este caso, en el que si no se seleccionan linderos formando un polígono cerrado la herramienta devuelve un aviso y el terreno no se puede crear.

Una vez seleccionados los linderos, el siguiente paso es diferente de lo visto hasta el momento. En anteriores objetos espaciales, como en la creación de puntos o linderos, el *plugin* abre un cuadro de diálogo con un formulario para rellenar los atributos del objeto, pero en la creación del terreno no aparece ningún formulario.

Para finalizar el proceso de creación de un terreno, hay que rellenar sus atributos correspondientes abriendo la tabla de atributos manualmente en el *software* QGIS y editarla (Figura 78). Con esto se sabe qué información alfanumérica se almacena para un terreno y la que hay que mostrar en el geoportal, que será la misma que se ha rellenado en la ventana de atributos.

t_id	t_ili_tid	área de terreno [m2]	título de terreno [COP]	predial hasta la posición 21	Dimensión	Etiqueta	Relación superficie	de comienzo de visión de fin de vida	espacio de nombre	Local ID
1	1656 a363888a-03ed-...	NULL	NULL	NULL		NULL		11/10/20 19:32	NULL	GEOCATCOL_L...

**Figura 78. Tabla de atributos del Terreno a rellenar**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

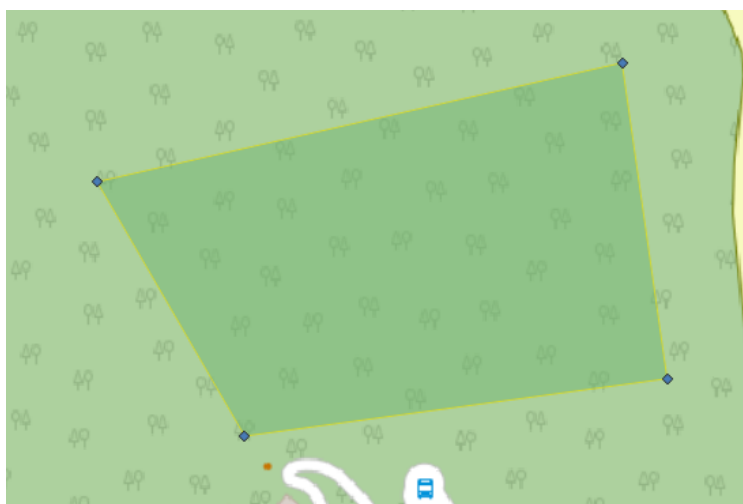
Se rellenaron los campos con información de ejemplo como se muestra en la Figura 79:

t_id	t_ili_tid	Área de terreno [m2]	Avalúo de terreno [COP]	Numero predial hasta la posición 21	Dimensión	Etiqueta	Relación superficie	de comienzo de visión de fin de vida	espacio de nombre	Local ID
1	1656 a363888a-03ed-...	100	0.1	NULL	Dimensión 2D	NULL	En rasante	11/10/20 19:34	NULL	GEI

**Figura 79. Tabla de atributos del Terreno rellenada**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Y una vez finalizado el completado de los campos y guardado la tabla, aparece dibujado en el terreno en el mapa (Figura 80) y almacenado en la base de datos.



**Figura 80. Terreno dibujado en el mapa**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**



Se han realizado dos comprobaciones topológicas extra, para ver si el *plugin* las tiene implementadas. En primer lugar, se seleccionaron, para formar el terreno, linderos que formaban un polígono cerrado, pero habiendo otros linderos no seleccionados que se superponen con los linderos seleccionados, y en segundo lugar, se intentó añadir un terreno que se superponga con otro.

El resultado en el primer caso fue que el polígono del terreno se generó ignorando los otros linderos existentes y que se superponen con los linderos del polígono generado. Para corregir esto, el *plugin* ofrece un cuadro de diálogo con selecciones de reglas topológicas, que de forma manual, se pueden ir seleccionando las que se quiera aplicar, como la de superposición de linderos. Más adelante en esta tesis se verá dicho cuadro de diálogo de reglas topológicas.

En el segundo caso, ocurrió lo mismo que el primer caso, el polígono del terreno se generó de igual forma ignorando el resto de polígonos de terrenos existentes en la base de datos y que superponen con este. El *plugin* también ofrece una regla topológica para corregir este segundo caso, llamada superposición de terrenos.

Con esto se puede concluir, que el *plugin* realiza algunas reglas topológicas a medida que se van insertando las geometrías en las tablas de la base de datos. En la base de datos no hay disparadores que realicen dichas reglas topológicas, es decir, es el propio *plugin* él que las tiene implementadas. A posteriori, también permite aplicar reglas topológicas de forma manual seleccionándolas en un cuadro de diálogo.

### **Creación De Relación Entre Los Linderos y los Terrenos**

Esta relación lo que busca es identificar los linderos que abarcan un área de terreno determinada ya sea para sumar, el cual se usa la relación Col\_mascl o para restar área, Col\_menoscl. La tabla Col\_mascl relaciona un Terreno con sus Linderos (externos) correspondientes, mientras que la tabla Col\_menoscl relaciona los agujeros de un Terreno con sus Linderos (internos) correspondientes. Para llenar estas relaciones se hace uso de la herramienta llamada: “llenar mas CCL y menos”, ubicada en la barra de herramientas.

### 3.5.2.4 Crear construcción

Las construcciones son polígonos que representan las construcciones, y que almacenan datos necesarios para su evaluación económica.

La construcción se representa a partir de la clase LC\_Construccion dentro del paquete Espacial (Azul) que se relaciona con la clase COL\_UnidadEspacial. En la base de datos LADM-COL la construcción es almacenada en la tabla llamada lc\_construccion. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

Los campos obligatorios de una construcción son *Identificador*, *Numero\_Pisos* y *Area\_Construccion*. Los campos que se representan en la clase LC\_Construccion son:

- **Identificador** (obligatorio): Cadena de texto.
- **Tipo\_Construccion**: valor numérico que pertenece a una lista de elementos de LC\_ConstruccionTipo.
- **Tipo\_Dominio**: valor numérico que pertenece a una lista de elementos de LC\_DominioConstruccionTipo.
- **Numero\_Pisos** (obligatorio): Campo numérico.
- **Numero\_Sotanos**: Campo numérico.
- **Numero\_Mezanines**: Campo numérico.
- **Numero\_Semisotanos**: Campo numérico.
- **Codigo\_Edificacion**: Campo numérico.
- **Anio\_Construccion**: Campo numérico.
- **Avaluo\_Construccion**: Peso.
- **Area\_Costruccion** (obligatorio): Campo numérico.
- **Altura**: Campo numérico.
- **Observaciones**: Cadena de texto.

Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres de campo. La Figura 81 muestra el cuadro de la clase LC\_Construccion en el UML LADM-COL:

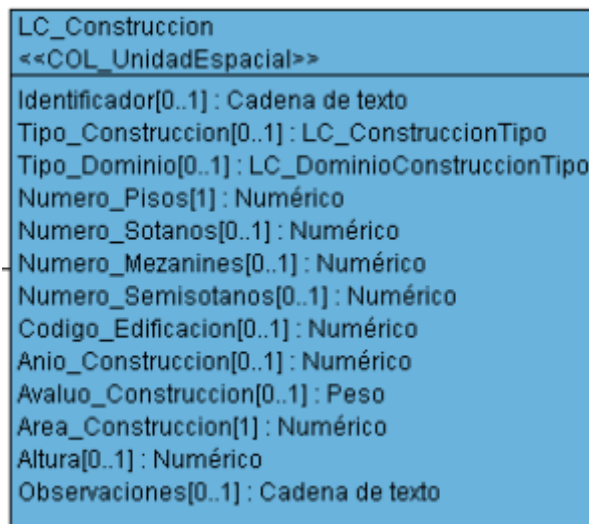


Figura 81. Clase LC\_Construccion

Fuente: UML LADM-COL

LC\_ConstruccionTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_construcciontipo, contiene un listado con las variables convencional o no convencional. Como se muestra en la Figura 82:

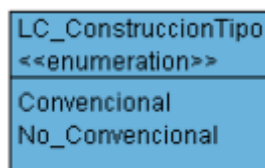


Figura 82. LC\_ConstruccionTipo

Fuente: UML LADM-COL

- **Convencional** se refiere a aquellas construcciones consideradas anexos de construcción. Aquellas estructuras adicionales a una construcción principal.
- **No convencional** se refiere a aquellas construcciones de uso residencial, comercial e industrial.

LC\_DominioConstruccionTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_dominioconstrucciontipo, contiene un listado con los valores común o privado, como se muestra en la Figura 83:

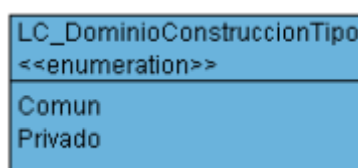


Figura 83. LC\_DominioConstruccionTipo

Fuente: UML LADM-COL

La clase LC\_Construcción hereda los siguientes campos de la clase COL\_UnidadEspacial:

- **Dimension:** Campo que pertenece a una lista de elementos de COL\_DimensionTipo.
- **Etiqueta:** Campo de texto.
- **Relacion\_Superficie:** Campo que pertenece a una lista de elementos de COL\_RelacionSuperficieTipo.

Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con el mismo nombre. La Figura 84 muestra el cuadro de la clase LC\_UnidadEspacial en el diagrama UML LADM-COL:

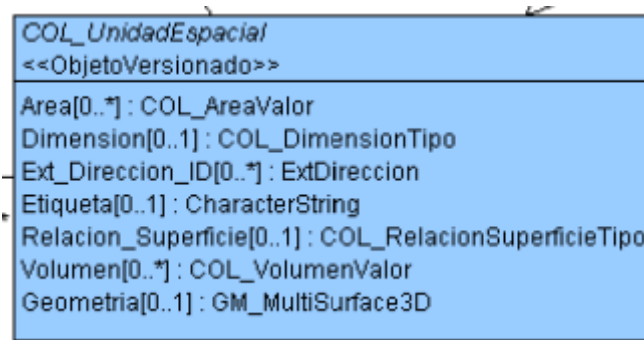


Figura 84. Clase LC\_UnidadEspacial

Fuente: UML LADM-COL

COL\_DimensionTipo, representada en la base de datos con la tabla col\_dimensioentipo, contiene un listado con las variables Otro, Dimensión 3D, Dimensión 2D. Como se muestra en la Figura 85:

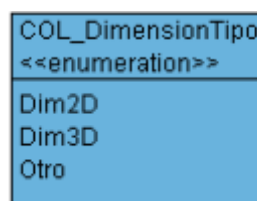
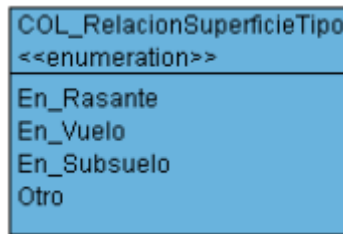


Figura 85. COL\_DimensionTipo

Fuente: UML LADM-COL

COL\_RelacionSuperficieTipo, representada en la base de datos como la tabla col\_relacionsuperficietipo, contiene un listado con las variables Otro, En subsuelo, En vuelo, En rasante. Como se muestra en la Figura 86:



**Figura 86. COL\_RelacionSuperficieTipo**

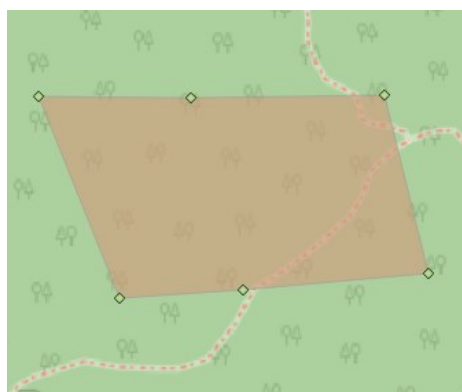
**Fuente: UML LADM-COL**

Para crear una construcción se debe de realizar a partir de puntos de levantamiento existentes pero el *plugin* permite la creación de una construcción sin los puntos de levantamiento. Se procedió a digitalizar seis puntos de levantamiento de ejemplo en el mapa y a crear la construcción a partir de ellos. La Figura 87 muestra los atributos a rellenar para la creación de una construcción:

**Figura 87. Campos para rellenar en la creación de una construcción**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

La Figura 88 muestra cómo se representó la construcción en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



**Figura 88. Ejemplo de construcción dibujado en el mapa**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

### 3.5.2.5 Crear unidad de construcción

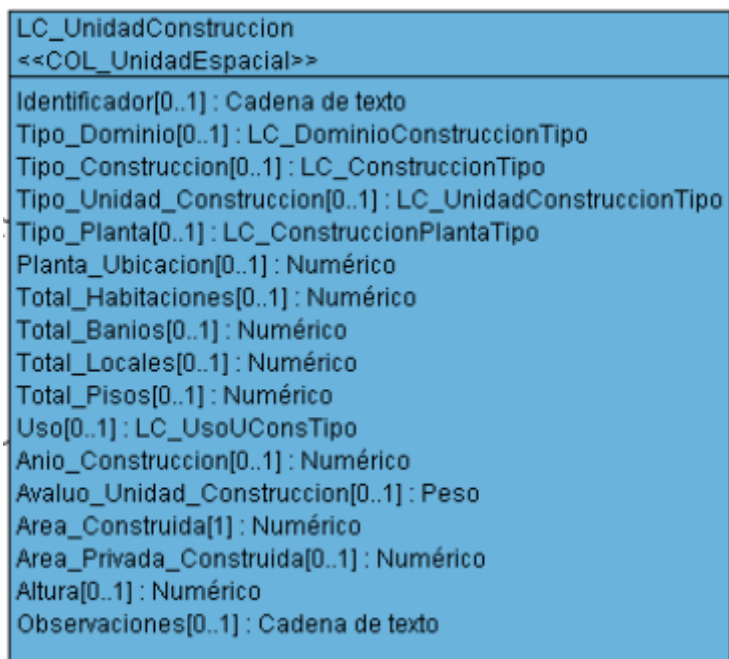
Unidad de Construcción es cada conjunto de materiales consolidados dentro de un Predio que tiene unas características específicas en cuanto a elementos constitutivos físicos y usos de los mismos. Pisos, piscinas, bajos, etc son unidades de construcción. La Unidad de Construcción se realiza a partir de Puntos de Levantamiento existentes.

La unidad de construcción se representa a partir de la clase LC\_UnidadConstruccion dentro del paquete Espacial (Azul) que es hija de la clase COL\_UnidadEspacial. En la base de datos LADM-COL la unidad de construcción es almacenada en la tabla llamada lc\_unidadconstruccion. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

Los campos que se representan en la clase LC\_UnidadConstruccion son:

- **Identificador:** Cadena de texto.
- **Tipo\_Construccion:** Campo que pertenece a una lista de elementos de LC\_ConstruccionTipo.
- **Tipo\_Unidad\_Construccion** (obligatorio): Campo que pertenece a una lista de elementos de LC\_UnidadConstruccionTipo.
- **Tipo\_Planta** (obligatorio): Campo que pertenece a una lista de elementos de LC\_ConstruccionPlantaTipo.
- **Planta\_Ubicación** (obligatorio): Campo numérico.
- **Total\_Habitaciones:** Campo numérico.
- **Total\_Banios:** Campo numérico.
- **Total\_Locales:** Campo numérico.
- **Total\_Pisos:** Campo numérico.
- **Uso:** Campo que pertenece a una lista de elementos de LC\_UsoUConsTipo.
- **Anio\_Construccion:** Campo numérico.
- **Avaluo\_Construccion:** Peso.
- **Area\_Construccion** (obligatorio): Campo numérico.
- **Area\_Privada\_Construida:** Campo numérico.
- **Altura:** Campo numérico.
- **Observaciones:** Cadena de texto.

Todos estos campos están incluidos en la tabla en la base de datos con los mismos nombres de campo. La Figura 89 muestra el cuadro de la clase LC\_Construccion en el UML LADM-COL:

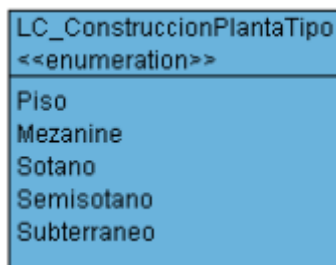


**Figura 89. Clase LC\_Construccion**

**Fuente: UML LADM-COL**

LC\_UnidadConstruccionTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_unidadconstrucciontipo, contiene un listado con las variables Anexo, Institucional, Industrial, Comercial, Residencial. En el UML LADM-COL no está representada esta clase, por lo que no se dispone de su respectiva figura.

LC\_ConstruccionPlantaTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_construccionplantatipo, contiene un listado con las variables Subterráneo, Semisótano, Sótano, Mezanine, Piso. Como se muestra en la Figura 90:



**Figura 90. LC\_ConstruccionPlantaTipo**

**Fuente: UML LADM-COL**

- **Subterráneo:** Construcción que se encuentra por debajo del nivel de la calle y que comprende grandes espacios.
- **Semisótano:** Piso que sobresale por lo menos la mitad de su altura, del nivel de un patio de la calle.
- **Sótano:** Piso de un edificio situado por debajo del nivel de la calle.
- **Mezanine:** Piso intermedio entre los pisos principales de una casa o edificio.
- **Piso:** Superficie horizontal de un espacio arquitectónico que divide los espacios en altura.

La unidad de construcción se debe de dibujar dentro de un elemento de construcción para que esta quede relacionada con él. Se procedió a la creación de una unidad de construcción de ejemplo a partir de la construcción creada anteriormente. Una vez creado el polígono de la unidad de construcción aparece la siguiente ventana mostrada en la Figura 91:

**Figura 91. Atributos para rellenar de una Unidad de Construcción**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

La Figura 92 muestra cómo se representó la unidad de construcción en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.





Figura 92. Unidad de Construcción dibujada en el mapa

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

Se observó que, si se procede a la creación de una unidad de construcción sin identificar puntos de levantamiento ni con su superposición en un objeto de construcción, el *plugin* acepta igualmente su creación.

Para una correcta creación, el *plugin* debió de identificar que se hubiera digitalizado encima de puntos de levantamiento en el mapa. Como también se debía de identificar que el polígono de unidad de construcción está sobreponiéndose a un polígono de construcción, es decir, no hay comprobaciones topológicas programadas en la base de datos.

### 3.5.2.6 Crear servidumbre de paso

Servidumbre de paso es un tipo de unidad espacial del modelo LADM que permite la representación de servidumbres de paso asociadas a una LA\_BAUnit.

Las servidumbres de paso (tránsito) se representan a partir de la clase `LC_ServidumbreTransito` dentro del paquete Espacial (Azul) que es hija de la clase `COL_UnidadEspacial`. En la base de datos LADM-COL la servidumbre de tránsito es almacenada en la tabla llamada `lc_servidumbretransito`. A continuación, veremos los distintos campos de la tabla y su relación con el modelo UML LADM-COL.

El campo que se representa en la clase `LC_ServidumbreTransito` es:

- **Area\_Servidumbre** (obligatorio): Numérico.

Este campo es obligatorio y está incluido en la tabla en la base datos con el mismo nombre de campo. La Figura 93 muestra el cuadro de la clase LC\_ServidumbreTransito en el UML LADM-COL:

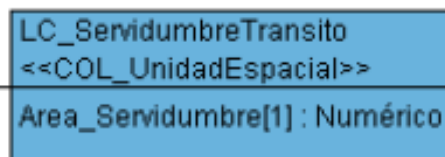


Figura 93. Clase LC\_ServidumbreTransito

Fuente: UML LADM-COL

Digitalizar el eje o un polígono de una servidumbre de paso se realiza a partir de los puntos de levantamiento creados previamente. En el caso de un eje se digitaliza a partir de puntos de levantamiento existentes y se debe de indicar un valor de ancho como se muestra en la Figura 94:

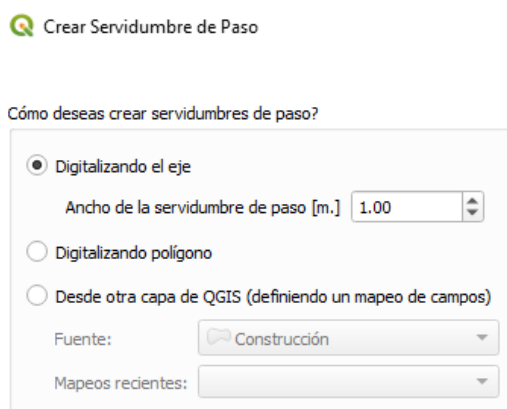


Figura 94. Ventana de creación de Servidumbre de Paso

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Se procedió a realizar una prueba de digitalización de un eje de servidumbre de paso. La Figura 95 muestra los atributos a rellenar del objeto espacial.

Q Servidumbre de Tránsito - Atributos del objeto espacial

Área de la servidumbre [m2]

Versión de comienzo de vida útil 13/10/20 17:22

Dimensión Dimensión 2D

Espacio de nombres GEOCATCOL\_LC\_SERVIDUMBRETRANSITO

Etiqueta NULL

Versión de fin de vida útil NULL

Local ID 0

Relación superficie En rasante

Aceptar Cancelar

**Figura 95. Atributos para rellenar en la creación de una Servidumbre de Paso a partir del eje**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

La Figura 96 muestra cómo se representó la servidumbre de paso en el mapa. Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



**Figura 96. Ejemplo de Servidumbre de Paso a partir de un eje digitalizada en el mapa**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

Y de la misma forma se procede a la creación de una servidumbre de paso en un polígono en el mapa (Figura 97).

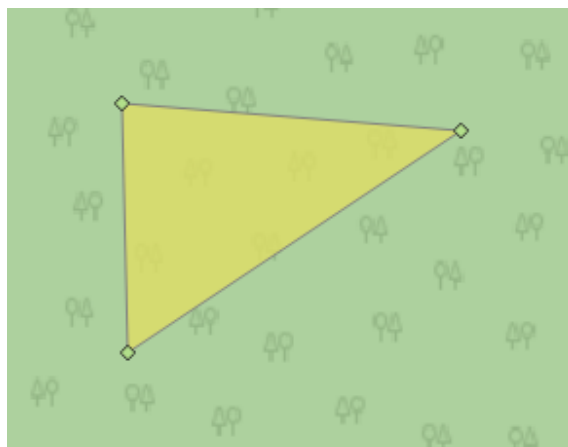


Figura 97. Ejemplo de Servidumbre de Paso a partir de un polígono digitalizada en el mapa

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

### 3.5.2.7 Error en el *plugin* Asistente LADM-COL en la creación de una servidumbre de paso

Al iniciar el proceso de creación de una servidumbre de paso y al empezar el proceso de su digitalización en el mapa, las herramientas de edición en el software QGIS desaparecen del menú del *software*. En concreto, dejan de estar disponibles los botones de conmutar edición, ediciones actuales y guardar capa como se muestra en la Figura 98 y Figura 99:



Figura 98. Herramientas de edición antes de la creación de una Servidumbre de Paso

Fuente: Captura de pantalla de QGIS



Figura 99. Herramientas de edición después de la creación de una Servidumbre de Paso

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Esta inhabilitación de estas herramientas no debería de ser así, ya que, tras finalizar con la creación de una servidumbre de paso, estas herramientas no vuelven a aparecer. La única solución para que vuelvan a aparecer es cerrar y volver a abrir el *software* QGIS. Se informó a los creadores del *plugin* comunicándolo dicho problema.

Para crear las relaciones de servidumbres de paso se realiza a partir de una servidumbre de paso, uno o más Terreno(s) que serán afectados con la servidumbre de paso, y una o más Fuentes Administrativa(s) que soporte(n) la servidumbre de paso.

Se procedió a realizar una prueba para especificar las relaciones de las servidumbres de paso con los terrenos, y en cuanto se seleccionó el menú, apareció una ventana con el siguiente error de Python:

```
2020-10-17T10:20:56 WARNING Traceback (most recent call last):
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\utils\decorators.py", line 388, in decorated_function
    func_to_decorate(*args, **kwargs)
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\utils\decorators.py", line 139, in decorated_function
    func_to_decorate(*args, **kwargs)
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\utils\decorators.py", line 129, in decorated_function
    func_to_decorate(*args, **kwargs)
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\utils\decorators.py", line 264, in decorated_function
    func_to_decorate(*args, **kwargs)
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\utils\decorators.py", line 184, in decorated_function
    return func_to_decorate(*args, **kwargs)
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\asistente_LADM-COL_plugin.py", line 943, in call_fill_right_of_way_relations
    self.right_of_way.fill_right_of_way_relations(self.get_db_connection())
  File
"C:/Users/joanv/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/asistente_LADM-
COL\gui\right_of_way.py", line 71, in fill_right_of_way_relations
    restriction_right_of_way_t_id = [feature for feature in
layers[self.names.LC_RESTRICTION_TYPE_D].getFeatures(exp)][0][self.names.T_ID_F]
IndexError: list index out of range
```

Se desconoce a qué es debido este error. Se observa en la traza del error unas rutas específicas a una carpeta del asistente LADM-COL, que muestran líneas de ese código en donde se encuentra el error.

Debido a este error, esta herramienta no se puede utilizar ni analizar. Se reportó el error a los desarrolladores.

### 3.5.2.8 Relacionar dirección

Los Terrenos existentes, construcciones y unidades de construcción se pueden asociar a direcciones a partir de la clase ExtDireccion. Se realizó una creación de prueba de una dirección ingresando datos manualmente en un formulario.

La dirección es almacenada a partir de puntos con geometría y representada en el modelo a través de la clase ExtDireccion. Estos puntos de dirección tienen que estar relacionados con un terreno, una construcción o una unidad de construcción.

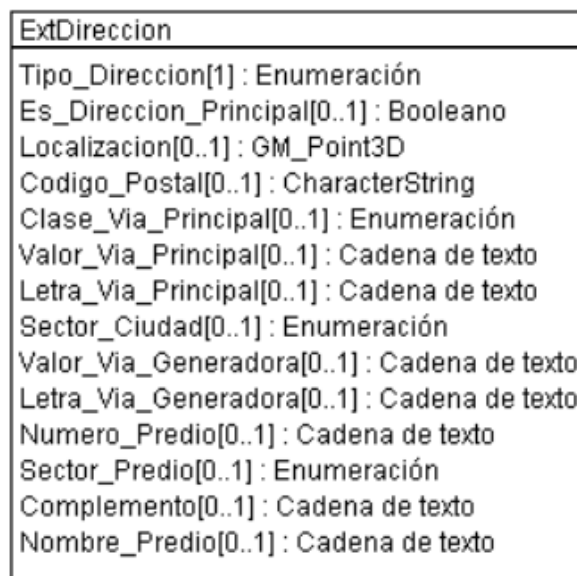
En la base de datos LADM-COL el punto de dirección es almacenado en la tabla llamada extdireccion.

El campo obligatorio es *Tipo\_Direccion*.

Los campos que se representan en la clase ExtDireccion son:

- **Tipo\_Direccion** (obligatorio): valor numérico que pertenece a la tabla extdireccion\_tipo\_direccion.
- **Es\_Direccion\_Principal**: Booleano que indica falso o verdadero.
- **Localización**: geometría del objeto espacial.
- **Codigo\_postal**: Carácter string del código postal.
- **Clase\_Via\_Principal**: valor numérico que pertenece a la tabla extdireccion\_via\_principal.
- **Sector\_ciudad**: Valor numérico que pertenece a la tabla extdireccion\_sector\_ciudad.
- **Valor\_via\_Generadora**: Cadena de texto.
- **Letra\_Via\_Generadora**: Cadena de texto.
- **Numero\_Predio**: Cadena de texto.
- **Sector\_Predio**: Valor numérico que pertenece a la tabla extdireccion\_sector\_predio.
- **Complemento**: Cadena de texto.
- **Nombre\_Predio**: Cadena de texto.

Las direcciones se representan a partir de la clase ExtDireccion (Figura 100). En la base de datos LADM-COL la dirección es almacenada en la tabla llamada extdireccion.



**Figura 100. Clase ExtDireccion**

**Fuente: UML LADM-COL**

Los campos con valores contenidos en enumeraciones, son claves foráneas de tablas en la base datos con el mismo valor. Los campos son los siguientes:

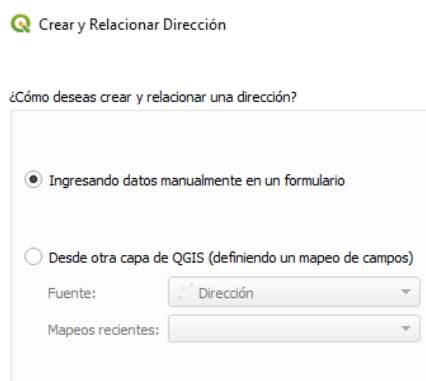
El campo *Tipo\_Direccion*, representada en la base de datos con la tabla *ExtDireccion\_tipo\_direccion* y contiene un listado con las variables *No\_estructurada* y *Estructurada*.

El campo *Clase\_Via\_Principal*, representada en la base de datos con la tabla *ExtDireccion\_clase\_via\_principal* y contiene un listado con las variables *Circular*, *Transversal*, *Diagonal*, *Carrera*, *Calle*, *Circunvalar*, *Autopista*, *Avenida*, *Avenida\_Carrera* y *Avenida\_Calle*.

El campo *Sector\_Ciudad*, representado en la base de datos con la tabla *ExtDireccion\_sector\_ciudad* y contiene un listado con las variables *Oeste*, *Este*, *Sur* y *Norte*.

El campo *Sector\_Predio*, representada en la base de datos con la tabla *ExtDireccion\_sector\_ciudad* y contiene un listado con las variables *Oeste*, *Este*, *Sur* y *Norte*.

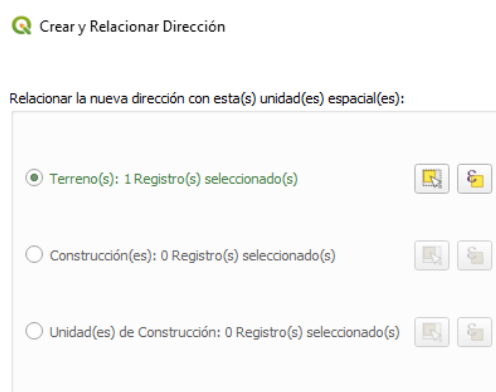
En la Figura 101 muestra la ventana de creación y relación de direcciones:



**Figura 101. Herramienta de “Crear y Relacionar dirección”**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Para la relación, previamente se debe de seleccionar una unidad espacial en el mapa ya sea en el mapa o a partir de una expresión, como se muestra en la Figura 102:

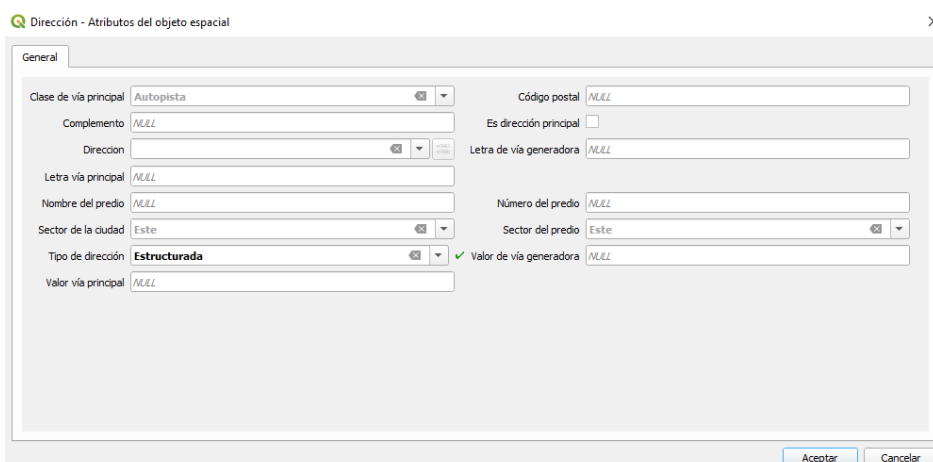


**Figura 102. Unidades espaciales para seleccionar en la creación y relación de dirección**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



Se seleccionó un terreno en el mapa y el *plugin* mostró un cuadro de diálogo para rellenar sus atributos (Figura 103).

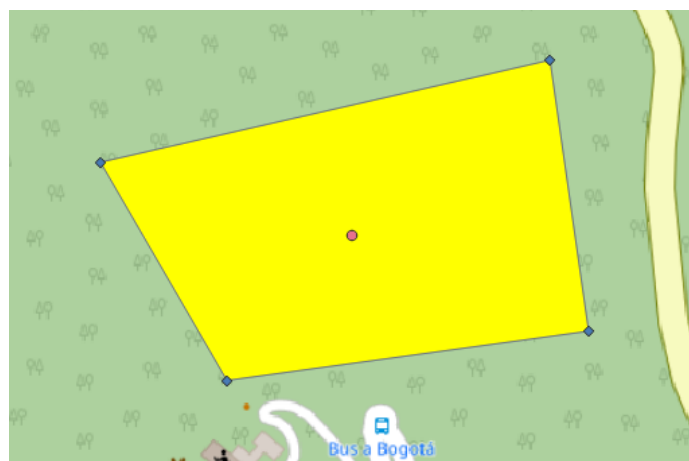


**Figura 103. Atributos del objeto espacial a rellenar en la creación de una dirección**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En la Figura 104 muestra cómo se representa la dirección de un terreno en el mapa. La dirección es representada como un punto en el geocentro del polígono del terreno.

Para el geoportal se pretende utilizar los mismos estilos que la capa dibujada en QGIS y mantener así la misma concordancia que el *plugin*.



**Figura 104. Ejemplo de creación en el mapa de una Dirección**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

### 3.5.2.9 Crear predio

Predio describe la unidad administrativa básica de la operación colombiana y es una clase especializada de la clase BA Unit. Un predio es la unidad territorial legal, que está formada por un terreno y puede o no tener construcciones asociadas. El equivalente en España es la finca de registro de la propiedad. El predio es creado a partir de terrenos, construcciones o unidades de construcción existentes, dependiendo del tipo de predio.

Hay diferentes tipos de predios disponibles, que se corresponden con la lista de valores de la enumeración LC\_CondicionPredioTipo (Figura 105).

