



**Programa de Doctorado en
Tecnologías de la Información Geográfica**

**Desarrollo de Propuesta para la
Implementación de Catastro Físico 3D
inicial. Caso de Estudio en Ecuador**

Tesis Doctoral presentada por
JULIA DESIREE VELASTEGUI CÁCERES

Director:
Dr. Víctor Manuel Rodríguez Espinosa
Co-Director:
Dr. Oswaldo Vinicio Padilla Almeida

Alcalá de Henares, 2021

DEDICADA A

Mis padres Luis y Julia

Mi compañero de vida Fabián

Mi hermano Alejandro

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Alcalá, por darme la oportunidad de desarrollar la presente investigación. De manera especial al Dr. Víctor Rodríguez y Dr. Oswaldo Padilla, por su apoyo y guía.

Índice de Contenidos

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1 CAPÍTULO I	5
1.1 ESTRUCTURA DE LA TESIS	6
1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	11
1.4 OBJETIVOS	12
2 CAPÍTULO II	15
2.1 CATASTRO	16
2.2 EVOLUCIÓN DEL CATASTRO	18
2.3 CATASTRO 3D	20
2.4 ASPECTOS TÉCNICOS DEL CATASTRO FÍSICO 3D	26
2.4.1 Representación geométrica 3D	26
2.4.2 Bases de datos y documentales	28
2.4.3 Métodos de obtención Datos 3D	31
2.4.4 Validación de objetos 3D	35
2.4.5 Visualización de datos 3D	37
2.5 Norma ISO 19152:12 LADM	41
2.5.1 Visión general de la Norma ISO 19152	43
3 CAPÍTULO III	58
3.1 INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN CATASTRAL	59
3.2 ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN CATASTRAL DEL ECUADOR	60
3.3 ANÁLISIS EN BASE A CANTONES CON APERTURA A LA REVISIÓN DE INFORMACIÓN CATASTRAL	64
3.4 NIVELES DE DESARROLLO CATASTRAL EN BASE A LOS COMPONENTES FÍSICO, JURÍDICO, TEMÁTICO Y ECONÓMICO	71
4 CAPÍTULO IV	84
4.1 MODELO CATASTRAL DEL ECUADOR	85
4.2 PROPUESTA DE MODELO DE DOMINIO CATASTRAL 3D INICIAL	89
4.2.1 Sección LA_Party	91

4.2.2	Sección LA_RRR	93
4.2.3	Sección LA_BAUnit	94
4.2.4	Sección LA_SpatialUnit / EC_Parcel	95
4.2.5	Sección EC_PhysicalPropertyObject	99
4.2.6	Asociaciones entre clases de la propuesta de Modelo Catastral 3D del Ecuador	102
5	CAPÍTULO V	106
5.1	ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS CATASTRALES	107
5.1.1	Área de estudio	107
5.1.2	Adquisición base de datos de partida	110
5.1.3	Tratamiento de base de datos de partida	116
5.2	IMPLEMENTACIÓN DE GEODATABASE	120
5.2.1	Geodatabase en Postgres-Postgis	120
5.2.2	Geodatabase en Arcgis Pro	128
5.3	REPRESENTACIÓN 3D DE LOS OBJETOS CATASTRALES	135
5.4	CONCLUSIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO CATASTRAL 3D INICIAL PROPUESTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO	139
5.4.1	Adquisición/tratamiento de datos catastrales (en área de estudio)	139
5.4.2	Generación de base de datos de objetos 3D en base a la propuesta de modelado de datos para catastro 3D	140
5.4.3	Representación de datos geoespaciales (edificaciones) a nivel de detalle ¹ con las respectivas relaciones con tablas y capas a través de SIG	141
6	CAPÍTULO VI	144
6.1	AMENAZAS NATURALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	145
6.1.1	Amenazas de carácter natural	146
6.2	VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PROPUESTA DE MODELO CATASTRAL 3D	158

6.2.1	Etapas generales para el análisis de vulnerabilidad física de las edificaciones	158
6.2.2	Análisis de completitud de datos del área de estudio	160
6.2.3	Aporte a la vulnerabilidad generada por los elementos estructurales	170
6.2.4	Nivel de vulnerabilidad de edificaciones ante cada amenaza analizada	171
7	CAPÍTULO VII	187
7.1	Conclusiones objetivo general	187
7.2	Conclusiones objetivo específico 1	188
7.3	Conclusiones objetivo específico 2	190
7.4	Conclusiones objetivo específico 3	192
7.5	Conclusión hipótesis	194
7.6	Futuras líneas de investigación	194
8	BIBLIOGRAFÍA	198
	ANEXOS	211
	ANEXO 1	211
	ANEXO 2	212

Índice de Figuras

Figura 2.1.- Evolución del concepto catastral	18
Figura 2.2.- Relación entre los principales aspectos a considerarse en el catastro 3D	20
Figura 2.3.- Modelos correspondientes a la posible implementación de un catastro 3D	23
Figura 2.4.- Ejemplificación de características de catastro 3D a nivel internacional	24
Figura 2.5.- Niveles de detalle para modelado 3D por CityGML	28
Figura 2.6.- Aspectos básicos a considerar en las bases de datos catastrales	29
Figura 2.7.- Una solución de <i>geodatabase</i> 3D para la gestión, análisis y visualización de modelos semánticos de ciudades en 3D basados en CityGML	31
Figura 2.8.- Tecnologías geoespaciales, sensores y plataformas para la obtención de datos 3D de acuerdo con la complejidad y nivel de precisión	33
Figura 2.9.- Flujo de trabajo de la información geográfica catastral incluyendo el concepto “crow-sourced”	35
Figura 2.10.- Fases de la validación de datos catastrales 3D	37
Figura 2.11.- Resumen de evaluación de los sistemas de visualización Google Earth, ArcGlobe, NASA World Wind, TerraExplorer Viewer	38
Figura 2.12.- Pasos a seguir en <i>CityEngine</i> para la generación y visualización de modelos 3D	39
Figura 2.13.- Diagrama del prototipo de visualización de datos catastrales 3D	40
Figura 2.14.- Subpaquetes del Land Administration Domain Model con sus respectivas clase	44
Figura 2.15.- Clases del Paquete de Unidades Espaciales	45
Figura 2.16.- Clases del Paquete Administrativo	46
Figura 2.17.- Clases del Paquete Administrativo	47
Figura 2.18.- Representación gráfica de los aspectos legales relevantes a nivel de catastro 3D	48

Figura 3.1.- Localización de los cantones seleccionados en sus respectivas provincias	65
Figura 3.2.- Niveles de desarrollo catastral y criterios considerados para su definición	72
Figura 3.3.- Resumen de las entrevistas por cantones considerando los criterios establecidos	72
Figura 4.1.- Clases básicas de la ISO 19152:12 LADM	90
Figura 4.2.- Modelo catastral ecuatoriano (general) basado en el Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020), ISO19152:12 (ISO 2012) y el modelo propuesto por (Aien, Rajabifard et al. 2015)	91
Figura 4.3.- Clase básica EC_Part	92
Figura 4.4.- Clase básica RR	93
Figura 4.5.- Componente económico adaptado en la Clase ExtValuation de la ISO 19152	95
Figura 4.6.- Clase básica SpatialUnit considerando Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020), ISO19152:12 (ISO 2012) y el modelo propuesto por (Aien, Rajabifard et al. 2015)	96
Figura 4.7. Atributos de la subclase EC_Parcel	97
Figura 4.8.- Lista de códigos de los atributos de EC_Parcel	98
Figura 4.9.- Contenido de la clase EC_PhysicalPropertyObject considerando normativa nacional e internacional	100
Figura 4.10.- Lista de códigos de los atributos de EC_PhysicalPropertyObject	102
Figura 4.11.- Asociaciones entre clases de la propuesta de modelo catastral 3D inicial para el Ecuador	104
Figura 5.1.- Parroquias urbanas y rurales del Cantón Riobamba	108
Figura 5.2.- Localización del área de estudio en el Cantón Riobamba. El ortomosaico de fondo fue proporcionado por el Departamento de Avalúos y Castro del GAD Riobamba	110
Figura 5.3.- Capa de construcciones en formato CAD	112
Figura 5.4 .- Ejemplo de visualización de información unida entre capas y tablas	119
Figura 5.5.- Información de EC_PARTY en la base de datos	121

Figura 5.6.- Información sobre EC_RRR en la base de datos	122
Figura 5.7.- Información sobre BA_UNIT en la base de datos	123
Figura 5.8.- Información sobre EC_PARCEL en la base de datos	124
Figura 5.9.- Información sobre EC_PHYSICAL_OBJECT en la base de datos	125
Figura 5.10.- Información sobre PREDIOS_SHP en la base de datos	126
Figura 5.11.- Información sobre CONSTRUCCIONES en la base de datos	126
Figura 5.12.- <i>Geodatabase</i> PostGIS enlazada a QGIS	127
Figura 5.13.- Datos alfanuméricos de los <i>shapefiles</i> agregados en la GDB	127
Figura 5.14.- <i>Geodatabase</i> en ArcGIS Pro	128
Figura 5.15.- Datos alfanuméricos de EC_PARTY	129
Figura 5.16.- Datos alfanuméricos de EC_RRR	129
Figura 5.17.- Datos alfanuméricos de EC_BA_UNIT	130
Figura 5.18.- Datos alfanuméricos de EC_PARCEL	130
Figura 5.19.- Datos alfanuméricos de EC_PHYSICAL_OBJECT	131
Figura 5.20.- Capa de los predios del área de estudio	131
Figura 5.21.- Datos alfanuméricos y datos geoespaciales de las construcciones	132
Figura 5.22.- Relaciones existentes de los datos alfanuméricos y geoespaciales en la geodatabase	134
Figura 5.23.- Representación 3D de los objetos catastrales en QGIS	136
Figura 5.24.- Información alfanumérica enlazada a la representación 3D de los objetos catastrales	136
Figura 5.25.- Representación 3D de los objetos catastrales en ArcGIS Pro	137
Figura 5.26.- Información alfanumérica enlazada a la representación 3D de los objetos catastrales	138
Figura 6.1.- Movimiento de las placas tectónicas	148
Figura 6.2.- Principales rasgos morfo-estructurales de los Andes de Ecuador	149
Figura 6.3.- Mapa de Peligrosidad sísmica	150
Figura 6.4.- Mapa de amenaza por tsunami por cantón en el Ecuador	151
Figura 6.5.- Mapa de volcanes potencialmente activos en el Ecuador	152
Figura 6.6.- Mapa de amenaza volcánica en el Ecuador	153

Figura 6.7.- Afectación por la caída de ceniza de la erupción del volcán Tungurahua	154
Figura 6.8.- Afectación por la caída de ceniza de la erupción del volcán Tungurahua	154
Figura 6.9.- Mapa de nivel de amenaza por inundación del cantón Riobamba	155
Figura 6.10.- Mapa de nivel de amenaza por deslizamiento por cantón en Ecuador	156
Figura 6.11.- Mapa de amenazas de origen natural en Ecuador	157
Figura 6.12 .- Pasos para determinar la vulnerabilidad física de las edificaciones	160
Figura 6.13.- Análisis espacial y porcentual del tipo de sistema estructural de las edificaciones	163
Figura 6.14.- Análisis espacial y porcentual del tipo de material en paredes de las edificaciones	164
Figura 6.15.- Análisis espacial y porcentual del tipo de cubierta de las edificaciones	165
Figura 6.16.- Análisis espacial y porcentual del tipo de sistema entrepiso de las edificaciones	166
Figura 6.17.- Análisis espacial y porcentual del número de pisos de las edificaciones	167
Figura 6.18.- Análisis espacial y porcentual del año de construcción de las edificaciones	168
Figura 6.19.- Análisis espacial y porcentual del estado de conservación de las edificaciones	169
Figura 6.20.- Análisis espacial de las características del suelo bajo las edificaciones y la topografía del área de estudio	170
Figura 6.21.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad sísmica en el área de estudio	172
Figura 6.22.- Cuantificación y porcentaje del nivel de vulnerabilidad sísmica	172
Figura 6.23.- Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenaza sísmica	173
Figura 6.24.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad de inundación en el área de estudio	174

Figura 6.25.- Cuantificación y porcentaje de nivel de vulnerabilidad ante amenaza de inundación	174
Figura 6.26.- Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenaza de inundación	175
Figura 6.27.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad volcánica en el área de estudio	176
Figura 6.28.- Cuantificación y porcentaje del nivel de vulnerabilidad volcánica	176
Figura 6.29 Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenaza volcánica	177
Figura 6.30.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad global en el área de estudio	178
Figura 6.31.- Cuantificación y porcentaje del nivel de vulnerabilidad global	179
Figura 6.32.- Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física a nivel global de las edificaciones ante amenazas naturales	181

Índice de Tablas

Tabla 2.1.- Formas de representación de la parcela 3D	27
Tabla 3.1.- Aspectos considerados en el análisis de los sistemas catastrales de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) seleccionados	69
Tabla 4.1.- Esquema general de datos básicos catastrales (Acuerdo Ministerial 017-20)	86
Tabla 4.2 .- Características de los atributos de la clase LA_Party	92
Tabla 4.3.- Características de los atributos de la clase LA_RRR	94
Tabla 4.4.- Características de los atributos de la clase ExtValuation y subclase EC_ExtValuation	95
Tabla 4.5.- Características de los atributos de la clase EC_Parcel	97
Tabla 4.6.- Características de los atributos de la clase EC_BuildingUnit	100
Tabla 4.7.- Características de los atributos de la clase EC_StructuralComponent	101
Tabla 4.8.- Asociaciones entre clases del LADM (ISO 2012)	103
Tabla 5.1.- Campos de los datos alfanuméricos a nivel predial	113
Tabla 5.2.- Campos de los datos alfanuméricos a nivel de construcción	114
Tabla 5.3.- Información contenida en la ficha catastral	115
Tabla 5.4.- Ventajas y limitaciones en los softwares QGIS y ArcGIS Pro para la representación 3D de las edificaciones	138
Tabla 6.1.- Terremotos con Intensidad mayor o igual a VIII, que han afectado a la provincia de Chimborazo	149
Tabla 6.2.- Requerimientos de información catastral para el análisis de vulnerabilidad física de las edificaciones	161
Tabla 6.3 Puntuación de los indicadores para cada amenaza analizada en cada una de las variables de vulnerabilidad	171

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación es el desarrollo de una propuesta de implementación de catastro físico 3D inicial en un área piloto del cantón Riobamba (provincia de Chimborazo, Ecuador). Como paso previo, se realizó un diagnóstico de la situación catastral de varios cantones del país, de aquellos que facilitaron el acceso a su información catastral, ya que en Ecuador este tipo información no es de acceso libre. A partir de este diagnóstico, considerando las características de los componentes físico, temático, jurídico y económico, fue posible determinar diferentes niveles de desarrollo catastral en los cantones analizados.

Posteriormente, se procedió con la generación de una propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial. Para ello, se consideró la normativa nacional vigente (Acuerdo Ministerial 017-20) y la norma internacional (ISO 19152 LADM), pues se pretende que el modelo pueda ser replicado en los diferentes cantones del país, independientemente de su nivel de desarrollo catastral. La revisión de ISO 19152 y del Modelo de Dominio Catastral del Ecuador, especificado en la normativa nacional, permitió definir las clases principales del modelo propuesto: LA_Party (propietarios), LA_RRR (derechos, responsabilidades, restricciones), LA_BAUnit (unidad administrativa) y, de forma específica, la clase LA_SpatialUnit, que describe las unidades espaciales (parcela, edificaciones y/o parte de edificaciones), se definió en EC_Parcel (parcela) y en EC_PhysicalPropertyObject (bloque constructivo). A su vez, para este último se definió la subclase EC_StructuralComponent, que describe el componente estructural de las edificaciones. La propuesta de modelo se completó con la especificación de códigos de listas y asociaciones entre clases.

El modelo fue aplicado en el área de estudio seleccionada, siguiendo tres fases metodológicas. La primera abordó la adquisición y tratamiento de datos catastrales disponibles en el cantón; en una segunda fase, se generó, a partir de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial, una base de datos que integraba información geográfica y alfanumérica de los objetos catastrales y, en la tercera, se procedió a la representación tridimensional de objetos físicos catastrales.

Finalmente, para demostrar el interés y las amplias posibilidades que puede ofrecer el catastro 3D en el ámbito de la gestión y planificación territorial, se desarrolló un análisis de vulnerabilidad de las edificaciones ante amenazas naturales (amenazas volcánicas, sísmicas y de inundaciones), basado en las características estructurales

del objeto físico catastral y aplicando la metodología desarrollada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador (SNGR 2011).

La investigación ha permitido comprobar como la mayoría de los sistemas catastrales analizados aún se encuentran en un nivel intermedio en cuanto a su implementación de un modelo catastral 3D deseable. Un resultado destacado ha sido la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial, que pueda ser replicado en los diferentes cantones y, desde luego, ser punto de partida para futuros desarrollos del catastro 3D en el país.

La implementación del modelo en el área de estudio supuso la generación de una base de datos en la que se consideraron las cuatro clases principales propuestas en el modelo de dominio catastral 3D inicial (LA_Party, LA_RRR, LA_BAUnit y LA_SpatialUnit), así como la visualización a nivel de detalle 1 de las edificaciones del área piloto del cantón Riobamba. La determinación de la vulnerabilidad estructural de las mismas ante amenazas naturales, mediante la generación de índices numéricos y su visualización tridimensional, completa el conjunto de resultados de la presente investigación.

La identificación de las limitaciones que presenta actualmente el sistema catastral ecuatoriano permitió viabilizar el planteamiento de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial; un modelo que podrían ser referente para que países con similares condicionantes y limitaciones adapten regulaciones internacionales como ISO 19152 LADM para dar los primeros pasos en el desarrollo de un catastro 3D. La implementación de una propuesta como la que se recoge aquí puede beneficiar diversos ámbitos de la administración local ecuatoriana, al aportar eficacia en la gestión de su información, en este caso, de la información catastral. Facilita su seguimiento y actualización, disminuyendo tiempos y reduciendo las necesidades de recursos y, por ende, aumentando la eficiencia y eficacia de los procesos existentes. A su vez, las entidades locales se dotan de una información precisa, actualizada, de detalle que puede ser de enorme utilidad para apoyar las tareas de planificación y ordenación de sus respectivos territorios.

Palabras clave: catastro 3D, LADM, catastro urbano, objeto físico catastral, gestión de riesgos.

ABSTRACT

The aim of this research is the development of an initial 3D physical cadastre implementation proposal in a pilot area of Riobamba canton (Chimborazo province, Ecuador). As a preliminary step, a diagnosis of the cadastral situation of several Ecuadorian cantons was carried out, of those that facilitated access to their cadastral information, since in Ecuador this type of information is not freely accessible. From this diagnosis, considering the characteristics of the physical, thematic, legal and economic components, it was possible to determine different levels of cadastral development in the analyzed cantons.

Subsequently, the generation of an initial 3D cadastral domain model proposal was developed. For this, the current national regulations (Ministerial Agreement 017-20) and the international regulations (ISO 19152 LADM) were considered, since it is intended that the model can be replicated in the different cantons of the country, regardless of their level of cadastral development. The revision of ISO 19152 and the Ecuadorian Cadastral Domain Model, specified in the national regulations, allowed defining the main classes of the proposed model: LA_Party (owners), LA_RRR (rights, responsibilities, restrictions), LA_BAUnit (administrative unit) and specifically, the LA_SpatialUnit class, which describes the spatial units (parcel, buildings and / or part of buildings), was defined in EC_Parcel (parcel) and in EC_PhysicalPropertyObject (building block). In turn, for the latter, the subclass EC_StructuralComponent was defined, which describes the structural component of buildings. The model proposal was completed with the specification of code list and associations between classes.

The model was applied in the selected study area, following three methodological phases. The first phase was the acquisition and processing of cadastral data available in the canton; in a second phase, a database that integrated geographic and alphanumeric information of cadastral objects was generated, based on the initial 3D cadastral domain model, and in the third, a three-dimensional representation of cadastral physical objects was carried out.

Finally, to demonstrate the interest and wide possibilities that the 3D cadastre can offer in the field of land management and planning, an analysis of the vulnerability of buildings to natural hazards (volcanic, seismic and flood hazards) was developed, based on the structural characteristics of the cadastral physical

objects, and applying the methodology developed by the Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos of Ecuador (SNGR 2011).

The research has shown how most of the analyzed cadastral systems are still at an intermediate level in terms of their implementation of a desirable 3D cadastral model. An outstanding result has been the proposal of an initial 3D cadastral domain model, which can be replicated in the different cantons and, of course, be the starting point for future developments of the 3D cadastre in the country.

The implementation of the initial 3D cadastral domain model, in the study area, involved the generation of a database considering the four main classes (LA_Party, LA_RRR, LA_BAUnit and LA_SpatialUnit), as well as the visualization at the level of detail 1 of the buildings in the pilot area of the canton Riobamba. The determination of their structural vulnerability to natural hazards, through the generation of numerical indices and their three-dimensional visualization, completes the set of results of this research.

The identification of the limitations that the Ecuadorian cadastral system currently presents allowed to make viable the proposal of the initial 3D cadastral domain model; a model that could be a reference for countries with similar conditions and limitations to adapt international regulations such as ISO 19152 LADM to take the first steps in the development of a 3D cadastre. The implementation of a proposal such as the one listed here can benefit various areas of the Ecuadorian local administration, by providing efficiency in the management of their information, in this case, the cadastral information. It facilitates its monitoring and updating, reducing times and resource needs and, therefore, increasing the efficiency and effectiveness of existing processes. In turn, local entities are provided with accurate, up-to-date, detailed information that can be extremely useful to support planning and management tasks in their respective territories.

Keywords: 3D cadastre, LADM, urban cadastre, cadastral physical object, risk management.

1 CAPÍTULO I

EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se va a presentar el tema de investigación, la hipótesis y los objetivos. Para ello se inicia con el resumen de la estructura de la tesis por capítulos. En este apartado se quiere enfatizar la problemática que en el ámbito catastral presenta Ecuador; el país cuenta con normativa que rige el proceso de generación, estandarización y actualización de información catastral, pero requiere mejoras para iniciar la transición del catastro 2D hacia el catastro 3D. Apostar por este modelo conlleva un importante reto de tipo técnico, que debería pasar, como parte de la solución, por la implementación de la norma Internacional ISO 19152 al modelo catastral actual como parte de la solución. Posterior, se plantea la hipótesis seguido de los objetivos general y secundarios.

1.1 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La presente tesis está estructurada en seis capítulos que se detallan a continuación.

En el **Capítulo I** se describe la introducción al tema de investigación donde inicia con la justificación del tema de investigación resaltando la importancia de la transición del catastro 2D al 3D y la utilidad del mismo en diferentes ámbitos. Así también, se plantea la hipótesis de investigación seguido de los objetivos general y específicos.

El **Capítulo II** aborda conceptos referentes al catastro, en general, hasta el catastro 3D juntamente con la normativa internacional ISO 19152 que se adapta a la transición del catastro 2D a 3D.

En el **Capítulo III** se refiere al diagnóstico de la situación catastral considerando datos catastrales disponibles en la zona de estudio. En este capítulo hace referencia a la recopilación de insumos cartográficos, análisis y preprocesamiento de datos disponibles en el área piloto. Gran parte de los datos serán facilitados por el GAD Municipal cantonal. Este diagnóstico permitirá visualizar la situación catastral del área de estudio y con ello el nivel de desarrollo catastral con la finalidad de identificar la posibilidad de implementación de catastro físico 3D inicial.

El **Capítulo IV** se describe la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial para Ecuador partiendo del modelo catastral descrito en la normativa nacional e incorporando la norma ISO 19152 para poder iniciar con la transición del catastro 2D al 3D.

En el **Capítulo V** se detalla la implementación de propuesta de catastro físico 3D inicial en el área de estudio: se aplicará la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial en las zonas urbanas 4 y 5 del cantón Riobamba en tres fases. La primera fase abordará la adquisición y tratamiento de datos catastrales disponibles en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal Riobamba. Posterior a ello se desarrollará la fase de generación de una base de datos de objetos 3D para catastro en base a la propuesta de modelo de dominio

catastral 3D inicial y finalmente la fase de representación 3D de objetos físicos catastrales en software libre y con licencia.

El **Capítulo VI** describe la aplicabilidad para determinar vulnerabilidad a nivel de edificaciones ante riesgos naturales: en esta fase se demostrará la aplicabilidad del catastro 3D en otras áreas como la Gestión de Riesgos Naturales, para lo cual se determinará la vulnerabilidad a nivel de edificaciones ante amenazas naturales representativas en el área de estudio del cantón Riobamba. Lo que destacará la importancia de contar con información catastral 3D adecuadamente estructurada con la finalidad que la utilidad no sea únicamente para el cálculo de impuestos sino también para diversas áreas como la gestión de riesgo que beneficia en los procesos de los GAD municipales y provinciales.

En el **Capítulo VII** se resume las conclusiones de la investigación realizada siguiendo un orden en base al desarrollo de los capítulos. Así también se destaca las futuras líneas de investigación en el ámbito del catastro 3D en el país.

Finalmente, en **Anexos** se especifica los resultados de la vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenazas sísmica, volcánica, inundación y también la vulnerabilidad global. Además, se incluye la primera página de la publicación realizada en la revista *Land* en la edición especial de *Cadastral 3D*.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El rápido crecimiento de la población y su concentración en áreas urbanas, el incremento de bienes, de construcciones e infraestructuras cada vez más complejos y diversos en el territorio han hecho más dificultosa la ordenación, planificación y gestión de las ciudades actuales. La información espacial, como en muchos ámbitos, es dirimente para la toma de decisiones a nivel urbano, lo que implica la necesidad de disponer de un registro lo más completo y preciso posible de la misma para una adecuada gestión por parte de la administración (Koeva, Elberink 2016).

Considerando los cambios y la complejidad que está adquiriendo la ciudad, el catastro se convierte en una herramienta esencial para el desarrollo

económico-territorial de una región, de enorme utilidad en la gestión urbana ya que se trata de un registro administrativo con descripción de bienes inmuebles, características físicas, económicas, jurídicas con fines tributarios relacionados a la recaudación (Martínez 2000). Pero, sin embargo, su utilidad no solo se restringe a la tributación, sino que se ha extendido a otros ámbitos, como la planificación y ordenación del territorio, urbanismo, planificación y gestión de infraestructuras y equipamientos públicos (suministros de agua, alcantarillado, residuos, entre otros), así también para la gestión de los recursos naturales en el caso del catastro de rústica.

En la actualidad Ecuador cuenta con normativa nacional para generar, estandarizar y actualizar la información catastral. El Acuerdo Ministerial 29-16, Decreto Ejecutivo No.688 y Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización-COOTAD señala, en su artículo 55 literal j, que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) Municipales/Metropolitanos, a través de la Dirección de Avalúos y Catastros, son los encargados de elaborar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales que se encuentren dentro de su área administrativa. Sin embargo, no todos los GAD disponen y manejan información catastral adecuadamente estructurada y actualizada, incumplimiento los artículos 139, 494 o 496 de COOTAD, donde se establece la obligación de actualizar cada dos años los catastros y la valoración de la propiedad, según los términos establecidos en dicho código y con notificación a propietarios (Asamblea Nacional del Ecuador 2012).

Como el resto de información de tipo territorial, el catastro, hasta hace poco, consideraba la representación bidimensional. Lo habitual en la mayoría de los países, sobre todo en Iberoamérica, es disponer y manejar catastro 2D, aunque en las últimas décadas algunos países (Países Bajos, República Popular de China, Australia, entre otros) apuestan por un nuevo concepto de catastro, el catastro 3D, en el que se implementen los objetos físicos catastrales (apartamentos de uso múltiple, construcciones subterráneas y edificaciones sobre el terreno, entre otros) en tres dimensiones bajo la Normativa ISO 19152. Las limitaciones que presenta el catastro 2D a la hora de trabajar con objetos físicos, como pueden ser las de visualización e interpretación de las

características de los mismos (altura, volumen métrico, número de pisos, entre otros), justificaría, en parte, esta apuesta por el 3D.

La incorporación de objetos físicos 3D al modelo catastral, la complejidad de la colecta, procesado, representación e integración de los mismos en bases de datos catastrales está centrando actualmente la investigación en esta temática. Investigaciones y experiencias a nivel internacional confirman que disponer de un catastro de este tipo permite, no sólo un cálculo más realista de avalúo para la recaudación de impuestos sino también poder contar con una información de gran utilidad para múltiples aplicaciones, tales como seguridad jurídica del derecho de la propiedad, gestión de riesgo, seguridad pública, planeamiento urbano, protección acústica, entre otros (Stoter, Ploeger 2003, Griffith-Charles, Sutherland 2013, Vučić, Roić et al. 2017). El catastro 3D presenta ventajas tanto en el aspecto técnico (facilitar el entendimiento de la relación espacial de los bienes inmuebles con los aledaños, el entendimiento de edificaciones complejas de forma más sencilla, la distinción del uso de edificaciones por niveles, redefinición de límites con adecuada información histórica de su ubicación, visualización más realista de las edificaciones y su entorno) como en el legal, al contribuir a mejorar la asignación de derechos, responsabilidades y restricciones en edificaciones de copropiedad (Griffith-Charles, Sutherland 2013, Pouliot, Wang et al. 2016, Drobež, Grigillo et al. 2016).

Pero apostar por un modelo de catastro 3D conlleva también un importante reto de tipo técnico por la propia complejidad geométrica de los objetos 3D. Se hace necesario encontrar soluciones técnicas y tecnológicas que permitan almacenar los objetos catastrales físicos 3D, representarlos en su complejidad y, a la vez, considerar el registro de la propiedad en cada una de sus “partes” para, así, poder tener una aproximación a la realidad mejor que la que aporta el modelo 2D.

Desde diferentes organismos internacionales, como el Organismo Internacional de Normalización (ISO), se intentan aportar soluciones para superar retos como éste, y para adoptar y ofrecer un modelo específico para la gestión del territorio y de aplicación directa al catastro (Ureña, García et al. 2010). En este sentido, el Comité Técnico 211 (TC 211) de ISO trabaja en el proyecto normativo ISO 19152 que define el denominado *Land Administration Domain*

Model (LADM o Modelo para los Dominios de Administración del Territorio). Esta norma ofrece indicaciones para considerar los objetos físicos catastrales a nivel 2D y 3D. Otra ventaja de la Norma ISO 19152 es la flexibilidad de representar las unidades espaciales como un texto, un croquis, un punto simple, un conjunto de líneas, una superficie o un volumen 3D (Salazar, Miranda et al. 2016), permitiendo así partir de una base de datos de unidades espaciales poco estructurada y normada y, con la implementación de la norma, alcanzar un nivel de catastro 3D inicial.

El área de estudio de esta investigación corresponde a la zona urbana 4 y 5 del cantón Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, misma que se sitúa en la región Sierra Central, a 2.750 metros de altitud. Constituye un centro neurálgico de comunicación vial dentro del cantón y dentro de esta región de Ecuador, al conectar la ciudad con otras regiones, como Sierra, Costa y Amazonía, con las que mantiene intensos vínculos de dependencia funcional. En el ámbito urbano se concentra la mayor parte de la actividad productiva del cantón, así como las principales infraestructuras, servicios y equipamientos, lo que ha atraído flujos migratorios al cantón. Además, el cantón Riobamba está muy expuesto a amenazas de origen natural, tal como se recoge en (Barahona Rivadeneira 2009, Moreta 2017, GADM Riobamba 2020), destacando las amenazas de tipo sísmico, volcánico e inundaciones. Por lo tanto, el área de estudio puede ser una excelente zona piloto donde poner en práctica la propuesta. Demanda de una cartografía catastral con amplia información, no solo a nivel predial sino también de edificaciones, para contribuir a una valoración más realista de los bienes inmuebles para una adecuada planificación y gestión urbana, también de los riesgos a los que está sometido.

El proyecto se centrará en desarrollar una propuesta para implementación de catastro 3D inicial en el área de estudio considerando normativa nacional (Acuerdo Ministerial 29-16, Decreto Ejecutivo No.688) y normativa ISO 19152. Esta metodología pretende ser replicable para otros cantones del país, ya que es de vital importancia que cada GAD cuente con cartografía catastral amplia, detallada y actualizada periódicamente para facilitar la gestión municipal sin demandar considerables costos y tiempos.

1.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

En Ecuador existe normativa para la generación de insumos cartográficos, estandarización de bases de datos y catálogos de objetos a diferentes escalas. Sin embargo, no todos los GAD recogen, almacenan y actualizan la información catastral atendiendo totalmente a las indicaciones y recomendaciones recogidas en la normativa nacional, lo que provoca dificultad al momento de actualizar la información catastral y, más aún, implementar un nuevo concepto de catastro como es el 3D.

En el área de estudio la información catastral disponible no considera gráficamente a las edificaciones y su caracterización dentro de una base de datos catastral centralizada a nivel del cantón, lo que limita la operatividad, efectividad del catastro 2D y por ende la posibilidad de implementar objetos físicos 3D en el modelo catastral.

La norma ISO 19152 presenta adaptabilidad para ser implementada en diferentes contextos territoriales (urbano o rural) y flexibilidad para representar la parcela 3D. La adaptación a esta normativa de la información catastral 2D disponible en el área de estudio puede ser factible, sin excesivas discordancias en las representaciones existentes ni entre unidades espaciales representadas.

La propuesta de implementación de catastro físico 3D inicial, siguiendo la normativa nacional y la ISO 19152, aparte de permitir una mejor valoración y actualización de la información sobre la propiedad, posibilitaría caracterizar de forma más precisa esta realidad urbana, el conjunto de las edificaciones e infraestructuras existentes en este territorio. De igual forma, contribuir a mejorar la toma de decisiones de la administración en materia de gestión y planificación (también en lo relativo a los riesgos naturales), optimizar tiempo y recursos económicos en la toma de decisiones, entre otros.

Hipótesis. Es posible implementar la propuesta de catastro físico 3D inicial en el área de estudio, a partir de la información disponible, capaz de facilitar la gestión municipal, no solo en el ámbito de recaudación sino también en gestión de riesgos naturales, con costos y tiempos que justifiquen el hacer esta inversión.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar propuesta para la implementación de catastro físico 3D inicial, en un sector del cantón Riobamba (Provincia de Chimborazo, Ecuador).

Objetivos Específicos:

- Determinar la información catastral existente para el diagnóstico general de la situación catastral.
- Determinar la posibilidad de implementación de la norma ISO 19152 para la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial.
- Determinar la utilidad y ventajas de la información catastral 3D inicial de la zona de estudio para la Gestión de Riesgos Naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO I

- ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR, 2012. *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*.
- BARAHONA RIVADENEIRA, D.J., 2009. *Requisitos mínimos de cálculos para diseño sismo-resistente de estructuras de edificios de concreto reforzado en la ciudad de Riobamba*, Universidad Técnica de Ambato.
- DROBEŽ, P., GRIGILLO, D., LISEC, A. and FRAS, M.K., 2016. Remote Sensing Data as a potential source for establishment of the 3D cadastre in Slovenia. *Geodetski Vestnik*, **60**, pp. 3.
- GADM RIOBAMBA, 2020. *Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba*. Ecuador: GADM Riobamba.
- GRIFFITH-CHARLES, C. and SUTHERLAND, M., 2013. Analysing the costs and benefits of 3D cadastral systems with reference to Trinidad and Tobago. *Computers, Environment and Urban Systems*, **40**, pp. 24-33.
- KOEVA, M. and ELBERINK, S.O., 2016. Challenges for updating 3D cadastral objects using LiDAR and image-based point clouds, *Proceedings of the 5th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 18-20 October 2016.
- MARTÍNEZ, J.A., 2000. *Economía del sector público*. Ariel S.A.
- MORETA, D., 2017. *Análisis de riesgo en el cantón Riobamba, frente a lahares y flujos de lodo asociados al volcán Chimborazo*, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- POULIOT, J., WANG, C., HUBERT, F., ELLUL, C. and RAJABIFARD, A., 2016. 3D Cadastre visualization and dissemination: Most recent progresses and future directions, *5th International FIG Workshop on 3D Cadastral Systems*, 18-20 October 2016, FIG, pp. 337-359.
- SALAZAR, R., MIRANDA, D. and FRA, U., 2016. El Contexto de la Norma ISO 19152 Land Administration Domain Model (LADM) en el ámbito Iberoamericano. *Revista GEOESPACIAL*, **12**, pp. 1-19.
- STOTER, J. and PLOEGER, H., 2003. Property in 3D—registration of multiple use of space: current practice in Holland and the need for a 3D cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, **27**(6), pp. 553-570.

- UREÑA, M., GARCÍA, J. and ARIZA, F., 2010. Análisis de la propuesta ISO 19152 (Land Administration Domain Model), *Catastro: formación, investigación y empresa: Selección de ponencias del I Congreso Internacional sobre catastro unificado y multipropósito*, 16-18 Junio 2010, Universidad de Jaén, pp. 103-116.
- VUČIĆ, N., ROIĆ, M., MAĐER, M., VRANIĆ, S. and VAN OOSTEROM, P., 2017. Overview of the Croatian Land Administration System and the possibilities for its upgrade to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **6**(7), pp. 223.

2 CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO/REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el capítulo correspondiente a la revisión bibliográfica se van a abarcar conceptos referentes al catastro, en general, hasta el catastro 3D conjuntamente con la normativa internacional ISO 19152 que se adapta a la transición del catastro 2D a 3D. Por lo que el contenido se iniciará con los conceptos generales del catastro conjuntamente con la evolución que ha tenido en el transcurso de los años hasta plantearse como un catastro 3D en los diferentes países que han adoptado este nivel de catastro. Cabe recalcar la importancia de los aspectos técnicos del catastro 3D que deberán ser considerados para implementarse en un país tales como son la representación geométrica 3D, bases de datos y documentales, métodos de obtención de datos 3D, validación de objetos catastrales 3D, visualización de datos 3D. Así también se resaltarán una visión general de la Norma ISO 19152 ya que varios países han considerado esta norma para la transición de catastro 2D hacia un 3D estandarizado. A través de este capítulo se tendrá una visión del catastro para considerar los aspectos de transición del catastro 2D hacia el 3D que se requerirán incorporar en la propuesta de implementación de catastro 3D, para lo cual se precisará iniciar con un diagnóstico de la situación catastral con la finalidad de delinear dichos aspectos a la realidad catastral del área de estudio.

2.1 CATASTRO

El catastro es una herramienta fundamental para la gestión municipal ya que es un inventario de los bienes inmuebles de un país, región, municipio, etc. que permite determinar el impuesto predial y, a su vez, resulta de gran utilidad en apoyo a la toma de decisiones referentes al planeamiento urbano, ordenamiento territorial, gestión de riesgo, gestión ambiental y territorial (Martínez 2000). La implementación y utilización de un catastro presenta una serie de beneficios o mejoras que van desde el ámbito puramente recaudatorio hasta el de la gestión y planificación urbanas, pasando por aspectos legales relativos a la delimitación precisa de derechos, responsabilidades y restricciones a los que están sometidos la propiedad y bienes inmuebles.

Aun cuando el catastro se originó con la finalidad de recaudación, hoy en día es de gran importancia para un país ya que, al ser un sistema de información sobre los bienes inmuebles existentes en el territorio, sobre sus características físicas, jurídicas y económicas, permite un registro detallado de los mismos, incluyendo información o datos siempre actualizados, tanto de tipo alfanumérico como espacial, que puede ser de enorme utilidad en diferentes ámbitos y áreas de actuación de las tareas de gestión del territorio.

De acuerdo con la naturaleza del suelo en el que se emplaza, el catastro puede ser urbano o rústico/rural. La principal diferencia entre ambos reside en la escala de la cartografía (Berné, Ribera et al. 2008). Más complejo el urbano por la diversidad de construcciones y diversidad de usos (industriales, residenciales, comerciales, sociales), por lo que necesita más precisión para mejor identificación (y 'catalogación') de todos los inmuebles, de tipologías muy diversas en el medio urbano. En el rural es importante identificar el valor catastral del bien inmueble juntamente con las características del objeto catastral y usos de suelo, el propietario, los derechos, responsabilidades y restricciones.

Los catastros pueden ser centralizados o descentralizados, en función de las Instituciones que se encuentren a cargo de su administración; se denominan centralizados cuando existe una institución a nivel nacional que se encarga de la actualización de información catastral. Sería el caso de España, donde es la Dirección General del Catastro-DGC la que genera, actualiza, etc. el catastro de

urbana y rústica. Por lo contrario, en los catastros descentralizados no existe una institución a nivel nacional que se encuentre a cargo de su administración, sino que hay varias instituciones que tienen la potestad de organizar su catastro dentro de su municipalidad o provincia (Erba 2017). Es el modelo de catastro que se impone en Ecuador en el que la literatura (López, J. 2007, Reyes, González et al. 2009, Gáspar Soriano 2016) suele identificar como una de las principales dificultades la existencia de deficiencias en la calidad de datos en los municipios pequeños y medianos, en comparación con las grandes municipalidades que disponen de recursos tecnológicos con plataformas informáticas modernas. (Reyes, González et al. 2009) añaden como otra de las dificultades de este modelo de catastro en Ecuador el estancamiento de procesos catastrales y el agotamiento de recursos económicos debido a la falta de experiencia en el ámbito catastral que se enmarquen a estándares nacionales y a la falta de análisis sobre la realidad catastral de los catones del país.

Considerando que la información catastral presenta las respectivas características de los objetos catastrales, no solamente es útil para el ámbito de recaudación sino también en diversas áreas, lo que pueda ser de apoyo en la toma de decisiones por parte de las administraciones encargadas de gestionar el territorio. De acuerdo con (Peña Segura 2012, Vidal 2019), las múltiples aplicaciones de la información catastral principalmente estarían:

- Planificación y desarrollo urbano y/o del territorio- las administraciones locales municipales utilizan los datos catastrales de tipo geoespacial y alfanumérico para analizar las características territoriales, determinar un avalúo apropiado del bien inmueble de acuerdo con las características del lugar de emplazamiento, planificación urbanística, entre otros.
- Control y Gestión administrativa- abarca varios ámbitos en los cuales se utiliza la información catastral con diversos fines, por ejemplo, en el sector agrícola se genera registros de las áreas protegidas, dónde no es permitido usar el suelo para agricultura y ganadería. Otro de los principales usos es en la gestión de recursos naturales y medio ambiente, facilitando la elaboración de planes ambientales, entre otros.

2.2 EVOLUCIÓN DEL CATASTRO

Según (Ho, Rajabifard et al. 2013), el concepto de catastro ha evolucionado en las últimas décadas desde un catastro horizontal, en el que la información del objeto catastral, tanto a nivel físico como jurídico y administrativo, se consideraban individualmente a nivel 2D, hasta pasar a un registro vertical con el apoyo de las tecnologías 3D para, de esta manera, contar con la representación e información 3D del objeto catastral, lo que permite identificar de forma más precisa las características físicas, administrativas y jurídicas de la propiedad (Figura 2.1). Por su parte, (Ho, Rajabifard et al. 2013) destacan en la Figura 2.1-B la evolución de la información catastral en el registro vertical, donde se diferencia los límites de la parcela y, concomitantemente, el uso de tecnologías que permitan la obtención y registro de información catastral 3D. Con ello los objetos catastrales son representados tanto a nivel 2D como 3D, donde la información de ambas dimensiones se encuentra integrada y representada en un mismo sistema de gestión territorial. En la Figura 2.1B se ejemplifica con un edificio que se subdivide verticalmente en lotes individuales, lo que permite una delimitación clara del objeto catastral, no solo en el ámbito físico sino también administrativo y jurídico.

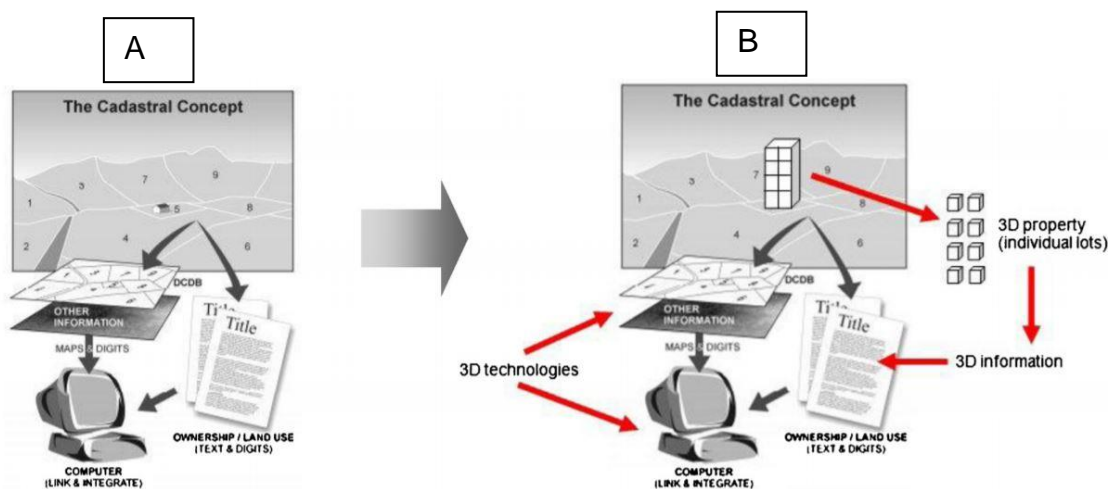


Figura 2.1.- Evolución del concepto catastral.

Fuente: (Ho, Rajabifard et al. 2013)

El catastro 3D describe el espacio donde se ubica el inmueble, ya sea en el espacio aéreo o en el subsuelo. Adicional al catastro 2D y 3D, se extiende el

concepto de catastro 4D que involucra la variable temporal en las múltiples características del objeto catastral, sea en el ámbito físico, económico y/o jurídico (Alberdi, Erba 2018). (Van Oosterom, Peter, Ploeger et al. 2006) mencionan que el tiempo en el catastro se incorpora para evidenciar los cambios y no únicamente el estado actual de los datos catastrales, eventos legales y cambios de derechos de propiedad. A continuación, se detallan los tres tiempos catastrales mencionados por estos autores:

- Actualización de datos catastrales. - renovación del inventario de las propiedades considerando sus aspectos físico, jurídico y económico.
- Eventos legales. - historial de la posesión del bien, pre-registro.
- Cambios de derechos de propiedad. - limitación de tenencia, tenencia periódica, modificación de derechos cuando el límite de propiedad está definido por un río o mar.

Si bien en áreas rurales la información catastral 2D es suficiente para la finalidad de uso, que es únicamente localizar el uso de suelos productivos y quién lo posee, en las áreas urbanas la información que proporcionan los modelos 2D tradicionales comienza a resultar insuficientes ante la cada vez mayor demanda de información sobre características de los objetos físicos catastrales/edificaciones (Drobež, Fras et al. 2017)

(Stoter, Jantien, Salzmann 2003) expresan que el uso de parcela 2D como unidad básica espacial del catastro implica problemas en el sistema de registro catastral urbano, ya que no refleja aspectos presentes en la morfología urbana, como el componente vertical de derechos de la propiedad ni los derechos reales delimitados, concernientes al múltiple uso del espacio. Además, dificulta en parte el planeamiento urbano al no poder determinar con precisión si la parcela, y lo que contiene, se puede intersectar con un objeto físico particular (ej. túnel, puente).

Por otro lado, (Van Oosterom, P., Stoter et al. 2011) indican que en el registro catastral 2D se dificulta tener un registro adecuado y realista del estado legal de las propiedades, así también la valoración más precisa de los bienes inmuebles. Es así como el concepto de catastro 3D emerge a finales del siglo XX con el fin

de incorporar información de la caracterización de objetos físicos existentes en un ambiente urbano. En origen eran, en realidad, modelos 3D integrados, al incorporar representación geométrica y visualización de datos 3D a bases de datos 2D (Van Oosterom, Peter, Vertegaal et al. 1994).

2.3 CATASTRO 3D

Según (Aien 2013), el Catastro 3D debe considerar tres aspectos principales: (1) el legal, referente al registro del objeto catastral 3D; (2) el institucional, establece relación entre todas las partes involucradas referentes al objeto catastral 3D, y (3) el técnico, referente a lo relacionado con el catastro físico 3D (Figura 2.2). Estos aspectos deberían ser tomados en consideración, independientemente de los niveles administrativos, ya que son condiciones básicas para todo tipo de Catastro.

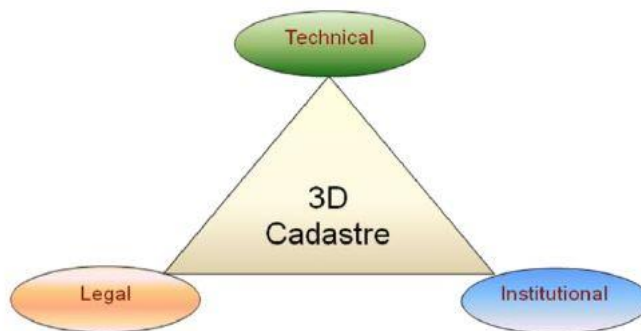


Figura 2.2.- Relación entre los principales aspectos a considerarse en el catastro 3D.

Fuente: (Aien 2013)

Referirse al objeto material del catastro es hacer mención del bien inmueble que puede ser objeto de apropiación; en el caso del área urbana se refiere al suelo urbano susceptible de urbanizar y a las construcciones de naturaleza urbana, como edificios y obras de urbanización. Se considera como objetos físicos catastrales 3D a las edificaciones que se encuentran en la parcela (ej. apartamentos de uso múltiple) y a las construcciones subterráneas (ej. aparcamientos subterráneos) (Koeva, Elberink 2016).

El objeto catastral, tanto a nivel 2D como 3D, consta de los siguientes elementos:

- **Identificación**- identificador único para cada bien inmueble, que se utiliza como referencia catastral para cada bien inmueble.
- **Localización**- la ubicación precisa del bien inmueble; para ello se puede utilizar nombres de calles, coordenadas, georreferenciación, entre otros.
- **Dimensiones**- información sobre los límites parcelarios y, de ser el caso, de las edificaciones. Un predio está dimensionado físicamente cuando se han determinado sus medidas lineares y angulares.

Cabe señalar que los sistemas catastrales, basados en el objeto catastral, permiten contar con información útil para la toma de decisiones en la administración municipal. Consideran las siguientes características:

- **Jurídicas**- identificación del propietario, nombre del propietario, copropietarios, compra-venta, donaciones, herencias, entre otros.
- **Económicas**- avalúo, uso de suelo, entre otros.
- **Físicas**- año de construcción, área, perímetro, volumen de construcción, altura, número de pisos, estado de conservación, uso de suelo, topografía, linderos, entre otros.

El catastro 3D, al considerar no sólo el área de la parcela y la superficie construida, como lo hace el catastro 2D, sino también el volumen, permite una valoración más precisa de los impuestos, mejorando e incrementando la recaudación por parte de las diferentes administraciones (Griffith-Charles, Sutherland 2013).

El catastro 3D, como lo es el catastro en general, no solo es de gran utilidad en el área de recaudación sino también en diversas áreas. Es así que en el área de urbanismo “beneficia” al planeamiento por la información más precisa, más realista y de mayor detalle, lo que permite identificar la localización de espacios libres públicos, plantear modelos de asignación de equipamientos y servicios públicos de forma más realista y precisa, integrar las infraestructuras y los sistemas urbanos de manera más ajustada a la realidad inmueble, redefinir

límites de los bienes inmuebles con mayor precisión (Ying, Guo et al. 2015, Kumar, Rahman et al. 2017, Toschi, I., Nocerino et al. 2017).

Por otro lado, en el aspecto legal se disminuye el riesgo de depender de las habilidades interpretativas de un experto para determinar con precisión las delimitaciones de la propiedad, ya que facilita el entendimiento de los límites del bien inmueble con respecto a su relación espacial con lotes aledaños y la distinción de partes comunes en edificaciones de co-propiedad (Griffith-Charles, Sutherland 2013, Pouliot, Wang et al. 2016).

Más allá de sus aplicaciones 'tradicionales' o de aquellas relativas a la planificación, (Nex, Remondino 2014, Gruber, Riecken et al. 2014) indican la utilidad del catastro 3D para simular y mapear la expansión del ruido y, con ello, determinar la contaminación ambiental que produce, así también, simular escenarios de deslaves y determinar rutas de evacuación, visualizar puntos estratégicos para rescate aéreo, entre otros.

Pero la implementación de un catastro 3D no es tarea sencilla ya que implica numerosos retos, como lo han demostrado las investigaciones puestas en marcha hasta ahora. Se deben tener en cuenta diferentes factores, tales como: información catastral 2D existente, recursos tecnológicos y humanos, costos, entre otros. En la Figura 2.3 (Stoter, Jantien, Salzmann 2003) apuntan tres posibles modelos orientativos de implementación de un catastro 3D, analizados desde un punto de vista legal y práctico, que deberían adaptarse a las características o el contexto de cada territorio: (a) catastro 3D completo: implica la introducción del espacio 3D en términos legales; (b) catastro híbrido: significa registrar objetos físicos 3D dentro de un modelo catastral 2D; (c) catastro 2D clásico, con referencias de situaciones específicas en 3D.

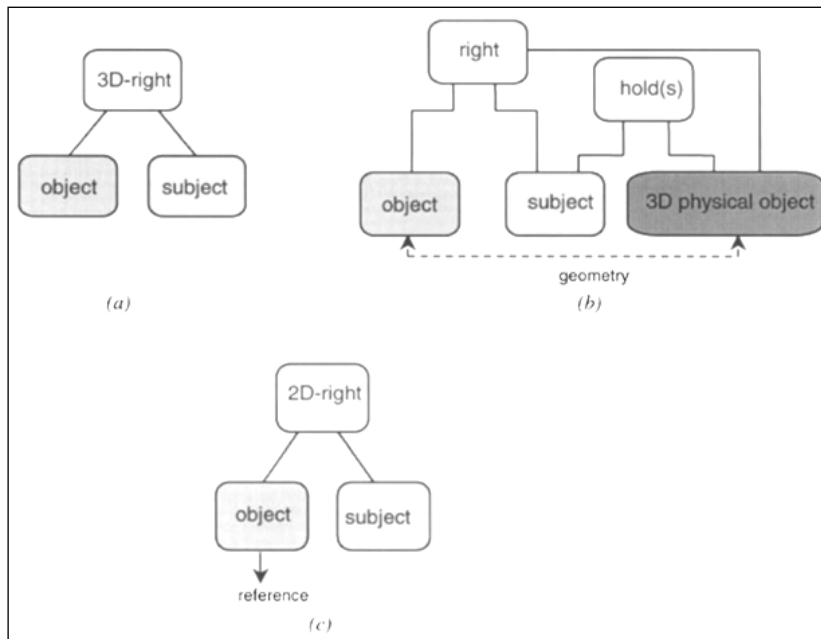


Figura 2.3.- Modelos correspondientes a la posible implementación de un catastro 3D.

Fuente: (Stoter, Jantien, Salzmann 2003)

(Van Oosterom, P., Fendel et al. 2011) opinan que todavía ningún país en el mundo dispone de un verdadero Catastro 3D. En algunos casos su funcionalidad se limita, por ejemplo, al registro de paquetes volumétricos, pero no incluidos en un mapa catastral 3D; en otros, se dan soluciones “semi-3D” para tipos específicos de objetos (por ejemplo, para edificios o infraestructuras).

Por su parte, (Karki 2013) analiza la situación del catastro 3D en diferentes países del mundo, señalando varios estados de desarrollo e implementación en función de aspectos de índole institucional (Figura 2.4).

Country	Characteristics
Denmark	Partial implementation of 3D cadastre, exists in some form
Greece	Has identified a lot of 3D issues, but not in the process of implementing 3D cadastre
Israel	Significant internal research and development completed and 3D cadastre implemented as an intermediate basis until better solution is presented
Netherlands	Significant research work completed and problems identified, partial 3D cadastre implemented
Turkey	Many 3D issues, 3D cadastre not yet implemented fully
USA	Similar to the Australian federal structure with independent jurisdictions at various levels of implementation of 3D cadastre

Figura 2.4.- Ejemplificación de características de catastro 3D a nivel internacional.

Fuente: (Karki 2013)

Así, por ejemplo, Dinamarca tiene una implementación parcial del catastro 3D ya que no registra infraestructuras subterráneas. En Grecia se ha identificado las cuestiones legales referentes al título de propiedad para implementar el catastro 3D, pero aún no se ha culminado su proceso de implementación. Israel cuenta con una significativa investigación, aunque aún continúa la búsqueda de soluciones para la inclusión de coordenadas positivas y negativas para objetos que se encuentran encima y debajo de la parcela.

Por su parte, Países Bajos cuenta con un catastro 3D parcial debido a los inconvenientes que presenta conectar la red de objetos con el aspecto legal (derechos, responsabilidades, restricciones). En Turquía la implementación del catastro 3D presenta dificultades debido a que existen los derechos de condominios, pero los objetos no existen en el catastro como objetos espaciales.

En EE.UU. existen derechos de condominio y derechos estratificados logrados a través de un arrendamiento, sin embargo, cada estado tiene diferente sistema de registro, lo que puede implicar dificultades al momento de implementar el catastro 3D en los diferentes estados (Karki 2013).

En Australia la investigación sobre el desarrollo e implementación del catastro 3D está más avanzada en relación con otros países. Este país presenta

la característica de que cada Estado tiene competencias en el Catastro, por lo que se han puesto en marcha estrategias para la implementación en cada Estado. A finales del siglo XX, en Queensland se iniciaron trabajos de implementación de Catastro 3D al registrar parcelas con geometrías 3D y analizar la posibilidad establecer parcelas volumétricas y restringidas (Stoter, Jantien, Van Oosterom et al. 2004). La implementación en Queensland ha ido evolucionando tanto en aspecto institucional, al lograr contar con un marco legislativo que soporte el catastro 3D, como técnico, al representar y almacenar datos catastrales 3D. Sin embargo, existen cuestiones técnicas, como automatización de la validación y presentación digital para datos 3D, entre otros, que deben mejorarse (Karki 2013).

Por otro lado, en el Estado de Victoria (Aien, Rajabifard et al. 2011) realizaron el análisis de aspectos técnicos (registro, representación y visualización de datos catastrales), legales (legislación para registro de propiedades 3D) e institucionales (ejecución y protección de las regulaciones por parte de las instituciones administrativas) para la implementación de Catastro 3D. Con este previo análisis, (Aien, Kalantari et al. 2012) desarrollaron la primera versión de un modelo de datos catastrales 3D en el que se modela la extensión legal y física de las propiedades 3D y lo verificaron en construcciones específicas del municipio de Melbourne.

Aun cuando Australia presenta gran avance en el desarrollo e implementación del Catastro 3D, todavía no cuentan con una implementación completa, como ilustra el primer modelo (a) de (Stoter, Jantien, Salzmänn 2003).

Tanto análisis del autor (Karki 2013) en base a los seis países como el análisis de los autores (Stoter, J. E., Ploeger 2003, Aien, Kalantari et al. 2012) respecto a los estados de Australia evidencian el desigual desarrollo del catastro a nivel internacional, muy condicionado por el nivel de desarrollo socioeconómico de los países, de la disponibilidad de recursos o de la capacidad financiera destinados a las diferentes operaciones catastrales, pero también debido a la diferente 'filosofía' que subyace en los modelos catastrales del mundo, muy influidos por condicionantes sociales, culturales, históricos, legales o normativos.

2.4 ASPECTOS TÉCNICOS DEL CATASTRO FÍSICO 3D

En el Acuerdo Ministerial 029-16 hace referencia a que el catastro físico es el registro en cuyas bases constan documentos cartográficos y datos descriptivos que caracterizan al suelo y a las construcciones de cada inmueble (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016).

Es así como (Erba 2017) menciona que el catastro físico se compone de la documentación cartográfica y bases de datos alfanuméricos correspondientes al terreno o parcela y las construcciones existentes en el mismo. En la actualidad, la recogida de los datos o la información sobre ubicación o límites precisos de parcelas o, en general, bienes inmuebles se realiza mediante instrumental que cada vez ofrece una mayor precisión, como receptores GPS (*Global Positioning System*), estaciones totales, drones, etc., y aplicando técnicas como las de fotogrametría o de láser escáner aerotransportado.

Como mencionan diferentes autores (Aien, Kalantari et al. 2012, Gruber, Riecken et al. 2014, Karki 2013, Van Oosterom, Peter 2013), el camino hacia la implementación efectiva y completa del Catastro 3D no es tarea fácil y depende de diferentes aspectos técnicos y legales, como los que se describen a continuación:

2.4.1 Representación geométrica 3D

Existen numerosas formas de representar geoméricamente los objetos en 3D. La norma ISO 19152 propone cinco formas de representación de la parcela 3D como una unidad espacial: punto, texto, línea, polígono y topológica. También se puede usar una combinación de ellas. Sin embargo, el tipo de unidad espacial está en función del método de representación geométrica que se utilice, dependiendo del tipo de datos catastrales disponibles, como sigue a continuación en la Tabla 2.1 (ISO 2012).

Tabla 2.1.- Formas de representación de la parcela 3D

Fuente: (ISO 2012)

Formas de representación	Descripción
Puntos	cuando la única información que se dispone son las coordenadas de ubicación dentro del área o volumen
Texto	cuando se requiere definir únicamente como una descripción, acompañada de límites frontales; puede usarse también el texto acompañado de un punto de referencia
Línea	cuando la representación a obtener permite la presencia de inconsistencias, tales como líneas colgantes y límites incompletos
Polígono	cuando la unidad espacial se define como una entidad separada, es decir, no posee una conexión topológica con las unidades que la rodean
Topológica	cuando una unidad espacial comparte límites

(Ying, Li et al. 2011) proponen *extrusión* de edificaciones y creación de *sketches* ilustrativos, es decir, modelado 3D basado “en caras”, donde se identifique cada piso de la edificación; cada vértice de la vista en planta de la edificación tendrá coordenadas (x,y,z). (Ying, Guo et al. 2015) plantean la representación geométrica considerando relaciones topológicas entre objetos catastrales 3D basados en las caras lindero 3D. Para aplicaciones relacionadas con gestión municipal, (Ying, Guo et al. 2015, Kumar, Rahman et al. 2017, Toschi, Isabella, Nocerino et al. 2017) consideran que la representación de las edificaciones con techos planos, paredes verticales y coordenadas absolutas de la altura de la base y el techo medio del edificio es suficiente.

La representación geométrica de objetos catastrales en la norma tiene diferentes niveles en función de las características físicas del objeto catastral que se desea representar. Los niveles de detalle van desde el cero hasta el cuatro, como se ilustra en la Figura 2.5:

- LoD0: es la representación de la vista en planta del objeto catastral.
- LoD1: es la representación con techos planos, paredes verticales y coordenadas absolutas de la altura de la base y el techo medio del edificio (modelado de bloques).
- LoD2: incluye la representación del techo.
- LoD3: la representación de la fachada.

- LoD4: representa los detalles externos y distribución interna de la edificación.

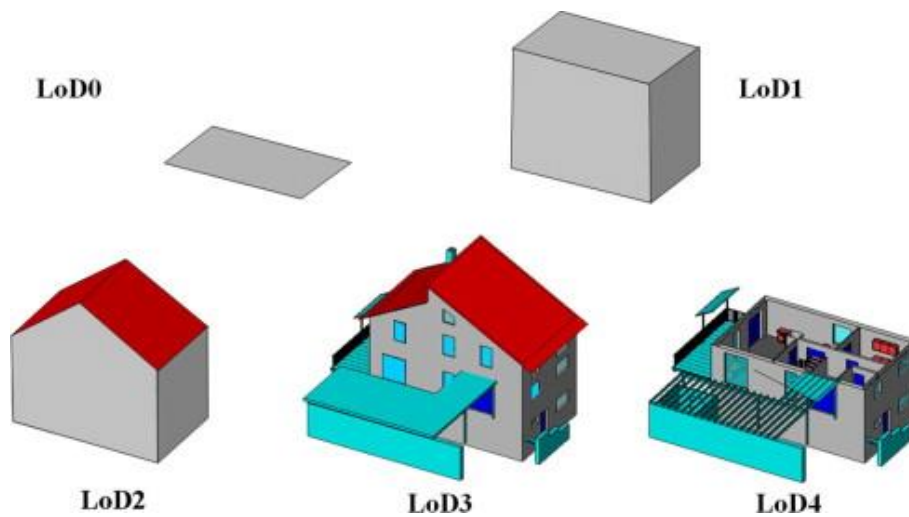


Figura 2.5.- Niveles de detalle para modelado 3D por CityGML.

Fuente: (Gröger, Plümer 2012)

Para la representación 3D de las unidades espaciales, la ISO 19152, en el Anexo B, considera representaciones mixtas de objetos catastrales, lo que implica que elementos de representación 2D y 3D se pueden unificar. Para ello hace referencia a los siguientes elementos:

- Lindero: representa el límite del objeto espacial.
- Cara lindero: se utiliza para representar las caras verticales un objeto especial, y el conjunto de caras lindero generan volúmenes limitados.
- Cadena de caras linderos: representa una serie de caras lindero-verticales.

2.4.2 Bases de datos y documentales

La recopilación y tratamiento de información catastral precisa de tiempo y organización antes de ser almacenada en una base de datos, ya que, al ser abundante y exhaustiva, requiere de un tratamiento minucioso. Es por ello que en este apartado se abordan las bases de datos y documentales catastrales fundamentales en cualquier catastro 3D, revisando posteriormente, algunas

propuestas a nivel internacional de *geodatabase* como solución para encaminar hacia el catastro 3D.

La información catastral se puede encontrar en formato papel o fichas impresas, así también información alfanumérica en archivos de texto digital en varios formatos; la cartografía digital, por lo general, en archivos gráficos de programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), entre otros (López, 2017). Disponer de la información catastral en una base de datos permite su estandarización y manejo, facilitando de esta manera su utilización en multipropósitos.

Al considerar los aspectos básicos definidos en las características del objeto catastral, en la investigación de (Erba 2017) aparecen los términos de catastro económico, catastro físico y catastro jurídico. El catastro económico registra en sus bases datos los avalúos del predio y de las edificaciones que permiten determinar el valor total de los objetos catastrales; el catastro físico conforma sus bases con documentos cartográficos, bases alfanuméricas, y datos geospaciales. Finalmente, el catastro jurídico que registra en sus bases los títulos de propiedad y datos referentes a los derechos (Erba 2017). En la Figura 2.6 se ilustran los aspectos del Catastro territorial básico y, con ello, los procesos que se asocian.



Figura 2.6.- Aspectos básicos a considerar en las bases de datos catastrales.