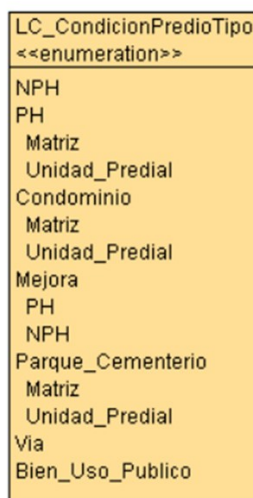


Figura 105. LC\_CondicionPredioTipo

Fuente: UML LADM-COL

El listado a seleccionar en el proceso de creación de un predio es el que se muestra en la Figura 106:

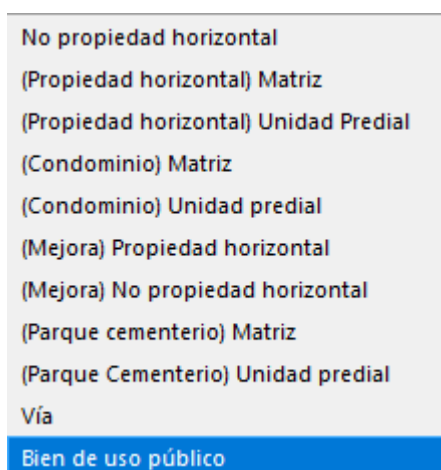


Figura 106. Tipos de predios

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Se procede a la creación de un ejemplo de predio. Este predio se puede asociar con una o más Unidades espaciales existentes.

Cuando el tipo de predio es 'No Propiedad Horizontal' la unidad espacial asociada debe ser un 'terreno' y opcionalmente una o más 'construcciones' y 'unidades de construcción'.

Los predios se representan a partir de la clase LC\_Predio. En la base de datos LADM-COL el predio es almacenado en la tabla llamada lc\_predio (Figura 107).

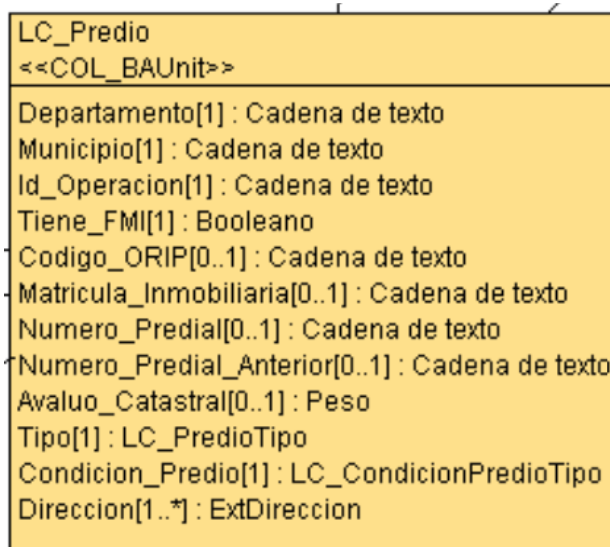


Figura 107. Clase LC\_Predio en el modelo LADM\_COL

Fuente: UML LADM-COL

Los campos obligatorios son *Departamento*, *municipio*, *id\_operacion*, *tiene\_FMI* y *Tipo de predio*.

LC\_PredioTipo, representada en la base de datos con la tabla lc\_prediotipo, contiene un listado con los valores Publico, Privado y Territorio\_Colectivo. La Figura 108 muestra el cuadro de la clase LC\_PredioTipo en el UML LADM-COL:

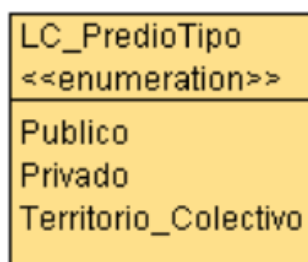


Figura 108. LC\_PredioTipo

Fuente: UML LADM-COL

Se observa que para esta versión del UML no coinciden los elementos del codelist del LC\_PredioTipo con el listado de elementos que permite el *plugin* seleccionar. En este caso, las opciones para elegir, y que están registradas en la base de datos son:

- **Vacante:** Son bienes inmuebles que se encuentran dentro de territorio respectivo a cargo de la Nación, sin dueño aparente o conocido.
- **Territorio colectivo:** Son los predios adjudicados a comunidades pertenecientes a grupos étnicos en el marco del reconocimiento de los resguardos legalmente constituidos según el Decreto 2164 de 1995 o de las propiedades colectivas de comunidades negras conforme Ley 70 de 1993.
- **Privado:** Es aquel que ha salido del patrimonio del estado, cuenta con un propietario inscrito en el folio de matrícula y se considera propiedad privada en los términos del artículo 48 de la Ley 160 de 1993.
- **(Público) Uso público:** Son aquellos inmuebles de dominio público cuyo uso pertenece a todos los habitantes del territorio nacional, destinados al uso o disfrute colectivo.
- **(Público) Patrimonial:** Son bienes patrimoniales los de titularidad de las administraciones públicas que no tengan el carácter de bienes de dominio público, es decir, que no estén destinados directamente al uso público o afectados a un servicio público. Si no consta la afectación de un bien se presume su carácter patrimonial.
- **(Público) Fiscal:** Los bienes de la Unión cuyo uso no pertenece generalmente a los habitantes, se llaman bienes de la Unión o bienes fiscales.
- **(Público) Baldío:** Es un bien inmueble de propiedad de la Nación y ubicado en zonas rurales.

Hay dos formas de asociar unidades espaciales a un predio: seleccionando unidades espaciales en el mapa o a partir de una expresión. Para esta prueba se eligió la primera opción y después de seleccionar las unidades espaciales en el mapa, ya sean terrenos, construcciones o unidades de construcción, se procede a a partir de un formulario a rellenar sus atributos (Figura 109).

**Figura 109. Atributos para rellenar del predio**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

- **Avalúo catastral:** Valor catastral del predio, obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario y la metodología de aplicación correspondiente.
- **Versión de comienzo de vida útil:** Comienzo de la validez actual de la instancia de un objeto.
- **Departamento** (obligatoria): Corresponde al código del departamento al cual pertenece el predio. Es asignado por DIVIPOLA y tiene 2 dígitos.
- **Versión de fin de vida útil:** Finalización de la validez actual de la instancia de un objeto.
- **Local ID:** Identificador único local.
- **Municipio** (obligatoria): Corresponde al código del municipio al cual pertenece el predio. Es asignado por DIVIPOLA y tiene 3 dígitos.
- **Número predial:** Nuevo código numérico de treinta dígitos, que se le asigna a cada predio y busca localizarlo inequívocamente en los documentos catastrales, según el modelo determinado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- **Número único predial:** Es un código único para identificar los inmuebles tanto en los sistemas de información catastral como registral. El NUPRE no implicará supresión de la numeración catastral ni registral asociada a la cédula catastral ni a la matrícula inmobiliaria actual.
- **Tipo de predio**
- **Código ORIP:** Circulo registral.

- **Condición del predio:** Caracterización temática del predio.
- **Espacio de nombres:** Identificador único global. Corresponde al atributo de la clase LADM.
- **Identificador único de operación (obligatoria):** Identificador único temporal de cada predio que se asigna en el desarrollo del levantamiento catastral.
- **Matrícula inmobiliaria**
- **Nombre:** Nombre que recibe la unidad administrativa básica, en muchos casos toponímico, especialmente en terrenos rústicos.
- **Número predial anterior:** Anterior código numérico de veinte dígitos, que se le asigna a cada predio, y busca localizarlo inequívocamente en los documentos catastrales, según el modelo determinado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- **Tiene FMI:** Indica si el predio tiene matrícula inmobiliaria.

En el proceso de relleno de los atributos, se observó que los campos de departamento y municipios no contienen un listado con las posibles opciones existentes en Colombia. Sería interesante que este campo mostrara un listado para su elección. Una vez creado el predio la herramienta muestra una ventana de alerta, Figura 110, con la creación satisfactoria y su relación con el terreno seleccionado en el mapa.

Asistente LADM-COL: ¡El nuevo predio (t\_id=1688) se creó exitosamente y fue asociado con su Terreno correspondiente (t\_id=1656)!

**Figura 110. Ventana de éxito de creación de un predio**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

### 3.5.3 Creación y gestión de interesados y fuentes

#### 3.5.3.1 Crear interesado

Interesado es una Persona natural o jurídica que tiene derechos o a la que le recaen restricciones o responsabilidades referidas a uno o más predios.

Los interesados se representan a partir de la clase LC\_Interesado. En la base de datos LADM-COL el interesado es almacenado en la tabla llamada lc\_interesado (Figura 111).

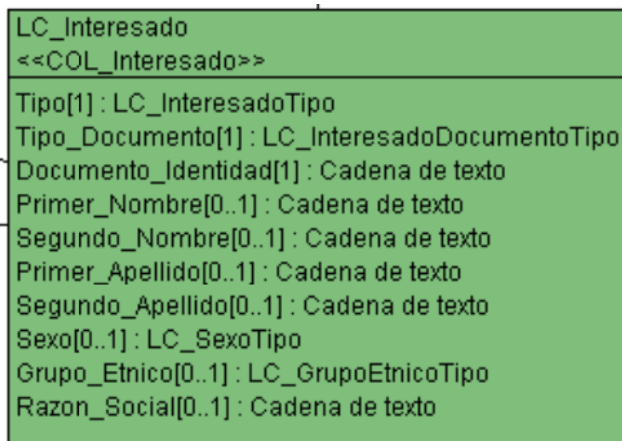


Figura 111. Clase LC\_Interesado en el modelo LADM\_COL

Fuente: UML LADM-COL

Los campos obligatorios son *LC\_InteresadoTipo*, *LC\_InteresadoDocumentoTipo*, *primer nombre*, *documento de identidad* y *primer apellido*.

Para ingresar un interesado se puede realizar de forma manual rellenando un formulario o desde otra capa de QGIS (Figura 112).

**Figura 112. Formulario a rellenar para un Interesado**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Se rellenaron los atributos de forma aleatoria creando un interesado almacenándose en la base de datos en remoto. Con esto sabremos qué información alfanumérica para un interesado es la que hay que mostrar en el geoportal, que será la misma que se ha rellenado en la ventana de atributos.

### 3.5.3.2 Crear agrupación de interesados

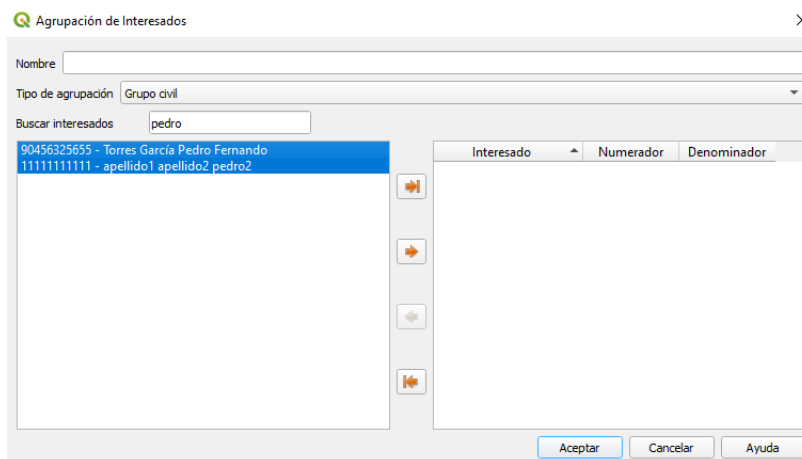
Agrupación de Interesados registra interesados que representan a grupos de personas. Se registra el grupo en sí, independientemente de las personas por separado. Es lo que ocurre, por ejemplo, con un grupo étnico o un grupo civil.

Esta Agrupación de Interesados tiene derechos o a la que le recaen restricciones o responsabilidades referidas a uno o más predios.

Se pueden insertar fracciones para tener el porcentaje de derecho de correspondencia sobre el predio. Pero la suma de numeradores dividido por el denominador de uno de ellos debe ser igual a 1, de lo contrario la creación de la agrupación no será permitida.

Se procedió a realizar una prueba y a la creación de una agrupación de interesados que previamente se habían registrado en la base de datos. La herramienta también permite una búsqueda de interesados (Figura 113).

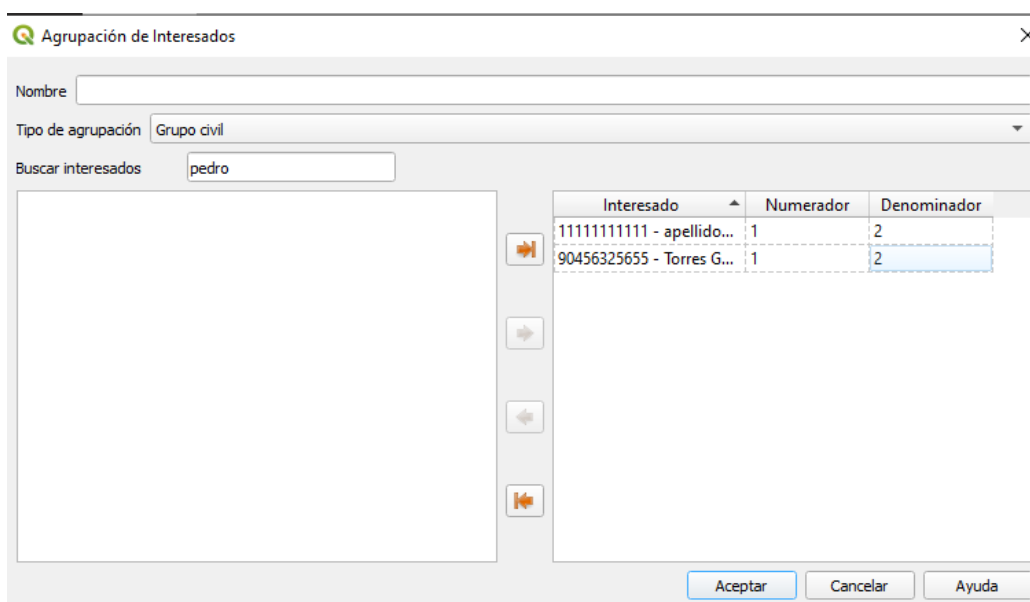




**Figura 113. Búsqueda de interesados para una agrupación**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

A los interesados se les asignó unos valores en el numerador de 1 y denominador de 2. Dándoles así un peso igual para la correspondencia (Figura 114).



**Figura 114. Ejemplo de agrupación de Interesados**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

### 3.5.3.3 Crear fuente administrativa

Fuente administrativa es una especialización de la clase COL Fuente para almacenar aquellas fuentes constituidas por documentos (documento hipotecario, documentos notariales, documentos históricos, etc.) que documentan la relación entre instancias de interesados y de predios.

Se realizó una prueba de creación de una fuente administrativa (Figura 115). En la pestaña de col\_rrrfuente se añade el archivo para vincularlo.

**Figura 115. Ejemplo de Fuente Administrativa con campos del formulario para rellenar**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

- **Ente emisor:** Es tipo de oficina que emite el documento (notaria, juzgado).
- **Estado de disponibilidad:** Indica si la fuente está o no disponible y en que condiciones. También puede indicar porque ha dejado disponible, si ha ocurrido.
- **Local ID:** Identificador único local.
- **Observación:** Observaciones o descripción del documento de la fuente administrativa.
- **Tipo principal:** Tipo de formato en que es presentada la fuente, de acuerdo con el registro de metadatos.
- **Espacio de nombres:** Identificador único global. Corresponde al atributo de la clase en la LADM.
- **Fecha de documento fuente:** Fecha de expedición del documento de la fuente.
- **Número de fuente:** Identificador del documento, ejemplo: número de la resolución, número de la escritura pública o número de radicado de una sentencia.
- **Tipo:** Tipo de documento que soporta la relación de tenencia entre el interesado con el predio.

### 3.5.3.4 Crear fuente espacial

Fuente espacial es una especialización de la clase COL\_Fuente para almacenar las fuentes constituidas por datos espaciales (entidades geográficas, imágenes de satélite, vuelos fotogramétricos, listados de coordenadas, mapas, planos antiguos o modernos, descripción de localizaciones, etc.) que documentan técnicamente la relación entre instancias de interesados y de predios.

Se procedió a realizar una prueba y a crear una fuente espacial (Figura 116).

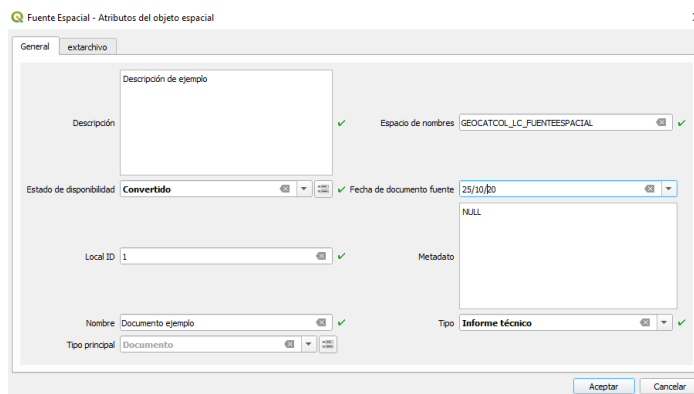


Figura 116. Ejemplo de atributos del objeto espacial Fuente espacial

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

### 3.5.4 Establecer relaciones entre interesados, derechos, cargas, restricciones (RRR), unidades básicas administrativas, y archivos fuente

Para completar el estudio de cómo funciona el *plugin*, y cómo guarda los datos según la estructura del modelo LADM-COL, faltaría concretar cómo se establecen las relaciones entre interesados, derechos, cargas y restricciones, unidades básicas administrativas y archivos fuente. En la Figura 117, se presenta un esquema muy resumido del LADM. Como se ve, existen relaciones entre los objetos.

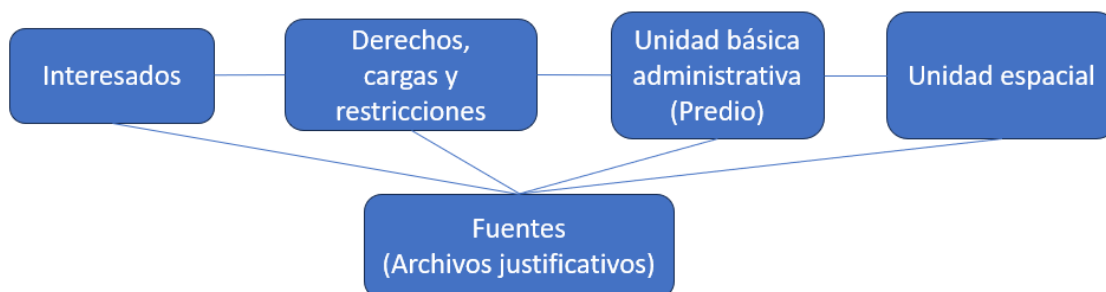


Figura 117. Relación interesados, RRR, unidad básica administrativa y unidad espacial con archivos fuente

Fuente: Captura de pantalla del LADM

Según la Figura 117, los interesados están relacionados con un derecho, carga o restricción, esté con una unidad administrativa básica (predio, o finca), esta con una o varias unidades espaciales (terrenos, construcciones o unidades de construcción), y, para documentar, justificar, o probar, legalmente todas estas relaciones se utilizan documentos (fuentes), como escrituras públicas, o privadas, justificante de pago de impuestos, declaraciones, acuerdos, contratos, etc.

Las relaciones entre objetos se materializan mediante claves foráneas en la base de datos. Este estudio no se realiza aquí, sino en la sección 4. En dicha sección se presenta detalladamente cómo se realizan las relaciones con el *plugin*, y cómo se introducen las claves foráneas en la base de datos.

### 3.5.4.1 Crear derecho

Una vez completada la elaboración del interesado y del predio, se procede a establecer el derecho de dominio. Este proceso requiere la presentación de un documento respaldatorio, reconocido como nuestra fuente, el cual ya ha sido previamente generado. En consecuencia, el único paso restante es instaurar la relación correspondiente.

COL\_Derecho es una clase que registra las instancias de los derechos que un interesado ejerce sobre un predio. Es una especialización de la clase LA\_RRR del propio modelo.

Para la creación de un derecho es necesario ir a la tabla de atributos de la tabla de fuente administrativa, y seleccionar previamente la fila correspondiente con la información del predio al cual se le quiere relacionar el dominio.

Se procedió a realizar una prueba y a rellenar los campos de creación de un ejemplo de derecho asociado a un interesado creado previamente (Figura 118). El campo de *unidad* es el campo del predio, que se visualiza como su número predial. En este cuadro de diálogo aparecen dos campos de *interesado*, el campo *interesado* de la izquierda pertenece al grupo de interesados y el campo de *interesado* que se visualiza en la derecha pertenece al interesado individualmente. Este proceso se debe de repetir por cada predio que se quiera relacionar. *Fracción de derecho* es un campo obligatorio.

**Figura 118. Ejemplo de relleno de atributos para un Derecho**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

### 3.5.4.2 Crear restricción

COL Restricción almacena las restricciones a las que está sometido un predio y que inciden sobre los derechos que pueden ejercerse sobre él.

De la misma forma que la creación de un derecho, se selecciona una fuente administrativa, y se selecciona el campo *unidad* que corresponde con el predio según su número predial. Se procedió a realizar una prueba y a crear una restricción a partir de un predio (Figura 119).

**Figura 119. Ejemplo de creación de una Restricción**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



## **Capítulo 4. Desarrollo del Geoportal GEOLADMICOL**

---





## 4.1 Desarrollo del Geoportal GEOLADMCOL

Una vez estudiado el *plugin*, y conocida la materialización del modelo LADM-COL en la estructura de tablas de la base de datos, y comprobado que se puede trabajar en una base de datos común en la nube, es posible realizar un geoportal que publique los datos de dicha base de datos. Un geoportal es una plataforma web diseñada con el fin de realizar todo tipo de estudios, análisis e investigaciones de cualquier situación compleja relacionada con aspectos del territorio a partir de herramientas de sistemas de información geográfica (Lejia & Almir, 2015), como es en este caso, el geoportal GEOLADMCOL. Los geoportales son la forma más adecuada de poner cartografía y datos a disposición de usuarios no especializados. Gracias a ellos la información geoespacial es ahora más accesible (Panchaud, Enescu, & Hurni, 2017). Es por este motivo que se apuesta en esta tesis por el desarrollo de un geoportal. La plataforma está desarrollada en un sistema operativo GNU/LINUX Ubuntu Server.

Un servidor Linux es un servidor impulsado por el sistema operativo de código abierto de Linux. Ofrece a las empresas una opción de bajo costo para entregar contenido, aplicaciones y servicios a sus clientes. Cada vez más empresas los usan como alternativa a soluciones propietarias (Fuggetta, 2003). Los servidores Linux tienen una seguridad potente para minimizar la piratería de *software*, este tipo de servidores son utilizados por grandes empresas o universidades, como por ejemplo en la Universidad PGRI Semarang en Indonesia donde desarrollan sus estudiantes en sistemas operativos de distribución de código abierto Ubuntu Server (Achmad, Nur, & Siti, 2018).

El *software* instalado es libre, por lo que es un *software* gratuito y de código abierto. A lo largo del tiempo, este sistema operativo ha ido creciendo en complejidad y seguridad a un ritmo elevado, ya que, dados los avances en ingeniería del *software*, este sistema operativo se debe de enfrentar diariamente a grandes desafíos en técnicas de confiabilidad. (Tabassum & Mathew, 2014)

El almacenamiento de la información y de los layers se realiza en una base de datos relacional perteneciente al servidor PostgreSQL, que con la extensión PostGIS (Zhang & Yi, 2010) se convierte en una base de datos espacial con una gran versatilidad y potencial. Con esta extensión se permite añadir geometrías a las tablas de la base de datos para así poderse representar en un geoportal.

La comunicación se realiza a través de peticiones HTTP Request enviadas por los clientes/usuarios (navegador web) a un servidor. Este servidor genera también un código de respuesta HTTP Response en formato HTML. El servidor que se utilizó para recibir y devolver las peticiones HTTP es Apache (Li & Lu, 2013), ya que permite un acceso multiusuario y ofrece un mecanismo para almacenar información en variables de entorno. Este servidor envía unas

variables de entorno a un determinado script WSGI (Qu & Yang, 2012) que se compila conectándose a la base de datos PostgreSQL realizando las sentencias necesarias y devolviendo la información deseada, es decir, se está creando contenido dinámico en la página web.

La aplicación se ha desarrollado con el framework Django, ya que ofrece la posibilidad de crear una aplicación desde cero usando un sistema para administrar el contenido (Liawatimena, et al., 2018). Django es un framework de aplicaciones web gratuito y de código abierto (open source) en Python. Un framework es un conjunto de herramientas y componentes que ayudan a desarrollar sitios web de una forma más fácil y rápidamente.

El servidor actúa de forma que en cuanto le llega una petición, esta es transmitida a Django, que intenta averiguar qué es lo que realmente se está solicitando. Django detecta la dirección de la página web y es procesada a través del urlresolver, que proviene de *Uniform Resource Locator* (URL). En cuanto se realice una petición este recorre un listado para hacer coincidir la solicitud con la función asociada, que se llaman view (vistas).

En la función *view* (vista) se hace toda la lógica de la aplicación, ya sea conectarse a una base de datos, buscar alguna información, devolver geometrías de objetos espaciales, comprobaciones topológicas, saber si un usuario este logueado en la web, etc.

Los scripts están escritos en lenguaje de programación Python (Cass, 2020) y tienen la ventaja de correr en el servidor cuando el usuario lo solicita por lo que es dependiente del servidor y no del ordenador del usuario. La Figura 120 muestra de forma gráfica de este mecanismo de tecnologías.

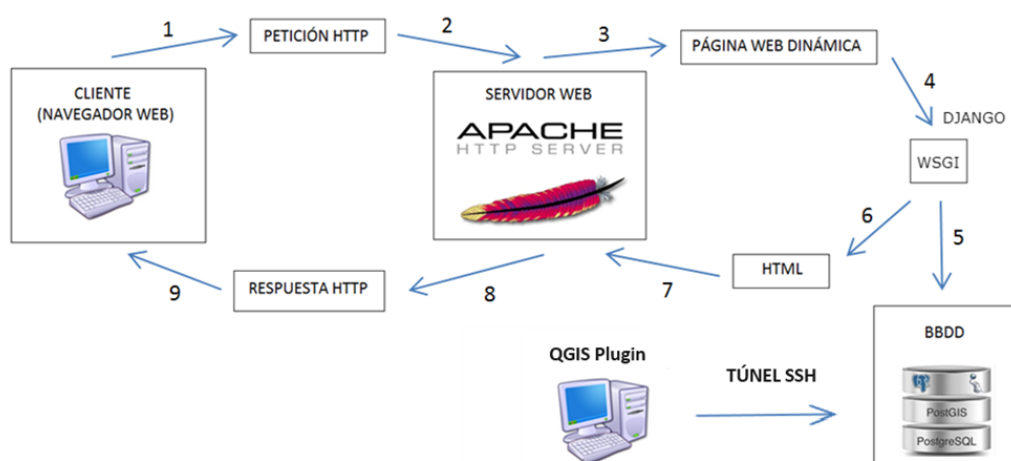


Figura 120. Mecanismo y lógica de la aplicación web GEOLADMCOL

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a la creación y el desarrollo de la aplicación a partir del framework Django. Primeramente, se realizó un desarrollo en local, como es normal, y posteriormente se puso en producción, contratando un servidor privado virtual en la nube, y un nombre de dominio.

## 4.2 Front-end y back-end de la aplicación GEOLADMCOL

El **front-end** es la parte en la que interactúan los usuarios. En ella se representa el diseño web que hace referencia a la visualización del usuario. Ya sean los menús desplegados, el geoportal, las imágenes, iconos, colores, elementos gráficos, vídeos, textos, etc.

El proceso de creación del front-end de la aplicación GEOLADMCOL se ha desarrollado en JavaScript, HTML y CSS utilizando el framework Django. El framework Django (Bosch Gascón, 2023) fue desarrollado para gestionar varias páginas orientadas a noticias de la World Company de Lawrence, Kansas, y fue liberado al público bajo una licencia BSD1 en julio de 2005.

Django es un framework de código abierto, desarrollado en Python, que sigue en cierta medida el paradigma del Modelo Vista Controlador (MVC). Python se utiliza en todas las partes del framework, incluyendo configuraciones, archivos y modelos de datos.

El objetivo fundamental de Django es simplificar la creación de sitios web complejos, destacando la reutilización, la conectividad y la extensibilidad de componentes, así como el desarrollo rápido y el principio "No te repitas" (DRY, por sus siglas en inglés, Do not Repeat Yourself).

Además, Django proporciona una interfaz administrativa CRUD (crear, leer, actualizar y eliminar) que se genera dinámicamente a través de la introspección y se configura mediante modelos de administración. Esto facilita la gestión y manipulación de datos en la aplicación, ofreciendo una solución integrada para las operaciones comunes de la base de datos.

La estética, diseño y funcionalidades del geoportal fueron variando a medida que se desarrolló la aplicación, ya que las diferentes reuniones telemáticas con la Cámara Colombiana de la Topografía reorientaron el diseño y herramientas de este.

El mapa del geoportal se desarrolló a través de la biblioteca de JavaScript de código abierto llamada Openlayers. Esta librería ofrece un alto rendimiento y tiene muchas funcionalidades disponibles para interactuar con el mapa como para

mostrar y consultar datos geoespaciales. Muchos proyectos que realizan procesamientos de datos de tierras, datos agrícolas, entre otros, utilizan la librería de Openlayers (Zhang, Sun, Heo, Di, & Lin, 2016) para analizar y representar este tipo de datos geoespaciales (Sitanggang, Ginanjar, Syukur, Trisminingsih, & Khotimah, 2017).

El **back-end** es toda aquella parte de una página web que se encarga de realizar la lógica y funcionalidades de esta. De forma que todo el conjunto de acciones que pasan por la web, son procesadas de forma interna para su correcto funcionamiento. Toda esta parte corre por parte del servidor donde está alojada la web, y son procesos que no podemos ver. Por ejemplo, las comunicaciones con el servidor.

Como se ha comentado en el apartado 4.1, el servidor utilizado para el back-end es el servidor de HTTP Apache (Apache, 2023). Los servidores web Apache se utilizan ampliamente como servidores independientes o front-end en servidores web de varios niveles. (Sugiki, Kono, & Iwasaki, 2008).

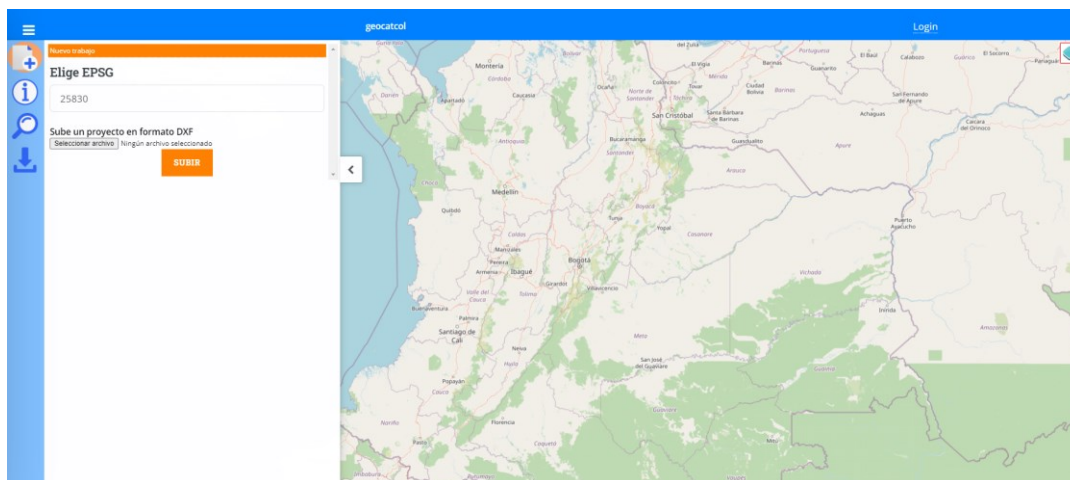
Las conexiones a las bases de datos se realizan a partir del módulo de Python llamado psycopg2. Este adaptador se implementa principalmente en C como un contenedor de libpq, lo que resulta en ser eficiente y seguro. Es el adaptador de base de datos PostgreSQL más popular para el lenguaje de programación Python. (Psycopg, 2023) Esta conexión es utilizada en multitud de proyectos Python donde la comunicación entre el servidor web Python y la base de datos se obtiene mediante el paquete Psycopg2. (Pohanka, Pechanec, & Hejlova, 2016).

### **4.3 Diseño y funcionalidades iniciales del primer desarrollo de geoportal**

En una primera instancia el funcionamiento del geoportal, se acordó que consistiera en que un usuario pudiera cargar objetos espaciales en él, visualizando dichos objetos con geometría en el mapa y pudiendo visualizar o editar su información alfanumérica. Ya que en España la mayoría de Topógrafos y Geomáticos trabajan con archivos en formato .dxf se le propuso al colectivo de Colombia, que el geoportal permitiría cargar los layer que contengan este tipo de archivos. Visualizando en el mapa sus geometrías con el mismo formato, color, estilos, textos, posición de objetos, capas visibles y no visibles, entre otras características de estas.

La carga de estas geometrías permitiría su visualización en el mapa, que está definido en un sistema de referencia EPSG:4326, y a posteriori se debería ir

seleccionando en el mapa aquellos elementos que se quieran almacenar e ir rellenando sus distintos formularios similares al *plugin* LADM-COL hasta completar el proceso de importación en la base de datos. La Figura 121 muestra la primera versión del geoportál GEOLADM COL:



**Figura 121. Primera versión WEB GEOLADM COL**

**Fuente: Geoportál GeoLadmCol**

La web contiene dos menús diferentes, un menú en la parte central izquierda y otro en la parte superior izquierda.

El menú en la parte superior izquierda abre un menú que muestra información general del proyecto y el acceso a la web Landing Page.

El menú en la parte central izquierda contiene diferentes submenús que interactúan con el mapa:

- Nuevo trabajo
- Detalles del objeto seleccionado
- Buscador general
- Descargas

El submenú de *Nuevo trabajo* permite cargar un archivo en formato *.dxf* eligiendo el EPSG o sistema de coordenadas de los objetos espaciales de dicho archivo (Figura 122). Estas geometrías se muestran en el mapa y se pueden visualizar y editar su información.