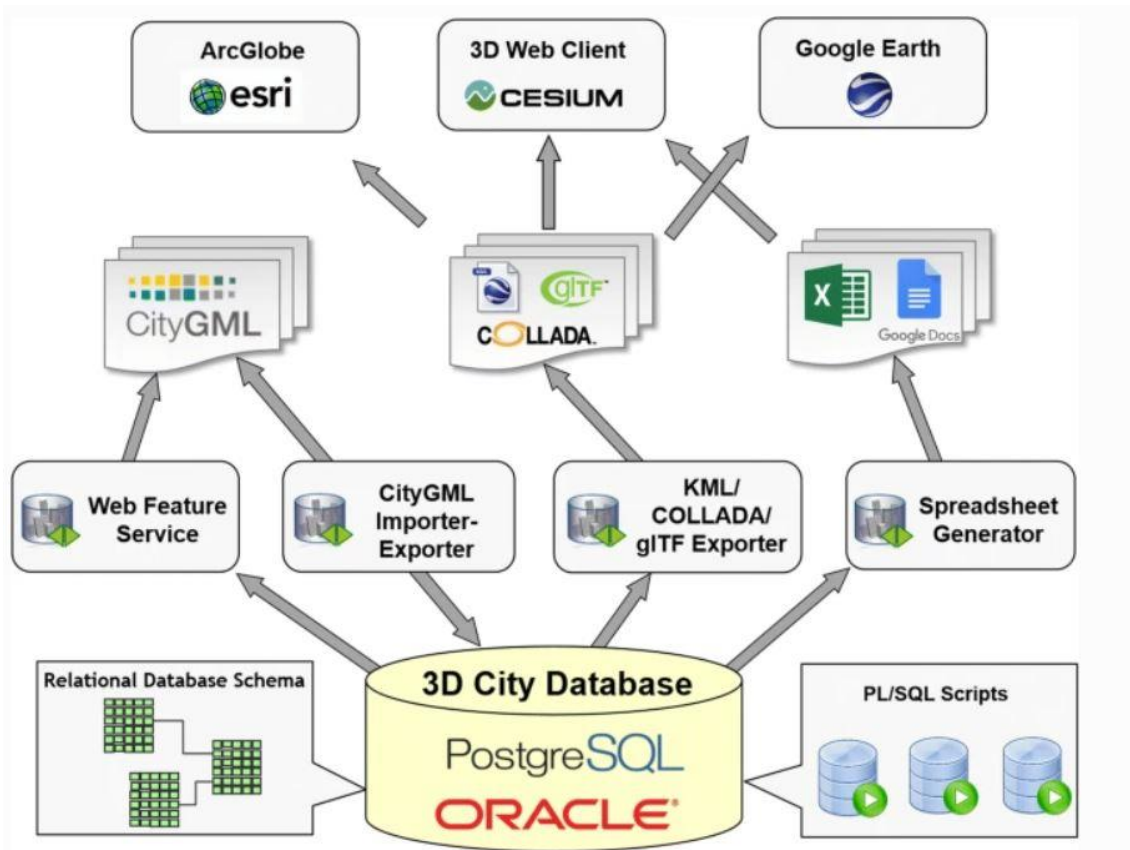
Fuente: (Erba 2017)

A nivel internacional se han propuesto diferentes modelos para implementar bases de datos para el almacenamiento y manejo de datos 3D. (Benhamu 2006) propone un modelo de datos catastral que va desde el más sencillo, el modelo de datos-capa, hasta el más complejo, que representa la base de datos integrada, pasando por modelos *multicapa* o bases de datos orientadas a objetos 3D.

Según (Yao, Nagel et al. 2018) una *geodatabase*¹ 3D para CityGML ²debe poder hacer frente a aspectos como que cada objeto semántico, un edificio o un túnel, se puede descomponer en partes y subpartes. Además, cada objeto semántico puede tener varias propiedades geométricas de acuerdo con el nivel de detalle. Es así como la *geodatabase* 3D para CityGML cuenta con diversas herramientas de *software* para cumplir con estas características (Figura 2.7).

¹ Según (ESRI 2020) la *geodatabase* es una colección de conjuntos de datos geográficos de varios tipos que se encuentran en una carpeta del sistema de archivos común.

² CityGML es un modelo de datos abiertos y un formato basado en XML para el almacenamiento e intercambio de modelos de ciudades virtuales en 3D (OGC 2020)



Key components of the 3DCityDB Software Suite

Figura 2.7.- Una solución de *geodatabase* 3D para la gestión, análisis y visualización de modelos semánticos de ciudades en 3D basados en CityGML

Fuente: (Yao, Nagel et al. 2018)

Partiendo de la consideración de la *geodatabase* como solución apropiada para el desarrollo de catastro 3D, (Sartirana, Rotiroti et al. 2020) apuntan los principales campos que debe contener la *geodatabase* 3D: nombre/ID; referencia de ubicación; profundidad (m); área (m²); volumen (m³). Además, estos autores indican que en la *geodatabase* las construcciones se deben considerar como entidades poligonales.

2.4.3 Métodos de obtención Datos 3D

Las metodologías para obtener datos que permitan generar un Catastro 3D varían en función de la información que se requiera incorporar en la parcela.

Los desafíos a los que hay que enfrentarse al momento de procesar, almacenar, transferir y visualizar los datos y la información en un Catastro 3D son muchos, como, por ejemplo, las correcciones radiométricas, geométricas, de referenciación, ortocorrección y clasificación de imágenes (Erba 2017). A pesar del avance y desarrollo experimentado en las tecnologías, técnicas, sensores y /o plataformas, la demanda de nuevas herramientas para hacer frente a los desafíos es cada vez mayor para poder afrontar la demanda cada vez mayor de más información, de la necesidad y demanda de datos cada vez más precisos, exactos y de mayor calidad, y de tratamientos de información cada vez más complejos.

Pero el tipo de metodologías empleado también varía en función de la capacidad y, lógicamente, cada una presenta una serie de ventajas e inconvenientes que resultarían necesario valorar en todo proceso de desarrollo catastral.

Entre las diferentes investigaciones, (Velasquí, Guerrero 2013) mencionan que el uso de la tecnología escáner láser permite la obtención de las características de los objetos con alto nivel de detalle a través de millones de puntos por segundo. No obstante, se presenta la dificultad de procesar millones de puntos, ya que, al ser una cantidad considerable, el ordenador demoraba notablemente para obtener los modelos tridimensionales.

(Nex, Remondino 2014) identifican diferentes técnicas para obtener datos 3D donde la utilización de cada una de ellas va a depender de la complejidad del área de estudio en el ámbito urbano y el nivel de detalle de la información que se requiere para la gestión/planificación urbana (

Figura 2.8). Las técnicas pueden variar en costos y tiempo, sin embargo, estos autores destacan a los sistemas aéreos no tripulados como una alternativa de bajo coste en relación con las técnicas clásicas fotogramétricas. Pero, como también apuntan, para optar por estos sistemas de bajo coste frente a otros, se precisa realizar un análisis previo de la extensión del área de estudio y, sobre todo, valorarlo en función del nivel de detalle que se desea obtener.

En sí, los drones son una alternativa económica y precisa para el reconocimiento del territorio o la recogida y actualización de información

espacial, en general, y para la recogida y actualización de información catastral. No obstante, es necesario considerar las limitaciones que presentan, tales como las regulaciones legales que se necesita para el uso de esta tecnología, resistencia al viento, autonomía de vuelo, uso de programas especializados, infraestructura computacional entre otros (Zurita 2015).

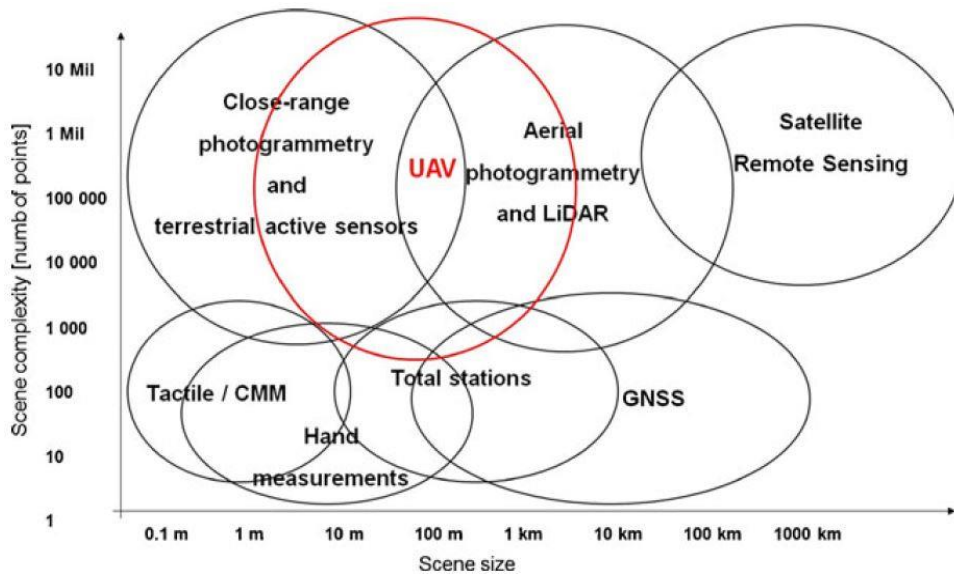


Figura 2.8.- Tecnologías geoespaciales, sensores y plataformas para la obtención de datos 3D de acuerdo con la complejidad y nivel de precisión.

Fuente: (Nex, Remondino 2014)

Por otro lado, (Drobež, Grigillo et al. 2016) proponen el uso de fotogrametría, sensores remotos, sistemas aéreos tripulados y escáner láser aerotransportado para obtener la caracterización de los objetos catastrales a un nivel de detalle dos, lo que correspondería dentro del sistema esloveno a la partición vertical del objeto catastral. No obstante, estas tecnologías presentaron dificultad en áreas donde existen obstrucciones (edificaciones, vegetación, etc.) en la toma de datos, por lo que se requeriría la aplicación de otras tecnologías de levantamiento, como el escáner láser terrestre, imágenes panorámicas esféricas, planos catastrales, modelos geométricos espaciales, combinación de datos obtenidos de la aplicación de varias tecnologías, imágenes analógicas en blanco y negro y la aerotringulación, etc.

Para la obtención de altura de construcciones, (Koeva, Elberink 2016) sugieren el uso de la tecnología LiDAR para generar cartografía de la cobertura de suelo y la delimitación de los objetos físicos catastrales. A su vez mencionan la importancia de combinar tecnologías como los sistemas escáner láser terrestres, también conocidos como BIM (*Building Information Models*), datos de programas de diseño asistido por computadora-CAD (*Computer-Aided Design*) y SIG, lo que permitirá una mayor precisión y manejo de datos 3D.

En busca de mejoras a los desafíos tecnológicos de la recogida y actualización de datos 3D aparecen conceptos que se proponen incorporar en el proceso de recopilación de información catastral. Es así como (Williams 2018) incorpora el concepto de “*crow-sourced*”, referido a la colaboración y participación abierta de proveedores (públicos y/o privados) de información geográfico y/o catastral, de técnicos/expertos en catastro y del público, en general, en la recopilación e intercambio de este tipo de información con objeto de mejorar y reducir los costos. La posición de “*crowd*” la ocupan los proveedores de la información geográfica catastral, que no únicamente son expertos en la materia del catastro sino también el público que colabora voluntaria y abiertamente con este tipo de datos geográficos. Lo que implica que una recopilación e intercambio de información geográfica catastral más abierta permita obtener mejoras y ahorros de costos. (Williams 2018) ilustra en la Figura 2.9 el flujo de trabajo para la obtención de volúmenes 3D de edificaciones utilizando sistemas aéreos no tripulados y aplicaciones libres, conjuntamente con la colaboración abierta. Cabe señalar que este tipo de propuesta aún están en proceso de evaluación previo a ser considerada en su totalidad ya que presenta limitaciones en lo que respecta a la validación de datos.

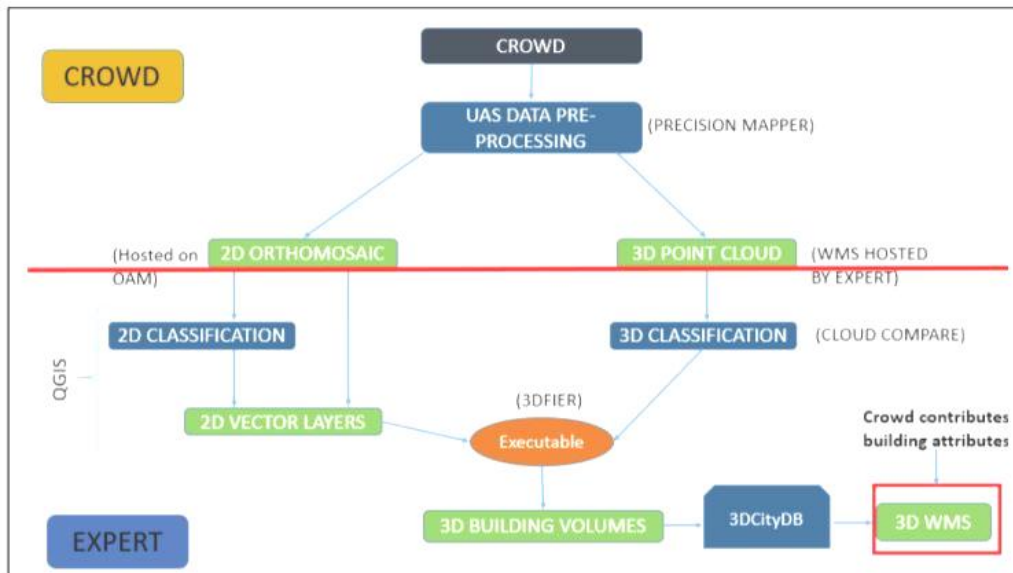


Figura 2.9.- Flujo de trabajo de la información geográfica catastral incluyendo el concepto “crow-sourced”.

Fuente: (Williams 2018)

2.4.4 Validación de objetos 3D

La validación es el proceso en el cual se chequean o examinan posibles errores en los datos a procesar, la metodología aplicada y los resultados obtenidos. Considerando que la validación permite el control de la calidad y la disminución de errores, que con ello se obtiene consistencia e integridad de la información, es importante indicar que la validación de datos 3D no ha sido tema de estudio solo en el ámbito catastral sino también en otras temáticas. La validación de geometrías tridimensionales ha sido abordada en la modelación de ciudades 3D realizada por (Karki, Thompson et al. 2010). También (Wagner, Wewetzer et al. 2013) desarrollan reglas semánticas de validación de objetos geométricos tridimensionales para modelamiento 3D de ciudades.

Para objetos catastrales 3D, la validación se realiza para garantizar la validez geométrica y la coherencia con la base de datos, así como para dar respuestas claras a dos simples preguntas: (1) ¿quién posee el bien inmueble? y (2) ¿cuál es la extensión de la propiedad? Son habituales situaciones que requerirán validación, como que la parcela 3D se encuentre dentro de la parcela-

base 2D; que los objetos 3D puedan extenderse más allá de la parcela-base, tal como la presencia de objetos sobre o debajo de superficie; la comprobación de subdivisiones/consolidaciones de parcelas, etc.

(Karki, Thompson et al. 2010) aplican un método de validación geométrica de parcelas 3D individuales y de la relación entre parcelas contiguas o superpuestas en 2D o 3D, evidenciando la dificultad de asegurar la integridad de las reglas de validación, por ejemplo, a la hora de comprobar límites superiores e inferiores de la parcela 3D o de determinar si la parcela 3D está contenida dentro de la parcela 2D o en comprobar si existen restricciones en la altura (por encima o por debajo de la superficie a la que se imponen derechos o restricciones).

Por su parte, (Thompson, Van Oosterom 2011), considerando la tendencia de subdividir la propiedad, muestran una validación basada en un enfoque axiomático para parcela simple catastral hasta una partición espacial completa de la parcela; así también, consideran la validación de las relaciones topológicas en objetos físicos y legales.

Diversas metodologías se han presentado para la validación de datos 3D en el transcurso de los años. (Shojaei, Olfat et al. 2017) consideran que la ambigüedad y la falta de validación de los datos puede significar diversos problemas en el dominio catastral, entre ellos disputas legales, por lo que proponen una metodología de validación de la geometría de los datos para el catastro digital 3D. Las fases de la metodología propuesta para Victoria, Australia por (Shojaei, Olfat et al. 2017) se ilustran en la Figura 2.10.

La primera fase refiere a la propuesta de reglas de validación de la geometría de los objetos; esta fase es más complicada a nivel 3D que 2D ya que existe mayor variedad de formas de los objetos catastrales 3D. En la segunda fase definen las reglas de validación no geométrica, donde refiere a la semántica del catastro 3D, tales como la dirección precisa del objeto catastral. Finalmente, en la tercera fase se implementa el servicio *online* para validación de datos

catastrales 3D del *ePlan*, similar al actual servicio de validación *ePlan* de Victoria-Australia³, ya que este servicio se encontrará dentro del paquete de modelado.

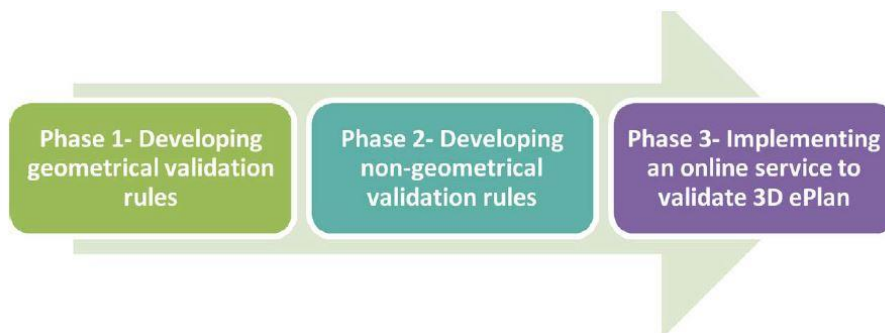


Figura 2.10.- Fases de la validación de datos catastrales 3D.

Fuente:(Shojaei, Olfat et al. 2017)

2.4.5 Visualización de datos 3D

La visualización de los objetos catastrales físicos en 3D implica un gran reto ya que se debe considerar cómo visualizar las particiones volumétricas de la parcela en 3D. Cuando se hace referencia a la visualización de datos catastrales 3D se deben considerar los siguientes puntos clave: (1) cómo visualizar una densidad de particiones volumétricas 3D; (2) cómo mostrar parcelas que no poseen un delimitación en sus bordes; (3) cómo incluir elementos que se encuentran en la superficie terrestre y objetos de referencia para las parcelas catastrales 3D; (4) cómo delimitar los espacios legales ubicados en el subsuelo (Shojaei, Kalantari et al. 2013, Van Oosterom, Peter 2013).

Entre los medios de visualización de datos tridimensionales, (Shojaei, Kalantari et al. 2013) evaluaron diferentes sistemas de visualización existentes actualmente (Figura 2.11), concluyendo, en este caso, que *ArcGlobe* de ESRI era de todos los sistemas el que mejor se ajustaba a los criterios definidos, presentando ventajas como las diferentes perspectivas de vista (ej. vista subterránea), el manejo de datos masivos, las mediciones 3D, el análisis de sombra, la actualización y manejo de datos 3D, entre otros. Por otro lado, *Google*

³ Disponible en <https://www.spear.land.vic.gov.au/spear/app/public/eplan-services>

Earth sería el sistema de visualización que, según estos autores, presentaría mayores limitaciones, entre ellas, el manejo y actualización de los datos 3D, así también no contar con la perspectiva de vista subterránea, análisis de sombra, etc.

Visualization workflow layer	Features	Visualization systems			
		Google Earth	ArcGlobe	NASA World Wind	TerraExplorer Viewer
Presentation layer	<i>Catastral features</i>				
	Handling massive data	Yes (network links)	Yes (caching)	Yes	Yes
	Result of functions and queries	Yes (network links)	Yes	Yes(only search)	Yes
	Underground view	No	Yes	No	Yes
	Cross-section view	No	No	No	No
	Measurements (3D)	Yes	Yes	Yes	Yes
	Non-spatial data visualization	Yes	Yes	Yes	Yes
Presentation layer	<i>Visualization features</i>				
	Interactivity	Yes	Yes	Yes	Yes
	Levels of detail	Yes	Yes	Yes	Yes
	Symbols	Yes	Yes	Yes	Yes
	Color, thickness, line-style	Yes	Yes	Yes	Yes
	Labeling	Yes	Yes	Yes	Yes
	Transparency	Yes	Yes	Yes	Yes
	Tooltips	Yes	Yes	Yes	Yes
Application layer	<i>Non-funtional features</i>				
	Technical diversity	Yes	Yes	Yes	Yes
	System integration and interoperability	Yes (extendable)	Yes (extendable)	Yes (extendable)	Yes (extendable)
	Usability	High (no expertise required)	Low (expertise required)	Medium	Medium
	Platform independence	Windows, Mac OS X, Linux, Android	Windows	Platform independent (java based)	Windows
	Cost	Freeware	Proprietary	Open-source	Proprietary
	Web-based 3D visualization	Yes	No	Yes	Yes
Presentation layer	<i>Other features</i>				
	Profiling	No	Yes	Yes	Yes
	Shadow analysis	No (just shadow)	Yes	No (just shadow)	Yes
	Animation creation	Yes	Yes	Yes	Yes
	Line of sight and visibility analysis	No	Yes	Yes	Yes
	Skyline creation	No	Yes	No	No
	Texture mapping	Yes	Yes	Yes	Yes
	Aerial and satellite images	Yes	Yes	Yes	Yes
	3D updating and manipulating	No	Yes (rotate, scale, shift)	Yes	Yes

Figura 2.11.- Resumen de evaluación de los sistemas de visualización Google Earth, ArcGlobe, NASA World Wind, TerraExplorer Viewer.

Fuente: (Shojaei, Kalantari et al. 2013)

Por su lado, (Ribeiro, de Almeida et al. 2014) refieren *CityEngine* by *ESRI* como una herramienta que ofrece muchas prestaciones, tales como una visualización esquemática, permitiendo visualizar diferentes perspectivas de la parcela 3D, así como vistas subterráneas y sección transversal de la misma. Presentan a *CityEngine* como una herramienta potencial, juntamente con programación *Python*, para la visualización de objetos catastrales 3D. En la Figura 2.12 se ilustra el tipo de elementos (recuadros negros) y las operaciones que se deben realizar para obtener los elementos (recuadros blancos), para lo cual considera las reglas CGA (*Computer Generated Architecture*)⁴.

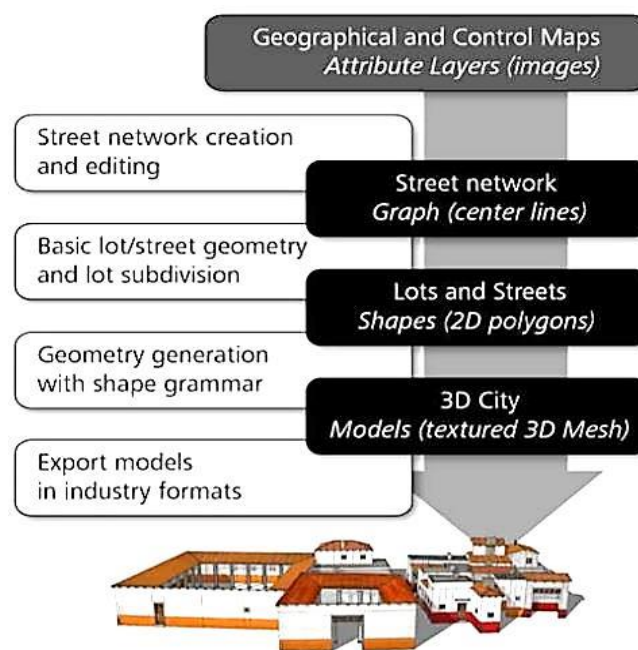


Figura 2.12.- Pasos a seguir en *CityEngine* para la generación y visualización de modelos 3D.

Fuente: (Ribeiro, de Almeida et al. 2014)

En las investigaciones realizadas en los últimos años se plantea la utilización de sistema de visualización catastral 3D en internet. Es así que (Shojaei, Olfat et al. 2018) diseñaron y desarrollaron un prototipo de aplicación *web* para visualización de Catastro digital 3D, donde se considera la

⁴ CGA (*Computer Generated Architecture*) es un lenguaje de programación utilizado para instruir a *CityEngine* sobre cómo generar automáticamente geometría 3D y, especialmente, arquitectura.(ESRI 2019)

funcionalidad al momento de mostrar datos de catastro físico y legal, interacción con los modelos 3D, visualización de datos a nivel administrativo por niveles, búsqueda e identificación de objetos catastrales. Donde pudieron concluir que este tipo de sistema es aceptable para los usuarios, sin embargo, requiere mejoras a nivel del sistema y de los datos para un mayor aprovechamiento.

Por otro lado, (Cemellini, Thompson et al. 2018) consideran que la usabilidad de un sistema de visualización es un factor crucial, por lo que su investigación se centró en la verificación de la usabilidad del sistema de visualización catastral 3D en internet *Cesium JS*. Considerando las facilidades que deben existir para el usuario, el sistema de visualización en internet pretende generar una sinergia de trabajo conjunto entre el servidor y el cliente. Como se ilustra en la Figura 2.13, el prototipo permite al cliente visualizar las parcelas 3D y, a su vez, interactuar con la información catastral; por su lado, el servidor procesa y actualiza la información utilizando plataformas *web* más especializadas. En esta investigación se constató que con en este tipo de sistema la funcionalidad fue alta, lo que indica que, independientemente del conocimiento que tenga el usuario referente a la temática catastral, puede cumplir tareas previstas en el sistema antes mencionado.

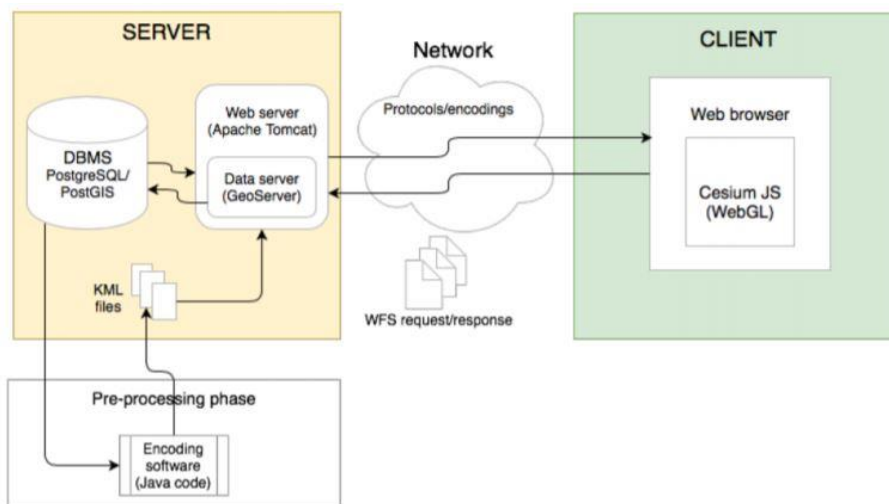


Figura 2.13.- Diagrama del prototipo de visualización de datos catastrales 3D.

Fuente: (Cemellini, Thompson et al. 2018)

2.5 Norma ISO 19152:12 LADM

La Norma ISO 19152:2012 es una norma internacional de carácter descriptivo en la que se define el Modelo para el Ámbito de la Administración de Territorio (*Land Administration Domain Model - LADM*). Abarca los componentes administrativos/legales y espaciales/topográficos en relación con la administración del territorio.

Considerando que la administración del territorio implica una amplia gama de aspectos, la ISO 19152 refiere a los aspectos de derechos, responsabilidades y restricciones de los objetos catastrales, así también considera los componentes geométricos, es decir, el catastro físico. Esta norma internacional es un modelo conceptual que se centra en la utilización de un vocabulario estandarizado que permite la comunicación entre las partes interesada, tanto a nivel local/nacional e internacional.

La estandarización de la información del catastro surge de la elevada demanda que exige el manejo de grandes volúmenes de datos e información, además de la necesidad de las instituciones catastrales para trabajar conjuntamente con otros organismos o entidades relacionadas.

La información catastral requiere ser normalizada para que pueda ser registrada, difundida y comprendida a todo nivel, desde luego considerando las respectivas competencias administrativas de las instituciones catastrales. También en la información catastral se busca la aplicación de diferentes estándares con los que identificar, bajo un mismo concepto y terminología, objetos y sus relaciones con los sujetos, derechos, responsabilidades y restricciones, así como para poder transferir, compartir la información catastral (ISO 2012). El objetivo principal de la ISO 19152 es proveer ese lenguaje formal para la descripción de varios sistemas y subsistemas catastrales, sin pretender reemplazar los sistemas existentes. En sí la importancia de contar con un modelo catastral bajo estándares promueve la implementación de la norma ISO 19152 (*Land Administration Domain Model - LADM*) debido a su aplicabilidad en diversos sistemas catastrales a nivel internacional (Gozdz, Pachelski 2014).

(Lemmen, van Oosterom et al. 2011) mencionan que es posible desarrollar cualquier catastro basándolo en LADM, independientemente del nivel de desarrollo de los sistemas catastrales de los diferentes países sin que estos sean reemplazados, ya que con LADM permite mejoras en los sistemas catastrales para solventar dificultades como por ejemplo la transición de un catastro 2D al catastro 3D. En el caso de Latinoamérica, (Dos Santos, Carneiro et al. 2013, Paixão, Hespanha et al. 2013) aplicaron la normativa ISO 19152 tanto a nivel catastral urbano como a nivel de comunidades indígenas en Brasil, mostrando gran efectividad en la adaptabilidad del modelo.

Además de la adaptabilidad que presenta la Norma ISO 19152 para ser aplicada en diferentes países, se destaca la ventaja de integrar las unidades espaciales 2D y 3D. Es así que, (Van Oosterom, Peter 2013) señala que la ISO 19152 presenta contenido de paquetes para catastro 2D y 3D, lo que permite aplicar el modelo para un catastro 2D/3D. Según (Salazar, Miranda et al. 2016), la estructura del modelo de dominio (LADM)⁵ para administración del territorio de la ISO 19152 permite unificar datos en 2D e incorporar nuevos datos de objetos catastrales en 3D. Considerando esta ventaja, (Zulkifli, Rahman et al. 2017) implementaron la Norma ISO 19152 en su propuesta de modelo conceptual de catastro a un nivel 3D, donde evidencia la efectividad al integrar datos catastrales 2D y 3D.

Otras de las ventajas que presenta la ISO 19152 es considerar elementos subterráneos dentro del modelo de dominio catastral. Es así que (Kim, Heo 2019) consideran el subpaquete de Topografía y Representación de la ISO 19152 para obtener un modelo de catastro 3D que considere las parcelas subterráneas tridimensionales, logrando así el registro en el sistema catastral coreano.

Cabe destacar que con esta norma no solo se puede llegar a un catastro 3D sino también al 4D, ya que considera el elemento tiempo en el modelo catastral. Es el caso de (Sulistyawati, Aditya et al. 2019), quienes inician con la implementación de catastro 4D al registrar los cambios que tienen los objetos

⁵ Modelo de dominio se describe como un modelo de información que trata la información de la propiedad incluyendo los derechos inmobiliarios y especialmente las relaciones entre los diferentes tipos de información de propiedad inmobiliaria (Salazar, Miranda et al. 2016).

catastrales 3D en el tiempo tomando en consideración la clase de *versioned-object* contenida en la ISO 19152.

Se puede constatar en las diversas investigaciones que el tomar en consideración la normativa ISO 19152 no reemplaza a un sistema catastral previamente desarrollado, sino que su aplicación ayuda a solventar dificultades, como unificar datos 2D y 3D, considerar elementos que están sobre y debajo de la parcela, incorporar el elemento tiempo, etc., que podrían presentarse en diversos aspectos, contribuyendo así a que el catastro pueda ser elevado a un nivel 3D o 4D; de esta forma se mantiene el principio de los sistemas catastrales locales pero normalizados.

2.5.1 Visión general de la Norma ISO 19152

La norma ISO 19152 se encuentra organizada en tres paquetes de estándares generales y un subpaquete del Paquete de las Unidades Espaciales, mismos que poseen un nombre en específico. Los tres paquetes recogen información relacionada con el sujeto (interesados), el concepto administrativo y el concepto de unidad espacial, respectivamente. Por otro lado, el subpaquete es referente a la Topografía y Representación. Como se visualiza en la Figura 2.14, cada uno de los paquetes/subpaquete está conformado por un conjunto de clases, que se visualizan con diagramas en lenguaje UML “*Unified Modeling Language*” (Lenguaje Unificado de Modelado), en los cuales se representan las partes de un *software* en lenguaje gráfico, de manera que sea sencillo entenderlo. Cabe señalar que las clases se encuentran conformadas por un conjunto de instancias que son definidas de acuerdo con el tipo de clase.

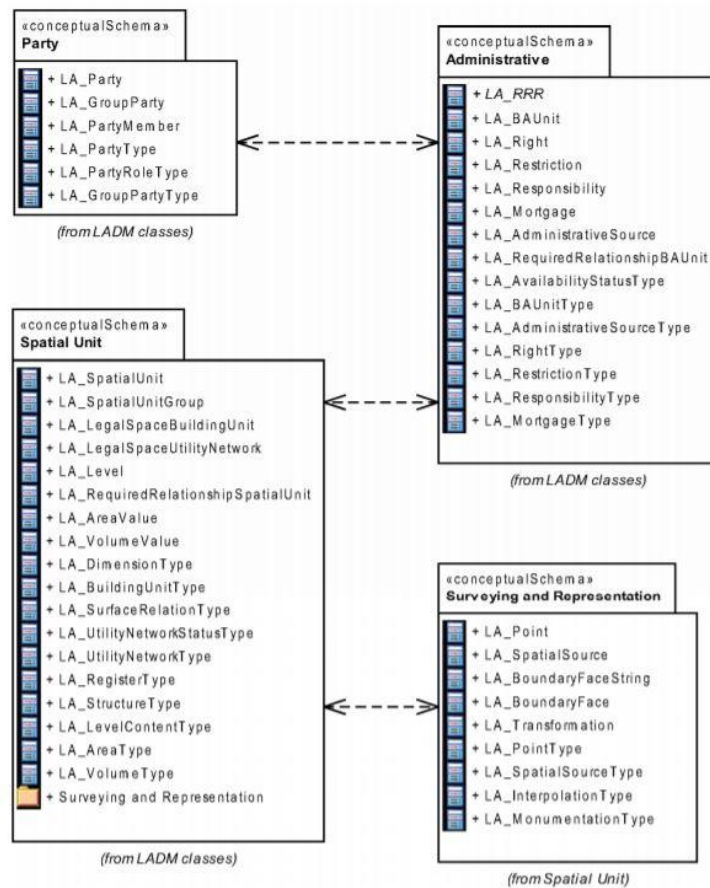


Figura 2.14.- Subpaquetes del Land Administration Domain Model con sus respectivas clases.

Fuente: (ISO 2012)

2.5.1.1 PAQUETE DE INTERESADOS (PARTY)

Se refiere al propietario o propietarios la clase básica es LA_Party, con su especialización LA_GroupParty donde se crea agrupaciones de interesados como instancias (grupo de elementos que conforman una clase). Además, opcionalmente, LA_Party se puede asociar con LA_GroupParty: LA_PartyMember con miembros interesados como instancia.

2.5.1.2 PAQUETE DE UNIDAD ESPACIAL (SPATIAL UNIT)

En esta clase, las instancias son unidades espaciales. La clase básica es LA_SpatialUnit, como indica la Figura 2.15. Las unidades espaciales se agrupan de dos formas: agrupaciones y subunidades.

Las unidades espaciales están refinadas en dos especializaciones: unidades de edificación (casas, escuelas, universidades, edificios, etc.) y redes de servicios (agua potable, electricidad, teléfono, etc.). Por otro lado, las relaciones espaciales explícitas son necesarias cuando la geometría de las unidades espaciales no presenta una exactitud aceptable o cuando se aplican técnicas de solape.

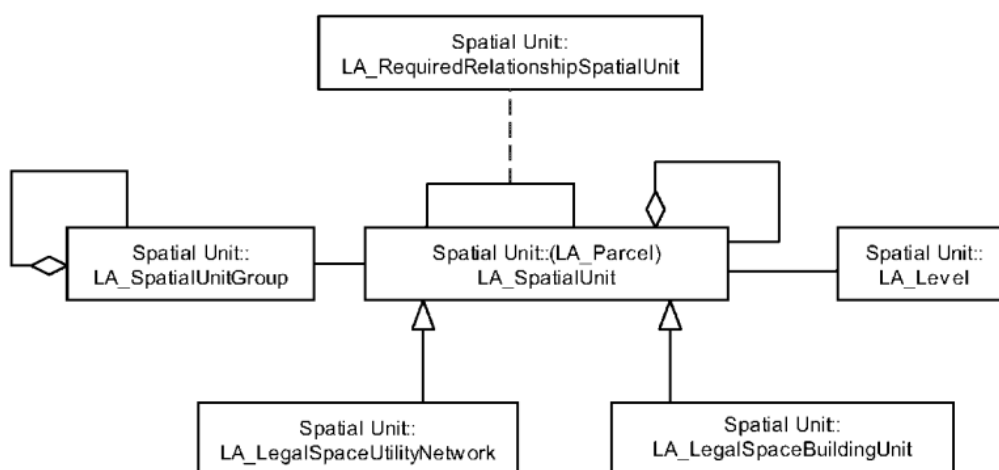


Figura 2.15.- Clases del Paquete de Unidades Espaciales

Fuente: (ISO 2012)

2.5.1.3 PAQUETE ADMINISTRATIVO (ADMINISTRATIVE)

Las principales clases en este paquete son LA_RRR y LA_BAUnit (Figura 2.16). Las instancias de las subclases de la LA_RRR comprenden tres especializaciones: derechos, que refiere a la tenencia social (LA_Right), restricciones de la parcela, como por ejemplo, una hipoteca (LA_Restriction) y

responsabilidades del propietario (pago predial) e instituciones públicas (provisión de servicios básicos) (LA_Responsability).

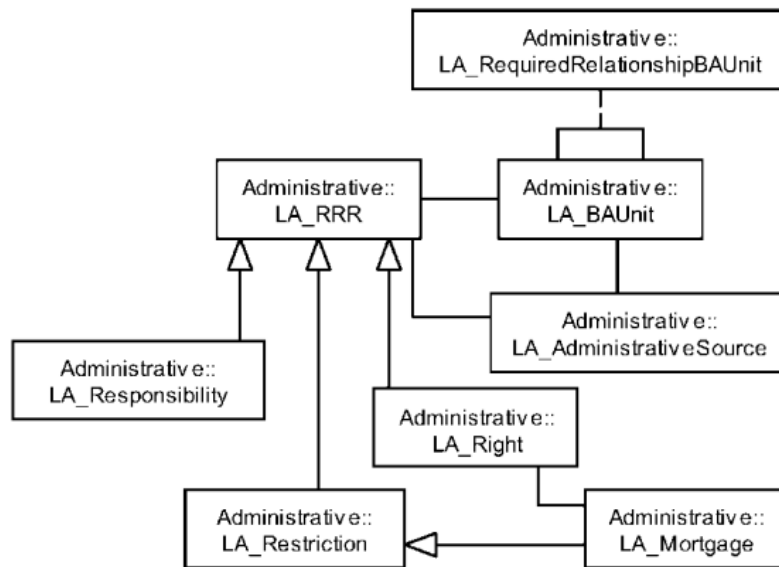


Figura 2.16.- Clases del Paquete Administrativo

Fuente: (ISO 2012)

Los aspectos legales del catastro 3D comprende el registro de derechos legales, responsabilidades y restricciones a nivel de parcela 3D. Tomando en cuenta las ambigüedades administrativas y legales en el ámbito catastral, numerosas investigaciones se han desarrollado para identificar las limitantes y posibles soluciones. (Karki 2013) indica que considerar a los objetos catastrales meramente como objetos conlleva problemas legales, entre ellos la falta de integración entre los derechos legales de los objetos con la superficie de parcela.

Considerando la importancia que implica relacionar los objetos catastrales físicos con los aspectos legales, la normativa internacional ISO 19152 posee la clase LA_RRR misma que hace referencia a las subclases de derechos, restricciones o responsabilidades (Figura 2.17). A continuación, se detalla cada una de las subclases antes mencionadas:

- La subclase derechos de propiedad (LA_Right) refiere a la relación de tenencia social.

- La subclase restricción (LA_Restriction) refiere a las restricciones que van con la parcela, como lo es una hipoteca, que implica una restricción especial del derecho de la propiedad.
- La subclase responsabilidad (LA_Responsability) refiere a la responsabilidad del propietario, como el pago de impuesto predial; a su vez, a la responsabilidad que puede existir no solo por parte del propietario sino también por parte de las instituciones públicas para proveer los servicios básicos, entre otros aspectos.

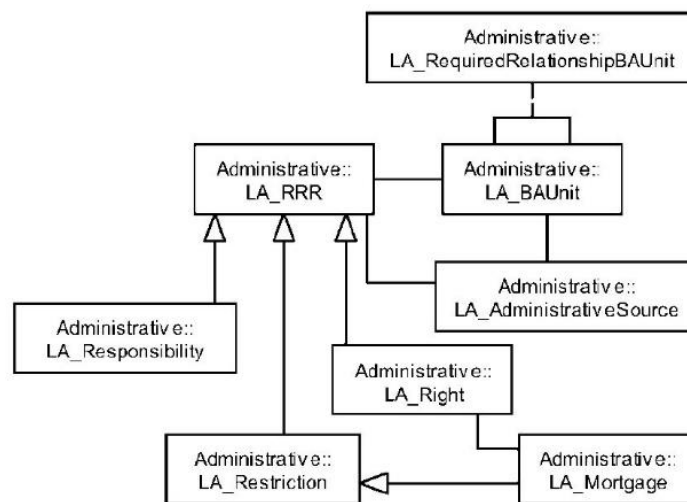


Figura 2.17.- Clases del Paquete Administrativo
Fuente: (ISO 2012)

(Ho, Rajabifard et al. 2013) mencionan que, al momento de considerar el registro de la propiedad 3D dentro del proceso de implementación de un modelo catastral 3D, existe limitantes al determinar adecuadamente los derechos, responsabilidades y restricciones (RRR) debido a que la legislación aún no contempla estas asignaciones a un nivel 3D.

En la Figura 2.18 se representan gráficamente las cuestiones jurídicas, donde claramente se visualiza que el derecho de la propiedad sea a nivel público o privado, toma en consideración el espacio aéreo, la superficie y el subsuelo mismos, que deben poseer límites parcelarios para la determinación de derechos, restricciones y responsabilidades (RRR). Con el fin de que los reglamentos legales a nivel nacional sean un soporte para la delimitación

geométrica del objeto catastral, se precisa de métodos estandarizados para la definición de los límites del objeto catastral 3D y sus RRR. A su vez, resalta la importancia de la representación de la dimensión vertical con el fin de facilitar la articulación, representación y relacionamiento del objeto catastral con los RRR.

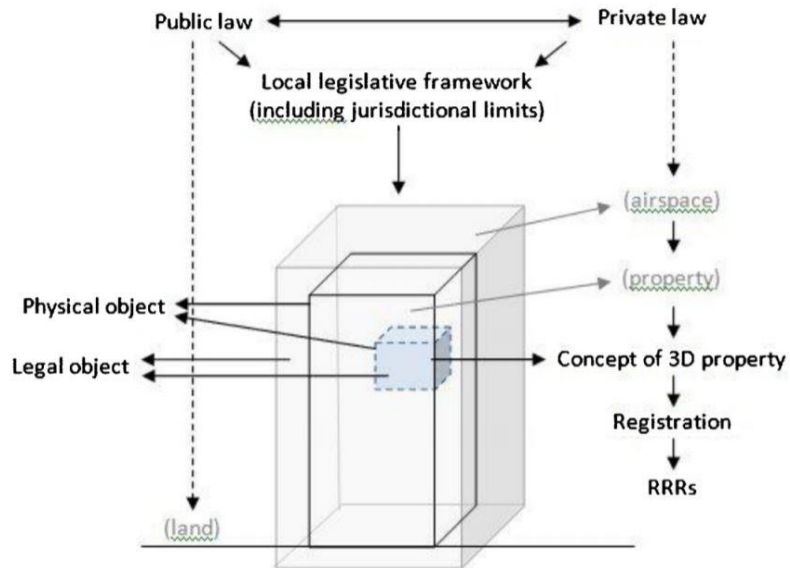


Figura 2.18.- Representación gráfica de los aspectos legales relevantes a nivel de catastro 3D.

Fuente: (Ho, Rajabifard et al. 2013)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO II

- ACOSTA, I., 2016. *Comportamiento de las plusvalías en el cantón Rumiñahui, en la parroquia urbana de San Pedro de Taboada*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- AIEN, A., 2013. *3D Cadastral Data Modelling*, University of Melbourne.
- AIEN, A., KALANTARI, M., RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I.P. and SHOJAEI, D., 2012. Developing and testing a 3D cadastral data model: A case study in Australia, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: XXII ISPRS Congress*, 25 August – 01 September 2012, ISPRS, pp. 1-6.
- AIEN, A., RAJABIFARD, A., KALANTARI, M. and SHOJAEI, D., 2015. *Integrating Legal and Physical Dimensions of Urban Environments*.
- AIEN, A., RAJABIFARD, A., KALANTARI, M. and WILLIAMSON, I., 2011. Aspects of 3D cadastre: a case study in Victoria, *FIG Working Week 2011: Bridging the Gap between Cultures*, 18-22 May 2011.
- ALBERDI, R. and ERBA, D., 2018. Parcelas 4d, del derecho a los catastros. *Revista de Topografía AZIMUT*, 9(1).
- ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR, 2012. *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*.
- BENAVIDES PACHECO, M.A., 2015. *El catastro multifinalitario y su impacto en la recaudación de los impuestos prediales de los Gobiernos Municipales de Latacunga y Pujilí por los bienios 2010-2011 y 2012-2013*, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- BENHAMU, M., 2006. A GIS-Related Multi Layers 3D Cadastre in Israel, *XXIII FIG Congress: Shaping the Change*, 8-13 October 2006.
- BERNÉ, J., RIBERA, C. and BENITEZ, E., 2008. *Catastro en España*. Primera edn. España: Universitat Politècnica de València.
- BIEDA, A., BYDŁOSZ, J., WARCHOŁ, A. and BALAWEJDER, M., 2020. *Historical Underground Structures as 3D Cadastral Objects*.
- BYDŁOSZ, J. and BIEDA, A., 2020. *Developing a UML Model for the 3D Cadastre in Poland*.

- CAICEDO, A., 2018. *Evaluación de la calidad posicional de productos cartográficos catastrales y modelamiento 3D empleando UAVs comerciales*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- CEMELLINI, B., THOMPSON, R. and OOSTEROM, P.V., 2018. Usability testing of a web-based 3D Cadastral visualization system, *Proceedings of the 6th International FIG Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands 2018*, pp. 1-5.
- CHONG, S.C., 2006. *Towards a 3D Cadastre in Malaysia—An Implementation Evaluation*, Delft University of Technology.
- COMITÉ PERMANENTE SOBRE EL CATASTRO EN IBEROAMÉRICA, 2011. *Data Catastro*. Colombia: Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica.
- DOS SANTOS, J., CARNEIRO, A. and ANDRADE, A., 2013. Analysis of the Application of the LADM in the Brazilian Urban Cadastre: a Case Study for the City of Arapiraca, Brazil, *The 5th land administration domain model workshop. Kuala Lumpur, Malaysia, 24-25 September 2013*, pp. 24-25.
- DROBEŽ, P., FRAS, M.K., FERLAN, M. and LISEC, A., 2017. Transition from 2D to 3D real property cadastre: The case of the Slovenian cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, **62**, pp. 125-135.
- DROBEŽ, P., GRIGILLO, D., LISEC, A. and FRAS, M.K., 2016. Remote Sensing Data as a potential source for establishment of the 3D cadastre in Slovenia. *Geodetski Vestnik*, **60**, pp. 3.
- ERBA, D., 2017. Gestión de la información territorial municipal a través del catastro multifinanciado. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (1), pp. 29-51.
- ERBA, D. and PIMETTO, M., 2012. 3D Cadastre in the Federal Countries of Latin America, *FIG Working Week 2012, 2012 2012*, FIG, pp. 14.
- ESRI, 2020-last update, What is a geodatabase?—ArcGIS Pro | Documentation. Available: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/help/data/geodatabases/overview/what-is-a-geodatabase-htm> [September, 2021].
- ESRI, 2019-last update, CGA modeling overview. Available: <https://doc.arcgis.com/en/cityengine/2019.0/help/help-cga-modeling-overview.htm> [August, 2021].

- GÁSPAR SORIANO, M., 2016. Metodología aplicada en el proyecto actualización y generación catastral en el Distrito Metropolitano de Quito (Ecuador). *Estudios Geográficos*, **77**(280), pp. 345-355.
- GOZDZ, K. and PACHELSKI, W., 2014. The LADM as a core for developing three-dimensional cadastral data model for Poland. *14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*, **1**, pp. 841-848 pp.
- GRIFFITH-CHARLES, C. and SUTHERLAND, M., 2013. Analysing the costs and benefits of 3D cadastres with reference to Trinidad and Tobago. *Computers, Environment and Urban Systems*, **40**, pp. 24-33.
- GRÖGER, G. and PLÜMER, L., 2012. *CityGML – Interoperable semantic 3D city models*.
- GRUBER, U., RIECKEN, J. and SEIFERT, M., 2014. Germany on the Way to 3D-Cadastre. *ZFV - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, **4**(139), pp. 223-228.
- HO, S., RAJABIFARD, A., STOTER, J. and KALANTARI, M., 2013. Legal barriers to 3D cadastre implementation: What is the issue? *Land Use Policy*, **35**, pp. 379-387.
- INEC, 2010-last update, Población y Demografía. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> [Agosto, 2021].
- ISO, 2012. *ISO 19152:2012 Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM)*.
- JANEČKA, K. and SOUČEK, P., 2017. *A Country Profile of the Czech Republic Based on an LADM for the Development of a 3D Cadastre*.
- KARKI, S., 2013. *3D Cadastre Implementation Issues in Australia*, University of Southern Queensland.
- KARKI, S., THOMPSON, R. and MCDOUGALL, K., 2010. Data validation in 3D cadastre. *Developments in 3D Geo-Information Sciences*. Berlin: Springer, pp. 92-122.
- KIM, S. and HEO, J., 2019. Registration of 3D underground parcel in Korean cadastral system. *Cities*, **89**, pp. 105-119.
- KOEVA, M. and ELBERINK, S.O., 2016. Challenges for updating 3D cadastral objects using LiDAR and image-based point clouds, *Proceedings of the 5th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 18-20 October 2016.

- KUMAR, P., RAHMAN, A.A. and BUYUKSALIH, G., 2017. Automated Extraction of Buildings from Aerial Lidar Point Cloud and Digital Imaging Datasets for 3D Cadastre—Preliminary Results. *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Springer, Cham, pp. 159-165.
- LEMMEN, C., VAN OOSTEROM, P., UITERMARK, H. and ZEVENBERGEN, J., 2011. Interoperable domain models: the ISO land administration domain model LADM and its external classes, *28th Urban Data Management Symposium: UDMS at 40 years: making contributions to the future, Delft, the Netherlands, 28-30 September 2011*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS).
- LÓPEZ, A. and CAÑAS, D., 2013. *Propuesta del plan de ordenamiento territorial urbano de las parroquias del Cantón Rumiñahui*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- LÓPEZ, J., 2007. Ecuador Nuestras Experiencias. Historia y Evolución del Catastro en Ecuador. *Red de Expertos Iberoamericanos en Catastro*, 1(37), pp. 11-14.
- LÓPEZ, P.R., 2017. Obtención y tratamiento de datos catastrales públicos: estructura de la edificación en Zaragoza y análisis de densidad residencial en Delicias y Centro. *CT: Catastro*, (89), pp. 53-82.
- MARTÍNEZ, J.A., 2000. *Economía del sector público*. Ariel S.A.
- MATUK, O., 2019. Conception of Registration of Underground Spatial Structures in Modern 3D Cadastral System. *Geomatics and Environmental Engineering*, 13, pp. 47.
- MIDUVI, 2014. *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y DE VIVIENDA, 2016. *Acuerdo Ministerial 029-16-Normas Técnicas Nacionales para el Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos, Rurales y Avalúos de Bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, 2020. *Acuerdo Ministerial 017-20 - Norma Técnica para formación, actualización y mantenimiento del Catastro Urbano y Rural y su valoración*.
- NEX, F. and REMONDINO, F., 2014. UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, 6(1), pp. 1-15.

- OGC, 2020-last update, CityGML. Available: <https://www.ogc.org/standards/citygml> [September, 2021].
- OJEDA ONTANEDA, J.L., 2014. *Los sistemas de información Geográfica, como herramienta más adecuada para el desarrollo de proyectos de Catastro y la aplicabilidad de un Catastro en tres dimensiones, en un área piloto del Distrito Metropolitano de Quito*, Universidad San Francisco de Quito.
- PAIXÃO, S., HESPANHA, J.P., GHAWANA, T., CARNEIRO, A. and ZEVENBERGEN, J., 2013. Modelling Brazilian indigenous tribes land rights with ISO 19152 LADM, *LADM2013: 5th FIG International Land Administration Domain Model Workshop*, 24-25 September 2013.
- PEÑA SEGURA, X.A., 2012. *Sistema de información geográfica aplicado al catastro predial del Cantón Paute, Ecuador.*, Universidad San Francisco de Quito.
- POULIOT, J., WANG, C., HUBERT, F., ELLUL, C. and RAJABIFARD, A., 2016. 3D Cadastre visualization and dissemination: Most recent progresses and future directions, *5th International FIG Workshop on 3D Cadastres*, 18-20 October 2016, FIG, pp. 337-359.
- PYTHON ORG, 2018-last update, What is Python? Executive Summary. Available: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/> [Sep 9, 2021].
- RADULOVIĆ, A., SLADIĆ, D. and GOVEDARICA, M., 2017. *Towards 3D Cadastre in Serbia: Development of Serbian Cadastral Domain Model*.
- REYES, F., GONZÁLEZ, A., MIRANDA, D. and CRECENTE, R., 2009. Sistema de información catastral adaptado a la realidad del gobierno local en Ecuador. El caso de la parroquia Vilcabamba (Loja). *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, (8), pp. 1-10.
- RIBEIRO, A., DE ALMEIDA, J. and ELLUL, C., 2014. Exploring CityEngine as a visualisation tool for 3D cadastre, *4th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 9-11 November 2014, FIG, pp. 197-218.
- ROSALES, A., 2011. *Historia, Administración y Evolución del Catastro Inmobiliario del Distrito Metropolitano de Quito*. CPCI.
- SALAZAR, R., MIRANDA, D. and FRA, U., 2016. El Contexto de la Norma ISO 19152 Land Administration Domain Model (LADM) en el ámbito Iberoamericano. *Revista GEOESPACIAL*, **12**, pp. 1-19.
- SARTIRANA, D., ROTIROTI, M., ZANOTTI, C., BONOMI, T., FUMAGALLI, L. and DE AMICIS, M., 2020. *A 3D Geodatabase for Urban Underground*

Infrastructures: Implementation and Application to Groundwater Management in Milan Metropolitan Area.

- SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO, 2012-last update, Niveles administrativos de planificación – Secretaría Técnica Planifica Ecuador. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/3-niveles-administrativos-de-planificacion/> [Feb 20, 2020].
- SHOJAEI, D., KALANTARI, M., BISHOP, I.D., RAJABIFARD, A. and AIEN, A., 2013. Visualization requirements for 3D cadastral systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, **41**, pp. 39-54.
- SHOJAEI, D., OLFAT, H., FAUNDEZ, S.I.Q., KALANTARI, M., RAJABIFARD, A. and BRIFFA, M., 2017. Geometrical data validation in 3D digital cadastre— A case study for Victoria, Australia. *Land Use Policy*, **68**, pp. 638-648.
- SHOJAEI, D., OLFAT, H., RAJABIFARD, A. and BRIFFA, M., 2018. Design and development of a 3D digital cadastre visualization prototype. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **7**(10), pp. 384.
- SIEJKA, M., ŚLUSARSKI, M. and ZYGMUNT, M., 2014. 3D+time Cadastre, possibility of implementation in Poland. *null*, **46**(335), pp. 79-89.
- STOTER, J.E. and PLOEGER, H.D., 2003. *3D aspects of cadastral data modelling*. Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Geodesy, Section GIS Technology.
- STOTER, J. and SALZMANN, M., 2003. Towards a 3D cadastre: where do cadastral needs and technical possibilities meet? *Computers, Environment and Urban Systems*, **27**(4), pp. 395-410.
- STOTER, J., VAN OOSTEROM, P.J., PLOEGER, H. and AALDERS, H., 2004. Conceptual 3D cadastral model applied in several countries, *FIG Working Week 2004, 22-27 May 2004*, pp. 22-27.
- SULISTYAWATI, M.N., ADITYA, T. and SANTOSA, P.B., 2019. The Implementation of LADM Versioned object Class for Representing Spatio-Temporal of Cadastre 4D Objects. *BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan*, **4**(2), pp. 249-265.
- TAN, L.C. and LOOI, K.S., 2013. Towards a Malaysian multipurpose 3D cadastre based on the Land Administration Domain Model (LADM)—an empirical study, *LADM 2013: 5th FIG International Land Administration Domain Model Workshop, 24-25 September 2013*, FIG, pp. 24-25.

- THOMPSON, R. and VAN OOSTEROM, P., 2011. Modelling and validation of 3D cadastral objects. *Urban and regional data management–UDMS annual*. pp. 7-24.
- TODOROVSKI, D., SALAZAR, R., JACOME, G., BERMEO, A., ORELLANA, E., ZAMBRANO, F., TERAN, A.P. and MEJIA, R., 2018. Land administration in Ecuador; Current situation and opportunities with adoption of fit-for-purpose land administration approach, *19th Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2018: Land Governance in an Interconnected World 2018*, The World Bank, pp. 1-11.
- TOSCHI, I., NOCERINO, E., REMONDINO, F., REVOLTI, A., SORIA, G. and PIFFER, S., 2017. Geospatial data processing for 3D city model generation, management, and visualization. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **42**, pp. 527-534.
- TOSCHI, I., NOCERINO, E. and REMONDINO, F., 2017. Geomatics Makes Smart Cities a Reality: Enriching 3D Building Models with Non-Spatial Data. *GIM International-The Worldwide Magazine for Geomatics*, **31**(10), pp. 25-27.
- VAN OOSTEROM, P., FENDEL, E., STOTER, J. and STREILEIN, A., 2011. Proceeding 2nd International Workshop on 3D Cadastres, *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, 16-18 November 2011, FIG (International Federation of Surveyors).
- VAN OOSTEROM, P., STOTER, J., PLOEGER, H., THOMPSON, R. and KARKI, B., 2011. World-wide inventory of the status of 3D cadastres in 2010 and expectations for 2014, *FIG Working Week 2011 - Bridging the Gap between Cultures*, 18-22 May 2011, FIG.
- VAN OOSTEROM, P., 2013. Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, **40**, pp. 1-6.
- VAN OOSTEROM, P., PLOEGER, H., STOTER, J., THOMPSON, R. and LEMMEN, C., 2006. Aspects of a 4D cadastre: a first exploration, *In: Proceedings of Shaping the Change, XXIII international FIG congress 2006*, Citeseer.
- VAN OOSTEROM, P., VERTEGAAL, W., VAN HEKKEN, M. and VIJLBRIEF, T., 1994. Integrated 3D Modelling within a GIS. *AGDM 94*, 12-14 September 1994, pp. 1-16.

- VÁSQUEZ, J., 2017. *Elaboración de la norma técnica para la generación de cartografía catastral de escala 1:1000, empleando UAV.*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- VELASTEGUÍ, J. and GUERRERO, F., 2013. *Uso y procesamiento del sistema escáner láser para el modelamiento 3D de datos geoespaciales en las áreas de la Construcción, Patrimonio Cultural y Espeleología*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- VIDAL, A., 2019. *Modelo de valoración catastral de suelo y construcción mediante SIG para el Cantón San Cristóbal de Patate, Tungurahua, Ecuador*, University of Salzburg.
- VUČIĆ, N., ROIĆ, M., MAĐER, M., VRANIĆ, S. and VAN OOSTEROM, P., 2017. Overview of the Croatian Land Administration System and the possibilities for its upgrade to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **6**(7), pp. 223.
- WAGNER, D., WEWETZER, M., BOGDAHN, J., ALAM, N., PRIES, M. and COORS, V., 2013. Geometric-semantic consistency validation of CityGML models. *Progress and new trends in 3D geoinformation sciences*. Springer, pp. 171-192.
- WILLIAMS, C., 2018. *CROWD-SOURCED CADASTRAL GEOSPATIAL INFORMATION: Defining a workflow from Unmanned Aerial System (UAS) data to 3D building volumes using opensource applications*, University of Munster.
- YAO, Z., NAGEL, C., KUNDE, F., HUDRA, G., WILLKOMM, P., DONAUBAUER, A., ADOLPHI, T. and KOLBE, T.H., 2018. 3DCityDB - a 3D geodatabase solution for the management, analysis, and visualization of semantic 3D city models based on CityGML. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, **3**(1), pp. 5.
- YING, S., GUO, R., LI, L., VAN OOSTEROM, P. and STOTER, J., 2015. Construction of 3D Volumetric Objects for a 3D Cadastral System. *Transactions in GIS*, **19**(5), pp. 758-779.
- YING, S., LI, L. and GUO, R., 2011. Building 3D cadastral system based on 2D survey plans with SketchUp. *Geo-spatial Information Science*, **14**(2), pp. 129-136.

- ZHINDÓN, M., QUEVEDO, S., ANGAMARCA, P. and CÓRDOVA, F., 2017. Implementación del sistema de información geográfico catastral del cantón Déleg. *Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay*, **1**, pp.215.
- ZULKIFLI, N.A., RAHMAN, A.A., HASSAN, M.I. and CHOON, T.L., 2017. Conceptual Modelling of 3D Cadastre and LADM. In: T. YOMRALIOGLU and J. MCLAUGHLIN, eds, *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Cham: Springer International Publishing, pp. 95-111.
- ZURITA, B., 2015. *Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

3 CAPÍTULO III

SITUACIÓN CATASTRAL ACTUAL DEL ECUADOR

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se va a abarcar la importancia del diagnóstico de la situación catastral del Ecuador partiendo desde una visión general en los diferentes países que han experimentado la transición del catastro 2D hacia el 3D. En el contenido del capítulo se abordará una introducción a la situación catastral para posterior presentar antecedentes de la situación catastral en el país. Partiendo de ello se presentará el análisis de la revisión de información de los cantones que dieron apertura a su información y con este análisis se planteará los niveles de desarrollo catastral considerando las características de los componentes físico, temático, jurídico y económico. Finalmente se concluirá este capítulo enfatizando que el diagnóstico de la situación catastral del país será imprescindible para iniciar la transición del catastro 2D hacia el 3D como lo han hecho otros países. Ya que con el análisis respectivo se conocerá la realidad de la situación catastral actual del país, será posible plantear una propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial que sea adaptable para los cantones del país.

3.1 INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN CATASTRAL

Varios países ya han comenzado la transición hacia el catastro 3D ya que proporciona información más precisa y detallada que beneficia la planificación y gestión del territorio, también en ámbitos urbanos, permite definir con mayor precisión distribución de servicios o espacios públicos en la ciudad. Por otro lado, proporciona información sobre la propiedad, pero también sobre características físicas del territorio, transporte, datos ambientales, socioeconómicos y demográficos, siendo herramientas e instrumentos de planificación territorial. En sí la información que recoge el catastro 3D es relevante para abordar cuestiones como el crecimiento de la ciudad, el desarrollo sostenible, entre otros.

Lógicamente, el proceso de implantación del 3D debe partir de un análisis y diagnóstico previos de la situación catastral en el país en cuestión, para identificar necesidades, revisar procedimientos, recursos (de todo tipo), formación, modelo de estructuración de las bases de datos, información disponible, etc. Se trata, en definitiva, de intentar aprehender la realidad catastral existente para poder valorar las posibilidades del sistema catastral de cada país para seguir avanzando, avanzando hacia el paradigma del catastro 3D, que es por el que se está apostando a nivel internacional (Drobež, Fras et al. 2017, Griffith-Charles, Sutherland 2013, Gruber, Riecken et al. 2014, Chong 2006, Stoter, Jantien, Van Oosterom et al. 2004). Este tipo de diagnóstico se ha realizado en la mayoría de los países de América Latina; en Argentina, Brasil, México o Venezuela se han llevado a cabo análisis de sus sistemas catastrales y el registros legales de objetos catastrales, que han proporcionado una interesante visión para abordar el proceso de implementación de un catastro 3D (Erba, Pimetto 2012). En otros casos, sin embargo, solo se han realizado diagnósticos parciales, como en el caso de Ecuador, donde solo se ha llevado a cabo para el sistema catastral del Distrito Metropolitano de Quito (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011).

En esta transición hacia el catastro 3D, la mayoría de los países han optado por alinearse con la norma ISO 19152:12 *Land Administration Domain Model* (LADM), que ofrece especificaciones para integrar todos los conceptos

del dominio catastral y para que sean las especificaciones lo más abiertas posible de cara a su implementación en diferentes escenarios (ISO 2012). Según algunos resultados, este estándar puede contribuir a una implementación más viable del catastro 3D (Tan, Looi 2013, Gozdz, Pachelski 2014, Vučić, Roić et al. 2017, Radulović, Sladić et al. 2017, Janečka, Souček 2017).

En los diferentes procesos de transición 3D se busca garantizar la seguridad de los derechos de propiedad, así como el adecuado registro y almacenamiento de los objetos catastrales (Siejka, Ślusarski et al. 2014). Por otro lado, también se están buscando soluciones para el registro más eficaz tanto de los objetos catastrales como de los elementos que los rodean, incluidos los objetos espaciales subterráneos, los cuales necesitan ser registrados como parte legal del espacio para definir sus responsabilidades, derechos, y restricciones (RRR) (Matuk 2019, Bieda, Bydłowski et al. 2020).

En el diagnóstico de la situación catastral en el contexto iberoamericano realizado por el CPCI (Comité Permanente de Catastro Iberoamericano) en el año 2011, al mismo tiempo que se evidenciaron diversos problemas de la información catastral en los GAD seleccionados, la forma de organizar los datos catastrales y la estructura de sus bases de datos, se concluye la necesidad de una evaluación en profundidad de la realidad del catastro ecuatoriano. Con la intención de contribuir al diagnóstico más certero de la situación catastral en el país, se plantea ahora en esta investigación un aporte para determinar el grado de proximidad de los sistemas catastrales del Ecuador al modelo 3D; se propone una serie de criterios para determinar el nivel de desarrollo de diferentes sistemas catastrales y sus posibilidades de adaptación a una propuesta inicial de LADM para la transición hacia un catastro 3D.

3.2 ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN CATASTRAL DEL ECUADOR

De acuerdo con el artículo 55, párrafo j, del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y metropolitanos (GAD), a

través de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastro (DNAC), máxima entidad del catastro a nivel nacional), son los encargados de elaborar y gestionar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales dentro de sus áreas administrativas. Esta autonomía explica en parte el nivel desigual de desarrollo de los sistemas catastrales municipales y la falta de bases de datos estandarizadas, lo que está perjudicando la creación de infraestructura nacional de datos espaciales (IDE) con fines catastrales (López, J. 2007, Rosales 2011). (Todorovski, Salazar et al. 2018) informó, por ejemplo, que de los 221 municipios, 140 (63,3%) ya han implementado proyectos de catastro urbano georreferenciado, mientras que 34 no lo han hecho. Su estudio también reveló que Ecuador cuenta con diversos procedimientos para la recolección, almacenamiento, procesamiento y visualización de datos catastrales, que no siempre cumplen con los lineamientos nacionales de estandarización. Además, es habitual que la información catastral sea de uso exclusivo de cada municipio, sin posibilidad de integrarla con información de los municipios vecinos (Todorovski, Salazar et al. 2018).

En cumplimiento de la normativa nacional (art. 36 COOTAD), son también los GAD los competentes para actualizar cada dos años su información catastral, bajo sus propias reformulaciones o procedimientos. El COOTAD es uno de los referentes normativo a nivel nacional para la generación, estandarización y actualización de la información catastral georreferenciada. En sus artículos 139, 494 o 496, establece la obligación de actualizar cada dos años los catastros y la valoración de la propiedad, según los términos establecidos en dicho código y con notificación a propietarios (Asamblea Nacional del Ecuador 2012).