Figura 122. Submenú de creación de un nuevo trabajo

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

Una vez elegido el EPSG y subido el archivo, en el mapa se representan cada uno de sus objetos espaciales ya sean puntos, líneas, polígonos o textos. El estilo del dibujo es correspondido con el mismo estilo que el contenido en el archivo .dxf, es decir, los objetos son representados con el mismo color, texto, grosor de línea o punto, relleno del polígono, nombres de layers y el resto de los metadatos de estos.

Se procede a subir el archivo .dxf del levantamiento topográfico realizado en España, con el EPSG:25830 y así es como se representa en el mapa (Figura 123).

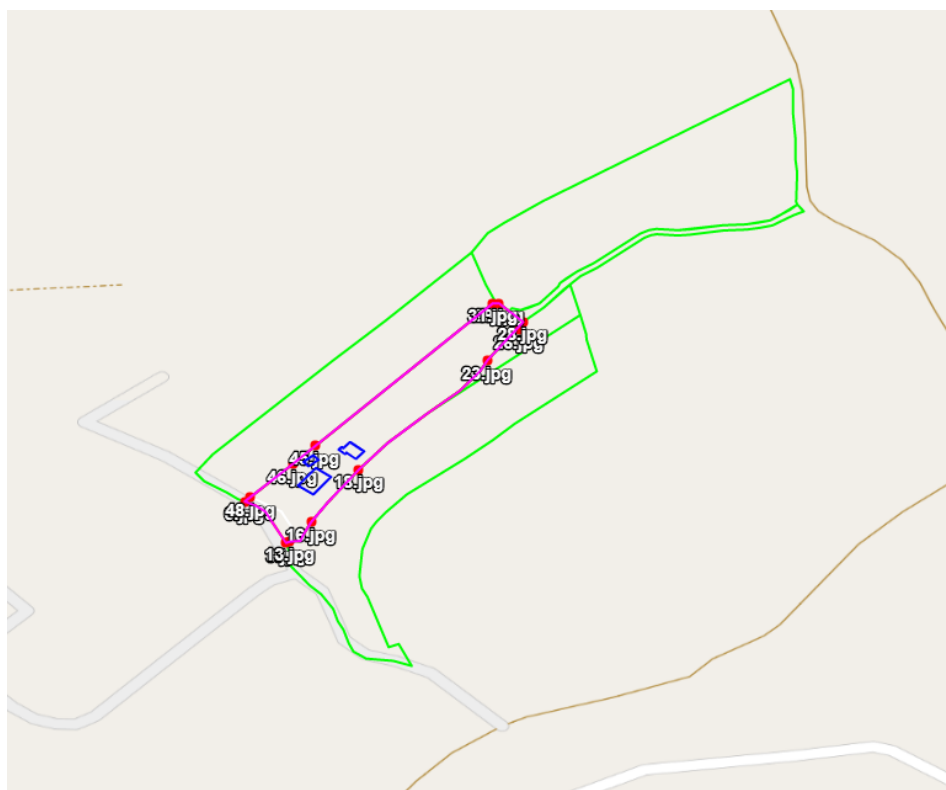


Figura 123. Levantamiento topográfico de España cargado en la plataforma GEOLADMCOL

Fuente: Captura de pantalla de la web GeoDelProp (<https://gisserver.car.upv.es/geodelprop/>)

Las capas cargadas en el mapa corresponden a las mismas capas del archivo .dxf con su mismo estilo. En el submenú de *Nuevo proyecto* ahora permite visualizar las capas de estas, como se muestra en la Figura 124:

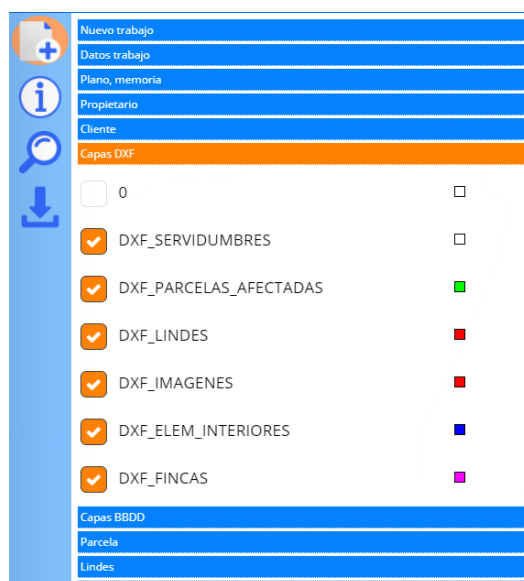


Figura 124. Listado de layers del archivo .dxf cargado en el geoportal

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

Otras herramientas que se prepararon para su futura implementación fue el almacenamiento de información alfanumérica o de documentos relacionados con el proyecto. Ya sean los datos del trabajo, el plano, la memoria, datos de los propietarios y de los clientes, como la información alfanumérica de cada uno de los objetos de las capas de parcelas, lindes o puntos en el mapa y su almacenamiento en el servidor.

Esta parte no se acabó de desarrollar ya que, al mostrar esta primera versión de la plataforma a la Cámara Colombiana de la Topografía, se nos indicó que, actualmente están trabajando con el *software* QGIS, con archivos shape, y era de su interés que los archivos a cargar en el mapa fueran en .shp, y que la información alfanumérica se rellenará a través del *plugin* Asistente LADM-COL en QGIS. Esto se nos comunicó después de varias reuniones, y después de la muestra del primer prototipo de geoportal.

Tras esta reunión se acordó utilizar el *software* QGIS, con el *plugin* Asistente LADM-COL, para el almacenamiento de los distintos objetos espaciales así como su información alfanumérica en la base de datos en la nube.

Por lo tanto, el nuevo front-end del geoportal GEOLADM COL tendría únicamente la función de visor de cartografía y datos, no de entrada de datos, como en un principio se pretendía. La herramienta de cargar archivos DXF se deshabilitó del geoportal.

## 4.4 Segundo desarrollo de geoportal. Únicamente visor de datos

Según el nuevo acuerdo con la Cámara Colombiana de la Topografía, en el geoportal se mostrarán aquellos objetos espaciales que sean de interés y de utilidad para el proyecto, y para el colectivo de Cámara Colombia de la Topografía. El mapa está definido en el sistema de referencia 4326. Se eligió que las capas que se representen en el mapa, y se puedan consultar sus metadatos e información alfanumérica, fuesen todas aquellas capas que únicamente tuviesen geometrías.

A continuación, se enumeran los objetos espaciales que se han representado en el geoportal:

- Puntos de control
- Puntos de levantamiento
- Puntos de lindero
- Dirección
- Linderos
- Unidad de construcción
- Construcciones
- Terrenos
- Predios

El geoportal tiene un control de capas que permite mostrar u ocultar el contenido de las capas. Al pinchar sobre cualquier objeto aparece un cuadro de diálogo con qué es y su identificador. Al hacer click sobre el identificador se muestran los datos alfanuméricos del objeto en el menú lateral. A continuación, se muestra un ejemplo con un lindero en la Figura 125:



Figura 125. Pop-up del lindero seleccionado en el geoportal

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

Al pinchar en el botón aparece un menú en la parte izquierda del geoportal donde muestra toda la información del objeto espacial seleccionado, como se observa en la Figura 126:



Lindero

Identificador: 1655

Longitud: 201.3

Localización textual: Lindero norte

Comienzo de vida útil versión: 2020-10-11 19:22:21.093000

Fin de vida útil versión: 2020-10-11 20:00:00

Espacio de nombres: GEOCATCOL\_LC\_LINDERO

**Figura 126. Información alfanumérica del lindero seleccionado**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

## **4.5 Aplicación de casos reales en Colombia utilizando el *plugin* Asistente LADM-COL.**

Una vez desarrollado el geoportal, se procedió a incluir dos trabajos de delimitación, con datos de Colombia, para probar el funcionamiento del geoportal, y poder mostrar resultados aplicados a la Cámara Colombiana, y poder iniciar el proceso de formación, tanto del *plugin*, como del uso del geoportal para que lo pudiesen utilizar.

### **4.5.1 Aplicación a partir de un levantamiento topográfico realizado en Colombia mediante tecnología LIDAR**

La Geodesia, Topografía, Cartografía y afines (Geomática), han recibido un gran aporte tecnológico con la introducción de nuevas herramientas tales como los sensores remotos aerotransportados (sistemas LIDAR, fotogramétricos, entre otros) y sistemas de posicionamiento global por satélite (GNSS), haciendo necesario plantear y generar metodologías para que dichas herramientas permitan obtener productos y/o entregables dentro de las posibilidades de la tecnología actual, que satisfagan los requerimientos particulares de los proyectos.

Esta tecnología aporta grandes ventajas para cualquier campo relacionado con la geomática. El escaneo láser aerotransportado ha sido una herramienta valiosa para aplicaciones forestales desde que comenzó a usarse comercialmente, ya que permite una extracción automática de árboles utilizando múltiples propiedades de la nube de puntos LIDAR (Ozdemir, Akbulut, Karsli, & Acar, 2021). También es de gran utilidad para realizar mapeos geológicos de ingeniería, como por ejemplo se ha realizado en el valle de Vinodol en Croacia, donde se creó un mapa geológico para un área piloto de 16,75 km<sup>2</sup>, ya que esta zona es un área geológicamente compleja y boscosa (Jagodnik, Gazibara, Arbanas, & Arbanas, 2020).

En este levantamiento topográfico en Colombia se utilizó la técnica LIDAR dadas las características del terreno. Se obtuvieron las coordenadas de una nube de puntos para realizar a posteriori en gabinete la orto-foto-mosaico, el modelo digital de superficie (MDS), el modelo digital del terreno (MDT) y la restitución de la cartografía digital 2D.

La cartografía digital 2D, corresponde a la vectorización de los elementos foto-interpretables presentes en el ortofoto-mosaico. Esta cartografía es la que se ha utilizado para probar en un caso real el *plugin* Asistente LADM-COL y la visualización de los datos en el geoportal desarrollado, GEOLADM COL. Los datos de esta cartografía proceden de un levantamiento LIDAR aéreo y fotogramétrico, del servicio geológico colombiano, realizado en septiembre de 2020.

#### **4.5.1.1 Ubicación del levantamiento y cartografía digital 2D**

El levantamiento topográfico se encuentra en el municipio de Guacamayas, Boyacá en Colombia. El área definida donde se desarrollarán los levantamientos tiene una extensión de 855,85 hectáreas.

En concreto el área de estudio corresponde a la cuenca de la Quebrada Surcabaciga, la cual contiene la zona urbana del municipio de Guacamayas, Boyacá.

Una representación de la ubicación geográfica y los límites aproximados del levantamiento sería la mostrada en las Figura 127 y Figura 128:



**Figura 127. Croquis de situación general del proyecto en el municipio de Colombia**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



**Figura 128. Localización y límites del levantamiento**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En color verde representa el área total de la zona de los levantamientos y en color rojo el límite de la zona urbana del municipio.

La cartografía digitalizada en la zona urbana está dividida en diferentes capas: construcciones, árboles, antenas, alcantarillas, muros, postes, torres... etc. Para la importación al modelo LADM-COL se utilizará únicamente la capa de construcciones y la capa de puntos de control. La capa de construcciones se importará como líneas (lindes) y como polígonos (construcciones, unidades de construcción y terrenos). La Figura 129 muestra una zona de la cartografía en el municipio. En color rojo representan las construcciones, en color marrón los árboles, en color rosa un grupo de árboles y en color azul las vías y los postes.



Figura 129. Zoom a los elementos del levantamiento en QGIS

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

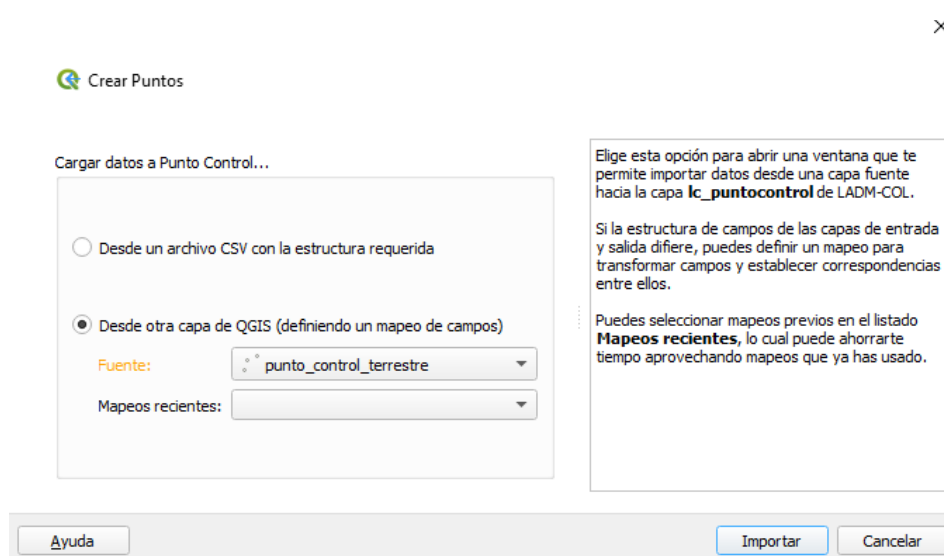
#### 4.5.1.2 Importación al modelo LADM-COL

Para una importación al modelo de LADM-COL es necesario obtener los puntos a partir de los vértices tanto de las construcciones como de los terrenos, y linderos. También es necesario insertar puntos en la tabla “col\_punto CCL”, que relacionan los puntos de lindero y los linderos, puesto que los vértices de un lindero corresponden a puntos de lindero y viceversa, definir los terrenos y su relación con los linderos, construcciones, unidades de construcción. Otros pasos necesarios son: definir los predios, interesados, importar documentación fuente, definir derechos y relaciones, y comprobar las reglas topológicas del modelo para finalmente poder exportar el proyecto a un archivo XTF de INTERLIS.

Se procede a importar al modelo LADM-COL únicamente los puntos de control, puntos de lindero extraídos de las construcciones, los lindes de las construcciones, los polígonos de las construcciones y las unidades de construcción, ya que es la única cartografía que se dispone. Todas estas capas se importarán a partir de capas existentes en QGIS y se comprobará el correcto funcionamiento del *plugin* y del geoportal.

### Importación de los puntos de control

Los puntos de control son importados a partir de la herramienta de crear punto y seleccionando la opción de puntos de control. Dentro de esta ventana se selecciona la opción de a partir de una capa de QGIS existente y se selecciona dicha capa de puntos de control (Figura 130).



**Figura 130. Ventana de creación de puntos de control**

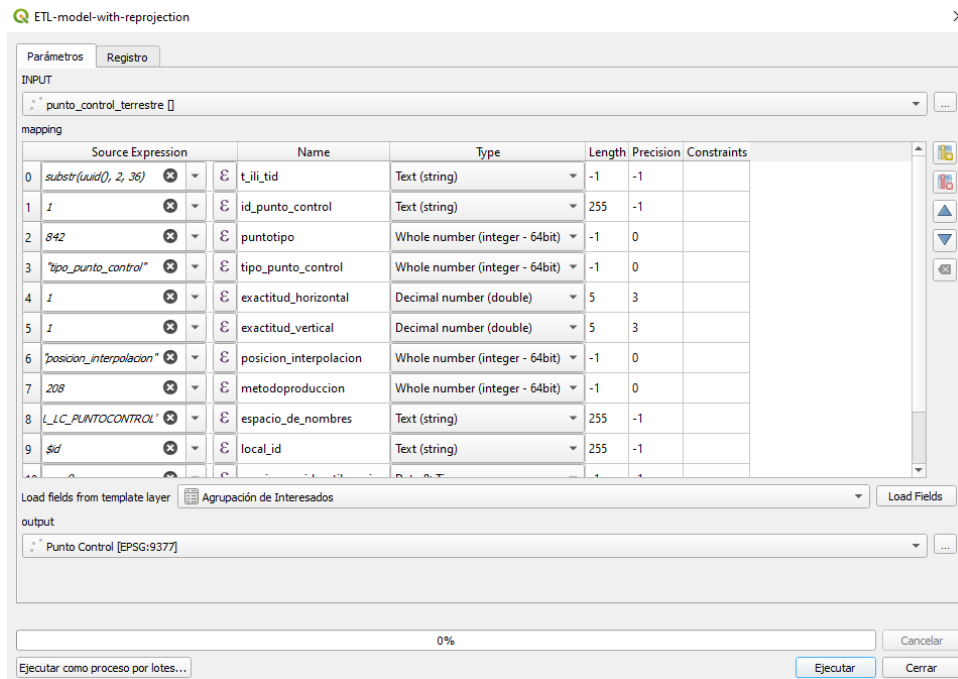
**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez seleccionada la capa, hay que rellenar el formulario con los campos e información alfanumérica a importar a la tabla de puntos de control del modelo LADM-COL.

Se recuerda que los campos obligatorios para los puntos de control, son: *ID\_Punto\_Control*, *PuntoTipo*, *Exactitud\_Horizontal*, *Exactitud\_Vertical* y *MetodoProduccion*.

En los parámetros del formulario se deben de modificar los parámetros de la columna *Source Expression*. Se asigna un valor de 1 para *ID\_Punto\_Control*, el valor 842 para el campo *PuntoTipo* que corresponde con el valor *Mojón*, un valor de 1 metro para *Exactitud\_horizontal*, un valor de 1 metro para la *Exactitud\_vertical* y un valor de 208 para el campo *MetodoProduccion*, que se

corresponde con el valor *Método directo*. La configuración del cuadro de diálogo se puede apreciar en la Figura 131.



**Figura 131. Formulario con los valores rellenos para la importación de puntos de control**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez ejecutado el proceso, se importan a la vez los 6 puntos de control. El resultado en QGIS se puede ver en la Figura 132:



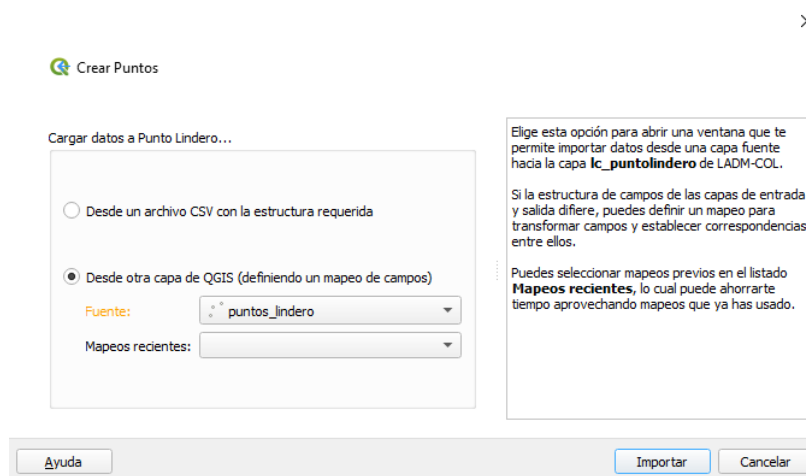
**Figura 132. Puntos de control del modelo LADM-COL representados en QGIS**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



## Importación de los puntos de los linderos

Como no se dispone de una capa de puntos, los puntos de lindero que se exportarán al modelo son extraídos de los vértices de los polígonos que corresponden a las construcciones. Estos elementos son importados a partir de la herramienta de crear punto y seleccionando la opción de puntos de lindero. Dentro de esta ventana, Figura 133, se selecciona la opción *A partir de una capa de QGIS existente* y se selecciona la capa de *puntos\_lindero*.



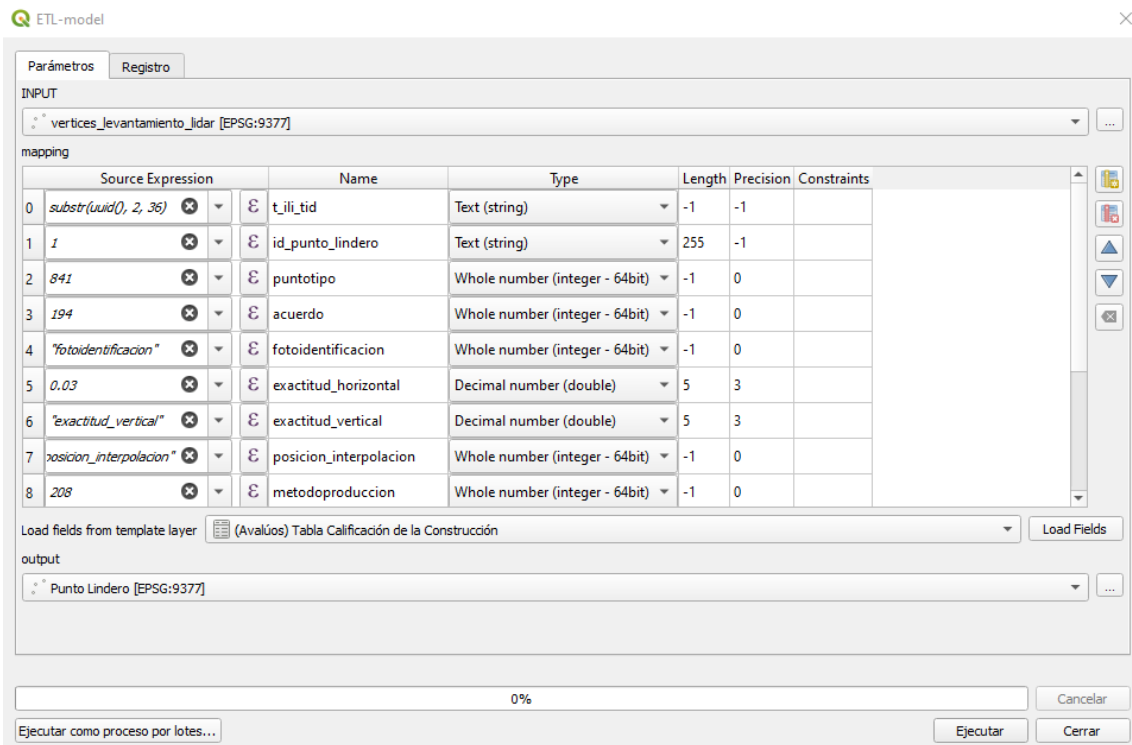
**Figura 133. Ventana de creación de puntos de lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez seleccionada la capa, hay que rellenar el formulario con los campos e información alfanumérica a importar a la tabla de puntos de lindero en el modelo LADM-COL.

Recordamos que los campos obligatorios para los puntos de lindero, son: *ID\_Punto\_Lindero*, *PuntoTipo*, *Acuerdo*, *Exactitud\_Horizontal* y *MetodoProduccion*.

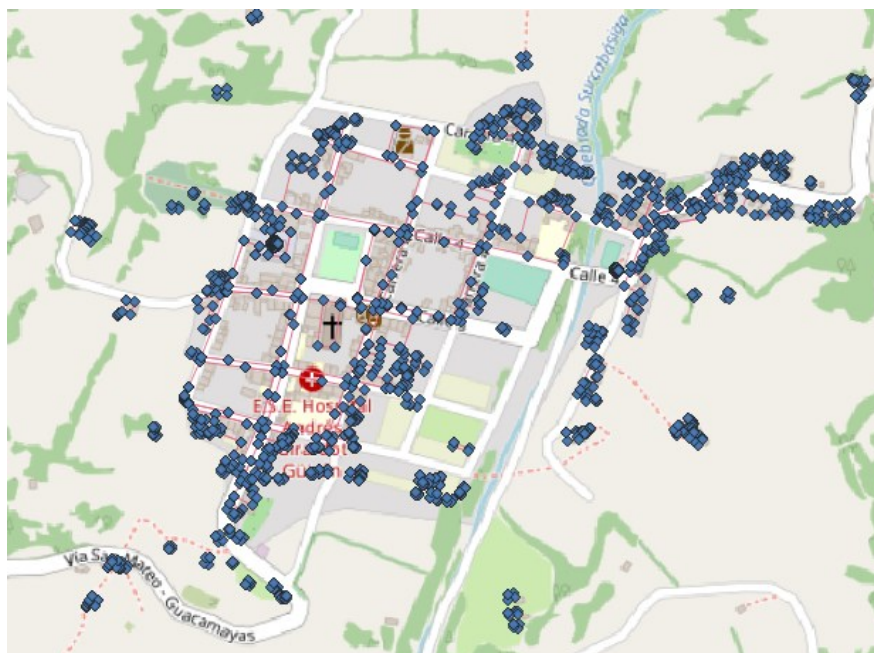
En los parámetros del formulario, Figura 134, se deben modificar los parámetros de la columna Source Expression. Se asigna un valor de 1 para el campo *ID\_Punto\_Lindero*, valor 841 para el campo *PuntoTipo* que corresponde con elementos sin materialización referidos a áreas de campos abiertos, un valor de 0.05 metros para el campo de *exactitud\_horizontal*, un valor 194 para el campo *Acuerdo* que corresponde con un acuerdo positivo y un valor de 208 para el campo *MetodoProduccion* que corresponde con el método directo.



**Figura 134. Formulario con los valores rellenos para la importación de puntos de lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez ejecutado el proceso, se importan de a la vez los puntos de lindero que pertenecen a la capa puntos\_lindero a la base de datos. En la Figura 135 queda representado en QGIS la importación:



**Figura 135. Puntos de lindero del modelo LADM-COL representados en QGIS**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



## Importación de los linderos de las construcciones

Los linderos de las construcciones son importados a partir de la herramienta de crear linderos y seleccionando la opción desde otra capa de QGIS. Dentro de la herramienta (Figura 136) se selecciona la capa de los linderos de la cartografía en la opción *Fuente*.

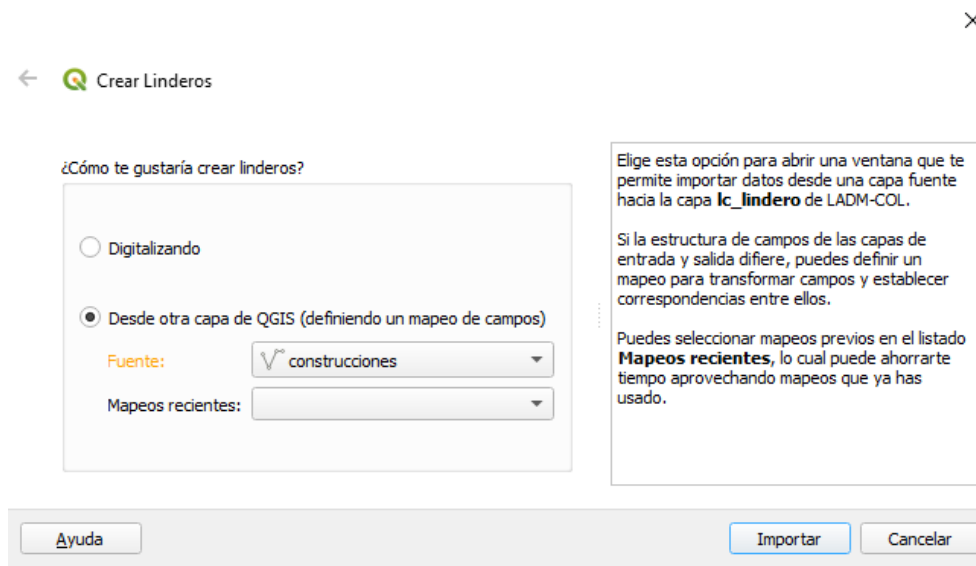
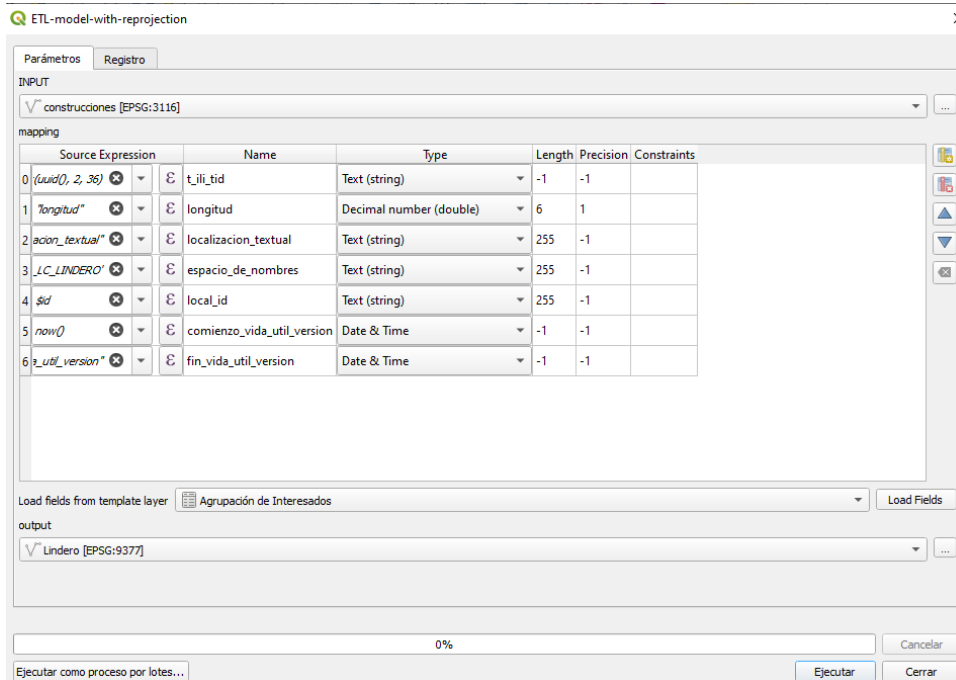


Figura 136. Ventana de creación de linderos

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Una vez seleccionada la capa, hay que rellenar el formulario con los campos e información alfanumérica a importar a la tabla de linderos del modelo LADM-COL.

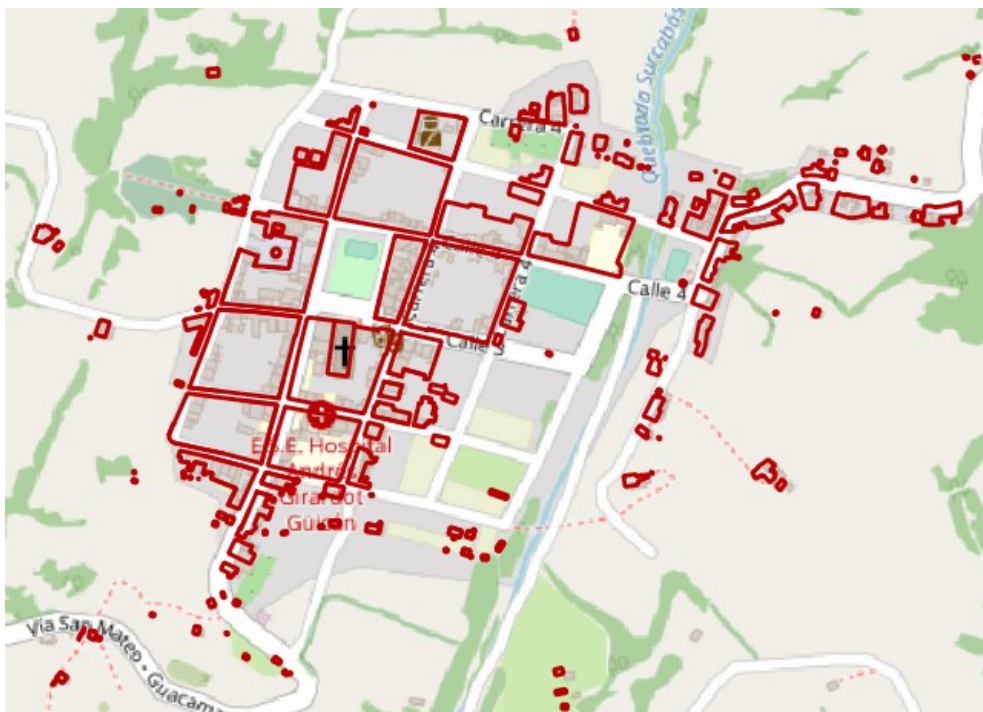
Recordamos que el valor obligatorio para los linderos es el campo de la *longitud*, pero este campo también se genera de forma automática según los parámetros de configuración del complemento. Así que en el formulario de importación de linderos no se tendrá que asignar ningún valor, como se muestra en la Figura 137:



**Figura 137.** Formulario con los valores rellenos para la importación de linderos

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Una vez ejecutado el proceso, se importan de a la vez los linderos que pertenecen a la capa de la cartografía a la base de datos. En la Figura 138 queda representado en QGIS la importación:

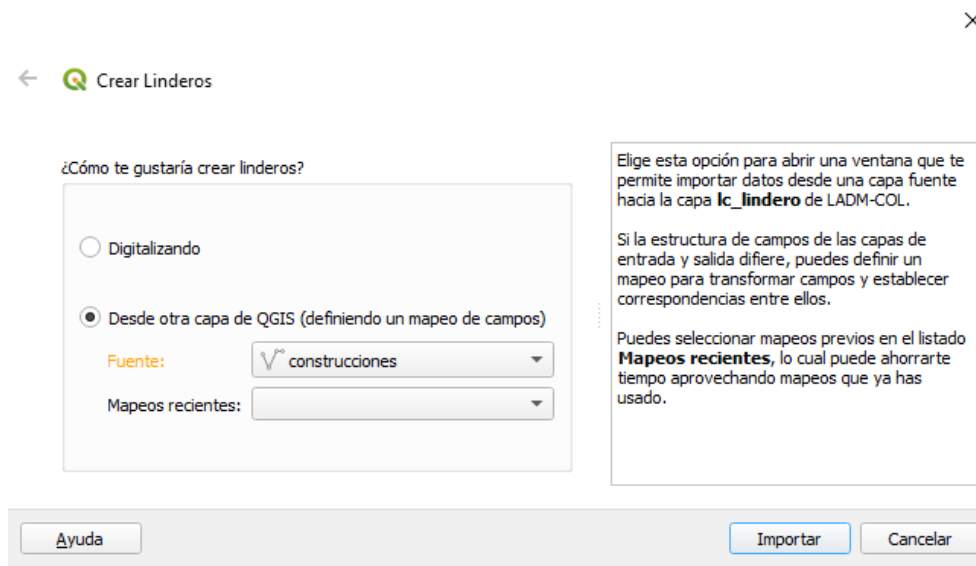


**Figura 138.** Linderos del modelo LADM-COL representados en QGIS

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

## Importación de los polígonos de las construcciones

Las construcciones son importadas a partir de la herramienta de crear construcciones y con la opción “A partir de una capa existente en QGIS”. Dentro de la herramienta (Figura 139) se selecciona la capa de construcciones en la opción de fuente.