Por su parte, en 2016 el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) aprobó las *Normas Técnicas para Catastro de bienes inmuebles urbano-rurales y avalúos de bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la DINAC* con la finalidad de mejorar los procesos de gestión catastral en el país (Acuerdo Ministerial 029-16, Decreto Ejecutivo No.688). Se trata de otra de las normativas de referencia para todos los GAD en el empleo de métodos convencionales y normalizados en la gestión y actualización de sus bases de datos catastrales. Por ejemplo, en su art. 7 se alude a los componentes del Catastro multifinanciado con sus respectivos elementos mínimos contenidos; el art. 8 precisa las especificaciones mínimas de

cartografía básica definidos por el Instituto Geográfico Militar; el art. 17 menciona los productos mínimos catastrales que debe tener un GAD; y, con el fin de garantizar el soporte e implementación de los componentes tecnológicos para el almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos catastrales, se estipula en el capítulo VIII los requisitos mínimos para el *Sistema de Información Geográfico Catastral Local* (SIGCAL) (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016).

Aparte de esta normativa nacional, algunas iniciativas como el programa SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, <http://www.sigtierras.gob.ec/>) del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca han contribuido a aumentar considerablemente la cobertura catastral de Ecuador y a facilitar la actualización y, en cierta medida, la homogeneidad de los sistemas catastrales municipales. El programa generó un amplio conjunto de información espacial y productos cartográficos de indudable relevancia para mejorar la planificación y ordenación territorial del conjunto del país, entre otros, orto fotografías aéreas a escala 1:5.000, una valiosa fuente de información para fines catastrales. A la espera de una deseable renovación de este programa de 2010-14, en la actualidad la mayoría de GAD está recurriendo a la contratación de consultores externos para adquirir ortofotos posteriores a esa fecha.

En abril de 2011, el Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica (CPCI) publicó un informe sobre la situación de la información catastral en los diferentes países de la región. El informe recopila información de encuestas realizadas a representantes de los doce países que forman parte del CPCI, orientada a resaltar los fines multipropósitos de los Catastros como esencia de la planificación territorial. Entre la información compilada se encontraba la referente al propietario, al objeto catastral y al ámbito tributario, donde se especifica el cumplimiento de las características de cada uno de los aspectos antes mencionados. Cabe indicar que el informe fue realizado con la información disponible de cada país; en el caso de Ecuador solo se tomó como referencia al Distrito Metropolitano de Quito y se extrapolaron los resultados del análisis al conjunto del país, a pesar de que, como es de suponer, la realidad catastral de la capital, como en otros muchos aspectos, pudiera ser muy diferente de la del

resto de cantones del país (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011).

El informe del CPCI, basado en la información proporcionada por la Dirección Metropolitana de Catastro del Municipio Metropolitano, destacaba, entre otras características, el bajo porcentaje de cobertura catastral del Ecuador, sólo el 40%; la predominante disposición de los datos en formato de registro y de mapas a escalas comprendidas entre 1:25.000 y 1:5.000; que la información ráster cubría el 22% de la cobertura catastral urbana y que no se disponía de datos digitales relativos a bienes catastrados. El informe destacaba como característica relevante la obligatoriedad por parte del propietario de declarar los cambios físicos del objeto catastral, para lo que la entidad competente, siguiendo lo recogido en el Manual de Procedimientos nº 22 y la Ley de Ordenanzas (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011) , se encargaba de incorporar y actualizar los datos catastrales. Todo esto vendría a evidenciar una enorme debilidad del sistema catastral quiteño y, por extensión, del sistema ecuatoriano, muy alejado de los estándares o de la calidad de otros sistemas más desarrollados.

Según CPCI, sería prescriptivo un diagnóstico riguroso de la situación de todos y cada uno de los sistemas catastrales ecuatorianos, o al menos de una muestra de ellos, para, posteriormente, poder aportar soluciones orientadas a hacerlos más eficientes y eficaces; entre ellas, adoptar una estrategia nacional que permita la gestión integrada de la información y los sistemas catastrales de todo el Ecuador; aportar soluciones concretas y viables para que la información catastral pueda contribuir, no sólo a una mayor eficiencia tributaria, sino que también pueda ser una herramienta para apoyar todas aquellas políticas nacionales tendentes a promover el desarrollo territorial, social y económico del país (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011).

3.3 ANÁLISIS EN BASE A CANTONES CON APERTURA A LA REVISIÓN DE INFORMACIÓN CATASTRAL

Este estudio ha considerado varias etapas. En primer lugar, fue necesario identificar los cantones con mayor disponibilidad de información relacionada con catastros para realizar un análisis más exhaustivo y realista de la situación catastral en Ecuador. Posteriormente, se realizaron entrevistas semiestructuradas a técnicos y expertos de la administración territorial de los ocho cantones seleccionados. Por otro lado, se analizaron sus bases de datos catastrales considerando el cumplimiento de los aspectos enumerados en la Tabla 3.1 correspondientes a componentes catastrales nacionales. Los aspectos evaluados fueron definidos a partir de una revisión bibliográfica de estudios previos que fueron realizados en países iberoamericanos, así también se consideró los parámetros básicos de los componentes catastrales de la normativa nacional (Acuerdo Ministerial 017-20). Los resultados del análisis de las entrevistas y las bases de datos catastrales permitieron definir los niveles de desarrollo catastral en base al cumplimiento de los aspectos relacionados con los componentes básicos de los catastros ecuatorianos.

La disponibilidad y la facilidad de acceso a las bases de datos catastrales fue el criterio esencial para seleccionar los cantones para este estudio. La información catastral en Ecuador no está completamente disponible para el público; en la mayoría de los GAD, el acceso a los datos es limitado y normalmente se requiere autorización previa del organismo administrativo responsable, como la Dirección de Avalúos y Catastros del GAD, a menudo de forma discrecional o según el interés del estudio.

La elección de cantones de diferentes "áreas de planificación" también fue una prioridad, con áreas distribuidas por todo el país y con diversidad económica, social y cultural. De acuerdo con las divisiones administrativas vigentes en Ecuador, las áreas de planificación, distritos y circuitos del país brindan "niveles descentralizados para la administración y planificación de los servicios públicos en algunos ministerios" del Ecuador (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo 2012). Se han definido un total de nueve áreas de planificación, las cuales se dividen en provincias, distritos y circuitos: "*Desde este nivel, las*

entidades del sector público se coordinan estratégicamente (...) para el diseño de políticas en el ámbito de su jurisdicción” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo 2012). Los GAD seleccionados se muestran en la Figura 3.1, con un total de ocho cantones de cinco provincias diferentes (Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi, Loja y Los Ríos) y en cuatro áreas de planificación diferentes (áreas 2, 3, 5 y 7).

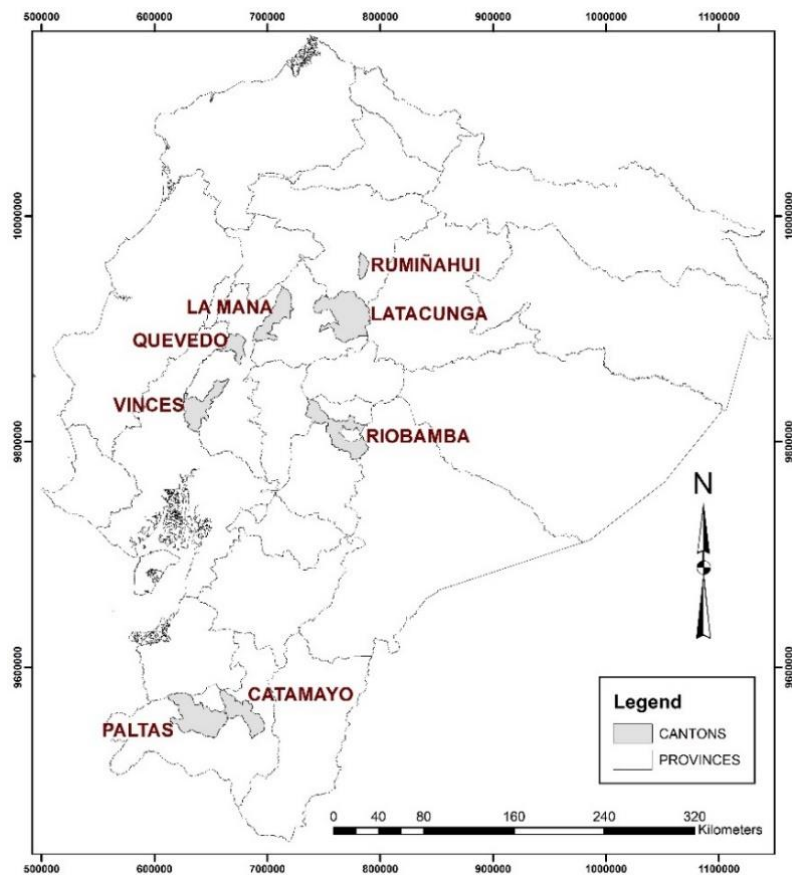


Figura 3.1.- Localización de los cantones seleccionados en sus respectivas provincias

Fuente: Datos del Geoportal del Instituto Geográfico Militar

Previamente, como parte fundamental del estudio, se realizaron 19 entrevistas en profundidad con personal municipal, analistas catastrales y jefes de sección de departamentos como avalúos y catastro, planificación, y tecnología y gestión de sistemas de los cantones seleccionados. Se llevo a cabo entrevistas semiestructuradas a diferentes profesionales de la administración territorial que, previa autorización, fueron registradas. Los criterios utilizados

para la selección de los entrevistados fueron diversos; sin embargo, el esencial fue el grado de conocimiento que tenía cada participante del sistema catastral del cantón, en el momento de su participación en los procesos catastrales, para asegurar que todos los entrevistados fueran igualmente representativos de los diferentes niveles administrativos. Antes de realizar la entrevista, se programaron varias reuniones (de 2 a 4) con cada uno de los entrevistados seleccionados para determinar una primera aproximación a la realidad catastral de cada cantón y adecuar la entrevista a la misma.

El objetivo de estas entrevistas fue conocer de primera mano los procesos adoptados en cada caso, así como detalles relacionados con la generación, almacenamiento y gestión de los sistemas e información catastral. La Tabla 3.1 presenta las prioridades de la investigación. De particular interés son las prioridades relacionadas con las características físicas básicas de cada base catastral, específicamente aquellas que apoyarían la transición del uso actualmente dominante de catastros 2D al uso de catastros 3D, como propone (Aien 2013).

Las características enumeradas en la Tabla 3.1 se determinaron a partir de las utilizadas en el informe de (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011) para analizar y evaluar el estado catastral en Iberoamérica, estas también coinciden con las características utilizadas en el análisis del Catastro 3D en cuatro países de América Latina (Erba, Pimetto 2012) . Asimismo, se consideraron aspectos de los cuatro componentes (físico, legal, económico y temático) del catastro ecuatoriano, según lo establecido en la normativa nacional (Capítulo I, Artículo 7, del Acuerdo Ministerial 029-16 (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016) y en la Sección II, Artículo 11 del Acuerdo Ministerial 017-20) (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020). Las características de los componentes físicos (ítems 1-10) representan la mayoría de las características consideradas en esta investigación; las características analizadas son menores para los demás componentes (dos para el componente legal (ítems 11 y 12) y una para el componente temático (ítem 13) y el componente económico (ítem 14).

El componente físico se analizó en función a si los datos catastrales se encuentran almacenados en formato digital (alfanuméricos y/o geográficos) y/o recogidos en fichas catastrales analógicas almacenadas en los Archivos de cada GAD cantonal (ítem 1). Con ello, en base a lo establecido por la normativa nacional, identificar si contaban con datos georreferenciados del objeto catastral (ítem 2), en coordenadas UTM y datum WGS84. En la actualidad no es posible entender el catastro sin la representación gráfica georreferenciada de la información, expresada mediante un sistema de proyección y sus coordenadas (x, y), que ya no puede limitarse a la mera descripción literal y/o a la representación geométrica de los objetos catastrales, de los bienes inmuebles, etc.

Por otro lado, era importante verificar si el sistema catastral contaba con una base de datos geoespacial y si ésta, a su vez, disponía de datos descriptivos, documentación de las características del objeto catastral (ítem 3).

Otro aspecto importante del análisis fue identificar el nivel de desagregación de los datos catastrales gráficos y alfanuméricos (predio, construcción, piso y/o unidad) (ítems 4 y 5), esencial para dirimir si la representación gráfica del objeto catastral está más próxima al modelo de Catastro 2D o si, por el contrario, se ajusta más al 3D; si ambos se encontraban en el mismo nivel, si eran actualizados conjuntamente y, sobre todo, si estaban enlazados a través de la clave catastral (ítem 6), un identificador único e irreplicable, tal como exigen las especificaciones de la normativa ecuatoriana (Acuerdo Ministerial 029-16) (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016). Todos estos aspectos permitirán a futuro avanzar hacia la unificación de todos los catastros y alcanzar un sistema nacional único (ítem 7).

Se consideró también interesante analizar la información sobre las características físicas del objeto catastral (ítem 8), de acuerdo a lo especificado en el Capítulo I, Artículo 7, del Acuerdo Ministerial 029-16, donde se hace mención a los elementos mínimos del componente físico catastral, tanto a nivel predial como de construcción e, incluso, de obras complementarias y caracterización de la vivienda; información esencial para identificar si se cuenta con datos que se ajusten al modelo de Catastro 2D o 3D. Así también, la

disponibilidad de información referente a los servicios e instalaciones en el predio, tales como tipos de vía de acceso, energía eléctrica, transporte urbano, agua, entre otros (ítem 9).

El grado de implementación, adopción y aplicación de los sistemas de almacenamiento y el manejo general de la información geográfica (por ejemplo, Sistema de Información Geográfica (SIG) y diseño asistido por computadora (CAD)) también se evaluó considerando lo estipulado en el Capítulo VIII del Acuerdo Ministerial 029-16. Estos aspectos pueden ser determinantes a la hora de afrontar los retos tecnológicos en la transición hacia un modelo catastral 3D (ítem 10).

Para el componente jurídico, se analizó la existencia de información básica relacionada con el propietario/ copropietario, posesión y dominio en base a la información requerida por el Acuerdo Ministerial 017-20 en la Sección II, Artículo 11, Punto 3, literales 'a', 'b' y 'c'.

De igual forma, se quería explorar la existencia de cartografía base (ítem 13), relativa, por ejemplo, a división política-administrativa, elementos del medio físico, infraestructuras y equipamientos, etc., que, juntamente con los datos del Catastro, pueden dotar a éste de un carácter multifinalitario, más allá de su clásica finalidad tributaria. Por otro lado, la información sobre el avalúo de la propiedad se analizó en el componente económico de acuerdo con la información establecida en la Sección II, Artículo 11, punto 1, literales 'a', 'b' y 'c' del Acuerdo Ministerial 017-20 (ítem 14).

Finalmente, en el ítem 15, se solicitó a los entrevistados que brindaran una valoración cualitativa de la situación general del sistema catastral de su cantón y una valoración inicial del nivel (de ninguno a avanzado) que, en su opinión, debería ocupar el sistema catastral para abordar los desafíos de la futura implementación del modelo catastral 3D.

Tabla 3.1.- Aspectos considerados en el análisis de los sistemas catastrales de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) seleccionados.

Fuente: Elaboración propia

Componentes	Item	Descripción	
COMPONENTE FÍSICO	1-Formato de los datos	Datos gráficos digitales	
		Datos alfanuméricos digitales	
	2-Datos georreferenciados	SI	Coordenadas (X, Y). UTM WGS 84
		NO	
	3-Base de datos gráfica y alfanumérica	SI	Datos geoespaciales almacenados en bases de datos catastrales, con datos alfanuméricos con información sobre el objeto catastral.
		NO	
	4-Nivel datos catastrales gráficos	Parcela	
		Bloque	
		Piso	
	5-Nivel información alfanumérica	Unidad	
		SI	
NO			
6-Información gráfica y numérica enlazada	SI	Presencia de terrenos comunes (de acuerdo con los estándares nacionales y el código catastral) para vincular bases de datos geoespaciales y archivos de información alfanuméricos.	
	NO		
7-Clave catastral	SI	Clave Catastral (acorde al Acuerdo Ministerial 029-16).	
	NO		
8-Características físicas de objetos catastrales	Total	Determinar si los datos a nivel de inmueble o construcción (área, perímetro, materiales y año de construcción, número de pisos, topografía, relieve, habitabilidad, uso, etc.) están en una base de datos o solo en archivos alfanuméricos.	
	Parcial		
	Ninguno		
9-Servicios básicos e infraestructura	Total	Determinar si la información de los servicios básicos del cantón se encuentra en una base de datos o en archivos alfanuméricos.	
	Parcial		
	No		
10-Sistema de gestión de Base de Datos	GIS		
	CAD		
	Ninguno		
COMPONENTE JURÍDICO	11-Información propietario/copropietario	SI	Información básica de conformidad con la Sección II, Artículo 11, punto 3, literal "a" y "b" del Acuerdo Ministerial 017-20
		NO	

	12-Información de posesión o dominio	SI NO	Información básica según la Sección II, Artículo 11, punto 3, literal "c" del Acuerdo Ministerial 017-20
COMPONENTE TEMÁTICO	13-Cartografía base para fines catastrales	SI NO	Divisiones políticas administrativas, carreteras, servicios básicos, áreas verdes, etc.
COMPONENTE ECONÓMICO	14-Información avalúo de la propiedad	SI NO	Información básica de acuerdo con la Sección II, Artículo 11, punto 1, literal "a", "b" y "c" del Acuerdo Ministerial 017-20
		Avanzado	
	15-Estado del modelo catastral para implementación catastro 3D	Intermedio Inicial Ninguno	

Una vez analizadas las bases de datos catastrales y las entrevistas semiestructuradas, se definieron los niveles de desarrollo catastral. Para ello, se tomó en consideración el grado de cumplimiento de cada uno de los aspectos detallados en la Tabla 3.1. Esto permitió identificar las tendencias de desarrollo catastral en los sistemas catastrales del país.

Finalmente, en base al análisis de los sistemas catastrales de Ecuador, se desarrolló una propuesta inicial LADM para el Ecuador. Esto consolidó los aspectos generales de los componentes (físicos, legales, económicos y temáticos) de la normativa catastral nacional junto con las clases básicas (LA_Party, LA_RRR, LA_BAUnit y LA_SpatialUnit) de ISO 19152:12 LADM. Esta propuesta inicial consideró el nivel de desarrollo catastral predominante en el país en su conjunto. Además, el modelo inicial se centró, principalmente en los aspectos del componente físico para el que la unidad espacial se especifica como una parcela.

3.4 NIVELES DE DESARROLLO CATASTRAL EN BASE A LOS COMPONENTES FÍSICO, JURÍDICO, TEMÁTICO Y ECONÓMICO

Ecuador cuenta con estándares nacionales para catastro, como los estándares técnicos de catastro para propiedades urbanas-rurales a través del Acuerdo Ministerial 029-16 (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016), los cuales deben ser considerados por los GAD municipales y metropolitano. Sin embargo, se identificó que no todos los cantones siguen las pautas estipuladas por las normativas nacionales, lo que genera importantes limitaciones en la actualización y mantenimiento de la información catastral. Por otro lado, la información catastral de Ecuador tiene acceso restringido y, como procedimiento estándar, se requiere autorización previa del GAD. Como se mencionó anteriormente, esta limitación influyó en la selección de los sistemas catastrales analizados en esta investigación. Por ello, se consideró a cantones que permitieron acceso a una mayor cantidad de datos catastrales e información relacionada con el proceso catastral.

Un análisis detallado de los sistemas catastrales y bases de datos permitió detectar ciertos patrones, diferencias y coincidencias en las características y criterios analizados. Por tanto, fue posible determinar el nivel de desarrollo de los sistemas catastrales en relación con el modelo catastral 3D, consolidando así la valoración general realizada en el análisis inicial. Esta información fue utilizada para establecer si la información catastral de estos GAD tiene características y propiedades que permitieran extender el modelo de datos catastrales hacia una aproximación catastral 3D (en sus contenidos básicos, las características físicas de los objetos, información básica sobre propietario / copropietario, posesión, dominios y valores de propiedad, entre otros) y así determinar con mayor precisión si los GAD pueden llegar a enfrentar ese desafío.

Por lo tanto, se propuso una categorización de cinco niveles según los criterios y características descritos en el apartado anterior (ver Figura 3.2). En cada nivel se señala el cumplimiento de cada uno de los quince criterios. Siendo el nivel 1 el que presente un desarrollo catastral básico y el nivel 5 un desarrollo catastral avanzado al cumplir con los quince criterios.

		CRITERIOS																															
		(1)	(2)	(3)	(4)			(5)				(6)	(7)	(8)		(9)		(10)		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)									
		Hoja catastral	Datos alfanuméricos digital	Datos gráficos digitales	SI	SI	Parcela	Bloque	Piso	Unidad	Parcela	Bloque	Piso	Unidad	SI	SI	Parcial	Total	Parcial	Total	CAD	SIG	SI	SI	SI	SI	Inicial	Intermedio	Avanzado				
NIVEL	1	●																															CANTONES
	2	●	●								●						●																Paltas, Catamayo
	3	●	●	●	●	●						●					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	La Maná, Vinces, Quevedo
	4	●	●	●	●	●						●			●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Riobamba, Rumiñahui, Latacunga, Quito
	5	●	●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Ninguno

Figura 3.2.- Niveles de desarrollo catastral y criterios considerados para su definición.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3.3 muestra los resultados detallados del análisis de los sistemas catastrales seleccionados, que reflejan una evidente falta de uniformidad en el cumplimiento de los criterios.

		CRITERIOS																																
		(1)	(2)	(3)	(4)			(5)				(6)	(7)	(8)		(9)		(10)		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)										
		Hoja catastral	Datos alfanuméricos digital	Datos gráficos digitales	SI	SI	Parcela	Bloque	Piso	Unidad	Parcela	Bloque	Piso	Unidad	SI	SI	Parcial	Total	Parcial	Total	CAD	SIG	SI	SI	SI	SI	Inicial	Intermedio	Avanzado					
CANTONES	Catamayo	●															●		●															
	Paltas	●	●															●		●														
	La Maná	●	●	●	●	●	●					●					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Vinces	●	●	●	●	●	●					●					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Quevedo	●	●	●	●	●	●					●					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Riobamba	●	●	●	●	●	●										●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Latacunga	●	●	●	●	●	●					●					●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Rumiñahui	●	●	●	●	●	●										●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Figura 3.3.- Resumen de las entrevistas por cantones considerando los criterios establecidos.

Fuente: Elaboración propia

El Nivel 1 (*Catastro primitivo*) solo cumpliría con el primer criterio. El sistema contiene información relevante en las fichas catastrales levantadas generalmente en campo, pero no en formato digital o georreferenciado; por lo tanto, no existe un vínculo entre la información gráfica y alfanumérica y por ende la ausencia de una base de datos integral. De igual manera, la actualización y el registro de cambios en los objetos catastrales se dificulta lo que conlleva a un mayor costo de tiempo y recursos. Este nivel incluye los sistemas catastrales de 33 de los cantones del país, los cuales, según un estudio de (Todorovski, Salazar et al. 2018), presentan su información en formato analógico y no cuentan con datos georreferenciados. En referencia al componente legal y económico, estos sistemas brindan información muy elemental contenida en la ficha catastral y tampoco se actualizan periódicamente según la normativa ecuatoriana.

El Nivel 2 (*Catastro 2D incipiente*) incluye información catastral recopilada en fichas catastrales analógicas, aunque la información alfanumérica a nivel de parcela está disponible en formato digital. El sistema no incluye datos georreferenciados, datos gráficos o cartografía base, ni incluye una *geodatabase*; por tanto, no existe un sistema para gestionarlo la información catastral. Por otro lado, las claves catastrales de las propiedades no cumplen con las especificaciones del Acuerdo Ministerial 029-16 (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016), imposibilitando así la vinculación de datos catastrales en diferentes formatos. En este nivel, la información sobre las caracterizaciones físicas del objeto catastral es parcial, lo que dificulta su actualización; tampoco incorpora información sobre la infraestructura o servicios básicos, lo que dificulta estimar el avalúo de las propiedades con mayor precisión y por ende utilizarla para fines distintos a los tributarios. Por otro lado, al igual que el Nivel 1, hay información básica sobre los propietarios / copropietarios, posesiones, dominios y valores de propiedad, excepto que la información se encuentra no solo en la hoja catastral sino también como datos alfanuméricos. Este nivel incluye los sistemas catastrales de Paltas y Catamayo, ambos en la provincia de Loja (área de planificación 7).

El Nivel 3 (*Catastro 2D Intermedio*) almacena los registros catastrales en formato digital, sin embargo, los archivos gráficos digitales a nivel de propiedad y los archivos digitales alfanuméricos a nivel de construcción no están

vinculados, lo que dificulta determinar los aspectos relacionados con el propietario, el objeto catastral y las responsabilidades, derechos y restricciones correspondientes. Este sistema cuenta con claves catastrales para cada propiedad tanto en los datos gráficos como en los alfanuméricos, pero, debido a que no hay un identificador en el mismo nivel (predio/edificación), los datos no se pueden vincular. En este nivel, el catastro incluye datos georreferenciados y cartografía base en la misma *geodatabase*, que se gestiona en software que no cumple con los requisitos nacionales destacados en el Capítulo VIII del Acuerdo Ministerial 029-16. Los componentes legales y económicos presentan la misma condición que como los del nivel 2. Proporciona información parcial sobre las características físicas del objeto catastral y también sobre los servicios básicos que existen en el predio, pero no incorpora otras características que sustentarían un catastro más avanzado. En este nivel, presenta un estado inicial del modelo catastral para la implementación de un catastro 3D ya que cumple con los elementos básicos de los cuatro componentes catastrales estipulados en el Acuerdo Ministerial 017-20 (principalmente el componente físico). Se incluyen los catastros de los cantones de La Maná (provincia de Cotopaxi), Vinces y Quevedo (ambos en la provincia de Los Ríos; área de planificación 5).

El Nivel 4 (*Catastro 2D Avanzado*), la información alfanumérica se almacena en archivos digitales, tanto a nivel predial como de construcción, los cuales se vinculan mediante la clave catastral, misma que cumple con las especificaciones del Acuerdo Ministerial 029-16 (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016). Todos los datos, la información (gráfico-espacial, temática-alfanumérica) y la cartografía base disponible, se almacenan en la misma *geodatabase*, gestionada por SIG, lo que permite utilizar las bases de datos catastrales cantonales para múltiples propósitos. Este nivel se caracteriza por contener información completa sobre los elementos mínimos del componente catastral físico, incluyendo las características del objeto catastral y los servicios, de acuerdo con las especificaciones del Capítulo I, Artículo 7, del Acuerdo Ministerial 029-16. Cabe recalcar que QGIS al ser un software gratuito, con licencia de GNU *General Public License* (GPL) (QGIS *Development Team*, <https://qgis.org/es/site/>), es el más utilizado por la mayoría de los GAD que se encuentran en este nivel. QGIS cumple con las características de la normativa

nacional mencionada en el Capítulo VIII del Acuerdo Ministerial 029-16. Por otro lado, se incluye información sobre los componentes legales y económicos especificados por la normativa nacional, la cual también está en formato digital y vinculada a información sobre los componentes físicos y temáticos; sin embargo, el proceso de actualización no es tan periódico a menos que el propietario lo solicite formalmente. Adicionalmente, en este nivel, cumple en su mayoría con elementos correspondientes a los componentes físicos, legales, económicos y temáticos estipulados en la normativa nacional, lo que proporcionaría el estado inicial del modelo catastral para la implementación de un catastro 3D. A pesar de no cumplir con todas las características propuestas (pero incluyendo indicaciones de un modelo catastral 3D inicial), en este nivel se encuentran los sistemas catastrales de Riobamba (provincia de Chimborazo), Rumiñahui (provincia de Pichincha), Latacunga (provincia de Cotopaxi) y Quito.

Ninguno de los sistemas catastrales analizados se encuentra en un Nivel 5 (catastro 3D), en el que se aportan todas las características necesarias para proponer un modelo catastral 3D altamente desarrollado a nivel de los componentes físicos, jurídicos, económicos y temáticos. A diferencia del nivel anterior, la información gráfica y alfanumérica, en este nivel, se encuentran en el nivel de la unidad y están vinculadas entre sí, lo que permite implementar un modelo catastral 3D de manera inequívoca. La información catastral digital tiene un fino detalle y permite definir aspectos relacionados con el titular, el objeto catastral y los derechos, responsabilidades y restricciones.

Los sistemas catastrales de los cantones estudiados tienen niveles intermedios de desarrollo (niveles 2, 3 y 4). De estos, los catastros del Distrito Metropolitano de Quito y las capitales de provincia se encuentran en el nivel más avanzado (Nivel 4) para cumplir con la mayoría de los criterios y características.

En sí los seis sistemas catastrales que se encuentran en los niveles 3 y 4 incluyen datos georreferenciados, lo que indica que incluyen una base de datos literal y gráfica. Sin embargo, los datos gráficos y alfanuméricos no están enlazada entre sí en ninguno de los sistemas. Por otro lado, los datos catastrales gráficos están a nivel de propiedad, cayendo al nivel de construcción para los catastros de Riobamba, Rumiñahui y Latacunga. La información alfanumérica a

nivel de piso también está disponible solo para estos tres cantones. También incluyen datos georreferenciados y una *geodatabase* con cartografía base y catastral administrada por un SIG local, como lo indica el Acuerdo Ministerial 029-16 en el Capítulo VIII. Cabe señalar que, si bien cuentan con cartografía base, existe una diferencia en la cantidad de datos que cada cantón tiene disponible. Además, estos sistemas brindan información completa sobre los servicios del inmueble y las características del objeto catastral, donde éste es identificado a través de la clave catastral en su formato estandarizado nacional.

Por otro lado, los cantones de La Maná, Vinces y Quevedo señalan un desarrollo catastral de Nivel 3. En sus sistemas catastrales, los datos gráficos están al nivel de la propiedad y los datos alfanuméricos están al nivel de la construcción. Estos sistemas incluyen información parcial sobre los servicios de la propiedad y las características del objeto catastral y utilizan sistemas CAD para gestionar sus datos catastrales gráficos.

Los sistemas catastrales de Catamayo y Paltas indican desarrollo de Nivel 2 (un catastro inicial 2D), con información alfanumérica a nivel de propiedad y, por lo tanto, información limitada sobre el objeto catastral. También presentan información parcial sobre características físicas y servicios básicos.

El catastro del Distrito Metropolitano de Quito, que ha sido utilizado como referencia en otros estudios para la evaluación catastral del país, fue clasificado con nivel de desarrollo 4. Según lo informado en estudios de (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011, Ojeda Ontaneda 2014), este sistema cumple con la mayoría de los criterios y características considerados en este nivel, aunque todavía dista mucho de ser un modelo catastral 3D. También se incluyen en este nivel los catastros de los cantones de las capitales provinciales (Latacunga y Riobamba) y Rumiñahui, siendo este último mayoritariamente por convenios de investigación relevantes con la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE (López, A., Cañas 2013, Acosta 2016, Vásquez 2017, Caicedo 2018).

La planificación y zonificación ecuatoriana muestran que los cantones pertenecientes a una misma zona presentan características y niveles de

desarrollo catastral similares. Los cantones de las áreas 2 y 3 (Riobamba, Rumiñahui y Latacunga), localizadas en las regiones central y centro norte de Ecuador, y el Distrito Metropolitano de Quito (que representa el área 9) presentaron un desarrollo catastral avanzado (Nivel 4). Los cantones del área 5 localizados en la región costa (Vinces, Quevedo), junto con La Maná (en el área 3), tenían características propias de los catastros 2D intermedios (Nivel 3). Finalmente, los sistemas catastrales de los cantones del área 7 (Paltas, Catamayo), que se ubica en la región sur e incluye pequeños cantones que no son capitales de provincia, mostraron un desarrollo de Nivel 2, correspondiente a un catastro 2D incipiente.

Existen estándares nacionales para la recolección, procesamiento, actualización y almacenamiento de datos catastrales, pero no todos los cantones han cumplido con los lineamientos normativos de manera consistente porque los municipios de cada cantón tienen autonomía en sus procesos, incluidos los relacionados con los catastros. Este es un factor clave que influye en la diferencia en el desarrollo de los sistemas catastrales en cada GAD.

Las especificidades y diferentes niveles de desarrollo de los sistemas catastrales analizados parecen derivar de esta autonomía de los GAD en la implementación de sus catastros. Sin embargo, estas diferencias también pueden estar relacionadas con los desequilibrios territoriales que existen en el Ecuador entre los cantones, provincias, regiones y áreas de planificación, que conllevan diferencias en términos de desarrollo económico y humano, pobreza y disponibilidad de recursos, entre otros temas.

Las operaciones y procesos catastrales implican importantes esfuerzos económicos para las administraciones locales con situaciones económicas y presupuestarias muy diferentes que naturalmente introducen nuevos elementos de diferenciación en el nivel de desarrollo de los sistemas catastrales ecuatorianos. Por ejemplo, el cumplimiento de los plazos de actualización, el rigor y la eficiencia necesarios están altamente influenciados por los recursos económicos, materiales, técnicos y humanos de que dispone cada cantón.

A nivel administrativo, cada municipio asigna competencias catastrales a diferentes departamentos, lo que significa que la información está muy fragmentada y, en muchos casos, solo es parcialmente accesible. Esta situación se complica aún más por la temporalidad y alta inestabilidad laboral que existe en este nivel de la administración ecuatoriana. Dado que los procesos catastrales se asignan a personal temporal, los procedimientos que se modifican periódicamente no se consolidan, lo que en ocasiones conlleva una pérdida de información durante los períodos de transición.

En un escenario tan descentralizado y fragmentado, el acceso a la información y, por ende, cualquier intento de analizar y evaluar el sistema catastral ecuatoriano se ve afectado significativamente. (Benavides Pacheco 2015) analizó los sistemas informáticos de gestión de la información en los cantones de la provincia de Cotopaxi (Ecuador) y señaló que no existe un vínculo directo entre los sistemas de los departamentos responsables de los catastros, lo que representa un escenario de información difundida en el que la información no se comparte de forma rutinaria entre departamentos, lo que afecta su gestión. Según el mismo autor, esta situación, también identificada en nuestro estudio, ocurre con frecuencia en la mayoría de los cantones ecuatorianos de desarrollo bajo e intermedio, y plantea la urgente necesidad de promover la creación de bases de datos que, aunque desagregadas en diferentes departamentos de la administración cantonal, se puede gestionar e integrar de forma centralizada.

Además, esta información no suele estar disponible para el público, sino que requiere autorización previa del GAD municipal para su consulta. Como se mencionó anteriormente, esta limitación ha influido en la selección de los sistemas catastrales que se analizaron en este estudio, que se limitaron a aquellos que permitían acceder a la mayor cantidad de información posible (datos espaciales y alfanuméricos, archivos catastrales, etc.). Este sesgo también puede haber influido en los resultados obtenidos en este estudio y las clasificaciones propuestas. Sin embargo, se analizaron varios sistemas cantonales, que pertenecían a distintas provincias o áreas de planificación con diferentes niveles de desarrollo y que, por tanto, pueden representar adecuadamente la diversidad de la realidad actual del Ecuador.

Los elementos utilizados en el análisis respaldaron la evaluación de la situación catastral en los diferentes cantones y, por extensión, proporcionaron una perspectiva aproximada de la situación del país. Las once características físicas fueron seleccionadas porque eran las características más comúnmente mencionadas en la literatura y, en algunos estudios internacionales (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011), fueron particularmente relevantes en la caracterización e implementación de modelos catastrales 3D.

Se ha demostrado que los catastros cantonales aún tienen serias limitaciones, como la vinculación entre información gráfica y alfanumérica, códigos catastrales no actualizados o no disponibles en todos los niveles, o actualizaciones de la información catastral. (Zhindón, Quevedo et al. 2017) insisten en que la adecuada gestión del catastro en Ecuador debe pasar necesariamente por la plena integración de la información gráfico-espacial y alfanumérica y la implementación de un SIG catastral local, cumpliendo así con los requisitos del Acuerdo Ministerial 029-16 del Capítulo VIII. Como se mencionó anteriormente, el COOTAD estipula que los catastros deben actualizarse cada dos años, pero no es fácil para muchos GAD municipales, que muchas veces tienen bases de datos mal estructuradas y recursos limitados, para cumplir con este requisito.

A partir de las clasificaciones propuestas según el nivel de desarrollo catastral y la aproximación a un modelo catastral 3D, se ha evidenciado que la mayoría de los sistemas catastrales analizados se encuentran en un nivel intermedio (Niveles 2-4) y que, actualmente, ninguno de ellos está suficientemente avanzado o estructurado para la futura implementación de un modelo 3D.

De esta evaluación se puede concluir que la mayoría de los sistemas catastrales analizados aún se encuentran en un nivel intermedio en cuanto a su implementación de un modelo catastral 3D deseable, lo cual no se logrará fácilmente a menos que se adopten medidas de gran alcance en el actual catastro ecuatoriano. Considerando la diversidad de los sistemas y las especificidades de cada uno, la integración a nivel nacional es actualmente un desafío. Sin embargo, a pesar de las limitaciones actuales del sistema catastral

ecuatoriano, es posible considerar los inicios de una línea de investigación hacia un catastro 3D para el conjunto del país basado en el LADM. Este modelo serviría de referencia para los países en desarrollo que tienen limitaciones similares, permitiendo a dichos identificar la posibilidad de adaptar regulaciones internacionales, como LADM, que apoyarían los inicios de la implementación de un catastro 3D.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO III

- ACOSTA, I., 2016. *Comportamiento de las plusvalías en el cantón Rumiñahui, en la parroquia urbana de San Pedro de Taboada*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- AIEN, A., 2013. *3D Cadastral Data Modelling*, University of Melbourne.
- ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR, 2012. *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*.
- BENAVIDES PACHECO, M.A., 2015. *El catastro multifinalitario y su impacto en la recaudación de los impuestos prediales de los Gobiernos Municipales de Latacunga y Pujilí por los bienios 2010-2011 y 2012-2013*, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- BIEDA, A., BYDŁOSZ, J., WARCHOŁ, A. and BALAWEJDER, M., 2020. *Historical Underground Structures as 3D Cadastral Objects*.
- CAICEDO, A., 2018. *Evaluación de la calidad posicional de productos cartográficos catastrales y modelamiento 3D empleando UAVs comerciales.*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- CHONG, S.C., 2006. *Towards a 3D Cadastre in Malaysia—An Implementation Evaluation*, Delft University of Technology.
- COMITÉ PERMANENTE SOBRE EL CATASTRO EN IBEROAMÉRICA, 2011. *Data Catastro*. Colombia: Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica.
- DROBEŽ, P., FRAS, M.K., FERLAN, M. and LISEC, A., 2017. Transition from 2D to 3D real property cadastre: The case of the Slovenian cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, **62**, pp. 125-135.
- ERBA, D. and PIMETTO, M., 2012. 3D Cadastre in the Federal Countries of Latin America, *FIG Working Week 2012*, 2012, FIG, pp. 14.
- GOZDZ, K. and PACHELSKI, W., 2014. The LADM as a core for developing three-dimensional cadastral data model for Poland. *14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*, **1**, pp. 841-848.

- GRIFFITH-CHARLES, C. and SUTHERLAND, M., 2013. Analysing the costs and benefits of 3D cadastres with reference to Trinidad and Tobago. *Computers, Environment and Urban Systems*, **40**, pp. 24-33.
- GRUBER, U., RIECKEN, J. and SEIFERT, M., 2014. Germany on the Way to 3D-Cadastre. *ZFV - Zeitschrift für Geodasie, Geoinformation und Landmanagement*, **4**(139), pp. 223-228.
- ISO, 2012. *ISO 19152:2012 Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM)*.
- JANEČKA, K. and SOUČEK, P., 2017. *A Country Profile of the Czech Republic Based on an LADM for the Development of a 3D Cadastre*.
- LÓPEZ, A. and CAÑAS, D., 2013. *Propuesta del plan de ordenamiento territorial urbano de las parroquias del Cantón Rumiñahui*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- LÓPEZ, J., 2007. Ecuador Nuestras Experiencias. Historia y Evolución del Catastro en Ecuador. *Red de Expertos Iberoamericanos en Catastro*, **1**(37), pp. 11-14.
- MATUK, O., 2019. Conception of Registration of Underground Spatial Structures in Modern 3D Cadastral System. *Geomatics and Environmental Engineering*, **13**, pp. 47.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y DE VIVIENDA, 2016. *Acuerdo Ministerial 029-16-Normas Técnicas Nacionales para el Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos, Rurales y Avalúos de Bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, 2020. *Acuerdo Ministerial 017-20 - Norma Técnica para formación, actualización y mantenimiento del Catastro Urbano y Rural y su valoración*.
- OJEDA ONTANEDA, J.L., 2014. *Los sistemas de información Geográfica, como herramienta más adecuada para el desarrollo de proyectos de Catastro y la aplicabilidad de un Catastro en tres dimensiones, en una área piloto del Distrito Metropolitano de Quito*, Universidad San Francisco de Quito.
- RADULOVIĆ, A., SLADIĆ, D. and GOVEDARICA, M., 2017. *Towards 3D Cadastre in Serbia: Development of Serbian Cadastral Domain Model*.
- ROSALES, A., 2011. *Historia, Administración y Evolución del Catastro Inmobiliario del Distrito Metropolitano de Quito*. CPCI.

- SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO, 2012-last update, Niveles administrativos de planificación – Secretaría Técnica Planifica Ecuador. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/3-niveles-administrativos-de-planificacion/> [Feb 20, 2020].
- SIEJKA, M., ŚLUSARSKI, M. and ZYGMUNT, M., 2014. 3D+time Cadastre, possibility of implementation in Poland, **46**(335), pp. 79-89.
- STOTER, J., VAN OOSTEROM, P.J., PLOEGER, H. and AALDERS, H., 2004. Conceptual 3D cadastral model applied in several countries, *FIG Working Week 2004*, 22-27 May 2004, pp. 22-27.
- TAN, L.C. and LOOI, K.S., 2013. Towards a Malaysian multipurpose 3D cadastre based on the Land Administration Domain Model (LADM)—an empirical study, *LADM2013: 5th FIG International Land Administration Domain Model Workshop*, 24-25 September 2013, FIG, pp. 24-25.
- TODOROVSKI, D., SALAZAR, R., JACOME, G., BERMEO, A., ORELLANA, E., ZAMBRANO, F., TERAN, A.P. and MEJIA, R., 2018. Land administration in Ecuador; Current situation and opportunities with adoption of fit-for-purpose land administration approach, *19th Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2018: Land Governance in an Interconnected World 2018*, The World Bank, pp. 1-11.
- VÁSQUEZ, J., 2017. *Elaboración de la norma técnica para la generación de cartografía catastral de escala 1:1000, empleando UAV.*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- VUČIĆ, N., ROIĆ, M., MAĐER, M., VRANIĆ, S. and VAN OOSTEROM, P., 2017. Overview of the Croatian Land Administration System and the possibilities for its upgrade to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **6**(7), pp. 223.
- ZHINDÓN, M., QUEVEDO, S., ANGAMARCA, P. and CÓRDOVA, F., 2017. Implementación del sistema de información geográfico catastral del cantón Déleg. *Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay*, **1**, pp. 215.

4 CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE MODELO DE DOMINIO CATASTRAL 3D INICIAL PARA ECUADOR

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se va a describir la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial para Ecuador partiendo del modelo catastral descrito en la normativa nacional e incorporando la norma ISO 19152 para poder inicial con la transición del catastro 2D al 3D. En el contenido del capítulo se abordará primero el Modelo de Dominio Catastral del Ecuador especificado en la normativa nacional (Acuerdo Ministerial 017-20). Posterior se planteará la propuesta de Modelo de Dominio Catastral 3D inicial para el Ecuador considerando normativa nacional y la norma ISO 19152 LADM, donde se especificará las clases del modelo, códigos de listas y asociaciones entre clases de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial para el país. Se garantizará que el modelo propuesto pueda ser replicado en los diferentes cantones del país independientemente del nivel de desarrollo catastral. Con la finalidad de probar la aplicabilidad del modelo propuesto, se desarrollará en el siguiente capítulo la aplicación de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial en el área de estudio del Cantón Riobamba.

4.1 MODELO CATASTRAL DEL ECUADOR

Para plantear una propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial, primero se requirió revisar el modelo catastral actual del Ecuador. Para ello se consideró normativa nacional, como el Acuerdo Ministerial 017-20, donde se establecen los parámetros del vigente modelo catastral, que deben aplicar todos los cantones del país. En él se definen también los cuatro componentes que deben estructurar: (1) Componente económico, el valor total del predio y, también, valores por separado del suelo y, en caso de existir, de las construcciones; (2) Componente físico, corresponde a los datos comunes de los predios urbanos y rurales, como la clave catastral, tipo de predio, régimen de la propiedad, uso, dirección, área gráfica, infraestructura, servicios e instalaciones, así también, datos esenciales de construcciones existentes en ellos (clave catastral a nivel de bloque, número de pisos, condición física, estado de la construcción, condición patrimonial, año de construcción y restauración, si fuese el caso, ocupación de la edificación y elementos constructivos); (3) Componente jurídico, contiene los datos del propietario/poseionario, conjuntamente con los derechos/acciones que corresponde a cada propietario, e información de dominio o posesión de los predios que han sido inscritos en el Registro de la propiedad; y, por último, (4) Componente temático, que corresponde a información de apoyo a la información catastral, como información de pendientes, accesibilidad (vías, áreas urbanas, centros administrativos, industriales, otros), redes de infraestructura estratégica (oleoductos, poliductos, puertos fluviales, marítimos, pistas, aeropuertos, entre otros) (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020).

Las disposiciones transitorias señaladas en la Acuerdo 017-20 mencionan que los GAD municipales o metropolitanos deberán homologar y adaptar los datos a un Sistema de Información Geográfico Catastral Local (SIGCAL), con la finalidad de que puedan ser almacenados en el Sistema Nacional de Catastro Integrado y Georreferenciado. Para ello, el SIGCAL debe cumplir con una serie de requerimientos, como el ser *open source*, es decir, que se encuentre desarrollado en código abierto; que se disponga de una base de datos integrada, es decir, que tanto el componente espacial como el alfanumérico se encuentren

relacionados; que tenga carácter multiplataforma, que permita ser implementado en diferentes sistemas operativos y se pueda acceder a él a través de diversos navegadores *web*.

Por otro lado, la normativa exige que la funcionalidad del SIGCAL se base en la seguridad de acceso a diferentes niveles (en función de los diversos papeles que pueden tener los usuarios del sistema); en la integración de los diversos formatos en lo que se encuentran los datos; la operatividad del catastro y su integridad para mantener los datos en las futuras y previsibles transacciones del sistema.

En el Acuerdo Ministerial 017-20 se establece igualmente el modelo de datos mínimos catastrales a nivel de predio y construcción, con las respectivas categorías, subcategorías, campo y tipo de dato que se consideran para el modelo catastral de un GAD municipal o metropolitano (Tabla 4.1).

Tabla 4.1.- Esquema general de datos básicos catastrales (Acuerdo Ministerial 017-20).

Fuente: Elaboración propia

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍAS	CAMPO
Identificación	Definición	Tipo de predio
		Régimen de propiedad
	Código ubicación	Código provincia
		Código cantón
		Código parroquia
		Código zona
		Código sector
		Código manzana
		Código polígono catastral
		Código predio
	Clave catastral del predio unipropiedad	Código unidad
		Código bloque
		Código piso
		Clave catastral
		Clave catastral anterior
	PH	Clave catastral PH
		Alícuota
		Área individual de terreno
		Área común de terreno
Unidad de área		

Identificación legal		Área individual construida
		Área común construida
	Dirección	Eje principal
		Eje secundario
	Propiedad o posesión	Forma de propiedad o posesión
		Asentamiento de hecho
		Conflicto
	Ocupante	Tipo ocupante
		Personería jurídica
	Persona natural	Apellidos y nombres completos del ocupante
		Tipo de documento
		Número de documento de identidad
		Estado civil
		Teléfono de contacto
	Cónyuge	Apellidos y nombres completos del cónyuge
		Tipo de documento
		Número de documento de identidad
	Persona jurídica	Razón social del propietario
		RUC/Identificación
	Teléfono de contacto	
Propietarios en derechos y acciones	Apellidos y nombres completos de los propietarios	
	Tipo de documento	
	Número de documento de identidad	
	Porcentaje de participación de cada uno de los propietarios	
	Teléfono de contacto	
Predio con título	Requiere perfeccionamiento	
	Provincia de inscripción del título	
	Cantón de inscripción del título	
	Fecha de inscripción Registro de la Propiedad	
	Área	
	Unidad del área	
Predio sin título	Años que está en posesión	
Caracterización del predio	Características del predio	Uso del predio
		Área gráfica del predio
		Localización en la manzana
	Infraestructura y servicios	Tipo de vía de acceso
		Sanitarias
	Energía eléctrica	

		Eliminación de basura
		Comunicaciones
		Agua
		Aceras y bordillos
		Transporte urbano
		Disponibilidad riego
Económica	Avalúo municipal	Avalúo suelo
		Avalúo construcciones
		Avalúo total
Responsables	Actualizador predial	Cédula/pasaporte
		Apellidos y nombres completos del actualizador
		Fecha actualización
Características de la construcción	Clave bloque constructivo	Clave catastral
		Código bloque
	Datos descriptivos del bloque constructivo-piso	Número de pisos
		Condición física
		Estado de conservación
		Condición patrimonial
		Año de construcción
		Año de restauración
		Área construida (m2)
		Ocupación del bloque o piso
	Instalaciones especiales	
	Elementos constructivos	Estructura
		Paredes
		Cubierta
		Acabados

Con la finalidad de homogenizar la información catastral, el Acuerdo Ministerial 017-20, en el Anexo C, presenta una serie de tablas que, aplicables al almacenamiento y a la organización de los datos alfanuméricos del catastro, recogen códigos, simbología y etiquetas, referidos todos ellos a aspectos tales como: la identificación del predio (tipo de predio), la identificación legal (tipo de ocupante, tipo de personería jurídica, tipo de documento, estado civil, forma de propiedad o posesión, régimen de la propiedad), caracterización del predio (unidad de área, localización en la manzana, uso del predio, tipo de vía de acceso, energía eléctrica, eliminación de basura, comunicaciones, teléfono convencional, servicio de internet, agua, aceras y bordillos, transporte urbano), características de la construcción (condición física, estado de conservación, instalaciones especiales, estructura, pared, cubierta, acabados).

4.2 PROPUESTA DE MODELO DE DOMINIO CATASTRAL 3D INICIAL

Una vez que se revisó el modelo catastral vigente en Ecuador, tal como se recoge en el Acuerdo Ministerial 017-20, se procedió a plantear la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial, considerando tanto el modelo vigente (normativa nacional) como la ISO 19152:12 LADM (norma internacional) para, de esta forma, garantizar la aplicabilidad del modelo propuesto y, con ello, lograr la transición del catastro 2D a 3D.

Para la generación de la propuesta de modelo de catastro 3D nacional se consideraron los componentes del catastro físico, definido por la normativa ecuatoriana como “... *el registro en cuyas bases constan documentos cartográficos y datos descriptivos que caracterizan al suelo y a las construcciones de cada inmueble...*”. (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica 2011) .

Con la finalidad de que pueda ser replicado en los diferentes cantones del país, el modelo propuesto se basaría en los tres elementos básicos del catastro multifinalitario (predio, construcción y vivienda), consideraría de forma general los componentes principales de modelo de catastro nacional (económico, físico, jurídico, temático) y en su desarrollo se consideraría la ISO 19152:2012 LADM, ya que la normativa nacional aún no contempla el componente 3D. Este modelo consideró de forma general los cuatro componentes principales del modelo de catastro nacional, considerando al mismo tiempo lo estipulado en LADM-ISO 19152:2012.

En esencia, esta norma internacional se compone de cuatro clases básicas (Figura 4.1): (1) LA_Party, que hace referencia a la parte interesada (propietarios); (2) LA_RRR, referida a los derechos, responsabilidades y restricciones sobre el objeto catastral real; (3) LA_BAUnit, representa a la unidad básica administrativa y (4) LA_Spatial Unit, refiere a las unidades espaciales, tales como parcelas, construcciones y partes de las construcciones (ISO 2012).

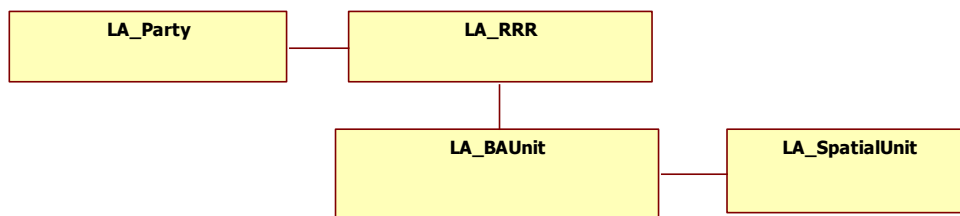


Figura 4.1.- Clases básicas de la ISO 19152:12 LADM

Fuente: (ISO 2012)

En esta investigación se desarrolla un modelo catastral en el que se consideran los cuatro componentes que establece la normativa nacional para las clases generales propuestas por ISO 19152:12, enfocado principalmente en los elementos del objeto catastral físico, donde se especifica como la unidad espacial a la parcela y a la construcción. Para el desarrollo se ha tenido en cuenta el CAPÍTULO III ya que aborda el análisis de la situación catastral de los diferentes cantones del país y grado de proximidad de sus sistemas catastrales al modelo 3D.

Para las listas de codificación de cada uno de los elementos básicos se consideró la normativa nacional, principal garante de la estandarización de la información catastral en el conjunto del territorio ecuatoriano. A partir de los anexos del esquema general de datos básicos del predio, construcciones y vivienda recogidos en la normativa del Acuerdo Ministerial 029-16 (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016) y del Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020), se desarrollaron las listas de codificación. Se consideraron específicamente la categoría, el número de registro, el campo, tipo de dato, longitud/precisión y la sección de observaciones, en el caso de aquellos atributos que poseían características particulares.

La aplicabilidad de ISO 19152 posibilita adaptar los cuatro componentes catastrales de la normativa ecuatoriana y las particularidades del catastro ecuatoriano al modelo general LADM. Como se puede visualizar en la Figura 4.2, A continuación, se describen más detalladamente las clases básicas, así como las adaptaciones realizadas a ISO 19152:12.

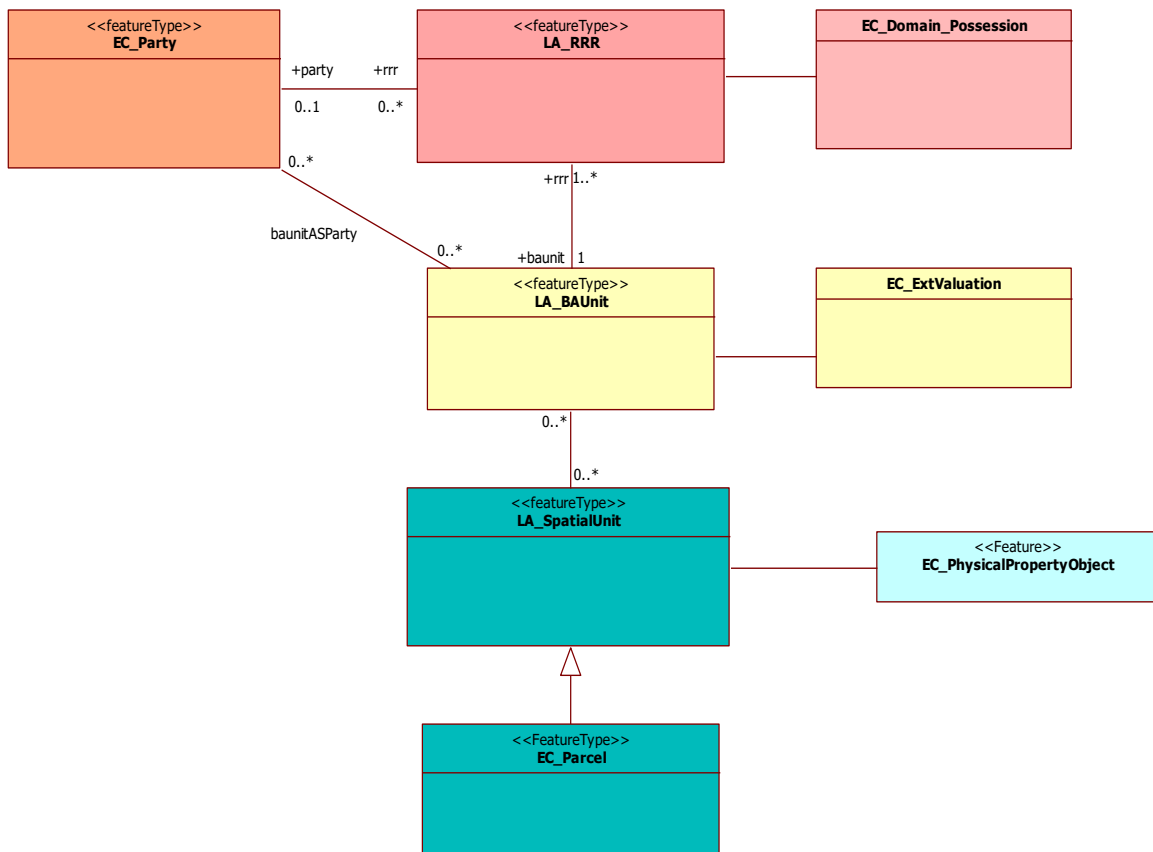


Figura 4.2.- Modelo catastral ecuatoriano (general) basado en el Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020), ISO19152:12 (ISO 2012) y el modelo propuesto por (Aien, Rajabifard et al. 2015)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Sección LA_Party

En ISO 19152:12 se considera que la clase LA_Party corresponde a los propietarios/copropietarios. En el caso de la normativa ecuatoriana corresponde al componente jurídico literal [a] y [b], que comprende a los datos básicos del propietario y/o copropietario. En el atributo [type] se debe especificar si el propietario es persona natural o persona jurídica; en ambos casos siempre va a poseer una identificación única conocida como [ID].

Si es persona natural, los datos mandatorios son los nombre y apellidos completos, así como también del cónyuge, de ser el caso. Por otro lado, si corresponde a una persona jurídica se deberá especificar si es pública o privada

y debe contar con datos como razón social. En el caso de copropietarios la información es similar a la de la persona natural, con un atributo adicional sobre el porcentaje que le corresponde de la propiedad.

Considerando conjuntamente la Norma ISO 19152 y la normativa nacional se implementan las listas de códigos para el Paquete de Interesados. En vista que se definen las listas de códigos en terminología nacional ecuatoriana, se antecede al título de cada lista de códigos las letras *EC_*.

En la Figura 4.3 se condensa de forma general la clase básica Party que, tanto a nivel de la norma internacional como normativa nacional, comparten similitud de atributos.

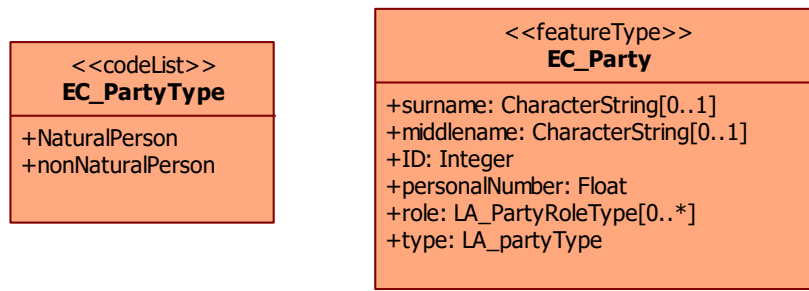


Figura 4.3.- Clase básica EC_Party

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.2 se recogen los atributos con la respectiva descripción y tipo de valor correspondientes a la clase LA_Party. Para definir los atributos se consideró norma internacional (ISO 2012) y normativa nacional (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020).

Tabla 4.2 .- Características de los atributos de la clase LA_Party

Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VALOR
surname	Apellido paterno y materno del propietario	CharacterString
firstname	Nombre del propietario	CharacterString
ID	Identificador del propietarios. Cédula de identidad/RUC/pasaporte (sin guión en el último dígito)	Integer
role	El rol del interesado en el proceso de actualización y mantenimiento de los datos	LA_PartyRoleType
type	El tipo de propietario	LA_PartyType

4.2.2 Sección LA_RRR

En el modelo conceptual de la norma internacional se consideran los derechos, responsabilidades y restricciones en la clase básica LA_RRR. Por otro lado, en la normativa ecuatoriana, Acuerdo Ministerial 017-20, el componente jurídico literal [c] comprende lo referente al Dominio o Posesión. En ese apartado se considera la forma de propiedad o posesión, para lo cual se detalla en la lista de código, donde los atributos del 1-8 corresponden a la de propiedad y del 9-11 a lo referente a posesión (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020). Así también, se considera el asentamiento de hecho y conflicto, en caso de existir. En estos dos últimos casos los atributos son registrados mediante variables de carácter booleano, con *True or False* se indica la existencia o no de los mencionados atributos. Este apartado de la normativa nacional se adapta en la sección de RRR a la norma internacional, tal como se ilustra en la Figura 4.4. Así también, el código de lista referente al tipo de propiedad o posesión se desarrolló según la normativa nacional, manteniendo los códigos y etiquetas.

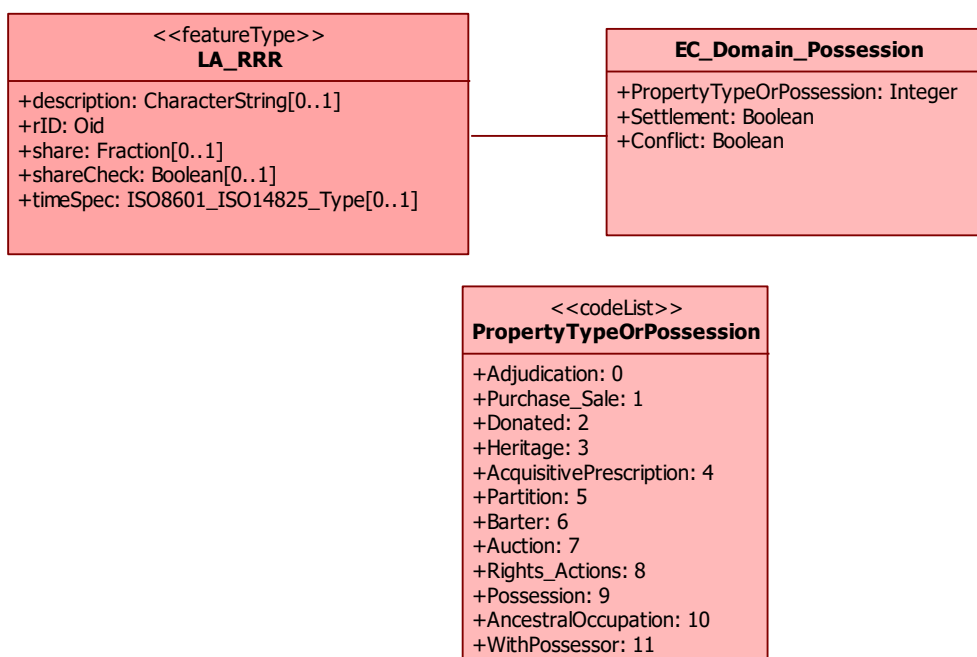


Figura 4.4.- Clase básica RRR

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.3 se presentan los atributos, la respectiva descripción y el tipo de valor correspondientes a la clase LA_RRR y a la subclase EC_Domain_Possession.

Tabla 4.3.- Características de los atributos de la clase LA_RRR

Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VALOR
description	Descripción relativa al derecho, restricción o responsabilidad	CharacterString
rID	Identificador del derecho, restricción o responsabilidad	Oid
share	Participación en la instancia de la subclase de LA_RRR	Fraction
shareCheck	Para indicar la aplicabilidad de la construcción a la clases LA_BAUnit	Boolean
timeSpec	Derecho en tiempo compartido	Fraction
PropertyTypeorPossesion	Describe el tipo de propiedad o posesión de la vivienda	Integer
Settlement	Describe la existencia de asentamiento de hecho	Boolean
Conflict	Presencia de conflicto	Boolean

4.2.3 Sección LA_BAUnit

La clase LA_BAUnit se requiere para el registro de unidades de propiedad básica; es decir, son unidades básicas administrativas que tienen relación con la clase LA_RRR, ya que todos los derechos, responsabilidades y restricciones se basan en una fuente administrativa.

En la Sección II, artículo 11, ítem 1 del Acuerdo Ministerial 017-20 se especifica que los elementos mínimos del componente económico son el valor del suelo, el de las construcciones, de ser el caso, y el valor total del predio, es decir, suelo y construcciones. El mencionado componente correspondería a la clase ExtValuation, que permite el registro de datos de valoración y esta clase se encuentra asociada a la clase básica LA_BAUnit, como se ilustra en la Figura 4.5.

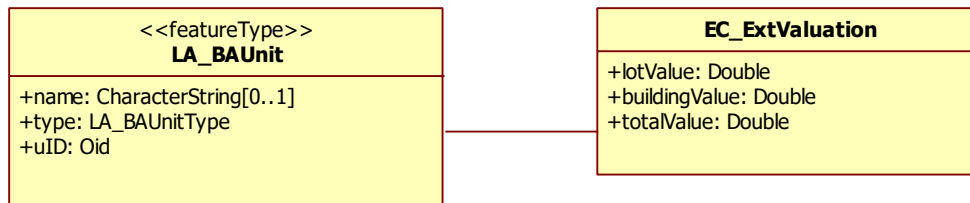


Figura 4.5.- Componente económico adaptado en la Clase ExtValuation de la ISO 19152

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.4 se muestran los atributos, con la respectiva descripción y tipo de valor correspondientes a la clase LA_BAUnit y a la subclase EC_ExtValuation.

Tabla 4.4.- Características de los atributos de la clase ExtValuation y subclase EC_ExtValuation

Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VALOR
name	Nombre de la unidad básica administrativa	CharacterString
type	Tipo de la unidad básica administrativa	LA_BAUnitType
uID	Identificador de la unidad básica administrativa	Oid
lotValue	Avalúo del predio	Double
buildingValue	Avalúo de la construcción	Double
totalValue	Avalúo total	Double

4.2.4 Sección LA_SpatialUnit / EC_Parcel

En la norma internacional ISO 19152:12 se presenta la clase básica SpatialUnit, que describe las unidades espaciales, tales como la parcela, edificaciones y/o parte de las edificaciones. Por otro lado, la Sección II, artículo 11, ítem 2 del Acuerdo Ministerial 017-20 corresponde al componente físico mismo, que hace referencia, en el literal [a] a la parcela y en el literal [b], a la unidad espacial construcción, con sus respectivos datos de caracterización en

ambos casos. Por tanto, los elementos mínimos del componente físico corresponden a la clase básica SpatialUnit de la ISO 19152:12 (Figura 4.6).

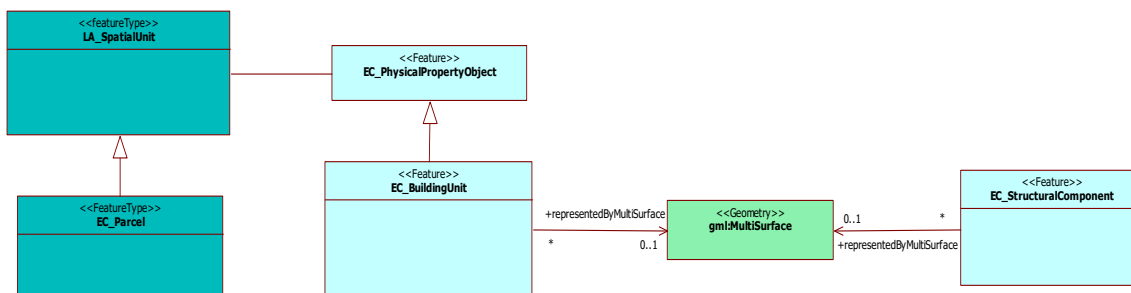


Figura 4.6.- Clase básica SpatialUnit considerando Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020), ISO19152:12 (ISO 2012) y el modelo propuesto por (Aien, Rajabifard et al. 2015)

Fuente: Elaboración propia

Considerando tanto la normativa nacional como la internacional, la clase básica de SpatialUnit se desglosa en dos tipos: la parcela y la construcción. El primer y principal atributo para la parcela es la clave catastral (cadastralIDParcel), que se considera como identificador único del objeto catastral mismo, que incluye su localización geográfica y que posee una codificación oficial del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), partiendo desde la codificación de la provincia hasta la codificación del lote. En base a este elemento se realiza el enlace de la información correspondiente a la unidad espacial.