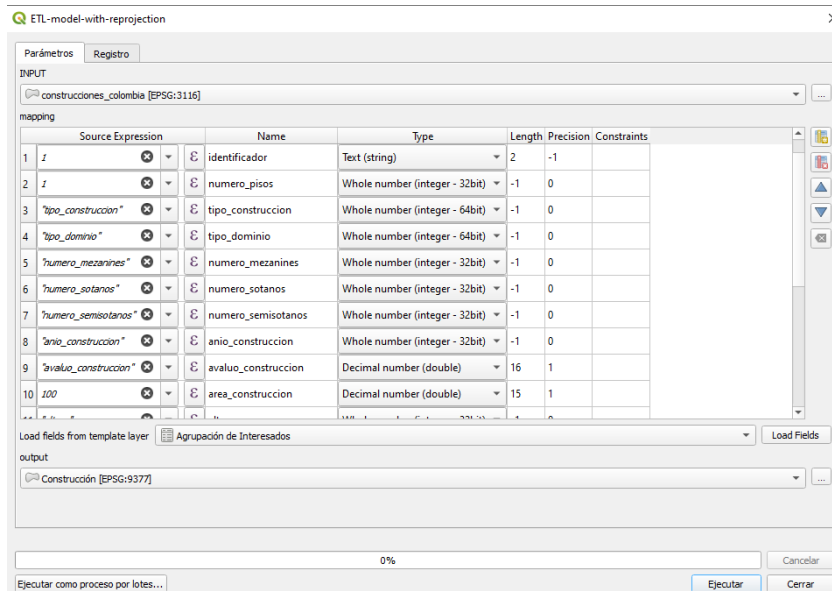
**Figura 139.** Ventana de creación de puntos de control

**Fuente:** Captura de pantalla de QGIS

Una vez seleccionada la capa, hay que rellenar el formulario con los campos e información alfanumérica a importar a la tabla de linderos del modelo LADM-COL.

Recordamos que los campos obligatorios para las construcciones, son: *Identificador*, *Numero\_Pisos* y *Area\_Construccion*.

Se le asigna un valor de 1 para el Identificador, un valor de 1 para el Numero\_Pisos ya que no se dispone de información de cada una de las estructuras y un valor de 100 para el Area\_Construccion, ya que la tabla de origen tampoco tiene establecida el área de cada construcción (Figura 140). Al importar varios elementos de una capa se les asignan a todos ellos los mismos valores de atributo, especificados en el cuadro de diálogo. A posteriori de la importación se calcularon las áreas a partir de las propias herramientas de QGIS.



**Figura 140. Formulario con los valores rellenos para la importación de construcciones**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez modificado el campo de *area\_construccion* se habrán modificado sus valores en la tabla de atributos, como se muestra en la Figura 141:

Construcción — Features Total: 165, Filtered: 165, Selected: 0

	de mezanin	mero de semisótario	io de la construccion	Ávaluo de construcción [COP]	Área de construcción [m2]
1	NULL	NULL	NULL	NULL	98.7
2	NULL	NULL	NULL	NULL	97.4
3	NULL	NULL	NULL	NULL	95
4	NULL	NULL	NULL	NULL	94
5	NULL	NULL	NULL	NULL	9127.7
6	NULL	NULL	NULL	NULL	9067.2
7	NULL	NULL	NULL	NULL	9.5
8	NULL	NULL	NULL	NULL	9
9	NULL	NULL	NULL	NULL	97.1

**Figura 141. Tabla de atributos de la tabla Construcciones**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez ejecutado el proceso, se importan a la vez las construcciones que pertenecen a la capa de la cartografía a la base de datos. En la Figura 142 muestra cómo queda representada en QGIS la importación:



**Figura 142. Construcciones del modelo LADM-COL representados en QGIS**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

### Importación de unidades de construcción

Como se aprecia en el modelo LADM-COL, una construcción puede estar compuesta por cero o varias unidades. Una construcción es como una finca de pisos, o un grupo de adosados, que tiene propiedades más genéricas, y las unidades de construcción son los elementos que hay dentro de la construcción, es decir, los pisos o los adosados. Se debe crear primero la construcción y luego las unidades de construcción que se relacionan todas con la misma construcción.

Se realiza un ejemplo de creación de unidad de construcción (Figura 143). Para crear la geometría de la unidad de construcción se copia y se pega el polígono de una construcción existente y se la relaciona con la unidad de construcción.

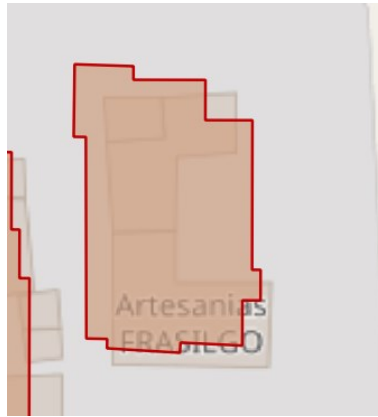


Figura 143. Construcción a relacionar con la unidad de construcción

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

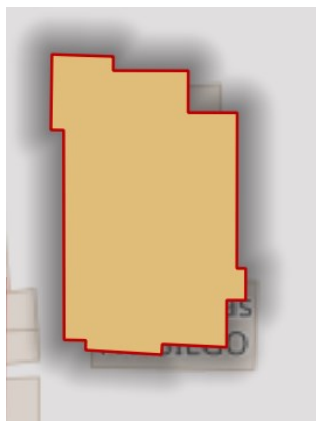
Para ello, se selecciona una construcción en modo de edición y se ejecuta la herramienta de copia de QGIS y luego se selecciona la capa de unidad de construcción en modo edición y se pega dicho elemento. Al pegar el elemento aparecerá un formulario a rellenar con los atributos de la unidad de construcción.

En dicho formulario hay que indicar el atributo de *lc\_construccion* que relaciona esta unidad de construcción con la construcción, que en este caso corresponde con el identificador 3602 de la construcción. Todos los identificadores son claves foráneas que apuntan a claves primarias en otras tablas. Las claves primarias son campos únicos autonuméricos (serial). El resto de los atributos obligatorios como el área de *construcción* y de *Planta ubicación* se rellenan con valores aleatorios para poder crear la unidad de construcción como se muestra en la Figura 144, ya que no se dispone de ninguna información de ninguna construcción:

Figura 144. Formulario a rellenar para la creación de una unidad de construcción

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

La Figura 145 muestra como quedaría representado en QGIS:



**Figura 145. Unidad de construcción representada en QGIS**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

### Creación de terrenos

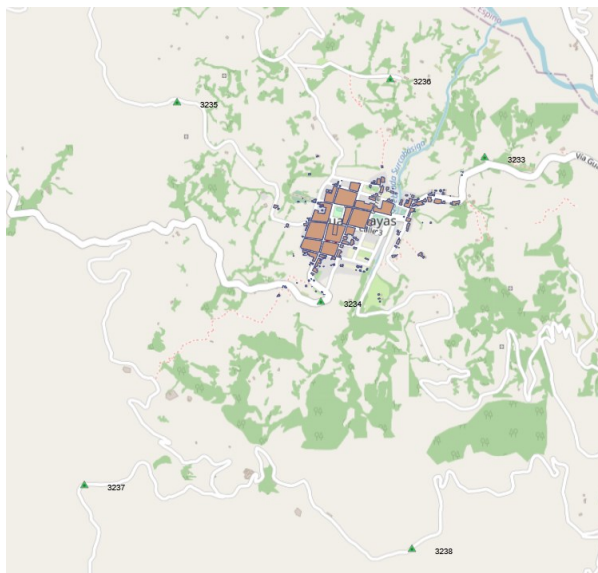
Para la creación de los terrenos, es necesario definir los puntos de lindero y los linderos del levantamiento. Una vez definidos como se ha detallado anteriormente, en el cuadro de diálogo de creación de terrenos, se seleccionan todos los linderos y se generan automáticamente los terrenos. Después de esta creación de terrenos es necesario rellenar el campo de área. Este proceso se realiza de forma manual a partir de la calculadora de campos de la tabla de atributos de la capa de terrenos.

Para este ejemplo, no se dispone de más información ni cartografía de predios, interesados, derechos y demás para completar la carga de importación al modelo LADM-COL. Por lo que se finaliza la importación del proyecto sin realizar las pertinentes comprobaciones reglas de calidad topológicas, ya que no se cumpliría con ninguna. Esta importación únicamente se ha realizado para verificar que a través del *plugin* asistente LADM-COL es posible una importación a la vez de los datos.

### **4.5.1.3 Representación en el geoportal GeoLadmCol**

Se comprobó que en el geoportal GeoLadmCol se hubiera importado correctamente los objetos espaciales cargados en el modelo LADM-COL. Al entrar en el geoportal y buscar la localización del municipio del levantamiento, se observó que sí que se representaba la carga de objetos espaciales en él. La Figura 146 muestra un mapa general con los objetos espaciales del levantamiento:

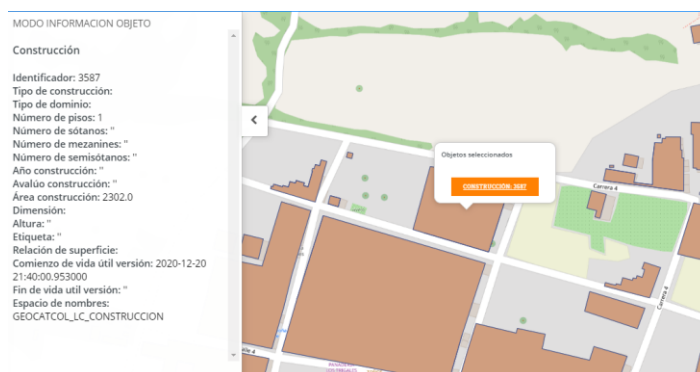




**Figura 146. Representación del levantamiento importado en el geoportal GeoLadmCol**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

Al pinchar en cada uno de los elementos espaciales como por ejemplo en una construcción (Figura 147), se obtiene correctamente toda la información que se indicó en el formulario del *plugin* LADM-COL.



**Figura 147. Información de una construcción en el geoportal**

**Fuente: Geoportal GeoLadmCol**

Con esto se concluye la importación en el modelo LADM-COL y visualización en el geoportal GEOLADMCOL del caso real de Colombia. Utilizando sensores LIDAR y fotogramétricos, la restitución digital ofrece una representación precisa del territorio. El proceso de importación de los datos se ha realizado sin ningún error.



## 4.5.2 Aplicación a partir de un levantamiento convencional

Se pretende importar en el modelo LADM-COL, un levantamiento topográfico convencional con datos reales realizado en Colombia. Los datos y la cartografía del levantamiento son proporcionados por la Cámara Colombiana de la Topografía, realizados en noviembre de 2020.

### 4.5.2.1 Ubicación del levantamiento y cartografía digital 2D

El levantamiento topográfico, Figura 148, se encuentra en el municipio de Anapoima, departamento de Cundinamarca. El número Catastral es 00-02-0011-0043-000, y la matrícula inmobiliaria No. 166-38056. La cartografía corresponde al levantamiento de una parcela con un área de 10000 m<sup>2</sup> y otra parcela de área 16918,50 m<sup>2</sup>.

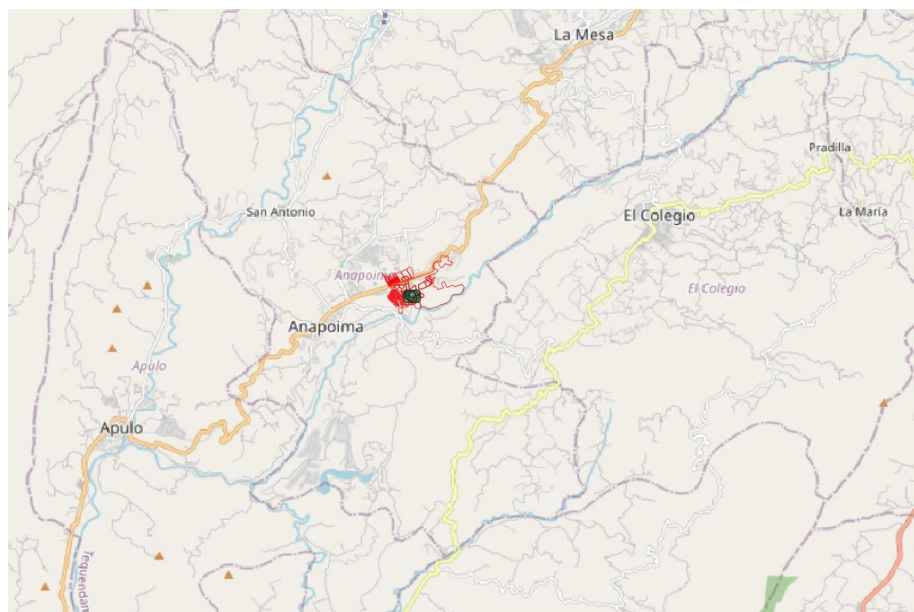


Figura 148. Zoom general del levantamiento

Fuente: Geoportal GeoLadmCol

#### Calidad de los datos

Precisión horizontal: Este conjunto de datos fue producido para satisfacer los Estándares de Precisión posicional ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) para Datos Digitales Geospaciales (2014). Se tiene una precisión de 12,50 cm RMSE<sub>x</sub> (Error de raíz cuadrada media) / RMSE<sub>y</sub> de Precisión Clase Horizontal que equivale a la precisión posicional Horizontal = +/- 30,7 cm a 99% de nivel de confianza.

### Parcela 1

Perímetro de 640,56 metros lineales y área de 10000 m<sup>2</sup>.

Precisión Espacial Posicional 95%

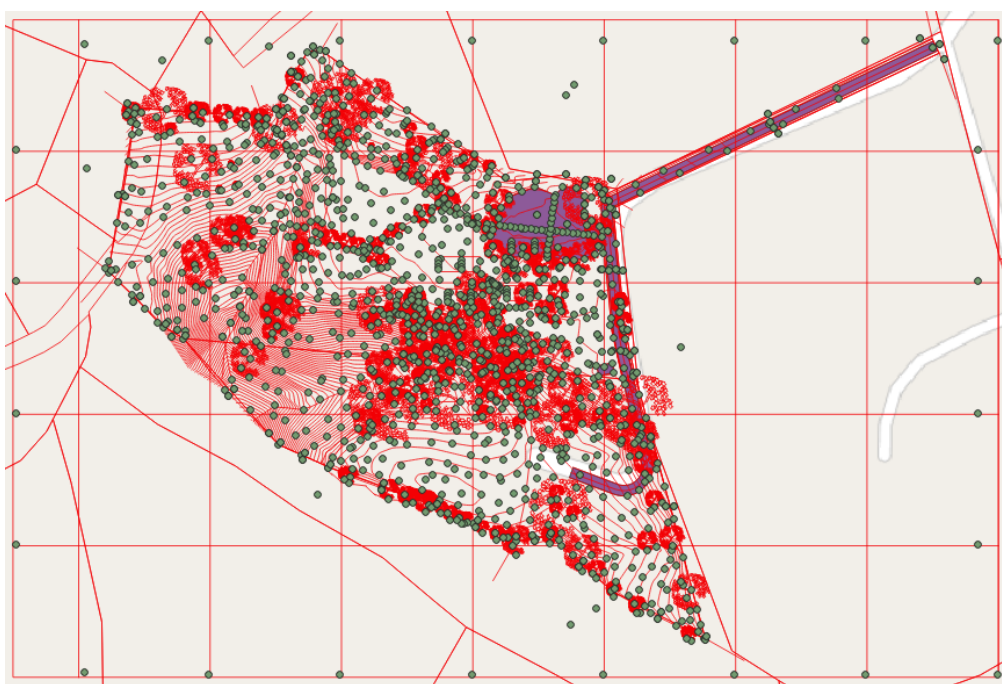
NTC 6271 (Norma Técnica Colombiana 6271) = 0,13 m x 640,56 m de Perímetro = +/- 80,07 m<sup>2</sup> que equivalen a +/- 0,80% como límite de tolerancia del área total del predio parcela 1.

### Parcela 2

Perímetro de 841,34 metros lineales y área de 16918,50 m<sup>2</sup>.

Precisión Espacial Posicional 95%

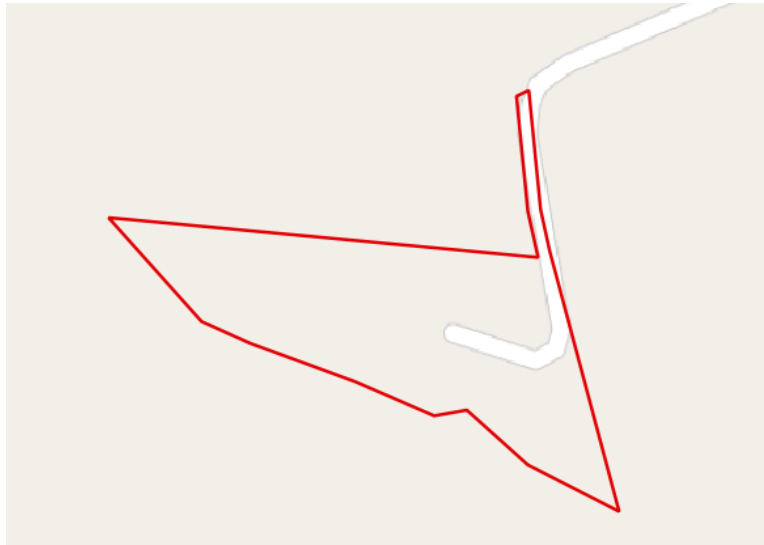
NTC 6271 = 0,13 m x 841,34 m de Perímetro = +/- 105,17 m<sup>2</sup> que equivalen a +/- 0.62% como límite de Tolerancia del área total predio parcela 2.



**Figura 149. Cartografía del levantamiento convencional**

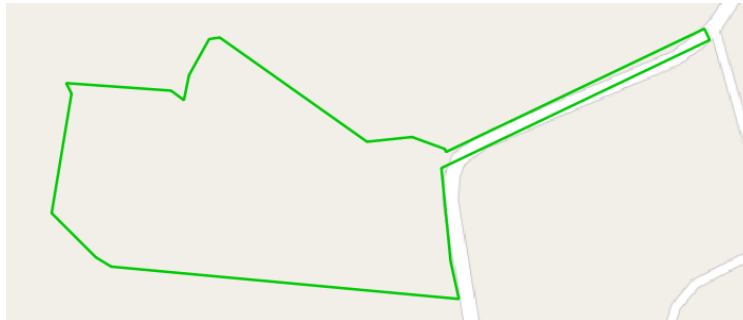
**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Se procede a separar los elementos mostrados en la Figura 149 para obtener los linderos de las parcelas, los puntos del levantamiento, terrenos y el predio general. Quedando los linderos y las parcelas de la como se muestra en la Figura 150 y en la Figura 151:



**Figura 150. Parcela 1 del levantamiento**

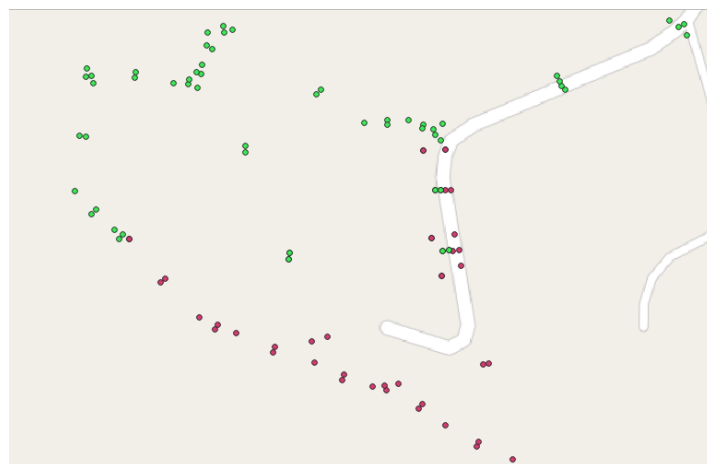
**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



**Figura 151. Parcela 2 del levantamiento**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

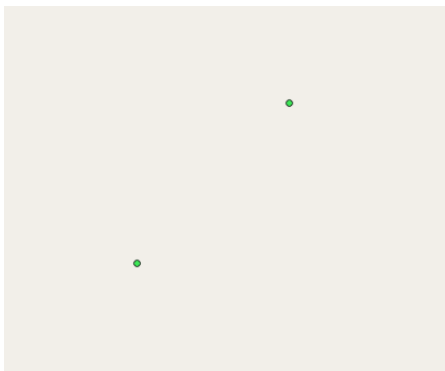
Así se representan en la Figura 152 los puntos medidos durante el levantamiento:



**Figura 152. Puntos medidos durante el levantamiento**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Para obtener los puntos de los linderos hay que tener en cuenta que, en algunas de las mediciones de los puntos durante el levantamiento se realizaron dos veces (Figura 153), por lo que en estos puntos hay que obtener su punto promedio.

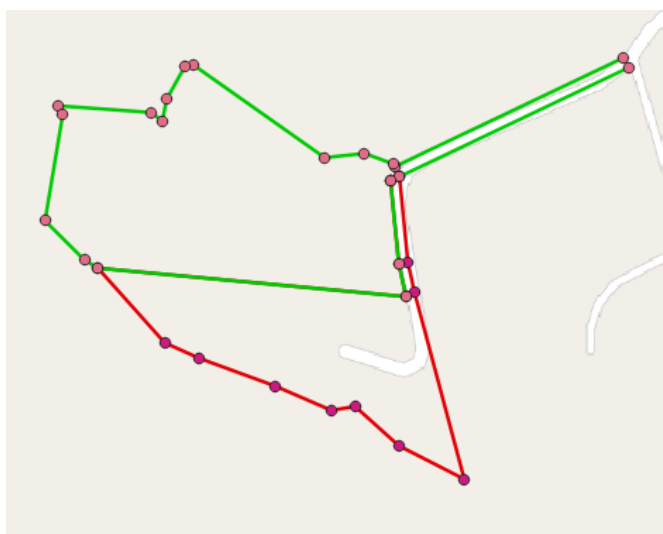


**Figura 153. Puntos durante el levantamiento sin promediar**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En versiones anteriores, el *plugin* Asistente LADM-COL contenía una herramienta para realizar este proceso, en el que le indicamos una capa de entrada con una tolerancia para agrupar puntos cercanos y calcular el promedio. Esta herramienta devolvía los puntos promedio. Esta herramienta ya no está disponible en la última versión del *plugin*, se desconoce el motivo. Por lo que este proceso habría que realizarlo a partir de herramientas de Autocad o en QGIS.

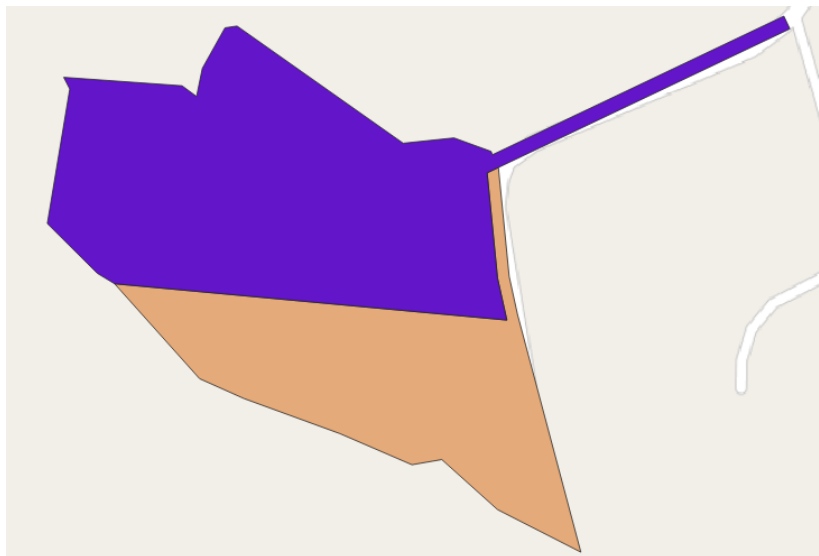
Como no se dispone de estos puntos promedio, se procede a extraer los vértices de las parcelas, ya que se representarán como los puntos de los linderos. A través de la herramienta de QGIS en el menú de *Vectorial -> Herramientas de geometría -> Extraer Vértices* quedando como resultado la Figura 154.



**Figura 154. Puntos de los linderos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Tampoco se dispone de la cartografía de los polígonos de las parcelas, por lo que se procede a la creación de estos a partir de los linderos de las parcelas utilizando la herramienta de QGIS en el menú de *Vectorial -> Herramientas de geometría -> Líneas a Polígonos*. Quedando el resultado de las parcelas representado en la Figura 155:



**Figura 155. Parcelas del levantamiento**

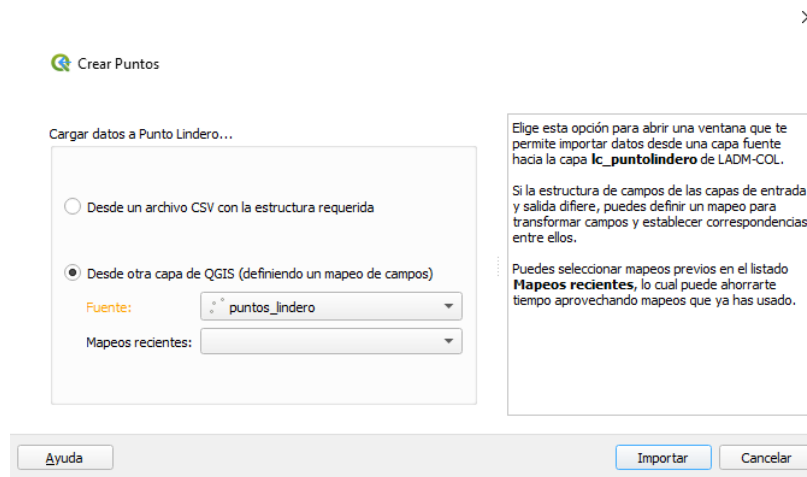
**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

A continuación, con toda la cartografía obtenida, se importará al modelo LADM-COL los puntos de los linderos, los linderos, los terrenos de las parcelas y finalmente el predio general.

#### **4.5.2.2 Importación al modelo LADM-COL**

##### Importación de los puntos de los linderos

Los puntos de lindero son importados a partir de la herramienta de crear punto y seleccionando la opción de puntos de lindero. Dentro de esta ventana (Figura 156) se selecciona la opción de a partir de una capa de QGIS existente y se selecciona dicha capa de puntos de lindero.



**Figura 156. Ventana de creación de puntos de lindero**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez seleccionada la capa, hay que rellenar el formulario con los campos e información alfanumérica a importar a la tabla de puntos de lindero en el modelo LADM-COL.

Se recuerda que los campos obligatorios para los puntos de lindero, son: *ID\_Punto\_Lindero*, *PuntoTipo*, *Acuerdo*, *Exactitud\_Horizontal* y *MetodoProduccion*.

En los parámetros del formulario, se deben de modificar los parámetros de la columna Source Expression. Se asigna un valor de 1 para el campo *ID\_Punto\_Lindero*, valor 841 para el campo *PuntoTipo* que corresponde con elementos sin materialización referidos a áreas de campos abiertos, un valor según el informe del levantamiento de 0.307 metros para el campo de la *exactitud\_horizontal* (error al 99%), un valor 194 para el campo del *Acuerdo* que corresponde con un acuerdo positivo y un valor de 208 para el campo de *MetodoProduccion* que corresponde con el método directo ya que se ha realizado un levantamiento en visita a campo.

Una vez ejecutado el proceso, se importan los puntos de lindero que pertenecen a la capa puntos\_lindero a la base de datos. En la Figura 157 se muestra cómo queda representado en QGIS la importación:

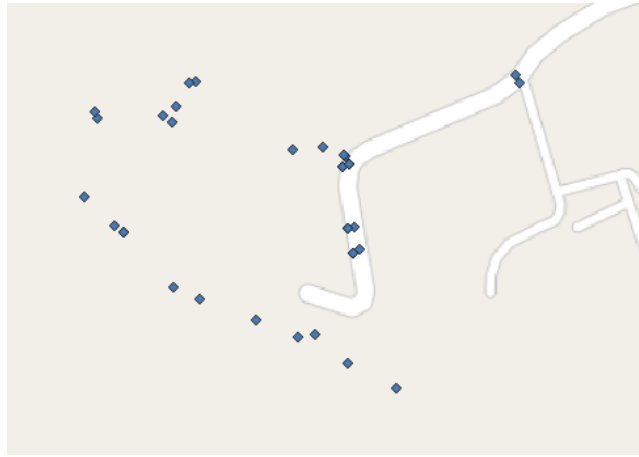


Figura 157. Puntos de lindero del modelo LADM-COL representados en QGIS, del levantamiento topográfico

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Para comprobar la regla topológica de que los puntos de linderos no deben superponerse, hay que lanzar la herramienta correspondiente situada en el menú de *LADM-COL* -> *Calidad* (Figura 158).

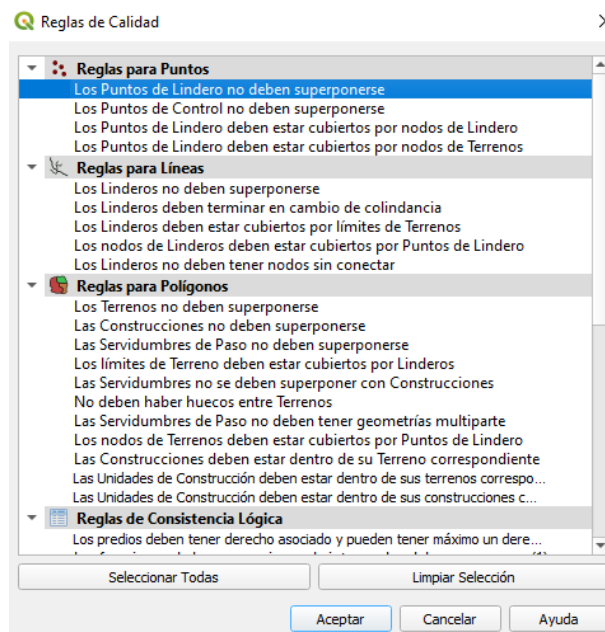
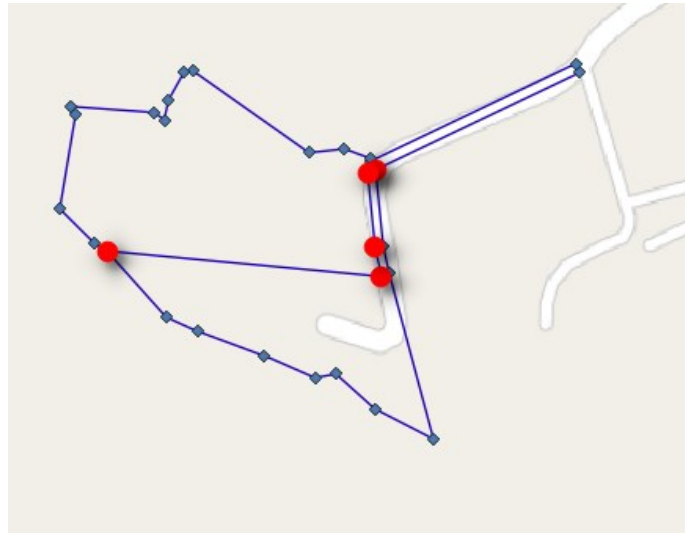


Figura 158. Reglas de calidad aplicada a puntos de lindero

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Una vez lanzada la herramienta en el mapa, muestra aquellos puntos de linderos que se superponen. La coincidencia de los puntos debe de ser exacta, no se le aplica ninguna tolerancia. Como se muestra en la Figura 159:



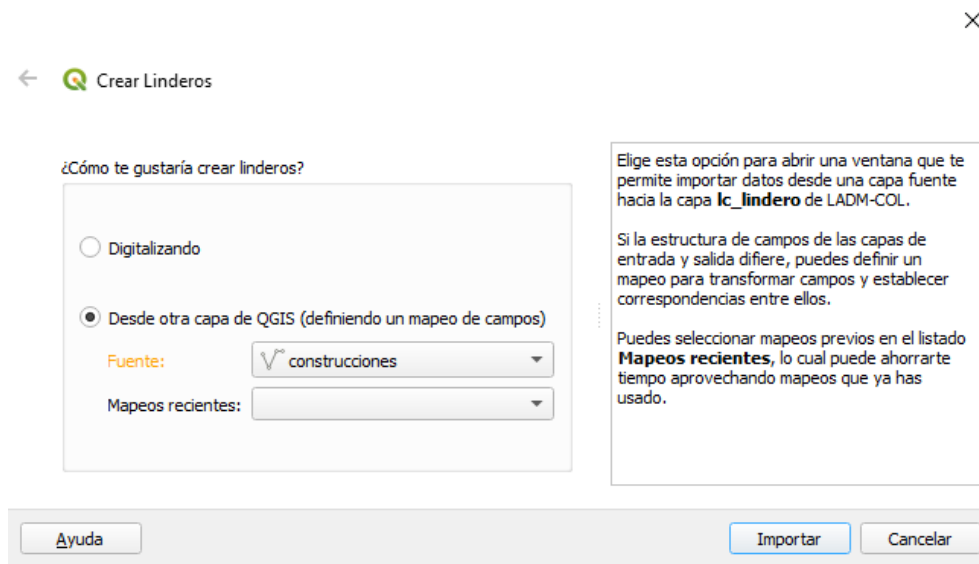
**Figura 159. Detección de puntos de lindero duplicados**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Se procede a eliminar aquellos puntos de lindero duplicados manualmente, con las herramientas estándar de QGIS.

### Importación de los linderos

Los lindes son importados a partir de la herramienta de crear linderos (Figura 160) y seleccionando la opción de a partir de una capa existente en QGIS. Dentro de la herramienta se selecciona la capa de los lindes de la cartografía en la opción de fuente.