Los otros atributos se subdividen en características del predio (uso, área gráfica, dimensiones, registro de fachada, plano del predio y localización de la manzana), así también, en información referente a la infraestructura y servicios en el predio (tipos de vías de acceso, instalaciones sanitarias, energía eléctrica, comunicaciones, agua, aceras y bordillos, transporte urbano, entre otros). Los mencionados atributos toman en consideración lo planteado por el Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020) en lo que respecta a tipo de dato, longitud, precisión, tablas y observaciones para casos específicos (Figura 4.7).

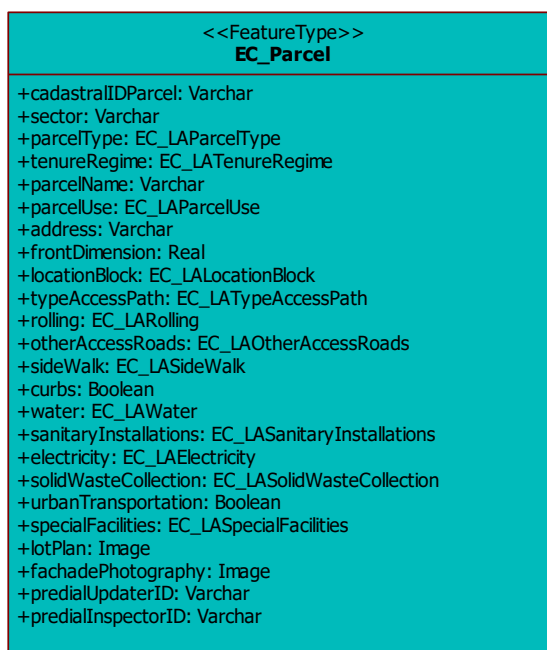


Figura 4.7. Atributos de la subclase EC_Parcel

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.5 muestra los atributos, su descripción y el tipo de valor correspondientes a la clase EC_Parcel.

Tabla 4.5.- Características de los atributos de la clase EC_Parcel

Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VALOR
cadastralIDParcel	Clave catastral a nivel de parcela	Varchar
sector	Sector donde se localiza la parcela	Varchar
parcelType	Tipo de predio sea urbana o rural	EC_LAParcelType
tenureRegime	Menciona si es una propiedad o propiedad horizontal	EC_LATenureRegime
parcelUse	Referente al uso que está destinado el predio	EC_LAParcelUse
frontDimension	Dimensión de la parcela de la parte frontal	Real
locationBlock	Ubicación del bloque en la cuadra	EC_LALocationBlock
typeAccessPath	Tipo de vías de acceso aledaños al predio	EC_LATypeAccessPath
rolling	Tipo de rodadura	EC_LARolling
otherAccessRoads	Otras vías de acceso que tiene el predio	EC_LAOtherAccessRoads
sideWalk	Otras vías de acceso que tiene el predio	EC_LASideWalk
curbs	Bordillos del predio	Boolean
water	Medio por el que llega el servicio básico agua al predio	EC_LAWater

sanitaryInstallations	Tipo de instalaciones sanitarias en el predio	EC_LASanitaryInstallations
electricity	Fuente de energía eléctrica para el predio	EC_LAElectricity
solidWasteCollection	Medio de eliminación de basura	EC_LASolidWasteCollection
urbanTransportation	Existencia de medio de transporte urbano que circule cercano al predio	Boolean
specialFacilities	Instalaciones especiales en el predio	EC_LASpecialFacilities
lotPlan	Plano del lote (vista en planta)	Image
fachadePhotography	Fotografía de la fachada	Image
predialUpdaterID	Identificador (cédula de identidad) de la persona encargada de la actualización de datos del predio	Varchar
predialInspectorID	Identificador (cédula de identidad) de la persona encargada en fiscalizar la actualización de datos del predio	Varchar

4.2.4.1 Códigos de lista de la clase EC_Parcel

En la Figura 4.8 se visualizan los listados de codificación de los atributos que corresponden a la clase EC_Parcel, mismos que se basan en la homogenización planteada en la sección Tablas del Anexo C del Acuerdo Ministerial 017-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2020).

<pre> <<codeList>> EC_LAParcelType +rustic = 0 +urban = 1 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LATenureRegime +one property = 0 +horizontalProperty = 1 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LAOtherAccessRoads +none = 1 +aerial = 2 +railway = 3 +river = 4 +maritime = 5 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LALocationBlock +none = 1 +cornerback = 2 +inHeader = 3 +intermediate = 4 +L = 5 +T = 6 +inCross = 7 +block = 8 +triangle = 9 +inAlley = 10 +inside = 11 </pre>
<pre> <<codeList>> EC_LATypeAccessPath +none = 1 +highway = 2 +avenue = 3 +street = 4 +alley = 5 +bridlePath = 6 +staircase = 7 +passage = 8 +pedestrian = 9 +path = 10 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LARolling +none = 1 +cementPaver = 2 +stonePaver = 3 +paved = 4 +ballast = 5 +rigidPavement = 6 +flexiblePavemet = 7 +ground = 8 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LAParcelUse +none = 1 +aquaculture = 2 +agricultural = 3 +agroindustrial = 4 +soilWelfare = 5 +communityHouse = 6 +commercial = 7 +commercialAndResidential = 8 +conservation = 9 +cultural = 10 +diplomatic = 11 +education = 12 +publicSpace = 13 +financial = 14 +forest = 15 +hydrocarbons = 16 +industrial = 17 +privateInstitutional = 18 +publicInstitutional = 19 +miner = 20 +cattle = 21 +heritagePreservation = 22 +ecologicalProtection = 23 +recreationsAndSport = 24 +religijs = 25 +residential = 26 +health = 27 +security = 28 +services = 29 +specialServices = 30 +transport = 31 +tourism = 32 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LASpecialFacilities +none = 1 +elevator = 2 +closedCircuitTv = 3 +freightElevator = 4 +alternativeElectricalEnergySystem = 5 +centralAirConditioningSystem = 6 +fireProtectionSystem = 7 +centralizedGasSystem = 8 +mechanicalVentilationSystem = 9 +voiceAndDataSystem = 10 </pre>
<pre> <<codeList>> EC_LAWater +noHave = 1 +byPipelineInsideTheHouse = 2 +byPipelineOutsideTheHouseButInsideTheLot = 3 +byPipeOutsideLot = 4 +byOtherMeans = 5 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LASolidWasteCollection +none = 1 +collectionTrack = 2 +throwItInBrokenGround = 3 +burnIt = 4 +buryIt = 5 +throwIntoTheRiver = 6 +other = 7 </pre>		
<pre> <<codeList>> EC_LAElectricity +none = 1 +publicServiceElectricCompanyNetwork = 2 +solarPanel = 3 +powerPlant = 4 +other = 5 </pre>	<pre> <<codeList>> EC_LASanitaryInstallations +none = 1 +connectedToPublicSewageNetwork = 2 +connectedToPublicSpeticTank = 3 +connectedToBlindWell = 4 +directDischargeToSeaRiverOrLake = 5 +latrine = 6 </pre>		

Figura 4.8.- Lista de códigos de los atributos de EC_Parcel

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Sección EC_PhysicalPropertyObject

(Aien, Rajabifard et al. 2015) presentan un modelo catastral que integra la información legal y física con la finalidad de obtener objetos 3D más realistas en catastro. En su modelo, *the physical information* está asociada a la información legal y contenida en la clase PhysicalPropertyObject, misma que posee subclases tales como *building, land, tunnel, utility network*. Parte de este modelo ha sido adoptado para representar las secciones del componente físico del catastro ecuatoriano correspondientes a las construcciones y al componente estructural.

En definitiva, nuestro modelo considera, además de la información legal y física de la normativa ecuatoriana, adaptándola a la ISO 19152, el modelo desarrollado por (Aien, Rajabifard et al. 2015)(

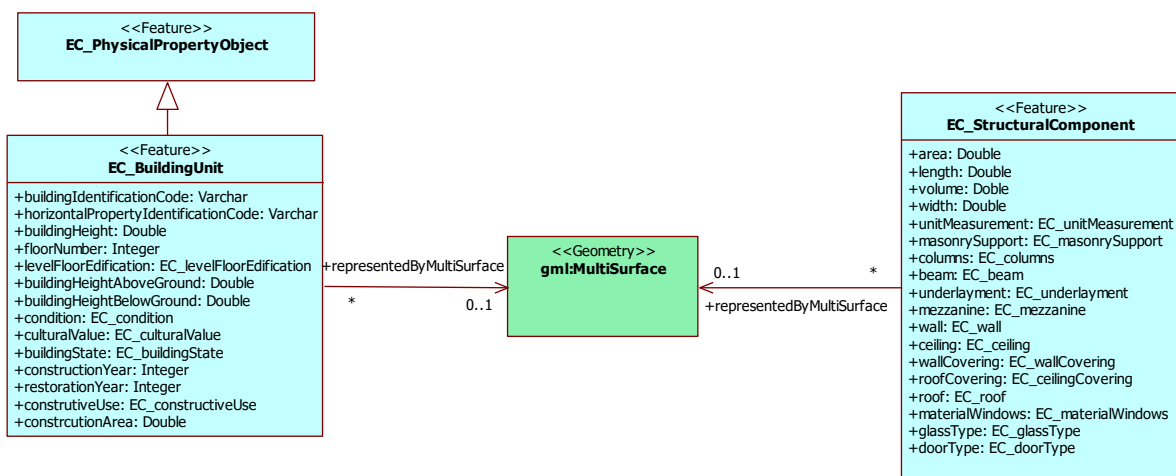


Figura 4.9). Es así como la clase LA_SpatialUnit está asociada a EC_PhysicalPropertyObject, misma que contiene la información física de las construcciones en EC_BuildingUnit; la información de la parte estructural de las construcciones se encuentra en la subclase EC_StructuralComponent.

En lo referente a EC_BuildingUnit, están los atributos principales del bloque constructivo, donde se especifica la clave catastral a nivel bloque, piso y/o unidad y, a su vez, el código de bloque para identificar las construcciones. Como parte de los atributos también se consideran los datos descriptivos del bloque constructivo, tales como número de pisos, la altura de la edificación sobre y debajo de la parcela (en el caso de que existan secciones subterráneas que forman parte de la edificación como parqueaderos, bodegas, entre otros), la

existencia de construcción sobre y debajo la parcela, condición física, estado de conservación, condición patrimonial (en caso de existir un valor patrimonial en la construcción), año de construcción, año de restauración, ocupación del bloque o piso.

Con referencia a los elementos constructivos de la edificación, se tiene la subclase EC_StructuralComponent, donde se especifican los atributos referentes al área, volumen, dimensiones de ancho y longitud, la unidad de medida, tipo de estructura, tipo de acabados, tipo de material de la cubierta, tipo de material de las paredes. En sí, la mencionada subclase hace compendio del tipo de estructura de la edificación.

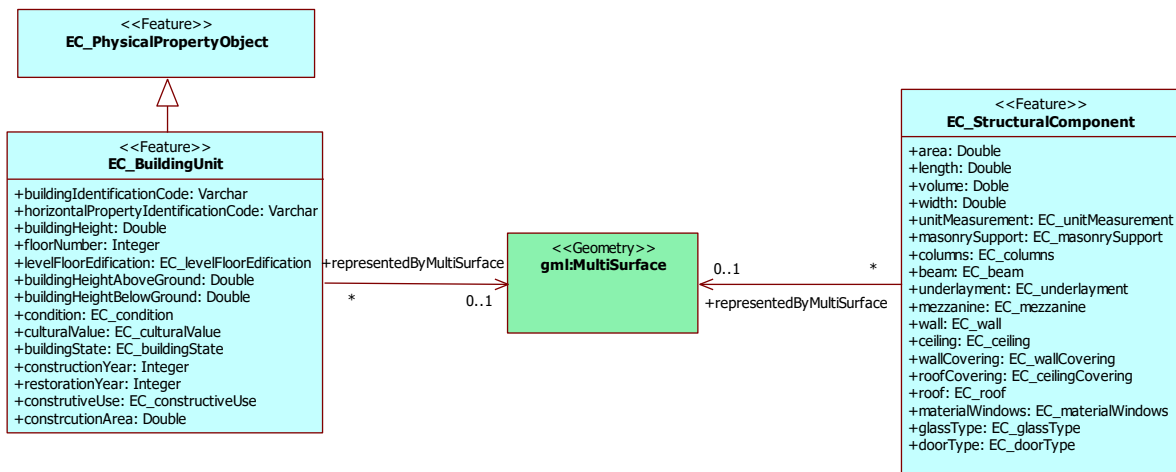


Figura 4.9.- Contenido de la clase EC_PhysicalPropertyObject considerando normativa nacional e internacional

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.6 se recoge el listado de atributos con su respectiva descripción e indicación del tipo de valor correspondientes a la clase EC_BuildingUnit.

Tabla 4.6.- Características de los atributos de la clase EC_BuildingUnit

Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VALOR
buildingIdentificationCode	Clave catastral a nivel de bloque	Varchar

horizontalPropertyIdentificationCode	Clave catastral a nivel de propiedad horizontal	Varchar
buildingHeight	Altura de la edificación en metros	Double
floorNumber	Número de pisos de la edificación	Integer
levelFloorEdification	Nivel en el cual se encuentran los pisos de la edificación	EC_LevelFloorEdification
floorNumber	Número de pisos de la edificación	Integer
buildingHeightAboveGround	Altura de la edificación sobre la parcela	Double
buildingHeightBelowGround	Altura de la edificación debajo de la parcela	Double
condition	Condición física estructural de la edificación	EC_condition
culturalValue	Valor cultural de la edificación	EC_culturalValue
buildingState	Estado física de la edificación	EC_buildingState
construtionYear	Año de la construcción	Integer
restorationYear	Año de restauración de la edificación	Integer
constructiveUse	Uso de la edificación	EC_constructiveUse
constructionArea	Área de la construcción	Double

En la Tabla 4.7 se describen los atributos con la respectiva descripción y tipo de valor correspondientes a la clase EC_StructuralComponent.

Tabla 4.7.- Características de los atributos de la clase
EC_StructuralComponent

Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VALOR
area	Área de la construcción	Double
length	Longitud de la construcción	Double
width	Ancho de la construcción	Double
volume	Volumen de la construcción	Double
unitMeasurement	Tipo de unidad de medida	EC_unitMeasurement
masonrySupport	Tipo de soporte de mampostería	EC_masonrySupport
columns	Tipo de material de las columnas de la edificación	EC_columns
beam	Tipo de material de las vigas de la edificación	EC_beam
underlayment	Tipo de material del contrapiso de la edificación	EC_underlayment
mezzanine	Tipo de material del entresuelo de la edificación	EC_mezzanine
wall	Tipo de material de las paredes de la edificación	EC_wall
ceiling	Tipo de techo de la edificación	EC_ceiling
wallCovering	Tipo de material del revestimiento de paredes	EC_wallCovering

roofCovering	Tipo de material del revestimiento del techo	EC_roofCovering
materialWindows	Tipo de material de las ventanas	EC_materialWindows
glassType	Tipo de material del vidrio de las ventanas	EC_glassType
doorType	Tipo de material de las puertas	EC_doorType

4.2.5.1 Códigos de lista de la clase EC_PhysicalPropertyObject

En la Figura 4.10 se ilustra los listados de codificación de los atributos de las subclases EC_BuildingUnit y EC_StructuralComponent.

<pre><<codeList>> EC_levelFloorEdification +aboveGround = 0 +belowGround = 1</pre>	<pre><<codeList>> EC_condition +noCondition = 1 +abandoned = 2 +inFinishes = 3 +inStructure = 4 +rebuild = 5 +withoutModification = 6 +finished = 7</pre>	<pre><<codeList>> EC_constructiveUse +noUse = 1 +balcony = 2 +bank = 3 +sauna = 4 +storehouse = 5 +house = 6 +communalHouse = 7 +machineRoom = 8 +apartment = 9 +sentryBox = 10 +gym = 11 +nursery = 12 +hospital = 13 +hostal = 14 +hosteria = 15 +hotel = 16 +church = 17 +laundry = 18 +shop = 19 +pier = 20 +maternity = 21 +marketplace = 22 +lockout = 23 +motel = 24 +museum = 25 +industrialBuilding = 26 +office = 27 +orphanage = 28 +NCOs = 29 +other = 30 +parking = 31 +courtyard = 32 +guesthouse = 33 +poultryFarm = 34 +bulding = 35 +pigsty = 36 +militaryCompound = 37 +policeCompound = 38 +prison = 39 +diplomaticRepresentations = 40 +restaurant = 41 +policeCheckpoint = 42 +communalLounge = 43 +cinema = 44 +showroom = 45 +gamingPlace = 46 +milkingParlour = 47</pre>	<pre><<codeList>> EC_unitMeasurement +noUnit = 1 +M2 = 2 +Hb = 3 +block = 4 +solar = 5 +leagues = 6 +acre = 7 +other = 8</pre>	<pre><<codeList>> EC_masonrySupport +noMasonrySupport = 1 +adobe = 2 +block = 3 +brick = 4 +stone = 5 +rammed = 6</pre>	<pre><<codeList>> EC_underlayment +noUnderlayment = 1 +simpleConcrete = 2 +brick = 3 +soil = 4 +cane = 5</pre>	
<pre><<codeList>> EC_culturalValue +noValue = 1 +ancestral = 2 +architectural = 3 +historical = 4</pre>	<pre><<codeList>> EC_buildingState +veryGood = 1 +good = 2 +regular = 3 +bad = 4</pre>		<pre><<codeList>> EC_columns +noColumns = 1 +steel = 2 +cane = 3 +iron = 4 +reinforcedConcrete = 5 +commonWood = 6 +mixed = 7 +steeringOffReinforcedConcrete = 8</pre>	<pre><<codeList>> EC_beam +noBeam = 1 +steel = 2 +cane = 3 +iron = 4 +reinforcedConcrete = 5 +commonWood = 6 +fineProcessedWood = 7</pre>	<pre><<codeList>> EC_mezzanine +noMezzanine = 1 +steel_concrete = 2 +iron_concrete = 3 +reinforcedConcreteSlab = 4 +wood_concrete = 5 +commonWood = 6 +fineProcessedWood = 7</pre>	
			<pre><<codeList>> EC_wall +noWall = 1 +wattleAndDaub = 2 +block = 3 +cane = 4 +brick = 5 +ferroCement = 6 +gypsum = 7 +prefabricatedSimpleConcrete = 8 +commonWood = 9 +fineProcessedWood = 10 +mesh = 11 +zinc = 12 +canvas = 13 +stone = 14</pre>	<pre><<codeList>> EC_wallCovering +noCovering = 1 +calcimine = 2 +rubber = 3 +enamel = 4 +graniplast = 5 +alucobond = 6 +ceramic = 7 +fachaleta = 8 +varnish = 9</pre>	<pre><<codeList>> EC_roof +noRoof = 1 +plasteredReed = 2 +mineralFiber = 3 +gypsum = 4 +fineProcessedWood = 5 +tripleWood = 6 +plasteredMesh = 7</pre>	
			<pre><<codeList>> EC_ceiling +noCeiling = 1 +steel = 2 +cane = 3 +iron = 4 +reinforcedConcreteSlab = 5 +commonWood = 6 +fineProcessedWood = 7</pre>	<pre><<codeList>> EC_ceilingCovering +noCovering = 1 +sand_cement = 2 +asbesto_cement = 3 +cady_straw = 4 +ceramic = 5 +chough = 6 +ferroCement = 7 +wood_brick = 8 +polycarbonate = 9 +ordinaryTiles = 10 +glassTiles = 11 +gudgeon = 12 +zinc = 13</pre>	<pre><<codeList>> EC_materialWindows +noWindow = 1 +aluminum = 2 +cane = 3 +iron = 4 +commonWood = 5 +fineProcessedWood = 6 +preformedPlastic = 7</pre>	
				<pre><<codeList>> EC_doorType +noDoor = 1 +aluminum_glass = 2 +iron = 3 +paneledWood = 4 +drummedWood = 5 +rollUpMetallic = 6 +preformedPlastic = 7 +tol = 8 +templateGlass = 9 +cane = 10 +mesh = 11</pre>		

Figura 4.10.- Lista de códigos de los atributos de EC_PhysicalPropertyObject

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Asociaciones entre clases de la propuesta de Modelo Catastral 3D del Ecuador

Siguiendo la estructura de la norma ISO 19152, se planteó previamente las clases con sus respectivos atributos y códigos de listas. Para posteriormente, en un subapartado, abordar las asociaciones entre las clases propuestas del modelo de dominio catastral 3D inicial.

Las relaciones entre las clases de la propuesta del modelo catastral 3D inicial del Ecuador se basa en las asociaciones entre clases del LADM. Para ello se considera el orden de las clases para, según ello, definir el nombre de la asociación, el nombre del rol en el extremo 1 y la multiplicidad; así también, el nombre del rol del extremo 2 y la multiplicidad correspondiente.

En la Tabla 4.8 se ilustra de forma resumida las asociaciones de las clases planteadas en la ISO 19152. En la mencionada tabla se considera las clases propuestas en el modelo catastral 3D del Ecuador.

Tabla 4.8.- Asociaciones entre clases del LADM (ISO 2012)

Fuente: Elaboración propia

CLASE 1	CLASE 2	NOMBRE DE LA ASOCIACIÓN	NOMBRE DEL ROL EN EL EXTREMO 1	MULTIPLICIDAD	NOMBRE DEL ROL EN EL EXTREMO 2	MULTIPLICIDAD
BAUnit	RRR	baunitRrr	unit	1	rrr	1..*
Party	BAUnit	baunitAsParty	party	0..*	unit	0..*
RRR	Party	rrrParty	rrr	0..*	unit	0..*
SpatialUnit	BAUnit	suBaunit	su	0..*	baunit	0..*

La propuesta del modelo catastral 3D inicial del Ecuador con las respectivas clases, subclases y las relaciones entre ellas se ilustra en la Figura 4.11. Las asociaciones planteadas se basan en la Tabla 4.8 con la finalidad de adaptar la norma internacional ISO 19152 a la realidad catastral del territorio esbozada en la normativa nacional ecuatoriana.

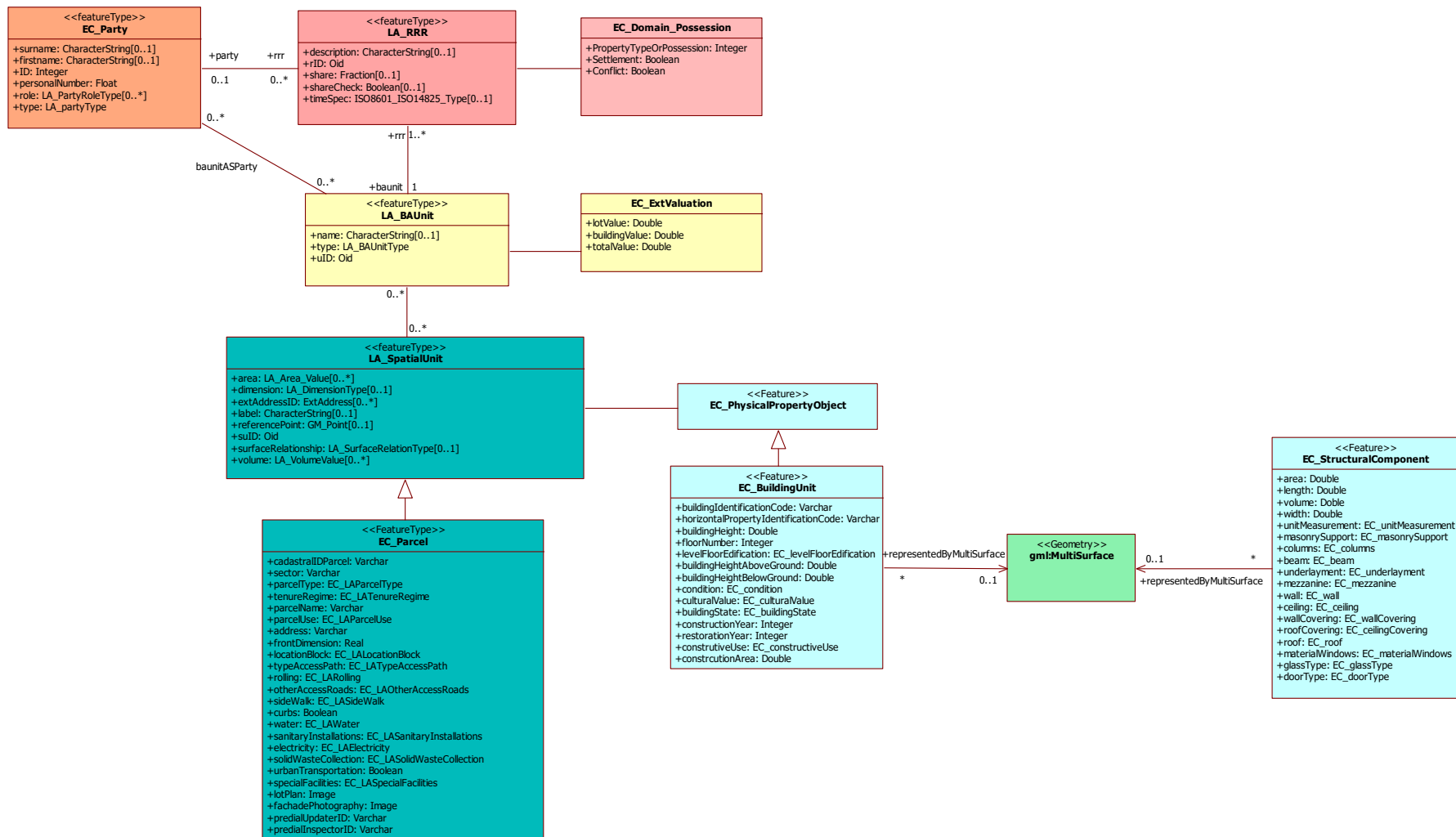


Figura 4.11.- Asociaciones entre clases de la propuesta de modelo catastral 3D inicial para el Ecuador. Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO IV

- AIEN, A., RAJABIFARD, A., KALANTARI, M. and SHOJAEI, D., 2015. *Integrating Legal and Physical Dimensions of Urban Environments*.
- ISO, 2012. *ISO 19152:2012 Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM)*
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y DE VIVIENDA, 2016. *Acuerdo Ministerial 029-16-Normas Técnicas Nacionales para el Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos, Rurales y Avalúos de Bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, 2020. *Acuerdo Ministerial 017-20 - Norma Técnica para formación, actualización y mantenimiento del Catastro Urbano y Rural y su valoración*.

5 CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN DE CATASTRO FÍSICO 3D INICIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se va a aplicar la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial. Para lo cual, se desarrollará tres fases mismas que son aplicadas en el área de estudio seleccionada en el Cantón Riobamba. La primera fase abordará la adquisición y tratamiento de datos catastrales disponibles en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal Riobamba. Posterior a ello se desarrollará la fase de generación de una base de datos de objetos 3D para catastro en base a la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial y finalmente la fase de representación 3D de objetos físicos catastrales en software libre y con licencia. Se concluirá el presente capítulo, señalando que la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial se pudo aplicar en el área de estudio del cantón Riobamba. Lo que demostrará que el modelo propuesto se puede aplicar en cantones que no necesariamente deben tener un nivel de desarrollo catastral avanzado. Por otro lado, la implementación de la propuesta de modelo catastral 3D implicará no únicamente beneficios en el área catastral sino también en otras áreas como la gestión de riesgos.

5.1 ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS CATASTRALES

La primera fase de la metodología adoptada hace referencia a la recopilación de insumos cartográficos, análisis y preprocesamiento de datos disponibles en el área piloto. Los datos fueron facilitados por tres departamentos del GAD Municipal del Cantón Riobamba: el de Avalúos, que se encarga de generar datos para fines catastrales; el de Gestión Tecnológica, encargado del almacenamiento de los datos alfanuméricos en bases de datos para fines propios, y el de Planificación, responsable de los datos e información temática en formato CAD, de igual forma para fines propios del departamento.

Para esta investigación, se realizó un diagnóstico de estos departamentos, analizando sus especificidades técnicas y evaluando la susceptibilidad de la información que generan y/o custodian para ser utilizada como información catastral. Este diagnóstico permitió, además, disponer de una panorámica general de la situación catastral del área de estudio e identificar las necesidades de información de cara a obtener los objetos físicos catastrales en 3D (edificaciones). Se consideró que la zona piloto seleccionada podría ser, por las características, estructura y distribución de la información espacial y catastral disponible, referente para otros cantones del país que presenten similares características en cuanto a Catastro, para replicar el procedimiento y mantener actualizada su información catastral a un nivel 3D.

5.1.1 Área de estudio

El cantón Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, se sitúa en la región Sierra Central, a 2.750 metros de altitud. Se caracteriza por localizarse en la panamericana sur que se considera como la red de conectividad vial más importante del país, convirtiéndose en las últimas décadas en uno de los más destacados nodos de comunicaciones de Ecuador.

En referencia a la división político-administrativa, el cantón está conformado por cinco parroquias urbanas y once rurales, como se visualiza en la Figura 5.1.

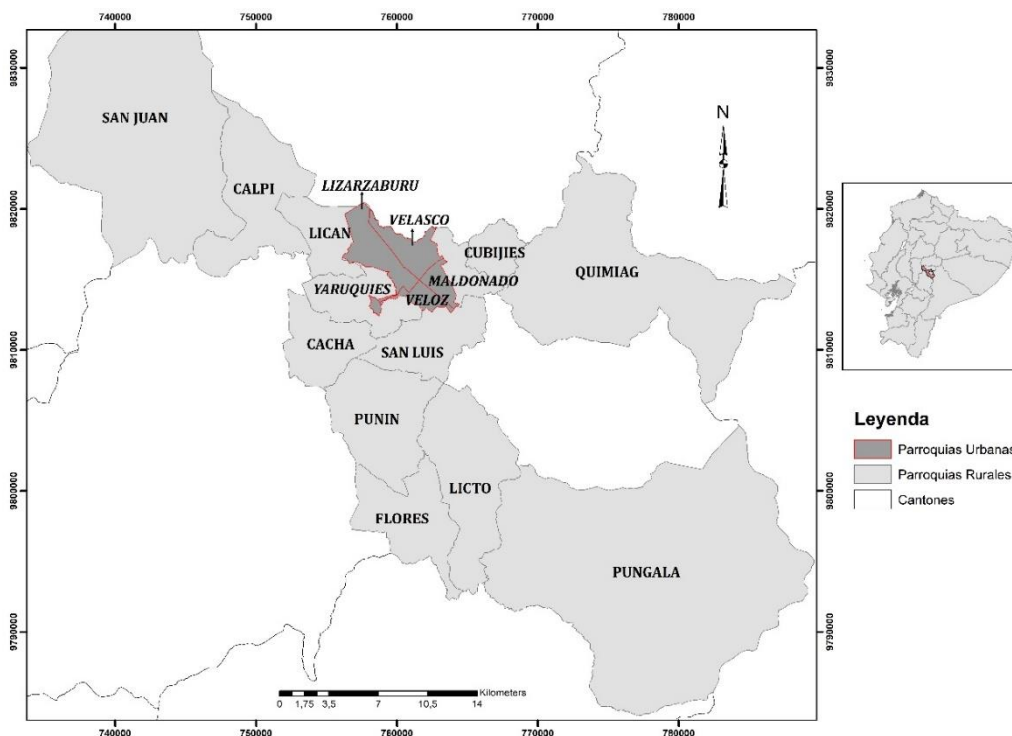


Figura 5.1.- Parroquias urbanas y rurales del Cantón Riobamba

Fuente: Elaboración propia

Según el Censo 2001, la población de Riobamba era de 193.315 habitantes, pasando a 225.741 habitantes de acuerdo con el Censo 2010 (INEC 2010), lo que supone un crecimiento del 16%, una tasa superior a la registrada por el conjunto de la provincia de Chimborazo para el mismo período, 14%. De acuerdo con el PDOT (2020), se estima que el 69,43% de la población cantonal residía en el área urbana (156.723 habitantes) y el 30,57% en parroquias rurales (6.247 habitantes). Es precisamente en el ámbito urbano donde se concentra la mayor parte de la actividad productiva del cantón, así como las principales infraestructuras, servicios y equipamientos. Ha atraído flujos migratorios no sólo desde las áreas rurales del cantón sino también desde otras partes del Ecuador. Pero, como apunta PDOT (2020), el crecimiento del cantón ha sido acelerado y desorganizado, incumpliendo las normativas catastrales y de construcción.

Dentro de este ámbito, el eje nor-occidental (sectores 03 y 04, Figura 5.2), en torno a la confluencia de la autopista panamericana norte con la panamericana sur, es uno de los que mayor crecimiento y desarrollo demográfico, económico, urbanístico, etc., ha experimentado en los últimos años. Constituye un centro neurálgico de comunicaciones dentro del cantón y dentro de esta región de Ecuador, al conectar la ciudad con otras regiones, como Sierra, Costa y Amazonía, con los que mantiene intensos vínculos de dependencia funcional.