**Figura 160. Ventana de creación de linderos, en el caso del levantamiento topográfico**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**



Una vez seleccionada la capa, hay que rellenar el formulario con los campos e información alfanumérica a importar a la tabla de linderos del modelo LADM-COL.

Se recuerda que el valor obligatorio para los linderos es el campo de la *longitud*, pero este campo también se completa de forma automática según los parámetros de configuración del complemento. Así que en el formulario de importación de linderos no se tendrá que asignar ningún valor, como se muestra en la Figura 161:

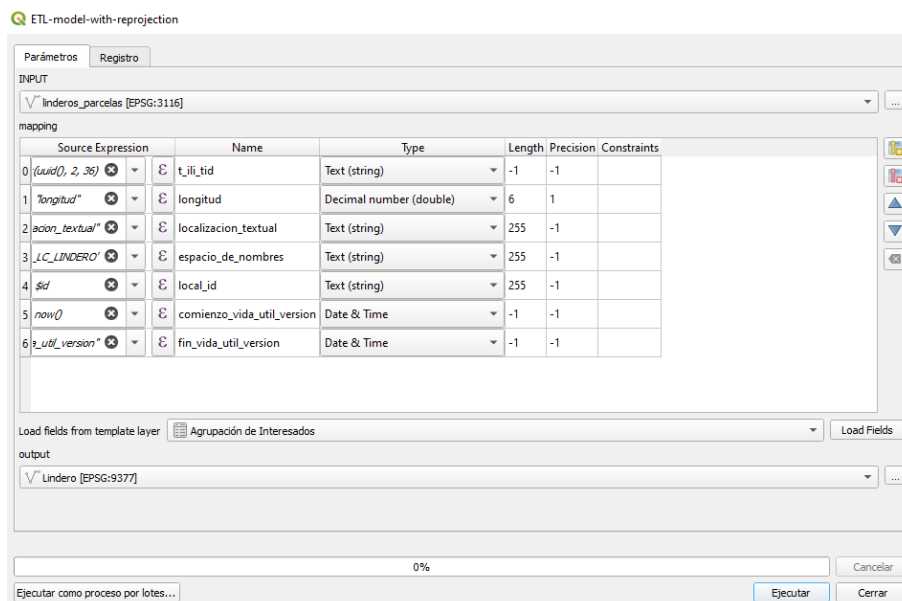


Figura 161. Formulario con los valores rellenados para la importación de linderos

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Hay que tener en cuenta que una de las normas topológicas es que dos linderos no deben superponerse en el modelo LADM-COL, y cómo las parcelas levantadas tienen un lindero común, se tendrán linderos que se superpongan. Se realiza una importación de todos los linderos juntamente con los superpuestos para comprobar si el *plugin* detecta linderos superpuestos o hay que corregirlos a posteriori.

Una vez ejecutado el proceso, se importan los linderos que pertenecen a la capa de la cartografía a la base de datos y la herramienta no ha detectado dichos linderos superpuestos. En la Figura 162 muestra cómo queda representada en QGIS su importación:

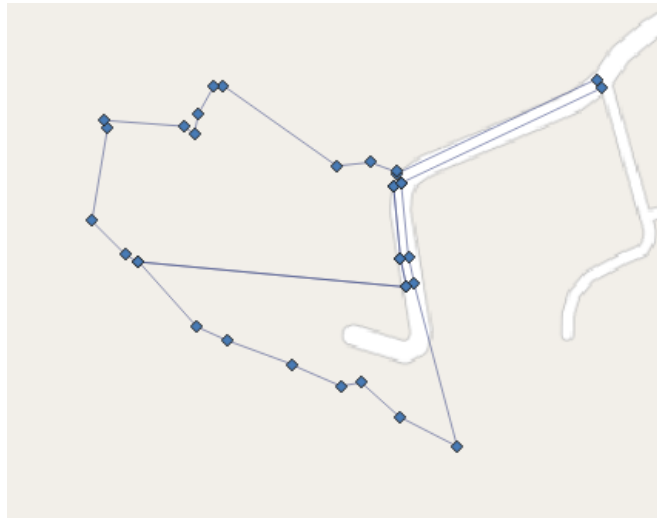


Figura 162. Linderos del modelo LADM-COL representados en QGIS

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Para comprobar la regla topológica de que los linderos no deben de superponerse, hay que lanzar la herramienta (Figura 163) correspondiente situada en el menú de *LADM-COL -> Calidad*:

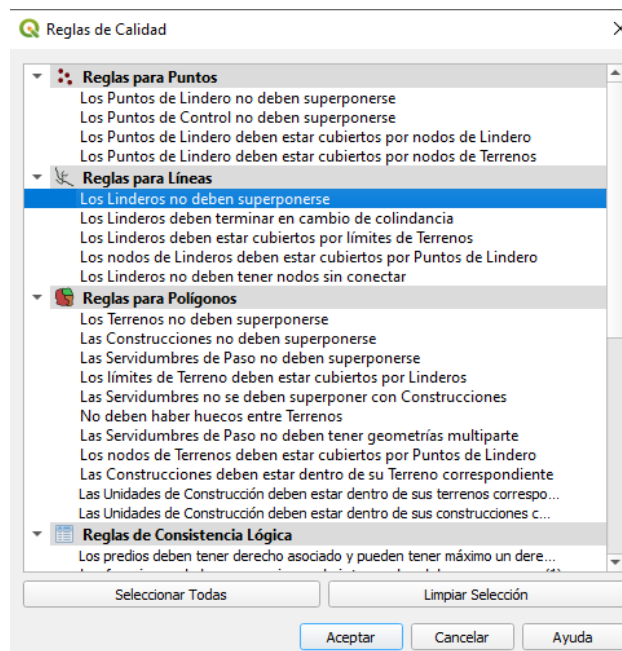
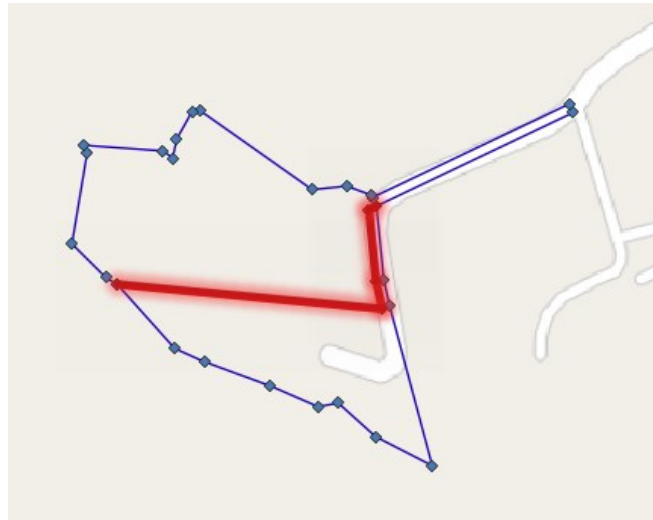


Figura 163. Reglas de Calidad para Líneas

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Una vez iniciado el proceso, la herramienta comprueba todos los linderos y realiza las reglas de calidad que se hayan seleccionado, en este caso muestra en color rojo en el mapa los linderos superpuestos (Figura 164).



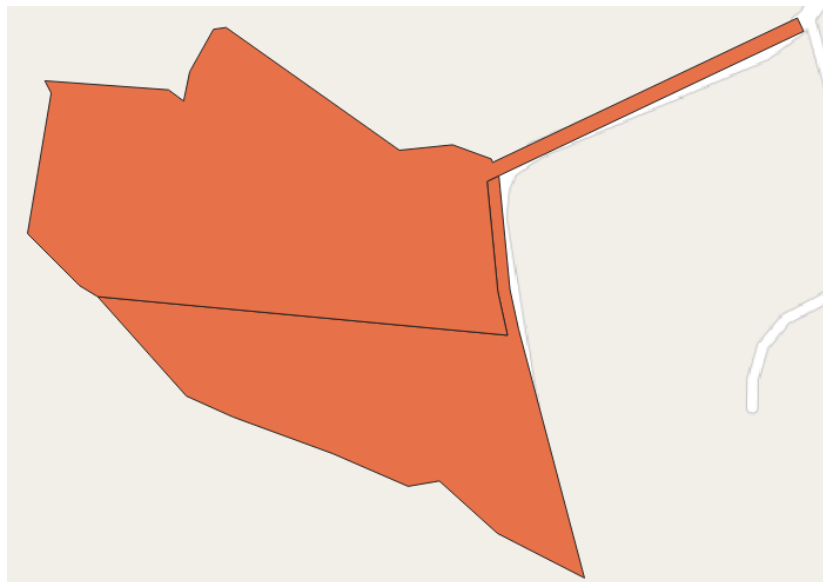
**Figura 164. Linderos superpuestos en el mapa**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Para eliminar dichos linderos hay que realizarlo manualmente, identificando los linderos duplicados y eliminándolos del sistema con las herramientas de QGIS.

#### Importación de los Terrenos

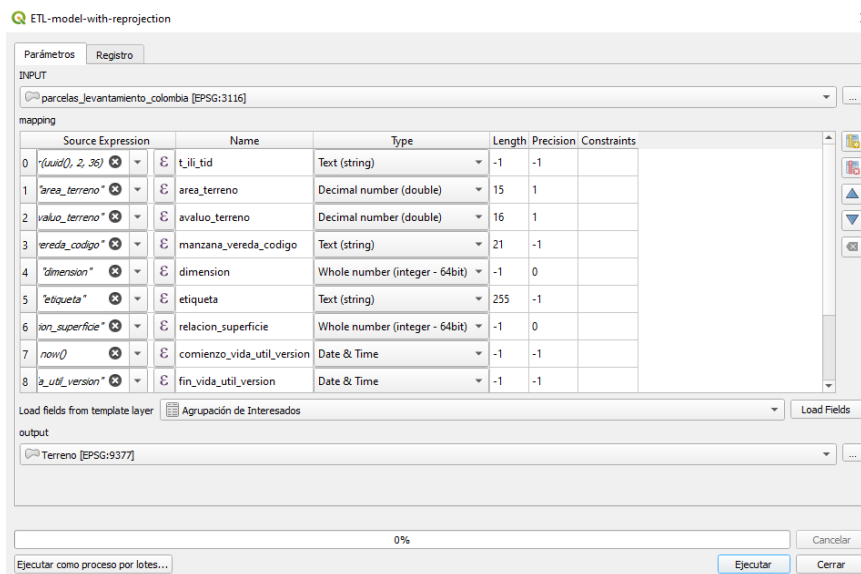
Ahora se procede a importar los terrenos del levantamiento o parcelas levantadas a partir de la herramienta de crear terreno (Figura 165) y con la opción desde otra capa de QGIS existente.



**Figura 165. Terrenos definidos en el levantamiento**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Se deben definir los campos de la tabla de terrenos (Figura 166). Recordando lo explicado en el apartado 3.5.2.3, el valor obligatorio para el terreno es el campo *area\_terreno*.



**Figura 166. Formulario de importación de terrenos a partir de otra capa de QGIS**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En este caso, el valor del campo área no se genera de forma automática y hay que indicarlo manualmente, o que utilice el valor de otra columna que tenga la capa de importación. Se le asigna un valor aleatorio de 100 y a posteriori podemos asignarle el valor correcto con la calculadora de campos de QGIS. Al pulsar aceptar el terreno es creado correctamente.

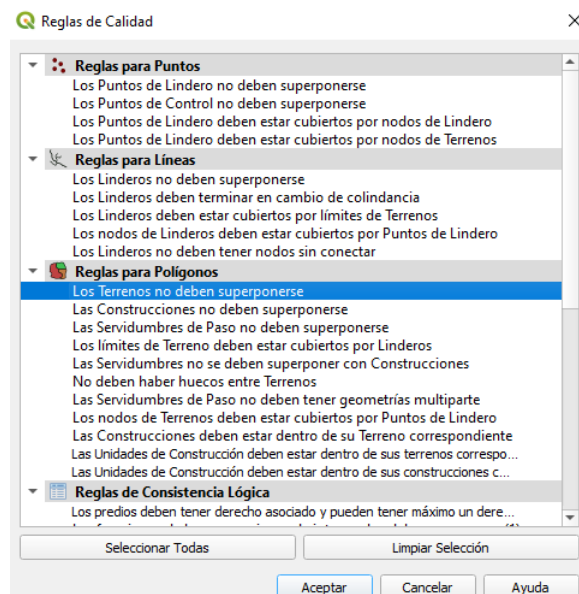
Y así quedaría representado en QGIS (Figura 167) en la capa de Terrenos:



**Figura 167. Representación de los terrenos del levantamiento en QGIS**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

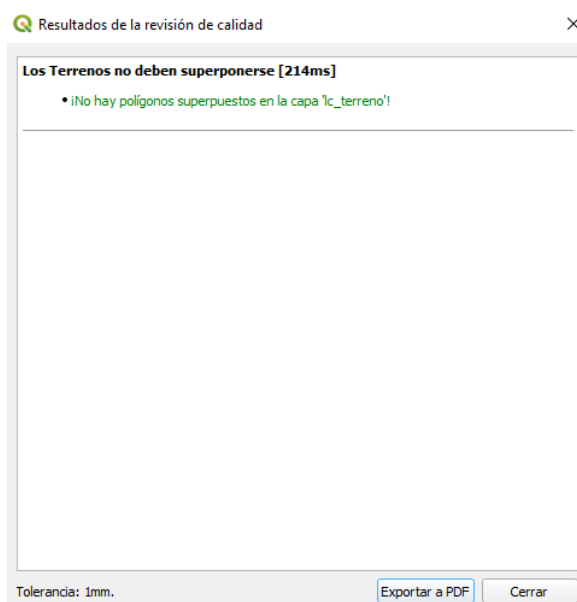
Para comprobar la regla topológica de que los terrenos no deben de superponerse, hay que lanzar la herramienta (Figura 168) correspondiente situada en el menú de *LADM-COL -> Calidad*:



**Figura 168. Reglas de Calidad para Polígonos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Una vez iniciado el proceso, la herramienta comprueba todos los terrenos y realiza las reglas de calidad que se hayan seleccionado, en este caso devuelve una ventana (Figura 169) indicando que no hay polígonos de terrenos superpuestos en la capa *lc\_terreno*:



**Figura 169. Resultado de la comprobación de reglas de calidad en terrenos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

## Llenar Puntos CCL

A continuación, hay que completar las tablas del modelo que relaciona puntos de lindero con linderos y linderos con terrenos. En la creación de los puntos de linderos y los propios linderos se eliminaron aquellos duplicados, ya que en el caso de linderos pertenecen a dos terrenos que son colindantes y en el caso de los puntos de lindero pertenecen a dos linderos distintos. Por lo que estas relaciones se deben de indicar explícitas en el modelo.

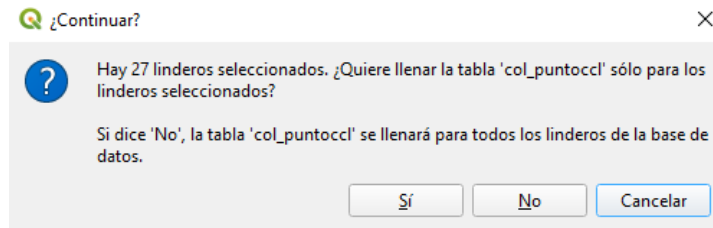
El *plugin* Asistente LADM-COL provee de herramientas que ayudan a automatizar este proceso. Como es la herramienta de Llenar Puntos CCL situada en la barra de herramientas del *plugin*. Para realizar este proceso mostramos en el mapa los identificadores de los puntos de lindero, linderos y terrenos (Figura 170) para comprobar el funcionamiento de este proceso en las tablas donde se crearán las relaciones.



Figura 170. Identificadores de los puntos de linderos, linderos y terrenos.

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Primero se relacionan puntos de lindero con linderos. Se seleccionan los linderos en el mapa y se ejecuta la herramienta de Llenar Puntos CCL (cara cadena línea). Una vez se pincha en la herramienta aparece una ventana (Figura 171) que indica sí se quiere realizar el proceso y rellenar la tabla col\_puntoccl sólo para los 27 linderos seleccionados, se le indica que sí y se generan 57 registros nuevos en la tabla col\_puntoccl.



**Figura 171. Ventana de Llenar Puntos CCL**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

A continuación, se identifica el lindero que es colindante en las dos parcelas con el campo *ccl* con un valor de 8167, se procede a comprobar la tabla de atributos de la tabla *col\_puntoccl* (Figura 172) con los nuevos registros creados en ella.

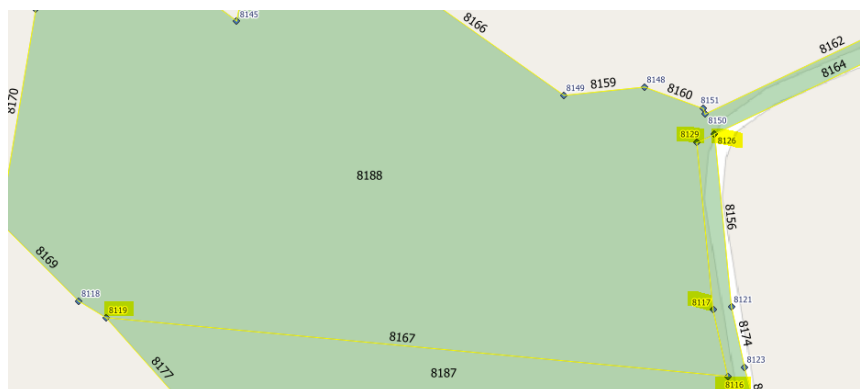
col\_puntoccl — Features Total: 57, Filtered: 57, Selected: 5

	t_id	t_ili_tid	punto	punto	punto	ccl
23	8276	b1264e1e-71e3-...	0	8118	0	8167
24	8277	71a7d694-254a-...	0	8129	0	8167
25	8273	72c3cc90-e1b2-...	0	8116	0	8167
26	8274	6e9aa187-66cf-...	0	8117	0	8167
27	8275	ec4318b7-d565-...	0	8119	0	8167

**Figura 172. Tabla de atributos de la tabla col\_puntoccl**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En la columna *ccl* indica el valor del lindero, en este caso el lindero colindante corresponde a un valor de 8167 y en la columna *punto* se indican los puntos de lindero que están relacionados, que son el 8118, 8116, 8117, 8129 y 8119. Se verifica en el mapa que correspondan con los puntos nombrados, como se muestra en la Figura 173, remarcando en amarillo los puntos de lindero:

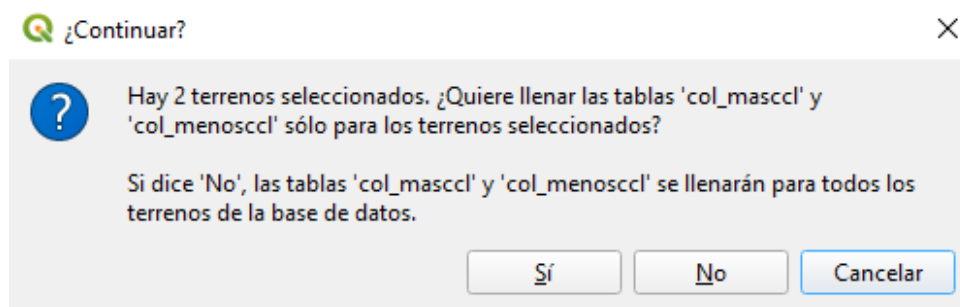


**Figura 173. Verificación de relación de puntos de lindero con linderos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

### Continuar añadiendo relaciones entre objetos. Opción *Llenar más CCL y menos*

Se procede a realizar la misma operación que en el apartado anterior utilizando la herramienta *Llenar más CCL y menos*. Con esta operación se puede relacionar los terrenos con los linderos. Para ello se seleccionan los terrenos en el mapa y se hace click en la herramienta *Llenar más CCL y menos*. Aparecerá una ventana (Figura 174) indicando si quiere rellenar las tablas de col\_mascc1 y col\_menoscc1 a partir de los terrenos seleccionados, se le indica que sí.



**Figura 174.** Ventana de terrenos seleccionados en el proceso de la herramienta de *Llenar más CCL y menos*

**Fuente:** Captura de pantalla de QGIS

La tabla col\_menoscc1 indica linderos que están creando islas o agujeros dentro de los polígonos de terreno. En este caso no se ha detectado ninguna isla, por lo que en esta tabla se han creado 0 registros nuevos. En la tabla col\_mascc1 se crearon 29 registros nuevos que relacionan los terrenos con sus respectivos linderos. Este proceso es automático y se realiza buscando los linderos que interceptan el perímetro de cada terreno.

Con esto se termina el paquete de unidades espaciales correspondiente con los elementos geográficos. A continuación, se pasará a la creación de predios, fuentes, interesados y derechos.

### Importación de los predios

Se procede a la creación de cada uno de los predios asociados al terreno. Se selecciona cada uno de los terrenos (Figura 175) en el mapa de forma individual y a través de la herramienta del *plugin* de crear predio se inicia el proceso de creación. Primero se selecciona el terreno con el identificador 8188.



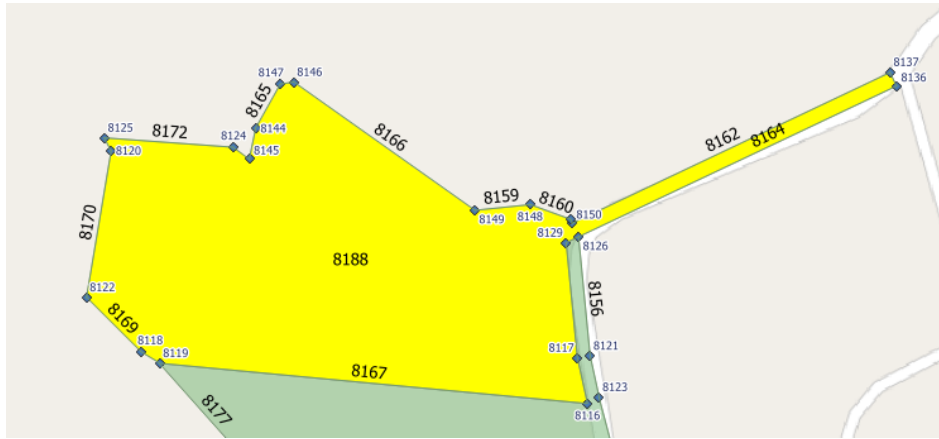


Figura 175. Selección del primer terreno

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

El siguiente paso es iniciar la herramienta de crear predio (Figura 176) y se indica que se ingresan los atributos a través de un formulario. En la propia ventana se muestra la selección del terreno en el mapa.

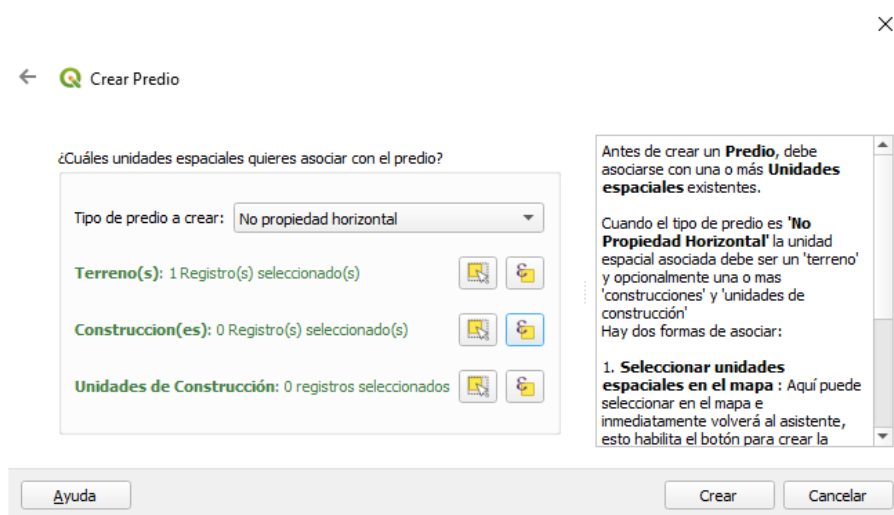


Figura 176. Ventana de creación de predio con el terreno seleccionado

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

A continuación, hay que rellenar en el formulario los valores del predio (Figura 177). Los valores obligatorios del formulario son:

- *Departamento*: Departamento de Cundinamarca con un valor de 25.
- *Municipio*: Municipio de Anapoima con un valor de 035.
- *Versión de comienzo de vida útil*: Versión de comienzo de vida útil con un valor de la fecha actual.
- *Local ID*: con un valor de 1.
- *Tipo de predio*: con un valor de privado.
- *Espacio de nombres*: con un valor de levantamiento convencional.
- *Identificador único de operación*: con un valor de 1.

Q Predio - Atributos del objeto espacial

General col\_baunitcominteresado col\_baunitfuente col\_uebaunit col\_unidadfuente extdireccion lc\_datosphcondominio lc\_datosadicionaleslevantamientocatastral lc

Avalúo catastral [COP] 20000000,0

Versión de comienzo de vida útil 26/12/20 0:00

Departamento 25

Versión de fin de vida útil NULL

Local ID 1

Municipio 035

Número predial NULL

Número único predial NULL

Tipo de predio (Privado)

Código ORIP NULL

Condición del predio (No propiedad horizontal)

Espacio de nombres levantamiento\_convencional

Identificador único de operación 1

Matrícula inmobiliaria NULL

Nombre NULL

Número predial anterior NULL

Tiene FMI

Aceptar Cancelar

Figura 177. Formulario de rellenado de atributos en la creación del predio

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

El resto de los atributos no se dispone de la información para su introducción. En el caso del segundo predio se realiza el mismo proceso, pero relacionando el predio con el terreno con el identificador 8187. La Figura 178 muestra la tabla de atributos de los predios creados con los identificadores 8339 y 8337:

	t_id	t_ili_tid	Departamento	Municipio
1	8339	1157...	25	035
2	8337	3ca2...	25	035

Figura 178. Tabla de atributos del Predio

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

En la tabla col\_uebaunit se rellenan automáticamente las relaciones entre los terrenos y los predios. En la Figura 179 muestra dicha tabla y se observa que los terrenos con los identificadores 8188 y 8187 están relacionados con los predios anteriormente creados con los identificadores 8337 y 8339. La Parcela 1 corresponde con el terreno 8188 y el predio 8337. La parcela 2 corresponde con el terreno 8187 y el predio 8339.

	t_id	t_ili_tid	ue	ue	ue	ue	baunit
1	8338	45990da3-246...	NU...	8188	NULL	NULL	8337 - -
2	8340	825343f4-b0b...	NU...	8187	NULL	NULL	8339 - -

Figura 179. Tabla col\_uebaunit

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

## Creación de interesados

Se crean los interesados a partir de la herramienta del *plugin* de crear Interesados, seleccionando la opción de rellenar los atributos a partir de un formulario. Para este rellenado de atributos se dispone de los nombres, apellidos y de su cédula de ciudadanía de dos interesados, y no se mostrarán los valores introducidos al formulario, ni imágenes de ellos debido a la protección de datos de los interesados. Los dos interesados tienen como identificadores los valores 8341 y 8342.

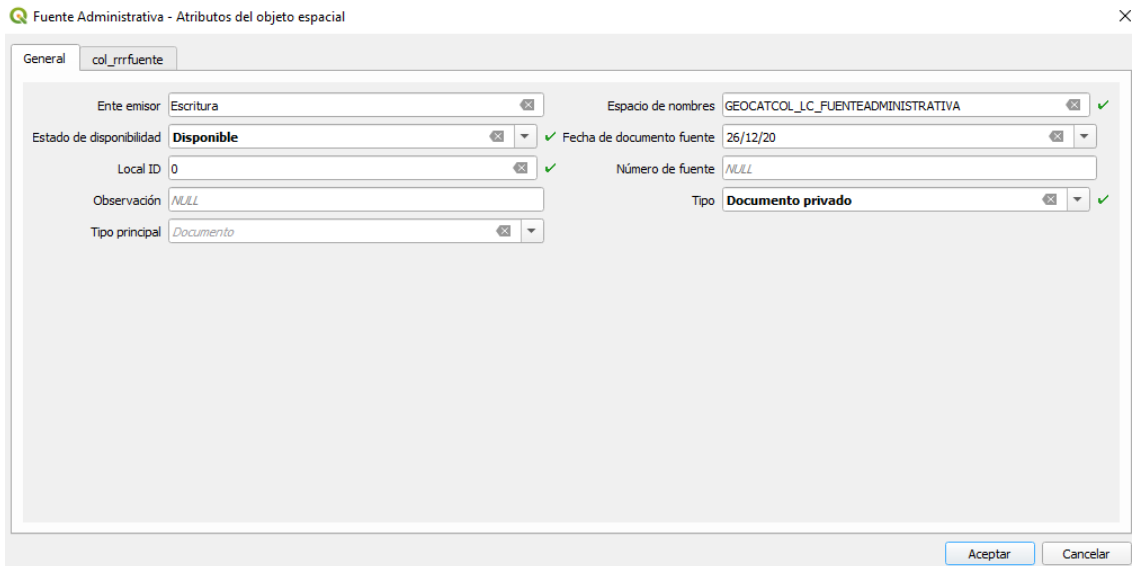
## Importación de documentación fuente

Los interesados tienen unos derechos, restricciones o responsabilidades respecto a los predios. Ahora se cargan los documentos fuente que van a verificar dicho derecho de los interesados sobre los predios. Los documentos fuente que verifican un predio pueden ser escrituras escaneadas, planos, información acerca de los interesados, el registro público de la propiedad u otro tipo de documentación.

En este caso no se dispone de ningún documento para su importación, pero de igual forma se comprobará en forma de demostración, el proceso de la herramienta para el almacenamiento de documentación fuente. Esta documentación es enviada desde archivos locales a un servidor externo del *plugin* Asistente LADM-COL, concretamente a la url del servidor <http://portal.proadmintierra.info:18888>

Se utiliza la herramienta del *plugin* Crear Fuente Administrativa (Figura 180) ingresando los datos manualmente en un formulario.

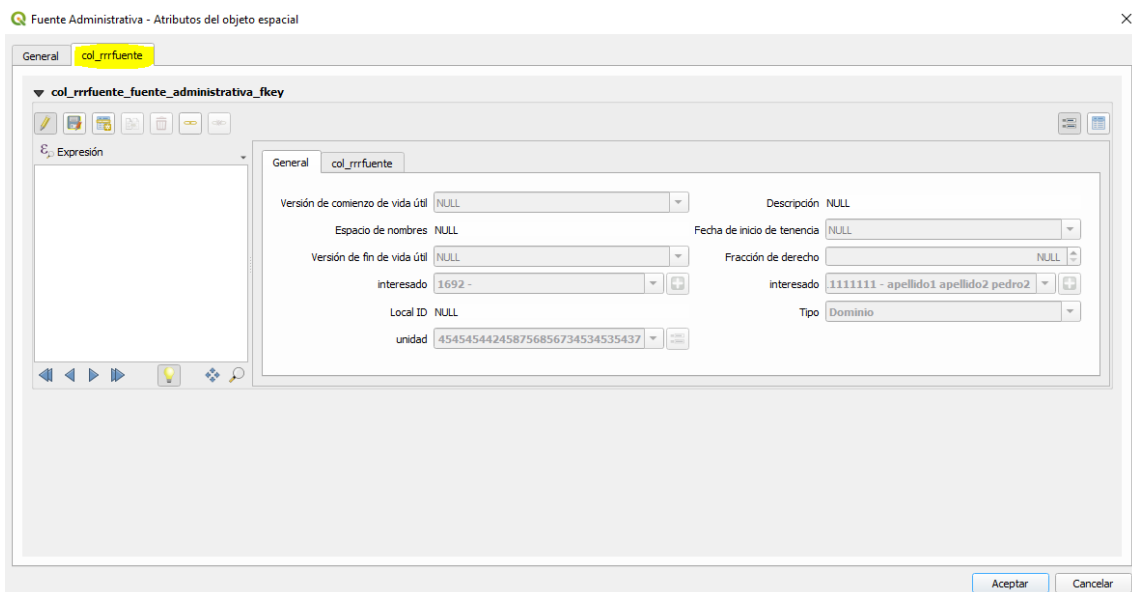
En la pestaña de General, se introducen los siguientes valores: *Ente emisor* valor *escritura*, *Estado de disponibilidad*, valor *disponible*, *Local ID*, valor *0*, *Tipo principal*, valor *documento* y el *Tipo* valor *documento privado*.



**Figura 180. Ventana de rellenado de atributos de una fuente administrativa**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Como se observa, en esta ventana aparece una segunda pestaña llamada `col_rrrfuente` (Figura 181), donde corresponde con un formulario de creación de una fuente de un derecho.



**Figura 181. Ventana de añadir una fuente de un derecho en el *plugin* LADM-COL en la versión 3.0.0.**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

En la documentación esta pestaña es llamada extarchivo (Figura 182), y al seleccionarla aparece un formulario distinto.

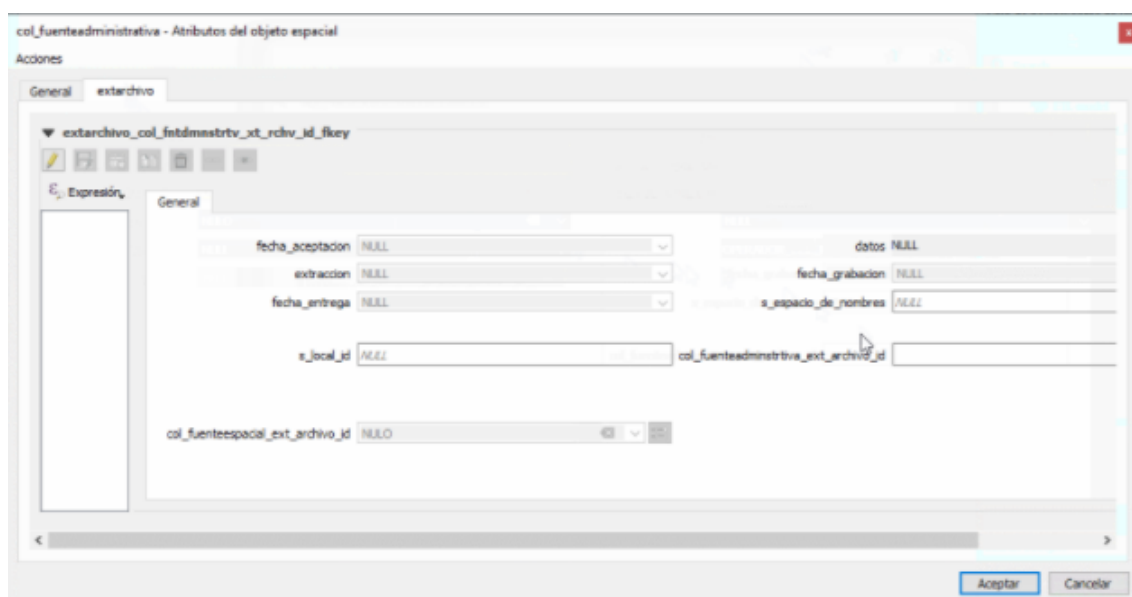


Figura 182. Ventana de col\_fuenteadministrativa en la documentación del *plugin*

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

En este formulario, en cuando se añade un nuevo elemento hijo, según la documentación del *software* debería de aparecer una opción para seleccionar archivos locales y enviarlos al servidor del *plugin*. Pero al abrir este formulario, esta opción no aparece. Se ha investigado en otros formularios, por si esta opción está ubicada en otro lugar, pero no se ha encontrado.

Según se ha podido comprobar, en la documentación oficial se ha actualizado, y ahora indica la versión 3.1.0 a fecha 28 de diciembre de 2020. Como ya se ha indicado al inicio de la tesis, este proyecto se centrará en la versión 3.0.0 del *plugin*, ya que este *plugin* no es un *plugin* final y está en continuas mejoras: No se puede actualizar continuamente el *plugin*, porque se retrasaría en las fechas de entrega de la tesis. Por lo que se intuye que anteriormente esta opción estaría ubicada en otro formulario, o aún no estaría desarrollada en el *plugin* con la versión 3.0.0. Se ha comprobado también el registro de mejoras de las versiones y no se indica nada al respecto.

Para seguir avanzando con la importación de fuentes administrativas, se creará una fuente administrativa sin asignarle ningún archivo fuente.

### Crear derecho

Para crear un derecho hay que seleccionar primeramente una fuente administrativa con el documento importado al servidor, o también se puede crear a partir de la segunda pestaña nombrada col\_rrrfuente. La creación de un derecho

(Figura 183) permite relacionar una unidad de predio con una fuente administrativa. En este formulario, se debe de añadir un nuevo elemento hijo:

**Figura 183. Ventana de creación de un derecho**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Recordamos los identificadores de los terrenos y predios:

- La Parcela 1 corresponde con el terreno 8188 y el predio 8337.
- La Parcela 2 corresponde con el terreno 8187 y el predio 8339.
- La Parcela 1 se asignará con el interesado 1.
- La Parcela 2 con el interesado 2.

Los datos que se han rellenado son el valor del interesado, la unidad del predio y una fracción de derecho a 1 que corresponde con el 100% del predio asignado a este interesado. Se procede a aceptar y finalizar los formularios y con esto ya se tendría relacionado una fuente administrativa, con un derecho, con el primer interesado, y con el primer predio. Se realizaría el mismo procedimiento para el segundo interesado relacionado con el segundo predio.

En la tabla de derechos llamada lc\_derecho se puede comprobar la creación de los dos derechos asignados a los 2 interesados relacionados con los 2 predios, tal y como se muestra en la Figura 184:

t_id	t_ili_tid	Tipo	Fracción de derecho	a de inicio de tene	Descripción	interesado	interesado	unidad	de comienzo de v	ión de fin de vida	spacio de nor	
1	8417	3366828e...	Domi...	1	NULL	Ejemplo de de...	██████	1692 -	8337	29/12/20 12:46	NULL	GEOCATCOL_
2	8420	73284276...	Domi...	1	NULL	Ejemplo de de...	██████	1692 -	8339	29/12/20 12:55	NULL	GEOCATCOL_

**Figura 184. Tabla de derechos**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Con esto se termina la importación y flujo de trabajo. El proceso que hemos realizado es el siguiente:

- Se han importado a QGIS los datos de un levantamiento topográfico.
- A partir de los puntos del levantamiento se han creado puntos de lindero que se importaron a la base de datos, estructurada según el modelo LADM-COL.
- Se capturaron los linderos a partir de la capa de origen de linderos. Este paso también se hubiera podido realizar a partir de una digitalización a partir de los puntos de lindero.
- Luego se crearon las unidades espaciales, es decir, los terrenos a partir de una tabla de origen. Se comprobaron y se llenaron las tablas topológicas.
- A continuación, si se hubieran tenido construcciones o unidades de construcción se hubiera procedido a su importación.
- Se crearon los predios relacionándolos con cada terreno, y con construcciones o unidades de construcción si hubiesen existido.
- Se creó la información de los interesados.
- Se crearon datos de documentos fuente sin adjuntar archivos.
- Se creó un derecho de un interesado sobre un predio. Esto relaciona el interesado, con un predio y con una fuente del derecho (un documento, que normalmente será una escritura pública).

### **4.5.2.3 Exportar datos a un archivo formato XTF**

Ya realizado todo el proceso de importación al modelo LADM-COL se consigue así un conjunto de datos consistente y listo para exportar toda la información a un archivo XTF a partir de la información alfanumérica almacenada en la base de datos PostgreSQL + PostGIS con el modelo LADM-COL. Tal y como se indicó en la Figura 185:

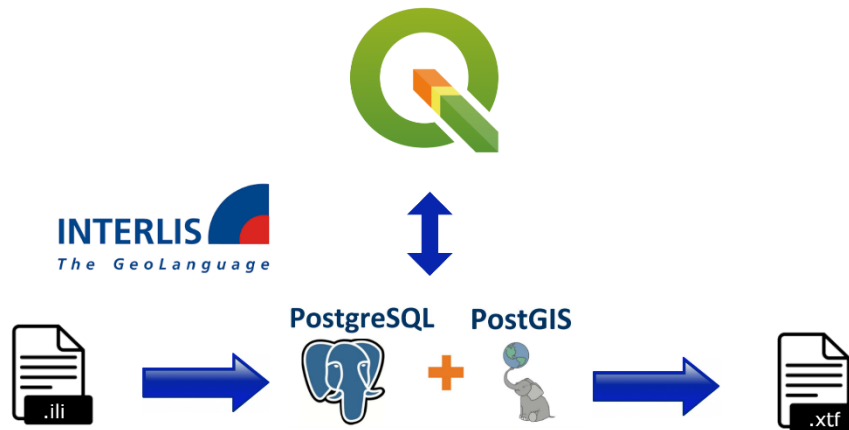


Figura 185. Proceso del Asistente LADM-COL

Fuente: Elaboración propio

Este archivo XTF es un archivo de transferencia INTERLIS. Para ello se utiliza el *plugin* QGIS Model Baker. La herramienta que se utiliza está ubicada en el menú de *Base de datos -> Model Baker -> Export Interlis Transfer File .xtf* o también se puede utilizar la herramienta en el propio *plugin* Asistente LADM-COL situada en *LADM-COL -> Administración de datos -> Exportar datos*

Al iniciar la herramienta muestra un formulario que se deberá de indicar la base de datos PostGIS con su conexión, el lugar donde almacenar el archivo XTF file y los modelos. La Figura 186 muestra el formulario:

La imagen muestra una ventana de diálogo titulada 'Exportar Datos'. El formulario está dividido en varias secciones:

- Fuente:** Incluye un campo 'Base de datos' con el valor 'bd\_geocatcol.ladmcol' y un botón 'Configurar conexión'. Debajo, una lista de 'Modelos en la base de datos' que incluye: 'Modelo de aplicación de Levantamiento Catastral v1.0', 'Submodelo de Insumos del Gestor Catastral v1.0', 'Submodelo de Insumos de la SNR v1.0', 'Submodelo de Integración de Insumos v1.0', 'Submodelo de Cartografía Catastral v1.0' y 'Submodelo de Avalúos v1.0'.
- Destino:** Un campo 'Archivo XTF' con el valor 'MBIA/exportacion\_archivos/datos\_geomatica.xtf'.
- Mostrar detalles:** Una sección desplegable que muestra el código de ejecución de Java para exportar los datos desde la base de datos PostGIS.

En la parte inferior del formulario, hay un indicador de progreso al 85% y tres botones: 'Exportar datos', 'Cancelar' y 'Ayuda'.

Figura 186. Formulario de exportación de archivo INTERLIS

Fuente: Captura de pantalla de QGIS



Para esta exportación, la herramienta comprueba todas las reglas topológicas, y si hay alguna regla que no se cumple, el archivo no exportará dichos elementos. Por lo que hay que asegurarse de realizar bien el proceso y de cumplir con todas las reglas topológicas.

Una vez finalizado el proceso, se creará un archivo de texto plano en formato XTF con toda la información de la base de datos PostgreSQL/PostGIS con el modelo LADM-COL y todas las relaciones entre los datos. Esta herramienta no permite la opción de poder seleccionar aquellos elementos de una zona en concreto para su exportación, así que se exportarán todos los elementos.

Este archivo es utilizado para importar los datos a otra plataforma. También existe un validador online, que dispone actualmente la organización SwissTierrasColombia. Este validador no se encuentra disponible, ya que por el momento es de acceso restringido, y se encuentra aún en desarrollo. Por lo que este archivo que se ha generado no se ha podido enviar al validador.

Al enviar el archivo XTF al validador, éste realiza una serie de comprobaciones para poder importar toda la información a una base de datos PostGIS centralizada. El validador comprueba las mismas reglas de calidad que contiene el *plugin* QGIS, también comprueba que no haya modificaciones en los campos, nombres, atributos en cada elemento espacial.

Una vez realizada dicha importación, es posible visualizarla y consultarla en un geoportal que también dispone SwissTierrasColombia. Este geoportal se encuentra en desarrollo y no se dispone de acceso.

Como conclusión, se puede decir que el proceso de exportación a un archivo XTF ha sido satisfactorio. Se ha conseguido exportar un fichero XTF que se puede utilizar en otros *softwares*. Aplicando la funcionalidad de este proceso al proyecto de la tesis surge el inconveniente que cuando realizamos una exportación de la base de datos del servidor en la nube, esta exporta todos y cada uno de los proyectos que se tengan almacenados, incluyendo todos los predios, puntos, linderos, derechos, etc... Esto es un gran inconveniente ya que no es posible seleccionar aquellos que deseamos exportar, y por lo tanto se necesita una base de datos PostGis nueva para cada delimitación. Una mejora necesaria en el *plugin* sería poder realizar una exportación a partir de un predio o de una zona en concreto, ya que el predio está relacionado con el resto de los elementos del modelo LADM-COL.

Otro problema que se detecta es que, si bien el fichero .XTF no puede contener errores topológicos, ya que si se pasan los test preparados en QGIS estos errores son detectados y se pueden corregir, sí es posible que cuando se importe el fichero .XTF a la base de datos centralizada, sí existan errores

topológicos, como solapes o huecos, ya que todas las comprobaciones que se realizan en QGIS son internas, o relativas a los elementos de la base de datos local, donde no existen elementos de predios que sí existen en la base de datos centralizada. La solución a este problema sería permitir la descarga de predios colindantes en formato vectorial desde el geoportal centralizado, de forma que los topógrafos pudiesen adaptar las geometrías de los nuevos predios a las geometrías existentes. Esta es la solución escogida por el Catastro español, donde el formato que se usa para modificar parcelas catastrales es GML con las especificaciones de INSPIRE. Para modificar el Catastro español, el usuario descarga la cartografía catastral previa, la modifica y sube la nueva versión del parcelario, de forma que no se sube únicamente las parcelas a modificar, sino todas las parcelas que han sido afectadas por dichas modificaciones, de forma que el perímetro de toda el área afectada coincide con una diferencia máxima de un centímetro con el perímetro afectado.

Para que los cambios sean realizados en el Catastro español, es necesario adjuntar los documentos legales que justifican dichos cambios: escrituras públicas, acuerdos entre colindantes, etc.

#### 4.5.2.4 Representación en el geoportal GEOLADMCOL

Se comprobó que en el geoportal GEOLADMCOL se han importado correctamente los objetos espaciales cargados en el modelo LADM-COL. Al entrar en el geoportal, y buscar la localización del municipio del levantamiento, se observó que sí que se representaba la carga de objetos espaciales en él. La Figura 187 muestra un mapa general con los objetos espaciales del levantamiento:

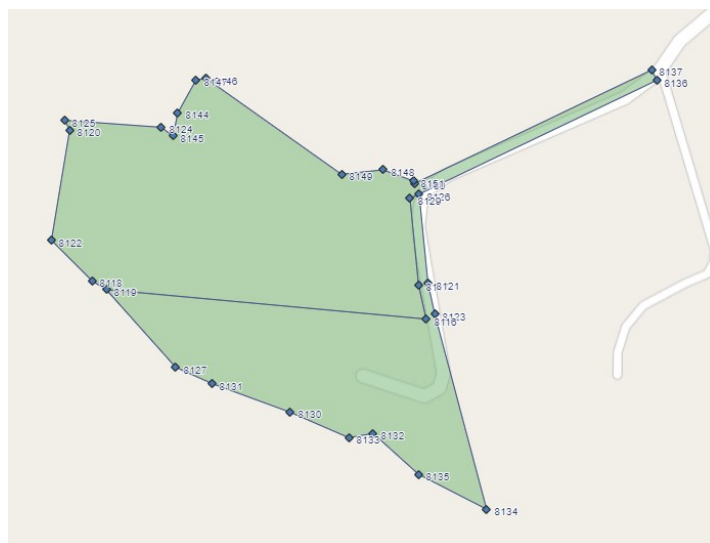
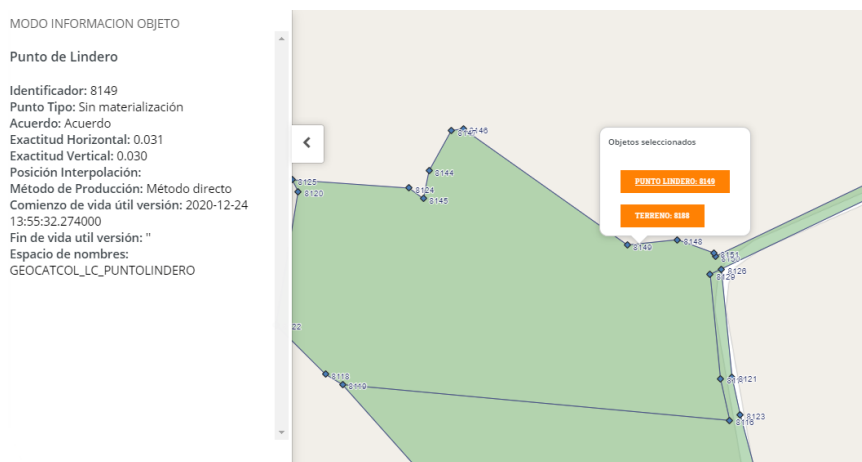


Figura 187. Representación del levantamiento importado en el geoportal GEOLADMCOL

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Al pinchar en cada uno de los elementos espaciales como por ejemplo en un punto de lindero, se obtiene correctamente toda la información que se indicó en el formulario del *plugin* LADM-COL (Figura 188).



**Figura 188. Información de un punto de lindero en el geoportal**

**Fuente: Captura de pantalla de QGIS**

Con esto se concluye la importación en el modelo LADM-COL y visualización en el geoportal GEOLADM-COL del caso real de Colombia de la cartografía obtenida a partir de levantamiento convencional de dos parcelas. El proceso de importación de datos se ha realizado sin ningún error. El previo estudio de las herramientas del *plugin* ha sido de gran utilidad para agilizar este proceso y evitar posibles errores.



## **Capítulo 5. Conclusiones**

---



## 5.1 Conclusiones

En relación con el Catastro y el Registro de la Propiedad en España, así como la delimitación topográfica de las fincas registrales mediante la implementación de la Ley 13/2015:

A pesar de que la Ley 13/2015 estipula la necesidad de establecer canales de comunicación entre el Catastro y el Registro de la Propiedad, con el fin de coordinar las fincas cuya representación gráfica en el Catastro no concuerda con la realidad, mediante la introducción de las Representaciones Gráficas Alternativas, hasta el momento, dichos canales no han sido completamente implementados.

A finales del año 2023, se comprobó que existe un proyecto bastante avanzado, para conseguir cambiar las RGAs en el Catastro a través de las notarías. Se visitó una notaría y se comprobó que, después de enviados los documentos legales (compraventas, y acuerdos entre colindantes, firmados ante notario), las geometrías en el Catastro han sido reemplazadas, por las geometrías encontradas en los expedientes de validación, en un plazo de unos 20 días. El notario nos mostró las fechas de la solicitud, y las fechas de las firmas de las transacciones, ya con el nuevo parcelario.

Desde el Registro de la Propiedad, según la página web del Catastro, se han coordinado hasta la fecha (02-04-2024) 1.035.296 fincas (Catastro, 2024c), pero en la mayoría de estos casos, la parcela catastral correspondiente coincide con la realidad, según los criterios del registrador. Salvo para uniones y divisiones, las RGA han sido recibidas por el Catastro, pero las geometrías no han sido modificadas, a pesar de constar toda la información legal, y haber obtenido un informe de validación gráfica positivo. Estas fincas están inscritas en el Registro de la Propiedad, pero no aparecen como coordinadas. Esto se puso de relieve cuando se hizo la prueba de la parcela delimitada en Montserrat, donde el notario prácticamente desconocía de qué se hablaba. Solo se realizó la escritura de compraventa cuando se le presentó a dicho notario el Catastro modificado, con la forma de la parcela. Pero esta modificación de Catastro se realizó por el cauce normal del Catastro, incoando un procedimiento modelo 900. Dicho procedimiento normalmente suele demorarse y con ello, retrasa, la transacción inmobiliaria.

A lo largo de la investigación, se resalta que existe una falta de metadatos geográficos en los linderos de cada parcela catastral en el Catastro. No se ha identificado con qué tecnologías se han realizado las delimitaciones, ya sea con fotogrametría, digitalización por ortofoto, con precisiones de 1 metro donde la parcela sí que se observa de forma visible, o con precisión de 5 o más metros,

donde la parcela no se observa de forma visible, o por levantamiento topográfico con GPS, con precisiones de alrededor de 5 cm.

La falta de metadatos sobre los linderos en el Catastro se considera un problema. No se puede saber con qué tecnología (restitución fotogramétrica, digitalización sobre ortofoto...) ni con qué fiabilidad se ha obtenido cada lindero. Por eso se propone la inclusión de metadatos geográficos, según el NEM (Núcleo Español de Metadatos), en los expedientes de validación de Catastro, y que estos metadatos sean accesibles a través de la Sede Electrónica del Catastro.

Respecto al *software* TopoDelProp y GeoDelProp, no se ha conseguido ningún resultado con ambos programas. La delimitación del caso desarrollado en Montserrat en esta tesis fue mostrada al notario mediante el geoportal GeoDelProp, en el que se le mostraba con qué fiabilidad se han obtenido los límites de las fincas y la identificación de los puntos de medicación, pero fue anecdótico, sin más. Es posible que actualmente, dado que la ley 13/2015 es más conocida, pudiese ser de más interés este caso para este notario, dado que este geoportal muestra imágenes de los linderos sobre la cartografía base.

En lo que concierne a la metodología Fit-For-Purpose, que fomenta que sean los propios interesados quienes capturen las geometrías de sus propiedades, se ha mencionado el proyecto piloto en Colombia, Proyecto Tierra en Paz (The Land in Peace Project), con *software* basado en tecnología ESRI. Los resultados técnicos han sido muy buenos, pero la solución tecnológica resulta cara. Se sabe que, actualmente, en 2024, la Agencia Nacional de Tierras está adquiriendo geometrías de predios con los móviles de los propietarios, con *software* gratuito, con precisiones de unos 15 m, o peor. Estas geometrías no son válidas, según la normativa colombiana, pero son utilizadas como base para que técnicos profesionales puedan identificar los lindes, y digitalizar sobre cartografía base de precisión suficiente (Fundación Forjando Futuros, 2024).

Sobre la iniciativa de implantación del LADM en Colombia, y la colaboración en Colombia con la Cámara Colombiana de la Topografía se pueden sacar las siguientes conclusiones:

Respecto del *plugin* de QGIS Asistente LADM-COL, se puede destacar que, a pesar de que aún estaba en desarrollo en el tiempo en el que se estudió en esta tesis, es un *plugin* muy completo, donde se permite crear y mantener datos conformes con LADM-COL de una forma muy completa, así como importar, visualizar, capturar, consultar, transformar, validar y generar archivos de intercambio de INTERLIS (.XTF).

Se ha comprobado, durante el proceso de importación de levantamientos topográficos en la base de datos LADM-COL instalada en la nube en esta tesis,



se constató que son muchos los parámetros, atributos a introducir, y pasos a realizar para poder importar correctamente un levantamiento, junto con el resto de elementos del modelo: interesados, derechos, etc. Esto tiene ventajas y desventajas.

La principal ventaja es que cumple el modelo LADM con el registro de datos, metadatos, y toda la información necesaria para cada punto, ya sea de control, lindero o levantamiento, servidumbres de tránsito, construcciones, unidades de construcción, terrenos, predios, interesados, agrupación de interesados, derechos, restricciones, fuentes administrativas y fuentes espaciales. Con ello se consigue una información completa de cada predio.

La desventaja es que, dada la complejidad del *plugin*, y la cantidad de herramientas, procesos, formularios, y las tecnologías que hay que conocer y dominar, no todo el mundo puede utilizar dicho *plugin* para realizar el proceso correctamente. El *software* donde se encuentra el *plugin* es QGIS, por lo que son necesarios unos conocimientos mínimos de SIG en general (capas, formatos, sistemas de referencia, edición, topología, etc), y en concreto del *software* QGIS, para poder trabajar con el *plugin*. También hay que tener un mínimo de conocimientos de bases de datos PostgreSQL + PostGIS, ya que toda la información, y datos geoespaciales trabajados en la creación de un trabajo a través del *plugin* son almacenados en dichas bases de datos, y es necesario instalar la base de datos, instalar la extensión PostGIS, y saber las credenciales de un superusuario.

Pero lo más importante que se ha detectado es que es necesario conocer el modelo LADM-COL para entender el funcionamiento del *plugin*, y esto exige entender 4 los diagramas UML del modelo. Esto es necesario para poder introducir los campos obligatorios de las tablas (véase el apartado 3.5), y las relaciones entre los objetos de la base de datos, lo cual se realiza introduciendo identificadores únicos automáticos, se extraen de una tabla para introducirlos en otras tablas. Esto es lo que se conoce como llaves foráneas, un concepto de bases de datos relacionales, que también es necesario conocer para manejar el *plugin*.

En cuanto a la colaboración con la Cámara Colombiana de la Topografía, se han realizado diversas reuniones de forma telemática a lo largo de la tesis, en las que se nos ha explicado la situación actual en ese momento en Colombia, respecto al Catastro Multipropósito, y el modelo LADM-COL. A lo largo de la tesis, se proporcionaron diversos levantamientos topográficos para su introducción en el *plugin* de QGIS Asistente LADM-COL, y en el geoportal GEOLADM-COL, con los que se pudo continuar con la investigación. La colaboración con la Cámara Colombiana de la Topografía ha sido muy

satisfactoria y de gran ayuda para poder obtener algunas conclusiones de esta tesis.

Una vez finalizado el desarrollo del geoportal GEOLADM-COL, se ha mostrado el funcionamiento de este, juntamente con el *plugin* Asistente LADM-COL, con ejemplos y prácticas. También se ha entregado documentación para la creación de un proyecto en dicho *plugin*, aplicando todos los formularios y procesos necesarios. Se han comunicado por parte de La Cámara Colombia de la Topografía sus felicitaciones por el geoportal, tanto por el diseño como por la funcionalidad que ofrece, ya que gracias al geoportal y, como se ha comentado en los objetivos de la tesis, en este proyecto se pretendía identificar y mostrar aquellos predios, linderos, puntos, terrenos y el resto de los datos geoespaciales, con sus metadatos e información en un visor web de una forma sencilla. Para su consulta, no son necesarios unos conocimientos previos de ninguna tecnología, ni bases de datos, ni del *plugin* Asistente LADM-COL, ni del propio modelo LADM-COL. Esta es la gran ventaja de los geoportales.

Tras explicar a los técnicos de este colectivo de Colombia todos los procesos necesarios del *plugin*, les ha parecido de una dificultad excesiva, y nos han comentado que actualmente no disponen de los recursos, ni del tiempo necesario para su estudio. En una reunión mantenida con los desarrolladores del *plugin*, también se ha confirmado esta conclusión, en la que, para poder utilizar el *plugin*, son necesarios unos muy buenos conocimientos previos y estudio del modelo LADM-COL. Esto deriva a una mayor inversión de tiempo, y paralelamente a una mayor inversión económica.

No obstante, también se puede resaltar que, aunque el *plugin* permite introducir todos los detalles de un predio, también es posible utilizarlo con un conjunto menor de datos, de forma que, reduciendo el número de datos, la inclusión de los predios en el registro oficial sea más rápida y económica.

En el *plugin* se utilizan ficheros INTERLIS en formato XTF para poder exportar e importar los expedientes almacenados en la base de datos LADM-COL. Esto ofrece una gran ventaja para poder exportar la información a otros programas SIG para tratar su importación. Esto permite, una vez generado el trabajo, en una base de datos local, obtener el fichero de texto XTF y enviarlo al organismo oficial para ser introducido en la base de datos general. Este sistema es muy inteligente, y permite comprobar, mediante un validador, valores de campo y relaciones topológicas entre las geometrías, pero en este momento tiene dos inconvenientes:

Durante el proceso de exportación la herramienta no permite seleccionar aquellos elementos que se quieran exportar, dando únicamente la opción de exportar la base de datos al completo. En el caso que se tuvieran diversos

proyectos o predios en una misma base de datos, al exportar la información a ficheros INTERLIS, se exportará todo al completo. Para futuras versiones del *plugin* sería interesante que se implantara una opción para poder elegir qué predios se quieran exportar. Por el momento, la única solución que se ha visto en el *plugin*, para solventar este inconveniente, es que se puede optar a crear diversas bases de datos LADM-COL con predios o levantamientos distintos en cada una de ellas, para poder exportar a posteriori su información. En el caso de la tesis presentada, esto es un gran inconveniente, ya que como se pretende que toda la información está almacenada en una base de datos LADM-COL en la nube, al exportar la información también se exportará la información de todos los proyectos y predios.

Durante una reunión mantenida con los desarrolladores del *plugin*, se confirmó que así es, que el *plugin* únicamente permite exportar toda la información del proyecto sin opción de seleccionar únicamente alguna parte de él. Durante el mismo proceso de desarrollo del *plugin*, se planteó un nuevo desarrollo para resolver este inconveniente, que consistía en separar por predios con toda su información en los archivos INTERLIS, estos nuevos archivos se llamarían INTERLIS 2, pero solo quedó como un desarrollo planificado, y nunca se llegó a implementar esta nueva funcionalidad. Así que para cada predio que se tenga y se quiera exportar, hay que crear nuevas bases de datos LADM-COL únicamente con la información de cada predio.

Otro inconveniente es que las comprobaciones topológicas de las geometrías se realizan internamente, entre las propias geometrías del trabajo, y no con otras geometrías de otros predios, que puedan existir en la base de datos global. Es posible que, cuando esté disponible el geoportal oficial, sea posible descargar las geometrías de previos existentes para poder ajustar a ellas las nuevas geometrías, desde la base de datos local, y evitar así los errores topológicos entre las geometrías de diferentes predios, tal como sucede en España con el sistema de validación del Catastro.

Sobre el geoportal GEOLADM-COL se pueden destacar las siguientes conclusiones:

El geoportal GEOLADM-COL se ha desarrollado con el fin de brindar a los usuarios un lugar para poder visualizar, consultar, buscar, interactuar con la información que es almacenada en las bases de datos LADM-COL creadas mediante el *plugin* Asistente LADM-COL. Gracias a esto, ahora tanto los usuarios como los desarrolladores disponen de una interfaz web amigable para consultar la información y objetos geoespaciales de sus levantamientos topográficos. Se esperaba continuar con el desarrollo del geoportal y programar

más utilidades, pero dado que la Cámara Colombiana de la Topografía, hasta el momento no ha utilizado el *plugin*, se han detenido las mejoras.

La principal conclusión de esta tesis es que, a pesar de las dificultades técnicas del diseño y desarrollo de herramientas para la gestión de la información catastral y registral (bases de datos, geoportales, comprobaciones topológicas temáticas, herramientas de edición e intercambio, etc), dichas herramientas son desarrolladas adecuadamente, y a pesar de ello, no se consigue que se implante su uso en la sociedad. Los motivos que se han detectado son la falta de información de la sociedad, y la falta de formación por parte de técnicos y juristas, en un tema, el de delimitación de la propiedad, que exige que todas las partes implicadas conozcan un poco todo el proceso de delimitación, derechos, registro, e incluso el modelo de datos con el que se está trabajando. Actualmente en 2024, el modelo LADM-COL se sigue usando por parte de la Agencia Nacional de Tierras, únicamente a partir de técnicos especializados para levantar la información de los predios.

Respecto del modelo, y el *plugin* Asistente LADM-COL, considero muy dificultoso pasar de la situación actual, donde gran parte del territorio colombiano carece de información, a tener puntos, a partir de los cuales se generan linderos, terrenos, predios, construcciones y unidades de construcción. La capa de puntos, servidumbres, y linderos, son más capas a mantener. Cuantas más capas, más trabajo, si no se quieren incoherencias. El Catastro es un sistema vivo que cambia continuamente. Si se cambia una construcción, en el borde de un terreno, hay que cambiar el terreno, el lindero, y los puntos del lindero. Este enfoque está claramente relacionado con una estructura de datos arco-nodo, que claramente no se utiliza en el *plugin* Asistente LADM-COL. Al contrario, utiliza el modelo Simple Feature Access (SFA), y las relaciones entre elementos se mantienen mediante identificadores de objetos de la base de datos, sin ninguna comprobación topológica. Esto significa multiplicar el trabajo y la complejidad del mantenimiento del Catastro, ya de por sí difícil, de capturar y mantener solo con una capa. El modelo arco-nodo fue abandonado por ESRI, la principal compañía de productos SIG, propietaria del SIG más extendido, ArcGis, en favor del modelo SFA, por su sencillez. Ambos modelos de datos tienen ventajas e inconvenientes, pero el modelo más utilizado en este momento es SFA. PostGIS tiene una extensión para trabajar con el modelo arco-nodo, denominado Topology, que no se usa en el *plugin*.

En mi opinión, durante la primera captura de datos catastrales a nivel nacional en Colombia, lo más adecuado sería enfocarse principalmente en la captura de los polígonos de terrenos (parcelas o fincas) en áreas rústicas. La necesidad de capturar cartografía en zonas urbanas puede ser menos urgente, dado que la información alfanumérica disponible en documentos como escrituras

de propiedad, direcciones postales y áreas de superficie puede facilitar la ubicación de los predios sin mayores dificultades. No obstante, la captura de datos sobre terrenos es esencial para regularizar la tenencia de la tierra, otorgar títulos de propiedad (predios), garantizar el acceso a préstamos hipotecarios, así como para facilitar la transacción de terrenos de manera regulada, y el pago de los impuestos según el valor de la tierra. Todo ello sería beneficioso especialmente para los habitantes de zonas rústicas, ya que, por una parte, se consigue seguridad en la tenencia de la tierra, y, por otra parte, gracias a los impuestos, el estado puede conseguir recursos para reinvertirlos en servicios públicos.



## **Capítulo 6. Bibliografía**

---





## 6.1 Bibliografía

- Echeverría Bardales, E. (2016). *Medición de terrenos utilizando smartphone EasyTopo*. Recogido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3668/1/Edgar%20Ronaldo%20Echeverria%20C3%ADa%20Bardales.pdf>
- Acciona*. (2023). Recogido de [https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/sabes-cuando-nace-la-sostenibilidad/?\\_adin=11551547647](https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/sabes-cuando-nace-la-sostenibilidad/?_adin=11551547647)
- Achmad, B., Nur, I., & Siti, K. (2018). Development of Linux Ubuntu open source distribution based open source distribution system to minimize students' software study. *1st International Conference on Innovation in Education and Social Science Research (ICESRE)*, 287, p. 289-290. Universitas PGRI Semarang, Lembaga Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat, Semarang, Indonesia.
- AENOR*. (2023). Recogido de <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une?c=N0051754>
- Agenda 2030 - Plan de acción*. Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. (2023). Recogido de <http://www.exteriores.gob.es/portal/es/saladeprensa/multimedia/publicaciones/documents/plan%20de%20accion%20para%20la%20implementacion%20de%20la%20agenda%202030.pdf>
- Alcázar Molina, M.-G. (1 / 2015). Catastro multipropósito sostenible: una necesidad inaplazable. *Ciudad de México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, 91.
- Apache*. (2023). Recogido de <https://httpd.apache.org/>
- ATNL*. (2024). Recogido de [www.atnl.es](http://www.atnl.es)
- Berné Valero, J., & Femenia Ribera, C. (2000). Catastro de rústica. *Editorial Universidad Politécnica de Valencia*.
- Berné Valero, J., Femenia-Ribera, C., & Benítez-Aguado, E. (2008). Catastro en España. *Editorial Universidad Politécnica de Valencia*(41).
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2023). *Universidad de Granada*. Recogido de <http://elvex.ugr.es/decsai/java/pdf/3e-uml.pdf>
- Bosch Gascón, C. (2023). Desarrollo de aplicaciones web en Django en un servidor Apache, gestionadas con el módulo WSGI y relacionadas con una

base de datos PostgreSQL. Universitat de Lleida. Escola Politècnica Superior.

*Cámara Colombiana De La Topografía.* (2023). Recogido de <http://www.camaradelatopografia.com>

Cass, S. (2020). The top programming languages our latest rankings put Python on top-again. *IEEE SPECTRUM*, 57(8), 22-22.

*Catastro.* (2024a). Recogido de <https://www.catastro.meh.es/>

*Catastro.* (2024b). Recogido de [https://www.catastro.minhap.es/esp/productos\\_ficha22.asp](https://www.catastro.minhap.es/esp/productos_ficha22.asp)

*Catastro.* (2024c). Recogido de [https://www.catastro.meh.es/asistente\\_catreg/asistente\\_catreg.html](https://www.catastro.meh.es/asistente_catreg/asistente_catreg.html)

*Catastro Multipropósito como herramienta de construcción de Paz.* (2021). Bogotá.

*Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica.* (2023). Recogido de <https://www.coigt.com/noticia/2557>

*Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial.* (2023). Recogido de [http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/GGIM10\\_report\\_s.pdf](http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/GGIM10_report_s.pdf)

*Comité Permanente sobre Catastro en Iberoamérica Chile.* (2023). Recogido de <https://cpcichile2023.ciat.org/>

*Consejo Nacional de Política Económica y Social.* (2020). Recogido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4007.pdf>

*Departamento Nacional de Planeación, Interrelación Catastro y Registro Completo.* (2023a). Recogido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Gobierno-nacional-reducira-tiempos-y-tramites-en-la-Administracion-del-territorio.aspx>

*Departamento Nacional de Planeación, Interrelación Catastro y Registro Completo.* (2023b). Recogido de [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Interrelacion\\_Catastro\\_y\\_Registro\\_Completo.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Interrelacion_Catastro_y_Registro_Completo.pdf)

*El Proyecto Tierra en Paz.* (2016). Recogido de <https://tierraenpaz.com/inicio->

- Enemark, S., Clifford Bell, K., Lemmen, C., & McLaren, R. (2014). *Fit-for-Purpose Land Administration. FIG Publications. N° 60*. Copenhagen, Denmark.
- Espectador Colombia +20*. (27 / Febrero / 2023). Recogido de <https://www.elespectador.com/colombia-20/paz-y-memoria/tecnologia-al-servicio-del-campo-la-metodologia-neerlandesa-para-formalizar-tierras-acuerdo-de-paz/>
- Federación Internacional de Geómetras*. (2023a). Recogido de <https://www.fig.net/commission7>
- Federación Internacional de Geómetras*. (2023b). Recogido de <http://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014>
- Federación Internacional de Geómetras*. (2023c). Recogido de [http://www.fig.net/organisation/comm/7/activities/events/Online\\_2020/Lemmen\\_et\\_al\\_abstract.pdf](http://www.fig.net/organisation/comm/7/activities/events/Online_2020/Lemmen_et_al_abstract.pdf)
- Femenia Ribera, C., & Mora Navarro, J. (2014). Estado de la información geográfica en la coordinación Catastro-Registro. El caso español. *eGeoMapping S.L.*
- Femenia-Ribera, C., Mora Navarro, J., & Martínez Llario, J. (2021). Advances in the Coordination between the Cadastre and Land Registry. *Land, 1*(1), 1-20.
- Fuggetta, A. (2003). Open source software - An evaluation. *Journal of Systems and Software, 66*(1), 77-90.
- Fundación Forjando Futuros*. (2024). Recogido de <https://www.forjandofuturos.org/metatierras-una-aplicacion-movil-para-avanzar-en-la-reforma-agraria/>
- Geoportal Registradores*. (2023). Recogido de <https://geoportal.registradores.org/>
- Github LADM-COL EsriColombia*. (2023). Recogido de <https://github.com/EsriColombia/LADM-COL>
- Información Geográfica Modelo para el Ámbito de la Administración del Territorio (LADM)*. (2023). Recogido de <https://1library.co/article/unidades-espaciales-y-perfiles-espaciales.ye36r01q>

- Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales*. (2022). Recogido de [https://www.icde.gov.co/sites/default/files/archivos/ICDE\\_GED\\_GUI\\_GobernanzaModelosLADM\\_V20220706.pdf](https://www.icde.gov.co/sites/default/files/archivos/ICDE_GED_GUI_GobernanzaModelosLADM_V20220706.pdf)
- Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales*. (2023). Recogido de <https://www.icde.gov.co/>
- INSPIRE*. (2023). Recogido de <http://inspire.ec.europa.eu>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. (2022). Recogido de <https://www.igac.gov.co/node/413>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. (2023a). Recogido de <https://igac.gov.co/es/catastro-multiproposito/que-es>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. (2023b). Recogido de <https://igac.gov.co/es/catastro-multiproposito/ladm-col>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. (2023c). Recogido de <https://www.igac.gov.co/es/noticias/el-catastro-multiproposito-avanza-1756-millones-de-hectareas-ya-estan-actualizadas>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. (2023d). Recogido de <http://ladmcol.igac.gov.co/que-es-ladm-col>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. (2023e). Recogido de [https://origen.igac.gov.co/docs/ABC\\_Nueva\\_Proyeccion\\_Cartografica\\_Colombia.pdf](https://origen.igac.gov.co/docs/ABC_Nueva_Proyeccion_Cartografica_Colombia.pdf)
- INTERLIS*. (2023). Recogido de <https://www.interlis.ch/en/>
- ISO 19152*. (2023). Recogido de <https://www.iso.org/standard/51206.html>
- ISO 19152-1:2024*. (2024). Recogido de <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:19152:-1:ed-1:v1:en>
- Jagodnik, P., Gazibara, S., Arbanas, Z., & Arbanas, S. (12 / 2020). Engineering geological mapping using airborne LiDAR datasets - an example from the Vinodol Valley, Croatia. *Journal of maps*, 16(2).
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Quak, W., Germann, M., Jenni, L., & van Oosterom, P. (10 / 2017). INTERLIS Language for Modelling Legal 3D Spaces and Physical 3D Objects by Including Formalized Implementable Constraints and Meaningful Code Lists. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(10).

- Keller, S. (1999). Modeling and sharing geographic data with INTERLIS. *Computers & Geosciences*, 25(1).
- Kukulska, A., Salata, T., Cegielska, K., & Szylar, M. (2018). Methodology of evaluation and correction of geometric data topology in QGIS software. *Acta Scientiarum Polonorum-Formatio Circumiectus*, 17(1).
- Lejia, B., & Almir, K. (Mayo / 2015). Web Portals for Visualizing and Searching Spatial Data. *38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, (p. 305 - 311). Opatija.
- Lemmen, C. (2012). A Domain Model for Land Administration.
- Lemmen, C., Oosterom, P., & Bennett, R. (2015). The Land Administration Domain Model. *ELSEVIER*, 535-545.
- Li, J., & Lu, M. (2013). The performance optimization and modeling analysis based on the Apache Web Server. *Proceedings of the 32nd Chinese Control Conference*, (p. 1712-1716). Xi'an.
- Liawatimena, S., Abdurahman, E., Gaol, F., Warnars, H., Soewito, B., Abbas, B., et al. (2018). Django Web Framework Software Metrics Measurement Using Radon and Pylint. *1st International Conference of the Indonesian-Association-for-Pattern-Recognition (INAPR)*, (p. 218-222). Bina Nusantara Univ, Jakarta.
- Medium. (2023). Recogido de <https://medium.com/@andresramirez9307/modelo-de-dominio-de-administraci%C3%B3n-de-tierras-al-servicio-del-catastro-multiprop%C3%B3sito-8b53dca774f4>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). Recogido de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/delimitacion-dph-proyecto-linde/proceso-administrativo-deslinde.html>
- Molendijk, M., Morales, J., & Lemmen, C. (2015). Light Mobile Collection Tools for Land Administration - Proof of Concept from Colombia. *GIM Internacional*, 27(1), 20-23.
- Montoya Castellanos, J., & Rocha Salamanca, L. (2020). *Diseño del modelo de calidad para los datos geográficos generados a partir de la metodología 'Fit for Purpose'*. BOGOTÁ.

- Mora Navarro, G. (2013). Diseño y desarrollo de un modelo de datos dinámico con software libre para la delimitación gráfica de las propiedades en España.
- Mora-Navarro, G., Femenia-Ribera, C., Velilla Torres, J., & Martinez-Llario, J. (2022). Geographical Data and Metadata on Land Administration in Spain. *Land*, 11(7), 1-21.
- Naciones Unidas. (2023). Recogido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Ozdemir, S., Akbulut, Z., Karsli, F., & Acar, H. (2 / 2021). Extracción automática de árboles utilizando las propiedades de múltiples retornos de la nube de puntos LIDAR. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(1).
- Panchaud, N., Enescu, I., & Hurni, L. (2017). Smart Cartographic Functionality for Improving Data Visualization in Map Mashups. *Cartographica*, 52(2), 194-211.
- Pedro David Netto Silveira, Vinício Fragoso Mendes, & Jéferson Luiz Ferrari. (2017). Aplicación con procesamiento en tiempo real para levantamiento topográfico probado en un área de producción de café. *Coffee Science*, 12(3).
- Pohanka, T., Pechanec, V., & Hejlova, V. (2016). Python web server for sensor data visualization. *16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2016)*, (p. 803). Albena, Bulgaria.
- PostgreSQL. (2023). Recogido de <https://www.postgresql.org/>
- Presentación Nacional Voluntaria de Colombia. Los ODS como instrumento para consolidar la paz. Bogotá. (2016). Recogido de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/12644VNR%20Colombia.pdf>
- Prexyza. (2023). Recogido de [https://www.facebook.com/Prexyza-100598488557994/about/?ref=page\\_internal](https://www.facebook.com/Prexyza-100598488557994/about/?ref=page_internal)
- Proadmintierra - INTERLIS. (2023a). Recogido de <https://www.proadmintierra.info/wp-content/uploads/2018/04/interlis-conceptual.pdf>
- Proadmintierra - INTERLIS. (2023b). Recogido de <https://www.proadmintierra.info/wp-content/uploads/2018/04/curso-interlis.pdf>

- Psycopg.* (2023). Recogido de <https://www.psycopg.org/>
- QGIS.* (2023). Recogido de <https://www.qgis.org/es/site/>
- Qu, B., & Yang, Z. (2012). Design of embedded secure CGI daemon. *2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering*, (p. 725-728). Beijing.
- Red Registral Iberoamericana.* (2023). Recogido de <https://www.iberoreg.org/>
- Registradores.* (2023). Recogido de [www.registradores.org](http://www.registradores.org)
- Repositorio LADM\_COL.* (2023b). Recogido de [https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM\\_COL/-/tree/master/Catastro\\_Multiproposito/1\\_Metamodelo\\_Extendido/1\\_Catastro\\_Registro](https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM_COL/-/tree/master/Catastro_Multiproposito/1_Metamodelo_Extendido/1_Catastro_Registro)
- Repositorio LADM\_COL.* (2024a). Recogido de [https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM\\_COL/-/tree/master](https://gitlab-ladm-col.igac.gov.co/root/LADM_COL/-/tree/master)
- Rodriguez, M., & Lozano Rodriguez, M. (2020). El Desarrollo Sostenible en Colombia y su aplicación en el sector agropecuario. El caso de la región de la Orinoquía Colombiana. *Observatorio Medioambiental*, 131-148.
- Sede Electrónica del Catastro.* (2023). Recogido de <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- Simple Feature Access.* (2024). Recogido de <https://www.ogc.org/standard/sfa/>
- Simposio Internacional en Administración de Tierras 2022.* (2022). Recogido de <https://okpadministraciondetierras2022.org/>
- Sistema de Administración del Territorio.* (2023). Recogido de <https://catastromultiproposito.gov.co/sistema-administracion-territorio/Paginas/Que-es-el-sat.aspx>
- Sitanggang, I., Ginanjar, A., Syukur, M., Trisminingsih, R., & Khotimah, H. (2017). Integration of Spatial Online Analytical Processing for Agricultural Commodities with OpenLayers. *International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, (p. 167-170). Palembang.
- Smolinski, M. (2018). Impact of Storage Space Configuration on Transaction Processing Performance for Relational Database in PostgreSQL. *14th International Scientific Conference on Beyond Databases, Architectures, and Structures (BDAS) Held at the 24th IFIP World Computer*. Poznan.

- Sugiki, A., Kono, K., & Iwasaki, H. (2008). Tuning mechanisms for two major parameters of Apache web servers. *Software-Practice & Experience*, 38(12).
- Sultana, S., & Dixit, S. (2017). Indexes in PostgreSQL. *International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*, (p. 512-515). Bangalore, India.
- Superintendencia de Notariado y Registro*. (2023a). Recogido de <https://www.supernotariado.gov.co/transparencia/entidad/resena-historica/>
- Superintendencia de Notariado y Registro*. (2023b). Recogido de <https://www.supernotariado.gov.co/portal&68.html>
- Swiss Tierras Colombia*. (2023). Recogido de <https://swisstierrascolombia.com/el-proyecto/>
- Tabassum, M., & Mathew, K. (2014). Software Evolution Analysis of Linux (Ubuntu) OS. *International Conference on Computational Science And Technology (ICCST)*, (p. 27-28). Kota Kinabalu, Malaysia.
- UN-HABITAT*. (2023). Recogido de <https://unhabitat.org>
- Universidad Federal de Santa María - CR Campeiro*. (2023). Recogido de <http://www.crcampeiro.net/aplicativos.php>
- V Plan Director de la Cooperación Española*. (2023). Recogido de <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/CooperacionAlDesarrollo/Documents/V%20Plan%20Director%20de%20la%20Cooperaci%C3%B3n%20Espa%C3%B1ola.pdf>
- Zhang, C., Sun, Z., Heo, G., Di, L., & Lin, L. (2016). A GeoPackage Implementation of Common Map API on Google Maps and OpenLayers to Manipulate Agricultural Data on Mobile Devices. *2016 Fifth International Conference on Agro-Geoinformatics*, (p. 489-492). Tianjin.
- Zhang, L., & Yi, J. (2010). Management methods of spatial data based on PostGIS. *2010 Second Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System*, (p. 410-413). Beijing.



## **Anejo 1. Instalación de *software***

### **Instalación de PostgreSQL, PostGIS y PgAdmin**

PostgreSQL es un SGDB relacional orientado a objetos y libre, publicado bajo la licencia BSD. Adicionalmente los usuarios pueden crear sus propios tipos de datos, los que pueden ser por completo indexables gracias a la infraestructura GiST de PostgreSQL. Un registro es una estructura particular que compone una referencia a su información. En PostgreSQL cada registro tiene su propio identificador en el que está referenciado. (Sultana & Dixit, 2017)

La descarga e instalación de PostgreSQL se realiza en la página oficial de PostgreSQL (PostgreSQL, 2023)

PostGIS transforma el sistema de gestión de bases de datos PostgreSQL en una base de datos espacial al agregar tres características clave: tipos de datos espaciales, índices espaciales y funciones que operan sobre ellos. Este conjunto de funcionalidades permite a PostgreSQL manejar datos geoespaciales de manera efectiva. PostGIS destaca como una opción popular en los Sistemas de Información Geográfica, debido a su potencia y capacidad para almacenar y procesar datos masivos, lo que resulta en un alto rendimiento para diversas aplicaciones geoespaciales. La combinación de PostgreSQL y PostGIS ofrece una solución robusta y versátil para la gestión y análisis de datos espaciales en entornos de bases de datos (Smolinski, 2018).

PgAdmin es una herramienta para gestionar bases de datos PostgreSQL. Estas bases de datos son las que se han trabajado en la tesis.

### **QGIS y Asistente LADM-COL. Instalación**

Una de las funcionalidades principales de QGIS es la integración de complementos o *plugins* en la plataforma que permiten infinidad de funciones nuevas que el *software* no contiene. Como es el que se ha tratado e investigado en la tesis, el Asistente LADM-COL.

La descarga e instalación de QGIS se realiza en la página oficial de QGIS (QGIS, 2023)

El *plugin* Asistente LADM-COL es un complemento para QGIS que permite crear y mantener datos conformes con LADM-COL, así como importar, visualizar, capturar, consultar, transformar, validar y generar archivos de intercambio de INTERLIS (.XTF). El sistema de referencia que se utiliza en

QGIS para trabajar con el modelo LADM-COL es el 3116 MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá zone. Se integra al Sistema de Transición para realizar tareas que requieren análisis y validación de datos espaciales. Así como se muestra en la Figura 189.

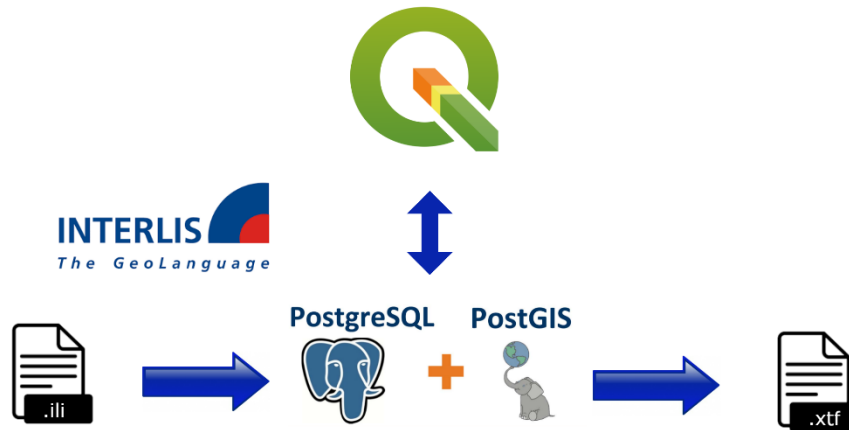


Figura 189. Lógica y estructura del *plugin* Asistente LADM-COL

Fuente: Elaboración propia

El lenguaje INTERLIS permite definir modelos conceptuales mediante archivos de texto de extensión .ili y también sirve para transferir datos y relaciones que vienen conforme a un modelo. INTERLIS es un lenguaje de descripción de geodatos compacto y un mecanismo de transferencia de geodatos flexible. Este lenguaje está integrado con los esfuerzos de estandarización existentes en tecnología de la información y sistemas de información geográfica (Keller, 1999).

INTERLIS, es el estándar suizo que permite las comunicaciones del sistema de información terrestre, en perfiles de países basados en LADM, sugiere la posibilidad de un enfoque integrado LADM / INTERLIS. (Kalogianni, Dimopoulou, Quak, Germann, Jenni, & van Oosterom,, 2017).

El Asistente LADM-COL permite importar el modelo LADM-COL en formato INTERLIS (.ili) a una base de datos PostgreSQL + PostGIS a partir del *software* QGIS. Una vez completado el conjunto de datos, la herramienta permite exportar dichos datos a un archivo de transferencia INTERLIS en formato .xtf, que es un archivo .xml que tiene todos los datos y relaciones que contiene la base de datos. Este archivo es utilizado para poder importar los datos a cualquier otra plataforma ya sea Oracle, en otro PostgreSQL/PostGIS, Geopackage, mediante una herramienta intermedia. El objetivo principal del *plugin* LADM-COL es que se exporte este fichero .xtf de las delimitaciones topográficas de las propiedades, añadidas a una base de datos local, para poder importarlo después en una base de datos oficial.

Como se ha comentado en el párrafo anterior, el *software* que actualmente se utiliza en Colombia para capturar los datos del modelo Catastro Multipropósito es el GIS de *software* libre QGIS. En general los Sistemas de Información Geográfica han revolucionado el proceso de recopilación y procesamiento de datos (Kukulska, Salata, Cegielska, & Szylar, 2018). No obstante, el uso de los SIG exige que los usuarios tengan un mínimo de formación, en cuanto a informática en general, cartografía, geometrías, sistemas de referencia, formatos de archivo, topología, precisiones, y, en este caso además, del modelo de datos con el que se trabaja. Por otra parte, la cantidad de herramientas y opciones disponibles en un SIG suele ser abrumadora para usuarios no especializados. Estos aspectos resultan un grave problema, como se verá más adelante, en las conclusiones de esta tesis.

Las principales funcionalidades del *plugin* LADM-COL, en las que se profundizará más adelante son:

- Crear estructura de base de datos conforme al modelo LADM-COL v3.0.
- Permite captura de nuevos objetos
- Permite importación de datos
- Dispone de formularios para tratar datos
- Configura relaciones entre tablas y capas
- Configura valores automáticos para campos
- Almacena archivos fuente en un servidor
- Válida reglas de calidad para los objetos espaciales
- Administración de datos
- Importar datos desde archivo de transferencia (.XTF).
- Exportar datos a archivo de transferencia (.XTF).
- Importar/exportar datos desde y hacia archivos de transferencia (.XTF) desactivando la validación de los mismos.

### **Instalación del *plugin* Asistente LADM-COL**

El asistente LADM-COL se instala en el *software* QGIS con una versión posterior a 3.10, ya que este contiene algunas funcionalidades que sólo son compatibles a partir de esta versión. En esta tesis se utiliza la versión de 3.14 de QGIS y para el asistente *plugin* LADM-COL la versión será la 3.1.0. Para ello, en

el buscador de complementos de QGIS se tiene que buscar por el nombre de LADM-COL (Figura 190).

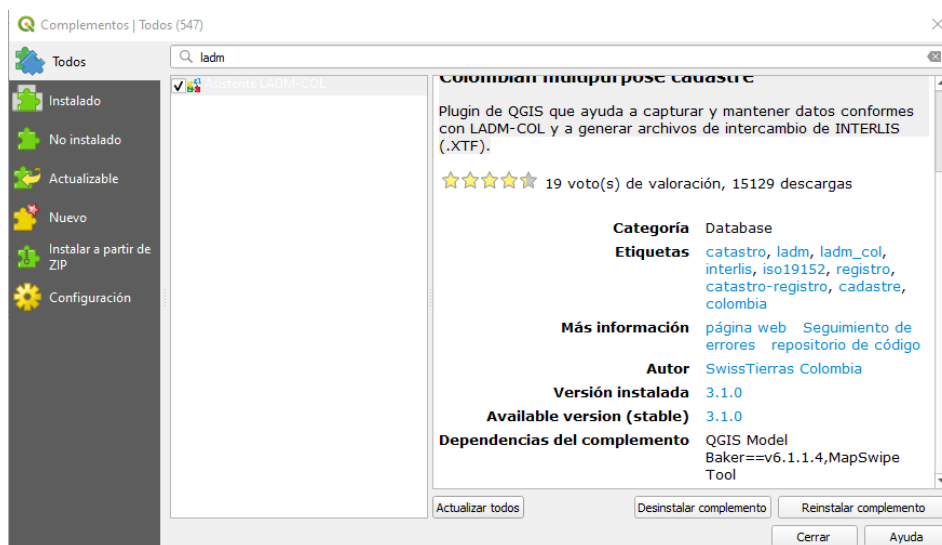


Figura 190. Búsqueda del complemento Asistente LADM-COL en QGIS

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Hay que asegurarse de tener la última versión del *plugin* QgisModelBaker instalado ya que el asistente LADM-COL depende de este *plugin* para funcionar. Este *plugin* QgisModelBaker permite crear proyectos de modelos de INTERLIS, esquemas de bases de datos PostGIS o GeoPackages. Este *plugin* crea esquemas de bases de datos y provee las capas y formularios de edición con base en el esquema. También permite la exportación de datos estructurados en el formato INTERLIS (XTF).

Tras una primera instalación de estos complementos se comprobaron que se instalaron correctamente mostrando sus respectivas herramientas en QGIS.

Una vez instalado aparecerá una nueva pestaña en la barra superior donde se podrá instalar la base de datos que contempla el modelo LADM en localhost o en el servidor con la última versión que se está trabajando en Colombia.

El modelo LADM-COL, con la versión 3.0 también está operativo para el *software* ArcGis, disponible en la plataforma github (Github LADM-COL EsriColombia, 2023). Este modelo contiene la misma lógica y estructura que el desarrollado para QGis.

## Creación y configuración de la base de datos en el servidor

Según lo convenido con la Cámara Colombiana de la Topografía, el propósito es crear un geoportal que publique las delimitaciones de la asociación, de forma que, al igual que GeoDelProp, ayude a interpretar los linderos a juristas y afectados. Para alcanzar este objetivo, la base de datos debe estar en un servidor en la nube, para ser accesible para todos los usuarios, y tener un repositorio de geometrías común. Se contrató un servidor virtual privado, con el sistema operativo Ubuntu Server 20.04, y después se instaló PostgreSQL + PostGIS.

Para crear la base de datos, con el modelo LADM-COL en el servidor, se puede realizar a partir de comandos en una consola SSH o a partir del propio Asistente LADM-COL en QGIS. Para comprobar todas las herramientas del *plugin* se utilizará la creación de la base de datos a partir de este.

Con la instalación del *plugin* LADM-COL, aparece un nuevo menú en el *software* QGIS llamado *LADM-COL*, donde seleccionando el submenú *Administración de datos* y dentro de este en *Crear estructura LADM-COL*. Se abre una ventana donde se configura el método de conexión a la base de datos. Pero antes de configurar dicha conexión en el *plugin* hay que habilitar en una cmd una conexión al servidor por SSH.

Permitir conexiones directas a Internet al puerto 5432 no es seguro. El 90% de los ataques de piratas informáticos se envían al puerto de la base de datos, por lo que el puerto de la base de datos debe mantenerse cerrado. Sin embargo, se puede conectar PgAdmin, QGIS o cualquier GIS a su PostgreSQL en su máquina virtual estableciendo un túnel ssh con la máquina virtual.

Se puede usar SSH para cifrar la conexión de red entre los clientes y un servidor PostgreSQL. Si se hace correctamente, esto proporciona una conexión de red suficientemente segura, incluso para clientes que no son compatibles con SSL.

La conexión al servidor por SSH se ejecuta a partir de máquina en el cliente, ejecutando la siguiente línea de código:

```
ssh -L 3333:localhost:5432 ubuntu@IP-o-dominio
```

Donde el primer argumento -L 3333 es el número del puerto, este número se puede elegir libremente. El segundo número, 5432, es el otro extremo remoto del túnel, es decir el número de puerto que se está utilizando en el servidor. El nombre o la dirección IP entre los números de puerto es el host con el servidor de base de datos al que se va a conectar.

Se abre una nueva consola cmd en Windows y se escribe la línea de código anterior con la IP del dominio. Tal y como se muestra en la Figura 191:

```
ssh -L 3333:localhost:5432 ubuntu@
```

Figura 191. Conexión al servidor a través de un túnel SSH

Fuente: Elaboración propia. Consola cmd.

La explicación de cómo funciona un túnel ssh es la siguiente: PgAdmin, QGIS o cualquier GIS, en la parte del cliente, envía la solicitud a un puerto local. El cliente SSH recibe la solicitud local y la envía al servidor vía ssh.

El servidor ssh envía la solicitud, en el servidor, y en una conexión local, al puerto de destino en el servidor, en este caso 5432, recoge la respuesta y la envía al cliente, vía ssh. El cliente ssh recibe la respuesta y la envía al puerto local, solicitado por PgAdmin que recibe la respuesta.

Todas las solicitudes de la base de datos son locales, y la comunicación es vía ssh, totalmente cifrada. Una vez conectados a través del túnel SSH de forma segura, ya se puede empezar a configurar el *plugin* LADM-COL en QGIS.

Una vez establecida la conexión SSH al servidor, hay que indicarle también la configuración en el *plugin*. Para ello en el menú de *Crear estructura LADM-COL* y en configuración de la BD de destino, se introducen las variables que se han establecido anteriormente, indicando el host *localhost* ya que la conexión es a través de una conexión en local, y el puerto 3333 elegido. La Figura 192 muestra los valores añadidos en la ventana de configuración:

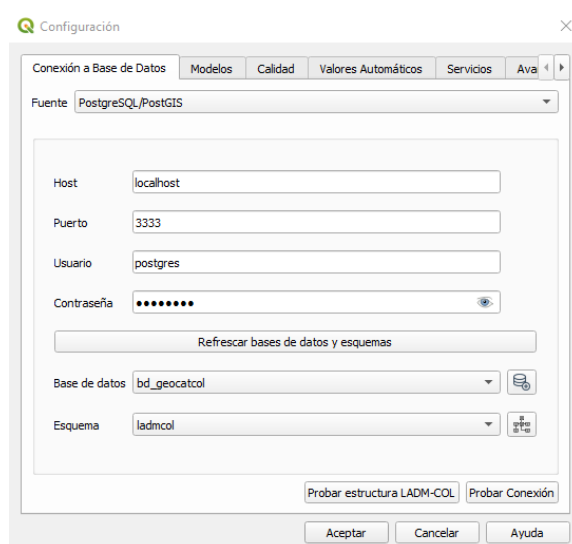


Figura 192. Configuración a la base de datos en el servidor

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Los parámetros necesarios para una conexión a la base de datos son:

- **Usuario:** Nombre del Usuario que tiene permiso sobre la base de datos
- **Contraseña:** Contraseña de Usuario.
- **Host:** dirección donde la base de datos es almacenada localhost es equivalente a 127.0.0.
- **Puerto:** Número del puerto de escucha para la base de datos
- **Base de Datos:** Nombre de la base de datos que contiene o contendrá el modelo físico de LADM-COL.
- **Esquema:** Nombre del esquema que almacena los objetos del modelo físico de LADM-COL.

Una vez establecidas las variables de conexión, en el botón de “Refrescar bases de datos y esquema” muestra que información tenemos en el servidor y se habilitarán los botones para seleccionar o crear la base de datos y esquema. Se crea una base de datos nueva de nombre bd\_GEOLADMCOL (Figura 193).

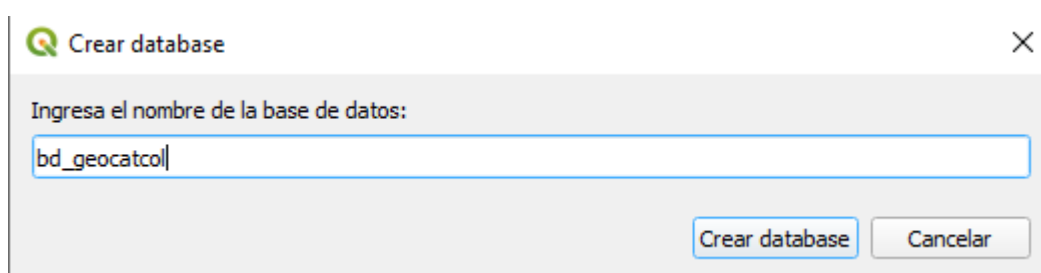


Figura 193. Creación de una base de datos en el asistente Ladm-Col

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Se crea un esquema nuevo de nombre ladmcol (Figura 194).

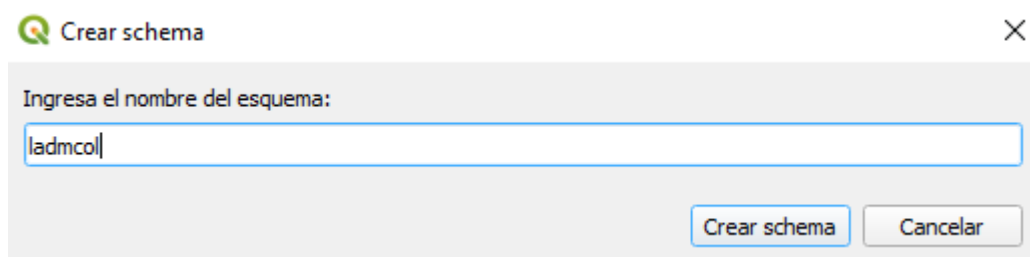


Figura 194. Creación de un schema en el asistente Ladm-Col

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Se acepta la configuración de la conexión y se vuelve a la ventana anterior para indicarle el listado de modelos que se quieren importar. Se seleccionan todos los modelos disponibles, con el SRC por defecto el EPSG:9377 -MAGNA-SIRGAS. Colombia ha decidido utilizar un único sistema de referencia para todo el país, una proyección UTM cuyo origen está en una longitud central en el país, el sistema de referencia EPSG: 9377. Su meta es simplificar y agilizar al máximo los análisis espaciales para potenciar la toma de decisiones en todos los niveles del Gobierno, evitando la división del país en múltiples zonas geográficas, las cuales generan discontinuidades topológicas de la información, así como complicaciones para ejecutar análisis de tipo regional o nacional. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2023e)

Se inicia la creación de la estructura LADM-COL, como se muestra en la Figura 195:

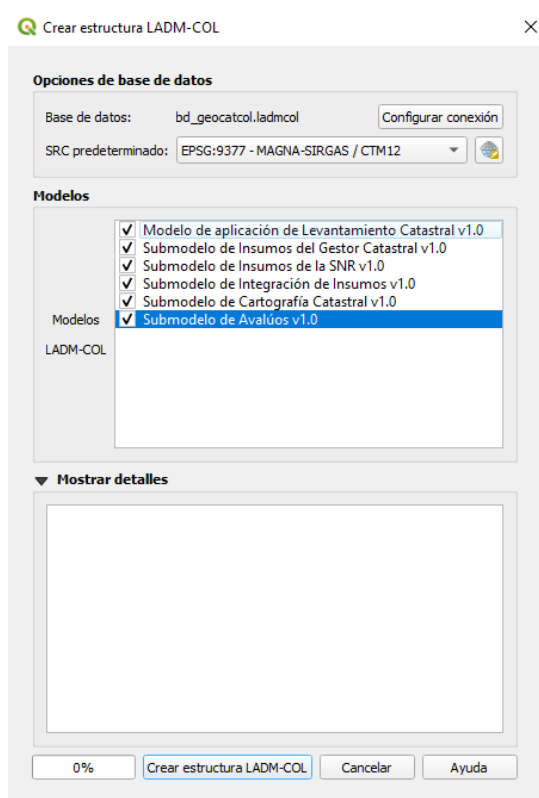


Figura 195. Creación de la estructura LADM-COL en el servidor

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

Estos modelos conceptuales están escritos en INTERLIS en formato .ili y lo que realiza la herramienta es llevar estos modelos a la base de datos postgres/postgis creada anteriormente. Estos modelos también se podrían importar manualmente, pero la herramienta facilita su importación a través de ella.



Con la configuración ya realizada, se inicia el proceso de creación de estructura LADM-COL y tras unos minutos se importa toda la estructura en el servidor. La Figura 196 muestra la importación del modelo.

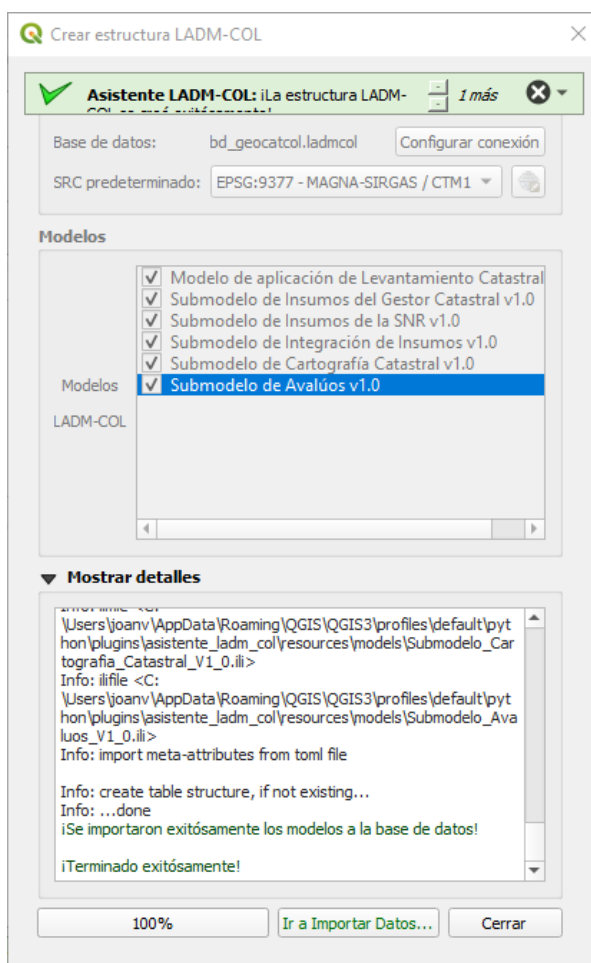


Figura 196. Importación del modelo LADM-COL en el servidor

Fuente: Captura de pantalla de QGIS

En el *software* PgAdmin4 se verifica la importación del modelo, y en nuestra base de datos en el servidor llamada bd\_GEOLADMCOL, encontramos un listado de tablas correspondientes a dicho modelo, como muestra la Figura 197:

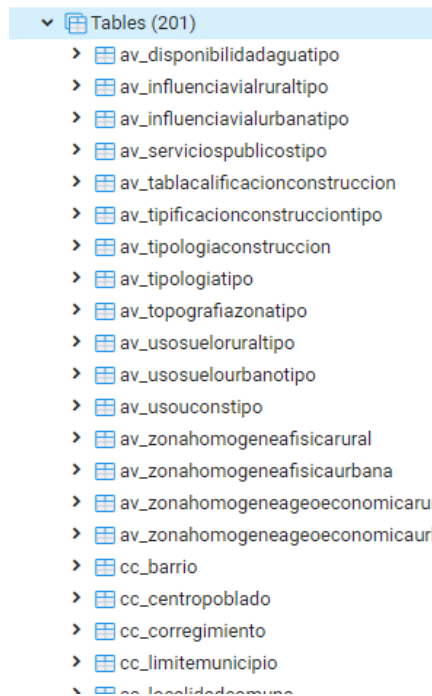


Figura 197. Tablas del modelo LADM-COL creadas en el servidor remoto GEOLADMCOL

Fuente: Captura de pantalla de pgAdmin

Es necesario que el usuario de la base de datos tenga un rol de SUPERUSER para una importación del modelo a través del *plugin*. En caso contrario, el sistema muestra un error en su instalación, ya que son necesarios unos ciertos permisos que únicamente dispone este rol de usuario.

Ya con la estructura importada, se concreta que el proceso de instalación y configuración del *plugin* LADM-COL en QGIS, así como la conexión a través de un túnel SSH y la creación del modelo en el servidor ha sido satisfactorio. Este último paso es muy importante para la tesis ya que es el fundamento y la ventaja que se aportará al colectivo de Colombia para mejorar su infraestructura y metodología de trabajo conjunta.

A continuación, se procede a realizar pruebas y una investigación detallada de todas las herramientas que ofrece el *plugin* Asistente LADM-COL. Es importante saber utilizar cada una de sus herramientas y que se refleje correctamente su funcionamiento en el servidor, ya que como paso final mostraremos dichos resultados en un geoportal y es necesario entender su lógica.

## **Anejo 2. Estudio de países con aplicaciones low-cost actuales para levantamientos topográficos en campo**

**Lituania: GPS Measurer:** Desarrollada en Lituania por un desarrollador autónomo. A fecha 22 agosto de 2018 dispone de más de 100.000 descargas en la tienda de *Google Play Store*. Tuvo su primera subida a la tienda en 6 de noviembre de 2017. La aplicación tiene un peso de 6,4 Megas. Actualmente en 2024 la aplicación no esta disponible en la tienda de *Google Play Store* para su descarga.

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

- Configuración del proveedor de GPS. Puede configurar la aplicación para obtener la mejor ubicación disponible desde su dispositivo para la medición más precisa o puede habilitar el ahorro de batería para mediciones largas que no necesitan la mejor precisión disponible.
- ¡Mida mientras usa otras aplicaciones o el teléfono está bloqueado!
- Área de medición con GPS al caminar / conducir por los límites
- Medición de distancia con GPS caminando / conduciendo
- Marcado manual de área, perímetro y distancia colocando puntos en el mapa con el dedo
- Colocación precisa de marcadores y función de movimiento en modo manual para lograr mejores resultados
- Vista de coordenadas de marcadores.
- El marcador coordina la edición manual al ingresar la latitud y la longitud.
- Medidas manuales y GPS para guardar y editar
- Lista de medidas guardadas
- ¡Áreas y distancias para colorear!
- Mide el filtrado en el mapa por tipo y / o grupo.
- Posibilidad de elegir colores de medidas de preestablecidos o seleccionar de la paleta de colores!
- ¡Búsqueda de mapas globales con historial de búsqueda! ¡Buscar direcciones, lugares, distancias y áreas!
- Mide la agrupación, el nombramiento y el comentario

- Deshacer pasos / eliminar alfileres mientras mide
- Medidas compartidas en archivos KML / KMZ
- Mide las importaciones desde archivos KML / KMZ
- Medidas compartidas entre los usuarios de la aplicación MEASURER
- Selección de unidades de área y distancia
- Vistas del mapa de terreno / satélite / básico
- Lista de búsqueda y clasificación

**Brasil: GeoTopo** (Universidad Federal de Santa María - CR Campeiro, 2023) Desarrollada en Brasil en Camobi, Santa Maria - Río Grande del Sur, por el Centro de Ciencias Rurales en la Universidad Federal de Santa Maria (UFSM). A fecha de 22 agosto de 2018 dispone de más de 1.000 descargas en la tienda de *Google Play Store*. Tuvo su primera subida a la tienda en 2017. La aplicación tiene un peso de 10,0 Megas. Actualmente en 2024 la aplicación no esta disponible en la tienda de *Google Play Store* para su descarga.



La aplicación Android C7 GeoTopo, del Proyecto de Extensión Rural de la UFSM CR Campeiro, tiene por objetivo la obtención de coordenadas geográficas de puntos con el uso del GPS del dispositivo y sobre imágenes de satélite de Google Maps y realizar procesos con cálculos topográficos diversos, registro de archivos geográficos entre otras funciones.

Las funciones básicas de la aplicación son las siguientes:

- Operaciones con el GPS del dispositivo móvil. (Levantamientos de Waypoints y Trayectos)
- Operaciones de vectorización, geolocalización y navegación sobre imágenes de satélite GMaps
- Procesamiento de cálculos topográficos (áreas, división de áreas, cálculos de distancias, azimut y posición planimétrica)
- Obtención de fotografías georreferenciadas (Geotag)
- El C7 GeoTopo reúne en una sola aplicación varias funciones existentes en las aplicaciones C7 GPS Datos, C7 GPS Malla, C7 Planimétrico I y C7 Planimétrico II, que están disponibles en el Play Store de Google, y que registran un expresivo número de usuarios en Brasil y América Latina.

- Es una aplicación orientada para uso por Profesionales, Productores Rurales y Académicos de cursos con disciplinas curriculares de Topografía
- Un vídeo demostrativo estructurado a partir de un manual PDF

**Calc-GEO** (Pedro David Netto Silveira, Vinício Fragoso Mendes, & Jéferson Luiz Ferrari, 2017). El avance en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles como smartphones ha posibilitado a los agricultores, crear y almacenar datos e información sobre sus propiedades y cultivos. La aplicación, denominada Calc-Geo, fue desarrollado para la plataforma Android y realiza la interfaz con los receptores GNSS del smartphone. Entre otras características, el Calc-Geo permite registrar las áreas levantadas, determinar la distancia de alineaciones y enviar los datos levantados por telefonía celular, posibilitando la integración con otras tecnologías. Actualmente en 2024 la aplicación no esta disponible en la tienda de *Google Play Store* para su descarga.

**Guatemala: EasyTopo** ( Echeverría Bardales, 2016) es una aplicación sencilla que permite tomar un punto de medición en donde se encuentre el usuario a partir del GPS del dispositivo móvil o se puede agregar uno desde la pantalla observando un mapa. En cualquiera de los dos casos se capturan los datos de latitud, longitud y altura del punto georreferenciado. Actualmente en 2024 la aplicación no esta disponible en la tienda de *Google Play Store* para su descarga.



En los últimos años la tienda de *Google Play Store* ha implementado nuevos protocolos de seguridad y requisitos obligatorios en aplicaciones, en los que sus desarrolladores disponen de un tiempo limitado para actualizar la aplicación. En caso contrario, la tienda retira las aplicaciones penalizando la cuenta del desarrollador. Se intuye que este es el posible motivo por el que la aplicación ya no esta disponible para su descarga.

Luego de tomar los puntos de referencia, este puede compartirse en diferentes formatos los cuales son:

- Excel
- CSV
- AutoCAD
- GPX

**Guatemala: Topografía GPS.** Desarrollada en Guatemala por desarrolloljlp. A fecha de 2024 dispone de más de 100.000 descargas en la tienda de *Google Play Store*. Tuvo su primera subida a la tienda el 2017. La aplicación tiene un peso de 4 Megas.

Esta aplicación gratuita permite realizar mediciones de terrenos/polígonos por medio del adaptador GPS en un dispositivo Android.

Las opciones que permite la aplicación son:

- Opción MEDIR

Al presionar esta opción se abrirá un mapa de Google Maps, con un triángulo rojo en su posición actual (tomada del GPS de su dispositivo). Se puede interactuar a través del mapa, acercarse o alejarse según sus necesidades. Al presionar en el botón Satélite se puede alternar entre la vista de mapa y foto satelital. Al dar un toque a la pantalla, creará un punto de polígono, se debe de crear al menos 3 puntos para que se realice un cálculo rápido de las propiedades del polígono. Para regresar a la posición actual se presiona el botón Posición Actual. Para deshacer el último movimiento (último punto) se presiona el botón Deshacer al lado izquierdo de la pantalla.

Cuando se termina de dibujar un polígono, se debe presionar en el botón OK y se procederá a los cálculos respectivos y a la generación de una carpeta cuyo nombre será de la forma: “nombre\_proyecto”+”fecha” (los datos que se ingresan en el menú principal. Esta carpeta estará dentro de la carpeta GPS\_Topography\_Projects ubicada en el almacenamiento interno de tu dispositivo.

Dentro de esta carpeta se generarán 3 archivos:

- 1 archivo DXF con el polígono que se dibujó en la pantalla de Google Maps listo para importar a un programa CAD.
- 1 archivo PDF que contiene un informe detallado del polígono dibujado, conteniendo los cálculos respectivos para el cálculo del área. Las coordenadas totales finales del polígono se compensan por medio del método de Pennsylvania, que distribuye el error en todos los linderos del polígono, es decir que las coordenadas presentadas en la última tabla del informe son coordenadas compensadas.
- 1 archivo TXT con una línea por cada punto del polígono de la forma: IdEstacion, X, Y, Z.

- Opción RECALCULAR

Al seleccionar esta opción se abrirá la pantalla de Datos del Terreno, donde se debe de ingresar las coordenadas iniciales de un polígono (coordenadas de la primera estación E-0) en metros y se debe de seleccionar si el terreno es de fácil o difícil medición. Con esto se sabrá que error máximo de cierre es aceptable para aplicarlo a la situación. Al presionar el botón A TRABAJAR, se abrirá una nueva ventana de ingreso de datos, donde al principio se muestra el dibujo del polígono que está ingresando. En la parte de debajo de la pantalla se podrá ingresar la distancia y azimut de cada estación (el primer ingreso será de los datos de distancia y azimut medidos de la E-0 a la E-1 y así sucesivamente).

A partir del tercer punto ingresado se habilitará el cuadro ULTIMO PUNTO donde se debe indicar a la app si el punto que se está ingresando es el último punto del polígono o no. Si se presiona en SI, la app automáticamente cerrará el polígono y realizará los cálculos y procederá a generar la carpeta del proyecto y los respectivos archivos dentro. Es decir, si el punto actual es E-3 y se presiona SI en el cuadro ULTIMO PUNTO, la app automáticamente crea un lindero de la E-3 a la E-0, cierra el polígono y compensa las coordenadas con el método de Pennsylvania.

### Mobile Topographer Free

Desarrollada en Chipre por S.F. Applicality Ltd. A fecha de 22 agosto de 2018 dispone de más de 500.000 descargas en la tienda de *Google Play Store* y tuvo su primera subida a la tienda el 14 de enero de 2013. La aplicación tiene un peso de 18 Megas.



Actualmente en 2024 la aplicación ya no esta disponible en la tienda de *Google Play Store* para su descarga. Al parecer, únicamente esta disponible su versión Pro de pago, que se explica más adelante en esta tesis.

Mobile Topographer Free es una aplicación para topógrafos y personas que desean hacer un borrador del plan de su propiedad. Se usa para acumular puntos en el campo y crear un dibujo de un área a partir de un dispositivo de mano.

Principales características y funciones de Mobile Topographer Free:

- Aumenta la precisión del GPS usando:

- Promedio ponderado (en cada eje).
- Calibración del mapa.
- Calibración del dispositivo en el mapa, o en un punto conocido.
- Parada automática para un posicionamiento preciso.
- Muestra y convierte las coordenadas geodésicas GPS a cartesianas EN y viceversa:
  - Conversión en tiempo real de geodésica (latitud, longitud) a cartesiana (E, N, Z, altura ortométrica) y viceversa.
- Examina los satélites que tienes arriba en una vista del cielo.
- Intensidad de la señal y número de satélites indicados para cada constelación GNSS individualmente.
- Soporte de unidades múltiples:
  - Metros.
  - Pies internacionales.
  - pies de encuesta de EE. UU.
- Cálculo de altura:
  - Altura elipsoidal.
  - EGM96 cálculo ortométrico de altura.
- Convertir de coordenadas geodésicas a cartesianas y viceversa:
  - Soporte para puntos medidos por dispositivo, o
  - Entrada manual de coordenadas geodésicas o cartesianas.
- Conducirme:
  - Introduzca las coordenadas del punto objetivo en coordenadas geodésicas o cartesianas, o seleccione un punto de la lista y siga el puntero.
  - Brújula que indica el norte magnético y verdadero.
- Proyecto en el mapa:
  - Projete puntos individuales en cualquier aplicación de mapa.



- Lista de proyectos de puntos, y el polígono definido, en los mapas de Google embebidos.
- Guarda múltiples listas de puntos, para usarlas más tarde.
- Calcula distancia y acimut.
- Calcular área.
- Exportar listas de puntos a:
  - .txt (archivo de texto)
  - .csv (archivo de punto - coma separada)
  - .kml (archivo de Google Earth)
  - .gpx (formato de intercambio GPS)
  - .dxf (archivo de dibujo)
- Enviar archivo por correo electrónico o subirlo a Google Drive, Dropbox, etc.
- Soporte completo de texto de ayuda.

### **Mobile Topographer Pro**

Mobile Topographer Pro es una aplicación para el topógrafo profesional. Es una extensión de Mobile Topographer Free que incluye todas sus características y muchas más. Se usa para acumular puntos en el campo y crear un dibujo del área con contornos y un modelo de terreno en 3D a partir de un dispositivo Android.



Se utilizan las mismas características y funciones que la app descrita anteriormente llamada Mobile Topographer Free con estas más:

- Modelado y contornos 3D del terreno
  - Recoge datos de altitudes del terreno.
  - Crea un modelo de terreno en 3D.
  - Crear contornos.

- Exportar datos, modelo de terreno en 3D y contornos en archivos .txt, .csv, .kml, .db, .dxf.
- Seguimiento de ruta
  - Recoge datos a medida que te mueves.
  - Pausa la función de reanudar.
  - Calcular datos estadísticos de la pista y cada tramo de la misma.
  - Duración.
  - Distancia - Longitud.
  - Mínimo - Máximo - Altura media - Altura cubierta.
  - Mínimo - Máximo - Velocidad promedio.
  - Exportar datos en archivos .txt, .csv, .kml, .db, .dxf.
- Proyección en tiempo real en Google Maps mientras "Surveying" y "Drive me".
- Proyecto en el mapa
  - Completa un proyecto sin siquiera ir al campo.
  - Insertar, modificar o eliminar puntos directamente en el mapa.
  - La creación de proyectos en el mapa también se puede usar para corregir o hacer adiciones a una proyecto existente.
- Importar puntos
  - Importar puntos desde un archivo de datos.
  - Los archivos de texto (.txt, .csv) y Shape (.shp) son compatibles.
  - Formato de archivo WGS84 o formato seleccionado Sistema de referencia de coordenadas locales.
  - Selección de campos.
  - Delimitador de selección de archivo de texto.
- Exportar puntos a:
  - .txt (archivo de texto)

- .csv (archivo de punto - coma separada)
- .kml (archivo de google earth)
- .gpx (formato de intercambio GPS)
- .dxf (archivo de dibujo)
- .shp, .shx, .dbf (archivos Shape)
- Puntos de grupo
  - Divide una lista de puntos en grupos según los nombres de los puntos.
  - Lista de filtros de vista de puntos nombrando grupos.
  - Exportar lista de puntos con división de grupo.
  - Seleccione el contenido de las listas de puntos exportadas.
- Datos meteorológicos
- Desliza desde la izquierda para ver los satélites en la vista del cielo durante el levantamiento topográfico.
- Altitud del dispositivo
- Área, perímetro, número de vértices de un diagrama
- Editar manualmente las coordenadas de un punto en la lista
  - Introduzca directamente la etiqueta, las coordenadas y la altura de un punto.
  - Arrastra y suelta un punto a su nueva posición en los mapas.
- Ver los satélites GNSS en una vista de realidad aumentada
  - Gire su dispositivo en cualquier dirección y localiza los satélites visibles en el fondo físico.
- Totalmente funcional incluso sin conectividad a Internet
- Google Maps v2
- Mayor precisión

### **Anejo 3. Prototipo de una APP Low-cost para levantamientos topográficos en campo**

Tras el estudio de aplicaciones Low-cost para levantamientos topográficos en campo (Anexo 2). En un primer momento se estudia realizar una aplicación para aplicar el enfoque Fit-for-purpose en Colombia, se propone que sean los ciudadanos los que capturen los perímetros de sus propiedades. Viendo que ninguna aplicación existente se ajustaba a las necesidades de Colombia, se realiza el diseño de una aplicación móvil nueva que se presenta a continuación. Aunque, tras estudiar los desarrollos tecnológicos existentes y entrar en contacto con la Cámara Colombiana de la Topografía, se decide reorientar la investigación en favor del estudio de un *plugin* para QGIS, existente en Colombia, para la captura de datos catastrales.

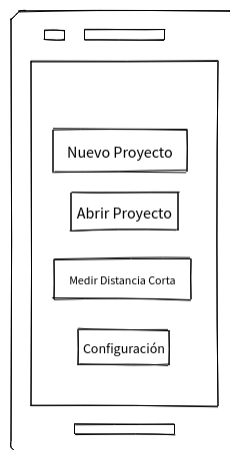
La idea era realizar una aplicación para dispositivos móviles en la que se podrían realizar levantamientos topográficos a partir del GPS del teléfono. Esta app tendría el objetivo principal de favorecer a aquellos países que no disponen de los medios necesarios para realizar sus propios levantamientos, ofreciendo así una posibilidad de recogida de datos e imágenes en campo de una forma muy rápida y sencilla a través de los propios ciudadanos. El objetivo de este trabajo era el de desarrollar una aplicación móvil con procesamiento en tiempo real para levantamiento topográfico que posibilite registrar la ubicación geográfica, calcular el área y el perímetro de una región delimitada en el terreno.

A través del propio GPS del teléfono móvil, aunque las precisiones de este pudieran ser malas o no muy idóneas, se pretenden recoger los puntos de los levantamientos en latitudes y longitudes para su posterior tratamiento. A continuación, se explica el desarrollo y las funcionalidades de la propuesta de prototipo de la aplicación:

Al abrir la aplicación se crea automáticamente si no existe, una carpeta en el almacenamiento interno del dispositivo llamada “GEOmediciones”. En esta carpeta se crea automáticamente una subcarpeta cada vez que se guarde un nuevo proyecto con el nombre de este y la fecha de creación del proyecto, ejemplo: “Test09082018”. Dentro de esta subcarpeta contiene todos los archivos del proyecto (json, kml, kmz, shp, txt, dxf, memoria pdf) y una subcarpeta llamada fotografías donde contiene fotografías de los puntos o lindes tomados o importados. Dentro de la carpeta GEOmediciones contiene una carpeta de configuración, donde estarán en formato json todos los listados de referencias catastrales y tipos de punto creados por el usuario. Las partes de la aplicación por lo tanto son:

## 1. Menú principal aplicación

- Nuevo Proyecto
- Abrir proyecto
- Medir distancia corta
- Configuración



### 1.1. Abrir proyecto

Listado de proyectos creados en el dispositivo. La aplicación lee los archivos json en las carpetas de la aplicación. También se puede abrir un proyecto que le haya mandado otro usuario (Se abre un json)

### 1.2. Configuración

En este apartado el usuario tiene la opción de:

Guardar un listado de referencias catastrales con nombre de listado: Opción de guardar un listado de referencias catastrales para abrirlas posteriormente en un proyecto nuevo. Puede añadir alguna descripción o apunte que le haga recordar una vez empieza un proyecto o se dirija a realizar una medición en campo a que parcela catastral se refiere. Al introducir una nueva referencia catastral se le avisa al usuario de si existe realmente en la bbdd del Catastro. Este listado lo puede importar o exportar en un archivo Excel o txt. Se guarda en la carpeta correspondiente de la aplicación en el dispositivo con el nombre del listado, es un json por cada listado.

Listados de tipos de punto con nombre de listado: Puede guardar listados de tipos de puntos para que cuando empiece un proyecto pueda seleccionar de una lista ese listado. Estos listados los puede importar o exportar en un archivo Excel o txt. Se guardan en la carpeta correspondiente de la aplicación en el dispositivo con el nombre del listado, es un json por cada listado.

### 1.3. Medir distancia corta

El usuario tiene la opción de medir distancias en campo con la opción de por GPS o medición manualmente pinchando en el mapa 2 lugares. Esta función resuelve mediciones cortas que cuando, por ejemplo, el usuario no disponga de

una cinta métrica o ya sea por falta de accesibilidad y necesite una medición en ese instante

## 2. Nuevo Proyecto

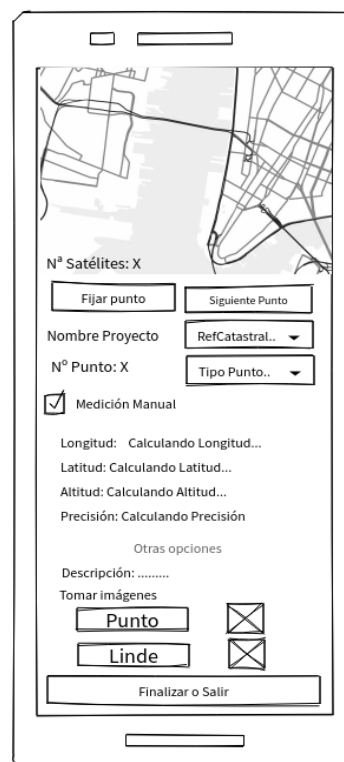
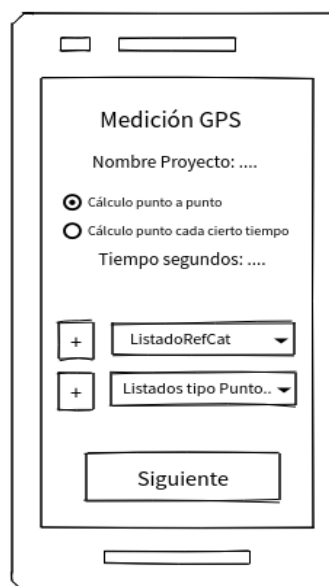
- Medición GPS
- Medición PNOA
- Replanteo
- Recalcular

## 3. Medición GPS

Se abre un panel de opciones donde se elige entre:

- EditText: Nombre del proyecto
- Radiobutton: Cálculo de puntos o cálculo de un trayecto continuo de puntos cada cierto tiempo.
- Listado desplegable de listados de referencias catastrales con opción a insertar una nueva lista de referencias catastrales o editar alguna para añadir una referencia catastral (opcional):
- Listado desplegable de listados de tipos de punto (opcional): Puede elegir de un listado de puntos creado anteriormente en el menú de *Configuración*, crear un listado nuevo o abrir alguno añadiendo más tipos de punto.

Cada referencia catastral es buscada en la bbdd del Catastro, dice si existe o no al indicarle alguna. Si no existe la referencia catastral no se guardará. En el caso que no se elija un listado de referencias catastrales, se muestra el zoom del GPS. Estos listados de referencias catastrales se guardan en el dispositivo del usuario.



Pinchar en siguiente para continuar.

### 3.1. Medición de puntos.

Si se ha elegido la opción de “medición de puntos” se muestra una ventana nueva que contendrá:

- Webview: Mapa (OpenLayers) en la parte superior a un 40% del height de la pantalla del dispositivo

En el mapa (Figura 198) se muestra:

- Capa de fondo del PNOA, con la opción de añadir Catastro o GoogleStreetView.
- Posición GPS con punto azul redondo.
- Puntos tomados del proyecto con su N° punto con una bandera azul.
- El punto nuevo por tomar, cuando se fije la posición con un icono de bandera roja.
- Imágenes de los puntos con un icono de cámara azul.
- Imágenes de los lindes con un icono de cámara naranja.



Figura 198. Mapa ejemplo de una toma de datos en campo

Fuente: Elaboración propia

Pinchando en cada punto o icono en el mapa aparecerá un popup que indicará si se quiere modificar la información tomada o eliminar dicho punto o icono.

- Button: Fijar Punto

Se fija la posición que aparece en el mapa del GPS del dispositivo y las variables de longitud, latitud, altitud y precisión. Se activa el botón Siguiente Punto. Si se vuelve a pinchar en el button de fijar punto, se desactivará el button de siguiente punto y vuelven a activarse las variables.

- Siguiente Punto:

Se creará una carpeta con el nombre del proyecto en el almacenamiento interno del dispositivo. En esta carpeta contiene:

- Json del proyecto que se irá actualizando a medida que se vaya guardando cada punto
- Imagen tomada del punto

- EditText: Título del Proyecto

- Listado desplegable de referencias catastrales del usuario guardadas.

Tiene la opción de añadir una nueva. Al pinchar en alguna referencia o en añadir una nueva, se realizará un zoom en el mapa de donde esté ubicada, en el caso de que exista, sino se le indicaría con una alerta que esta referencia no existe.

- EditText: Número punto

El número de puntos no será modificable y se irá incrementando a medida que se tome un nuevo punto.

- Listado desplegable tipo de punto

Listado de tipos de puntos que el usuario haya elegido previamente en la ventana anterior. Tiene la opción de añadir un nuevo tipo de punto. Si no elige ninguno, por defecto se nombrará como “sin nombre”. Si elige alguno para la medición del siguiente punto se guardará este tipo de punto y aparecerá ya seleccionado en el listado, así se le facilitará aún más la medición.

- Checkbox: Medición Manual

Checkbox desactivado: Muestra y actualiza la posición del nuevo punto en el mapa y va actualizándose hasta pinchar en el botón fijar punto.

Checkbox activado: El usuario deberá de pinchar en el mapa para recoger las coordenadas. También se habilitará el EditText de longitud y latitud para que



el usuario tenga la opción de insertar las coordenadas y pinche en el botón de “Fijar punto”, para que aparezca un nuevo punto en el mapa.

- EditText bloqueado: Latitud (No modificable si no es con la opción de Medición Manual)
- EditText bloqueado: Longitud (No modificable si no es con la opción de Medición Manual)
- EditText bloqueado: Altitud
- EditText bloqueado: Precisión
- EditText: Descripción (opcional). El usuario puede añadir o modificar posteriormente una pequeña descripción del punto que va a tomar.
- Button: Tomar imagen punto o Tomar imagen linde

La fotografía para el punto es opcional y solo se puede importar una fotografía por punto. Por linde se importarán todas las que se desea, guardándose en un listado continuo incrementándose. Se guardarán automáticamente en una subcarpeta de fotografías dentro de la carpeta del proyecto creada con nombre “LindeNumero\_fechaactual” o “PuntoNumero\_fechaactual”.

Por cada fotografía tomada o añadida se dibujará en el mapa un punto que es un icono de cámara con el nombre de la imagen.

- Button: Finalizar o Salir

Aparece un mensaje que indica si quieres Salir sin guardar del proyecto, donde se elimina el proyecto y si quieres Finalizar, donde se guarda y cierra el proyecto con el último punto tomado o con el punto registrado en el Activity. La carpeta del proyecto contiene:

- Txt de N° de punto y sus coordenadas (separadas por comas y saltos de línea)
- Json (archivo que contiene la geometría con las propiedades de cada punto)
- Kml (formato Google Earth)
- Shp (formato shape)
- Kmz (Capa de Google earth)
- Gpx (formato intercambio GPS)

- Dxf (formato CAD)
- Pdf resumen memoria topográfica con coordenadas y imágenes
- Fotografías
  - Puntos
  - Lindes

Tras el guardado aparecerá una alerta donde se indicará si se desea enviar el proyecto por correo electrónico o subirlo a Google Drive, Dropbox, etc., indicando en una lista que archivos desea enviar y una dirección de correo.

Aplicación de Testeo. Aunque inicialmente es solo una propuesta de prototipo, si que se llega a desarrollar una pequeña parte de la aplicación para la realización de diferentes pruebas en campo (Figura 199).

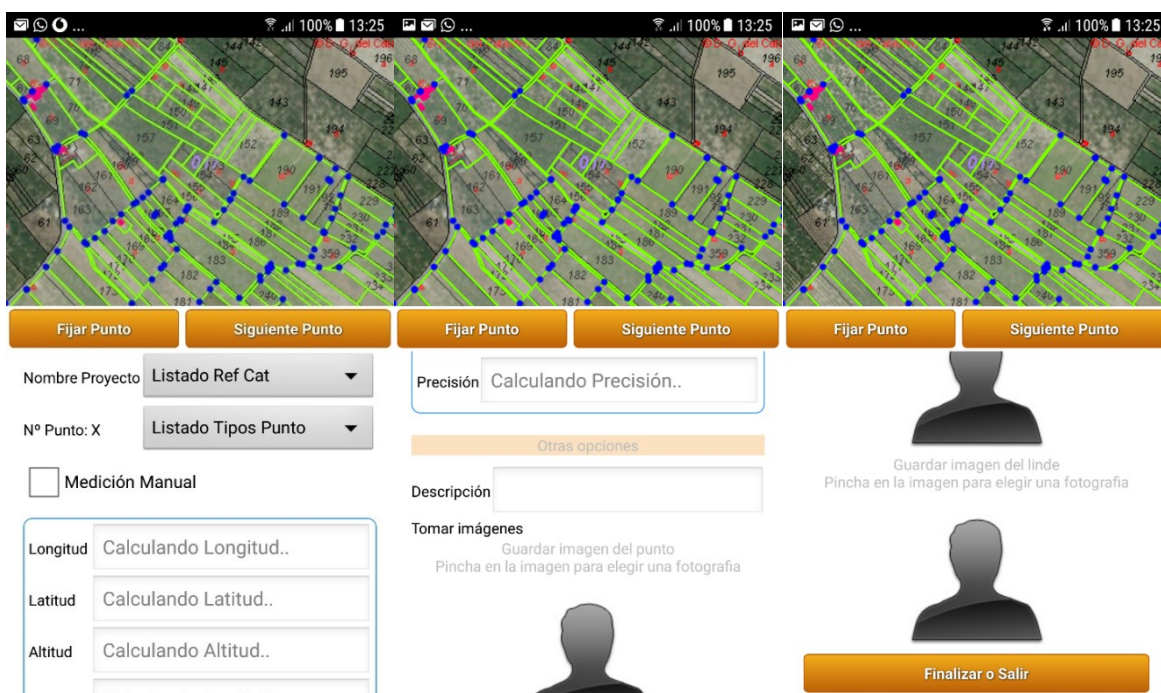


Figura 199. Listado de pantallas del proceso de creación de puntos

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Medición trayecto de puntos automático

Si se ha elegido la opción de “medir puntos automáticamente cada cierto tiempo” se calculan puntos por GPS o de forma manual automáticamente cada x segundos, según el tiempo establecido.

#### 4. Medición por PNOA

Se abre una ventana nueva que contiene la capa del PNOA de fondo y se puede añadir la del Catastro o GoogleStreetView. El usuario realiza mediciones a mano alzada, de poca precisión, en un mapa.

#### 5. Replanteo

El usuario tiene la opción de crear un proyecto nuevo introduciendo coordenadas latitud y longitud o X UTM, Y UTM y el huso para realizar un replanteo. Una vez introducidas las coordenadas, al usuario le aparecen unas indicaciones para ir aproximándose a dichas coordenadas desde su posición.

#### 6. Recalcular

Permite ingresar datos del terreno, es decir, introducir un punto de posición inicial fija, por ejemplo,  $X = 100$ ,  $Y = 100$ . A continuación, permite añadir distancia y azimut para los siguientes puntos.