Cabe señalar que Riobamba es territorio expuesto a amenazas de origen natural. Entre los desastres más devastadores de la historia de Riobamba se encuentra el terremoto del 04 de febrero de 1769, que representó un gran número de víctimas y que destruyó casi en su totalidad la ciudad. Con una magnitud de 8,3 en la escala Richter, sigue siendo el sismo más potente de Ecuador desde que se tienen registros; provocó incluso deslizamientos de laderas y montes que cubrieron barrios enteros de Riobamba (Egred 2000, Rivadeneira, Segovia et al. 2007). La alta probabilidad de ocurrencia de eventos naturales como este, unido a ese crecimiento acelerado y desordenado, no hace más que aumentar la vulnerabilidad del territorio.

Todas estas características hacen de Riobamba un buen laboratorio para comprobar la aplicabilidad y utilidad del catastro en la planificación y gestión eficiente y eficaz en un ámbito complejo como es el urbano y, en particular, en la gestión de los riesgos naturales que le puedan afectar.

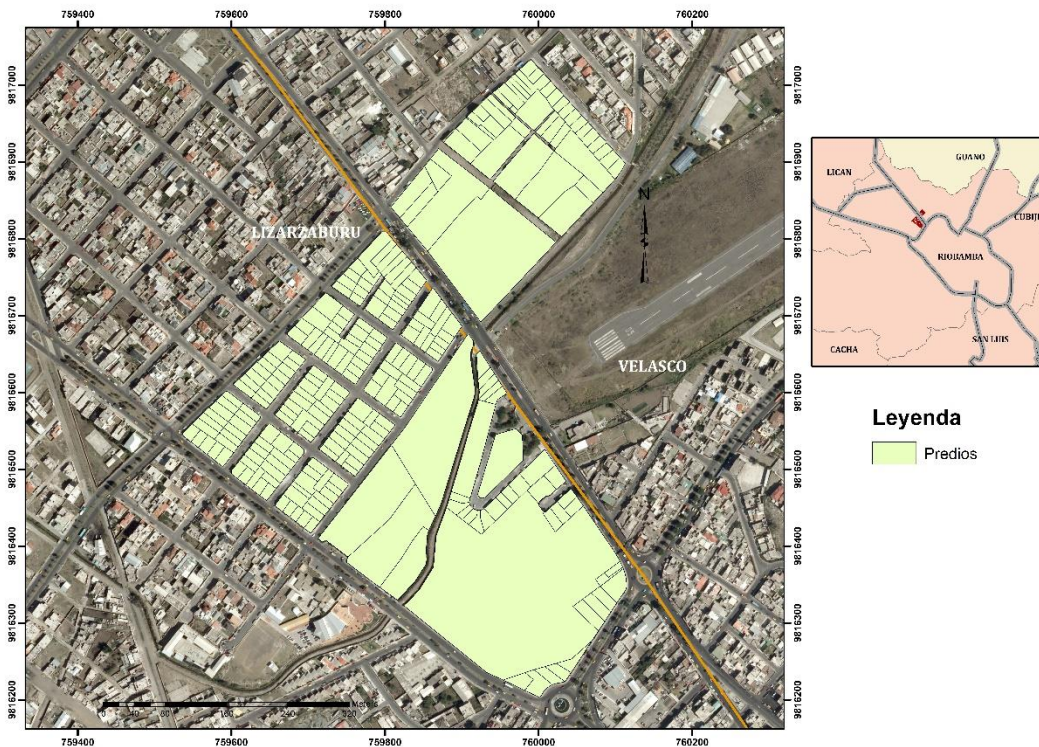


Figura 5.2.- Localización del área de estudio en el Cantón Riobamba. El ortomosaico de fondo fue proporcionado por el Departamento de Avalúos y Castro del GAD Riobamba

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Adquisición base de datos de partida

Para implementar la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial en los cantones del Ecuador se requiere trabajar con datos catastrales oficiales del área de estudio, mismos que deben ser proporcionados por el ente encargado. Como se ha comentado, la normativa nacional establece que son los GAD Municipales/Metropolitanos, a través de la Dirección de Avalúos y Catastros, los encargados de elaborar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales que se encuentren dentro de su área administrativa.

En base a lo señalado por el COOTAD (2012), el GAD del Cantón Riobamba proporcionó los datos catastrales oficiales del área piloto bajo solicitud escrita, indicando que dichos datos tendrán uso netamente investigativo. Para la selección del área piloto dentro del cantón se mantuvieron reuniones previas con

expertos catastrales del municipio y, adicionalmente, con el Jefe del Departamento de Avalúos y Catastro.

Se seleccionó un área de 13 manzanas localizadas en dos sectores 03 y 04 del cantón, con un total de 261 predios. La selección del área de estudio, en definitiva, se basó en la disponibilidad y actualidad de datos, así como en la variedad de tipologías de usos y edificaciones presentes en ella.

Los datos catastrales se encuentran en diferentes departamentos del GAD. La representación gráfica y cartográfica de los predios fue proporcionada por el Departamento de Avalúos y Catastro, actualizados hasta el año 2015; la capa de predios y sus atributos asociados (formato *.shp) cuenta con la representación gráfica y cartográfica de las unidades de división catastral hasta predio.

Por otro lado, la información alfanumérica, tanto de predios como de construcciones (formato *.xls), y las fichas catastrales fueron facilitadas por la Dirección de la Gestión Tecnológica. Por su parte, la capa de construcciones fue facilitada por el Departamento de Planificación; un archivo en formato *.dwg que contenía la vista en planta de la mayoría de las construcciones del cantón. A diferencia de la capa de predios, en la que cada uno de ellos se identificaba con una clave catastral, la capa de construcciones no tenía ningún elemento que permitiera conectar la información gráfica con ningún tipo de información alfanumérica (Figura 5.3).

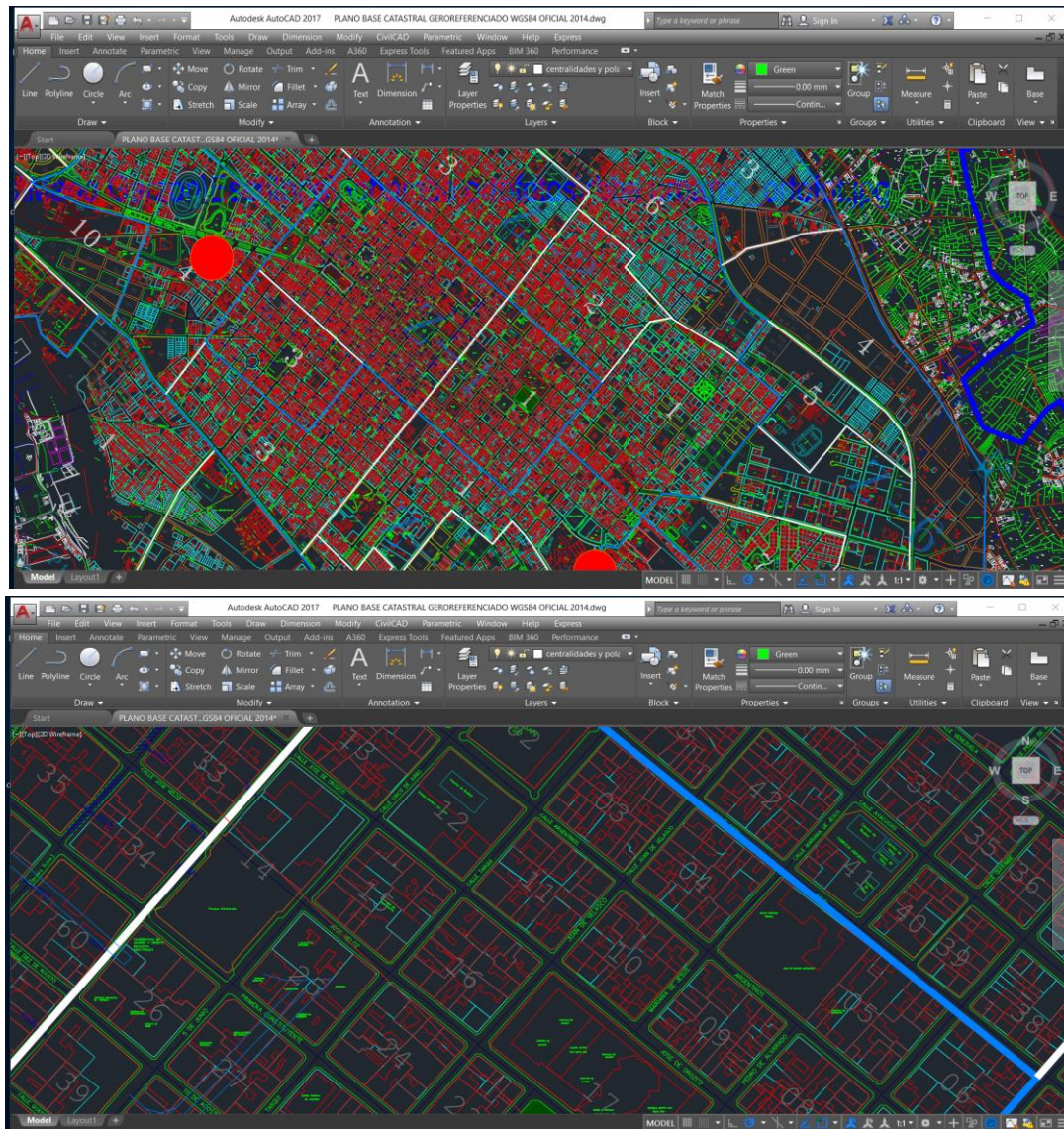


Figura 5.3.- Capa de construcciones en formato CAD
Fuente: Departamento de Planificación, GAD Riobamba

Tras varias reuniones con técnicos encargados de las bases de datos, el Departamento de Gestión Tecnológica facilitó, en dos archivos formato *.xls (© Microsoft Excel), diversa información alfanumérica. Uno de los archivos contenía información alfanumérica a nivel de predio, como se visualiza en la

Tabla 5.1.

Tabla 5.1.- Campos de los datos alfanuméricos a nivel predial

Fuente: Elaboración Propia

Campo	Descripción de la información
Clave catastral	Código en base al Acuerdo Ministerial 017-20
Idpredio	Identificador generado por el departamento
identificación	Cédula o RUC
Contribuyente	Nombres y apellidos del propietario
Área de terreno	Valor en metros cuadrados
Dirección	Calle principal y secundaria
Total avalúo	Valor total del predio (terreno y edificaciones)
Valor terreno	Valor determinado en el Registro de la Propiedad
Uso del predio	Código en base al Acuerdo Ministerial 017-20
Perímetro	Unidad metros cuadrados
Localización	Localización en la manzana
Topografía	Indica si el predio está a nivel, sobre nivel o bajo nivel
Relieve	Código en base al Acuerdo Ministerial 017-20
Planeamiento	Código en base al Acuerdo Ministerial 017-20
Afección del predio	Si el predio presenta o no alguna afección
Disponibilidad servicios básicos	Agua, luz, teléfono, internet
Bloques	Número de bloques en el predio
Pisos	Número de pisos en cada bloque del predio

El segundo de los archivos, por su parte, recoge información alfanumérica a nivel de construcción dentro de cada predio. En la Tabla 5.2 se muestran los campos del archivo y la descripción de cada uno de ellos. Para algunas construcciones puede variar la estructura de la clave catastral; no obstante, los campos referentes a las características físicas de la construcción poseen códigos que van acorde a los especificados en la ficha catastral, la facilitada por el Departamento de Avalúos y Catastro.

Tabla 5.2.- Campos de los datos alfanuméricos a nivel de construcción

Fuente: Elaboración Propia

Campo	Descripción de la información
Clave catastral	Código en base al Acuerdo Ministerial 017-20
Id	Identificador generado por el departamento
Identificación del propietario	Cédula o RUC
Contribuyente	Nombres y apellidos del propietario
Número Bloque	Detalla el número de bloques
Número Pisos	Detalla el número de pisos en cada bloque
Avalúo construcción	Estimación de valor de la construcción
Área bloque	En unidad metros cuadrados
Área piso	En unidad metros cuadrados
Año de construcción	Año en el que fue construida la edificación
Vigas	Código del tipo de vigas
Columnas	Código del tipo de columnas
Paredes	Código del tipo de paredes
Entrepisos	Código del tipo de entrepisos
Cubierta	Código del tipo de cubierta
Puertas	Código del tipo de puertas
Ventanas	Código del tipo de ventanas
Piso	Código del tipo de piso
Enlucidos	Código del tipo de enlucidos
Tumbados	Código del tipo de tumbados
Porcentaje de construcción	Indica el porcentaje de avance de construcción de la edificación
Tipo de habitabilidad	Determina si es habitable o no
Estado de la construcción	Bueno, regular, malo

A través del Departamento de Avalúos y Catastro se tuvo acceso, entre otras, a las capas temáticas de predios y construcciones, las cuales, en sus tablas de atributos, cuentan con un campo referido a la clave catastral a nivel de predio y a nivel de bloque, respectivamente. Como se ha dicho en otras

ocasiones, es esta clave la que permite conectar las capas temáticas con la información alfanumérica.

También se tuvo acceso a las fichas catastrales en papel almacenadas en base a la zonificación cantonal en la oficina del archivo del mencionado departamento. La información de las fichas, referida a los componentes físico, económico, jurídico y temático (Tabla 5.3), fue digitalizada e incorporada a la tabla de atributos de las capas temáticas de predios y construcciones, completando así la información catastral del área de estudio.

Tabla 5.3.- Información contenida en la ficha catastral

Fuente: Elaboración Propia

Información ficha catastral	Detalle de la información
Identificación y localización de predio	Clave catastral Calle Barrio Parroquia
Datos del propietario o poseedor	Nombres y Apellidos Identificación (cédula/RUC) Dirección Propietario anterior
Dominio y tenencia	Dominio Tenencia Situación legal Registro de propiedad (número y fecha)
Forma de ocupación del lote	Lote con o sin edificación Número de bloques
Información socioeconómica	Nombre y apellidos del propietario Tenencia vivienda Ocupación Ingresos
Datos de la población	Número de familias Edad Sexo

Infraestructura y servicios	Vías (capa de rodadura) Aceras Conexiones domiciliarias (agua potable y alcantarillado) Abastecimiento de agua Alumbrado público Energía eléctrica Recolección de basura Transporte público Correo a domicilio Teléfono privado
Características físicas del lote	Localización en la manzana Topografía Número de frentes y esquinas
Características principales de las edificaciones	Número del bloque Número de piso Área (m2) Materiales usados en la estructura Materiales usados en acabados Disponibilidad de instalaciones Estado de la construcción Año de construcción
Implantación de la edificación	Tipo de implantación Retiro frontal
Usos del predio	Tipo de uso del predio
Plano del predio	Escala Código hoja aerofotogramétrico Plano
Control de campo y oficina	Datos de control en trabajo de campo (levantado, fecha) Datos de control en trabajo de oficina (calculado, fecha)

5.1.3 Tratamiento de base de datos de partida

5.1.3.1 *Procesamiento de datos de partida*

Una vez verificados los campos existentes en los diferentes conjuntos de datos (capas vectoriales, hojas de cálculo con información alfanumérica, fichas catastrales analógicas), se procedió a analizar en qué grado toda esa

información era comparable, complementaria y/o estaba actualizada, considerando su diversa procedencia de distintos departamentos del GAD, cada uno con autonomía, criterios y formas propias de recoger, almacenar, tratar, etc., información diferente y diversa y para fines también diferentes.

La depuración de datos de partida consistió en la aplicación de diferentes acciones sobre el conjunto de información recopilada, que se detallan a continuación.

- A. **Eliminar campos.** - En la información alfanumérica a nivel predial y de construcciones se procedió a eliminar el campo [*id predio*] y [*id construcción*]. Estos fueron generados como identificador único de cada bien inmueble a nivel predial y de construcción. Pero, esos identificadores no mantienen la estructura de la clave catastral exigida en la normativa nacional Acuerdo Ministerial 029-16/017-20, por lo que, para la presente investigación, se reconoce como identificador único a la clave catastral.
- B. **Eliminar datos duplicados.** - Eliminar datos y registros duplicados en la información alfanumérica de bienes inmuebles.
- C. **Generación de campos.** - Por otro lado, en la información alfanumérica de construcciones la clave catastral se recoge de manera diferente para unos bienes inmuebles o para otros, llegando hasta nivel piso en algunos de ellos, hasta el nivel bloque en otros y, en algunos casos, hasta nivel predial. Así, se hizo necesario generar campos nuevos que recogieran claves catastrales a diferentes niveles para mantener, así, una estructura comparable, complementaria con las capas de predios, construcciones, etc. De igual forma, en la información alfanumérica de predios el campo de clave catastral llega, en algunos, a nivel de predio y, en otros, a nivel de piso. En este caso se decidió mantener esta clave solo hasta nivel predial, de tal forma que se pudiera enlazar directamente con el resto de información catastral.
- D. **Selección de elementos del área de estudio-** En la capa de construcciones, aquella que se facilitó en formato CAD, se seleccionaron únicamente las edificaciones contenidas del área de estudio, como también se seleccionaron sólo las fichas catastrales de bienes localizados en esa área y las más actualizadas.

5.1.3.2 Actualización de datos

Es indudable la utilidad de las herramientas y metodologías SIG para la generación, actualización y gestión de la información catastral, en general, y de la información sobre determinadas características de las edificaciones, en particular (Hao, Liu et al. 2011, Sánchez, Lerma 2012, Drobež, Grigillo et al. 2016, Koeva, Elberink 2016, Toschi, Isabella, Nocerino et al. 2017).

En esta investigación se recurrió a la utilización del mosaico de ortofotos 2018 de la ciudad de Riobamba para verificar si la capa de construcciones se encontraba actualizada y, de no ser así, digitalizar manualmente elementos del área de estudio. Hay que tener en cuenta que, según el Acuerdo Ministerial 029-16, los datos catastrales tendrán una validez de 2 años, pasados los cuales se deberán actualizar.

Con la ortofoto se verificó que, en la capa de predios proporcionada por el Departamento de Planificación, algunos no tenían digitalizadas las construcciones. Para estos casos, se procedió a digitalizar la vista en planta, generando así una capa en formato vectorial. Simultáneamente, se verificó en las fichas catastrales la información de los bloques correspondientes a cada predio y, con ello, se asignó la clave catastral a nivel bloque. Esto fue posible ya que las fichas catastrales cuentan con un croquis de los elementos existentes en el predio. La información análoga de las fichas catastrales fue digitalizada para incorporarla en la información alfanumérica en ©*Microsoft Excel*.

Se hizo un trabajo de campo para validar la digitalización, comprobando que esta coincidía con lo representado en los croquis recogidos en las fichas catastrales y, a la vez, confirmando y/o actualizando la información alfanumérica de las mismas. Por otro lado, se pudo comprobar que ciertos campos en la información alfanumérica a nivel predial, aquella proporcionada en formato ©*Microsoft Excel* por el Departamento de Gestión Tecnológica, no estaban actualizados; la actualización en este caso se realizó a partir de la información contenida en las fichas catastrales, que se actualiza periódicamente a medida que se realiza algún cambio inmueble y/o sea solicitado por el propietario.

En el proceso de actualización de datos se identificó información alfanumérica referente a predios pertenecientes a instituciones públicas, entre ellas las Fuerzas Armadas Ecuatorianas. La información catastral de la menciona institución presentaba la característica de que los campos se encontraban sin información. Esta falta de registro no implica ausencia de información, sino que, debido a protocolos de seguridad nacional, es de acceso restringido a personas autorizadas, por lo que en algunos campos consta el numeral 0. En este caso, la información no requería actualización y se mantuvo tal cual como fue proporcionada.

5.1.3.3 Unión de capa de predios y construcciones con las tablas que contienen información alfanumérica a nivel predial y construcciones

Las capas de predios y construcciones, al igual que las tablas que contienen la información alfanumérica a nivel predial y de construcciones, cuentan con un campo en común, la clave catastral. En el caso de los predios se utilizó la clave a nivel predial y en el caso de construcciones a nivel de bloque (Figura 5.4).

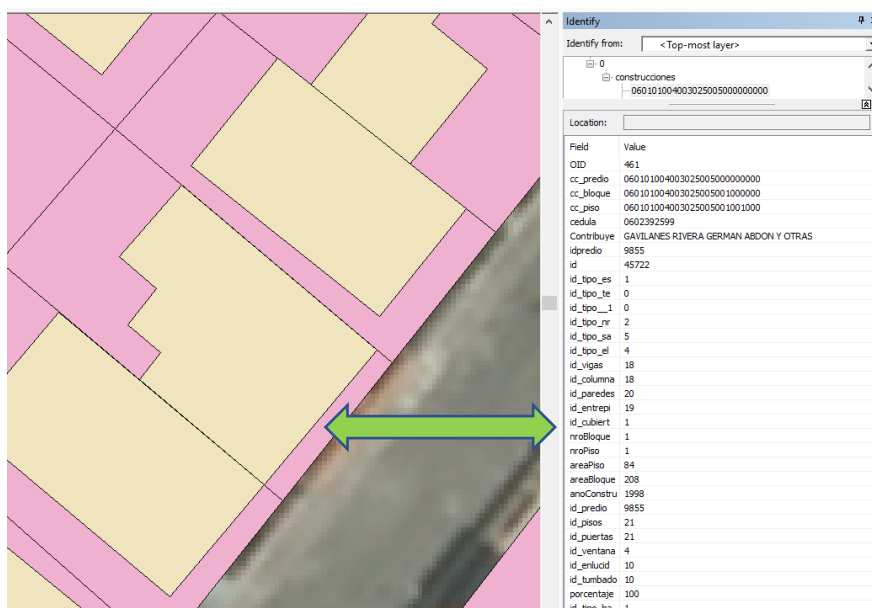


Figura 5.4 .- Ejemplo de visualización de información unida entre capas y tablas

Fuente: Departamento de Avalúos y Catastro, GAD Riobamba

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE GEODATABASE

Para almacenamiento de información catastral, la normativa ecuatoriana establece que las *geodatabases* deben ser generadas atendiendo a especificaciones del artículo 23 del Acuerdo Ministerial 017-20.

En esta investigación, para su generación se utilizó principalmente software libre, un estándar considerado en la normativa nacional (Acuerdo Ministerial 017-20). Entre las especificaciones para la transferencia de información entre GADs y el MIDUVI, recogidas en la Fase II del Anexo D del mencionado acuerdo, se encuentra la relativa a la utilización de *Postgres-PostGIS*, sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto (*open source*), también para la integración de la información gráfica y alfanumérica del catastro. Inicialmente en la presente propuesta se atendió esta especificación, pero durante el proceso de generación de la *geodatabase* se fueron identificando diferentes limitantes y limitaciones (visualización de datos geoespaciales 3D y tablas en una misma interfaz) del *software* que llevaron a descartarlo y a optar por el comercial ArcGIS Pro, con mayores recursos y opciones técnicas para la implementación efectiva de un catastro 3D inicial, especialmente en lo que tiene que ver en la componente espacial y su relación con la temática.

5.2.1 Geodatabase en Postgres-Postgis

Atendiendo a las especificaciones del Acuerdo Ministerial 017-20, la *geodatabase* se desarrolló inicialmente en pgAdmin 4, que es una interfaz gráfica, desarrollada en *Python*⁶, indispensable para gestionar y administrar *PostgreSQL*. Con la finalidad de relacionar información alfanumérica y espacial y la implementación del modelo 3D, se utilizó QGIS, programa de código abierto que cuenta con una extensión para conectar directamente con bases de datos de *Postgre*. En total, se generaron 7 tablas que recogían datos alfanuméricos de

⁶ Según (Python Org 2018) es un lenguaje de programación de alto nivel con semántica dinámica y de código abierto que presenta muchas aplicaciones y sistemas permitiendo la automatización de procesos y ejecución de tareas.

la unidad administrativa, objeto físico catastral (predios y construcciones), propietarios, derechos, responsabilidades y restricciones, así como los asociados a los diferentes archivos *shapefiles* enlazados a la *geodatabase* (predios, edificaciones, etc.).

En cada tabla se creó el mismo número de campos, con las mismas características e identificación/etiqueta, que los recogidos en los archivos formato ©*Microsoft Excel* originales, para evitar inconsistencias, errores de importación al momento de cargar (o actualizar) los datos. De igual forma, se definieron en cada tabla la clave principal (campos cuyos valores identifican de forma única cada registro de la tabla) y las claves externas (columnas que se usan para establecer y aplicar un vínculo entre los datos de dos tablas) con las que poder establecer las relaciones entre ellas, según lo establecido en ISO 19152.

Como se recoge en la Figura 5.5, en la tabla de la clase **EC_PARTY** se generaron 6 columnas o campos para recoger, entre otros, el identificador del objeto o las claves catastrales a nivel predial, de bloque y piso. Una vez generada, se cargaron en ella los datos procedentes del archivo © *Microsoft Excel*, que son los que se manejan originalmente en el cantón, con 261 registros o elementos. Aquí se consideró como clave principal la clave catastral a nivel de predio, que no presentaba registros repetidos. Una vez generada la tabla se cargaron los datos que estaban contenidos en una hoja de © *Microsoft Excel*, donde se registraron 261 elementos.

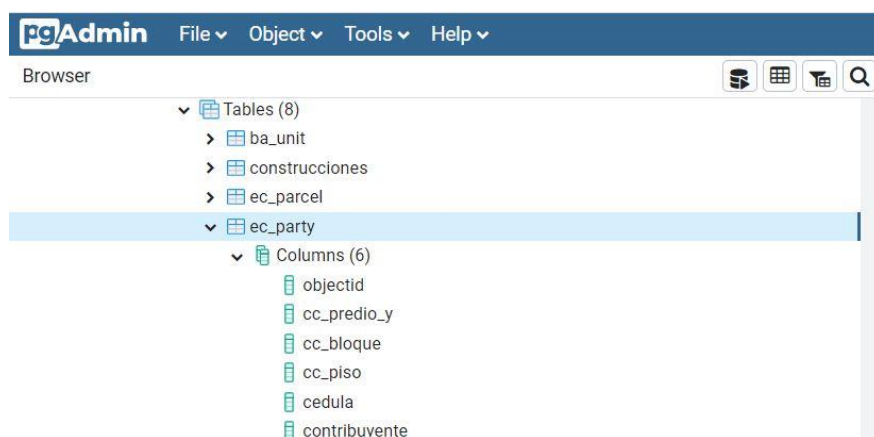


Figura 5.5.- Información de EC_PARTY en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

Para la clase correspondiente a los derechos, responsabilidades y restricciones se generó la tabla **ec_rrr** (Figura 5.6), con 7 columnas que añaden a la anterior la forma/posesión y conflicto que refiere al tipo de propiedad o posesión, si existe asentamiento de hecho y conflicto a nivel de linderos o propietarios del bien inmueble. Se cargaron 258 elementos desde el archivo ©Microsoft Excel original, registrando como clave principal la clave catastral a nivel predial.

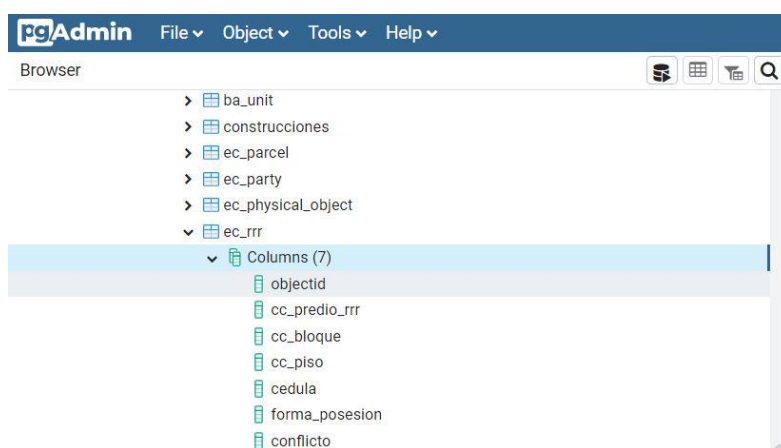


Figura 5.6.- Información sobre EC_RRR en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

La tabla generada para la clase **ba_unit**, como se puede observar en la Figura 5.7, contiene 9 columnas, añadiendo a la anterior información sobre avalúo total, el de la construcción/edificación y el del terreno. En este caso, se importaron 258 elementos con la respectiva información en cada campo y la clave principal utilizada fue, nuevamente, la clave catastral predial.

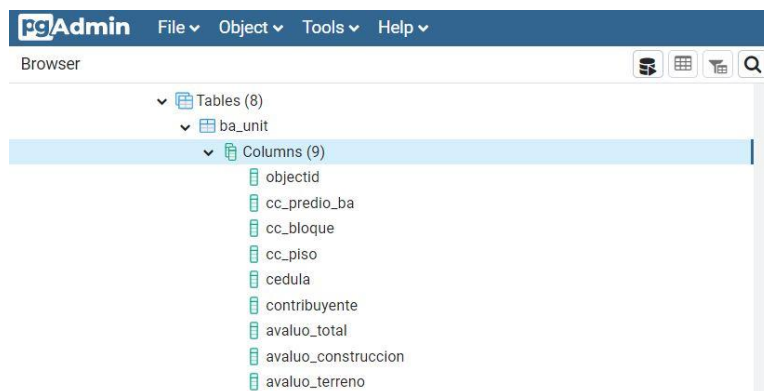


Figura 5.7.- Información sobre BA_UNIT en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

Para la clase **ec_parcel**, correspondiente a la información del predio, se generó una tabla con 27 campos (Figura 5.8), que, además de identificadores, claves o direcciones, recogen información sobre diversas características físicas y de dotación de los predios (medidas del frente, perímetro, número de frentes, internet, teléfono, agua, clasificación del suelo, tipo de transporte urbano y de alumbrado, etc.). Desde el archivo *©Microsoft Excel* original se importaron un total de 258 elementos para toda el área de estudio. La clave principal de esta tabla es el campo que contiene información de la clave catastral a nivel de predio y, por ende, como se ha viene mencionando, valores únicos.

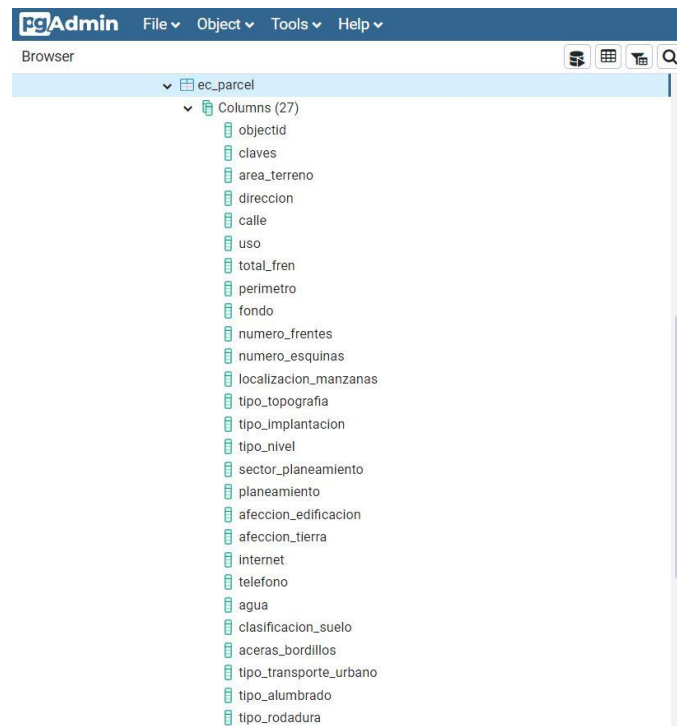


Figura 5.8.- Información sobre EC_PARCEL en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la clase **ec_physical_object** refiere a la información de las edificaciones/construcciones existentes en el predio. La tabla generada consta de 33 campos que, entre otra información, recogen la referida a alturas, año de construcción, estado de la edificación, condiciones sanitarias, materiales de construcción, etc. (Figura 5.9). La clave principal del objeto físico catastral es la clave catastral a nivel de bloque.

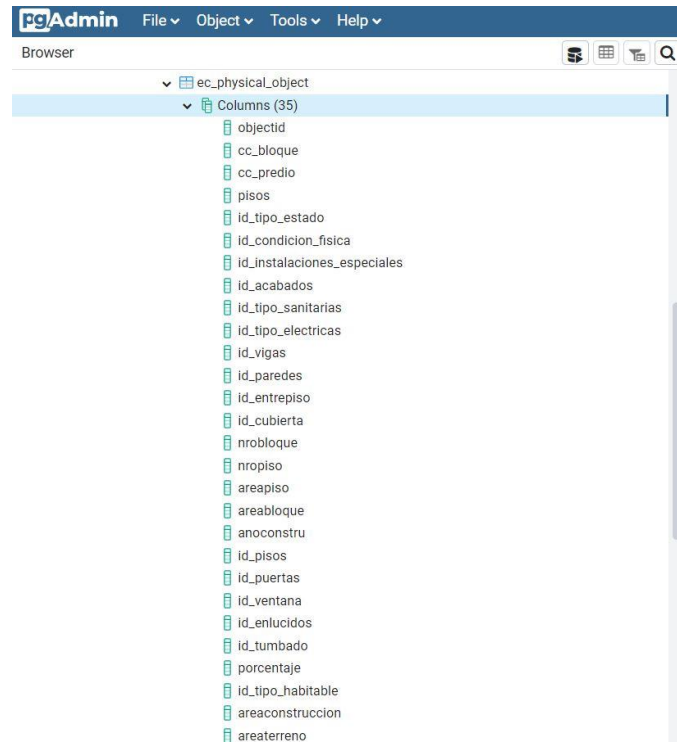


Figura 5.9.- Información sobre EC_PHYSICAL_OBJECT en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

La *geodatabase* también incluye las tablas asociadas a las diferentes capas *shapefiles*. La correspondiente a la capa de predios (*predios.shp*) consta de 19 columnas o campos (Figura 5.10) y, por ser única e irrepetible, se consideró como clave principal la clave catastral a nivel predial. De igual forma, la tabla del objeto catastral referente a las construcciones, con 4 campos (clave catastral a nivel bloque, geometría, identificador y número de pisos) (Figura 5.11), utiliza como clave principal la clave catastral a nivel de bloque.

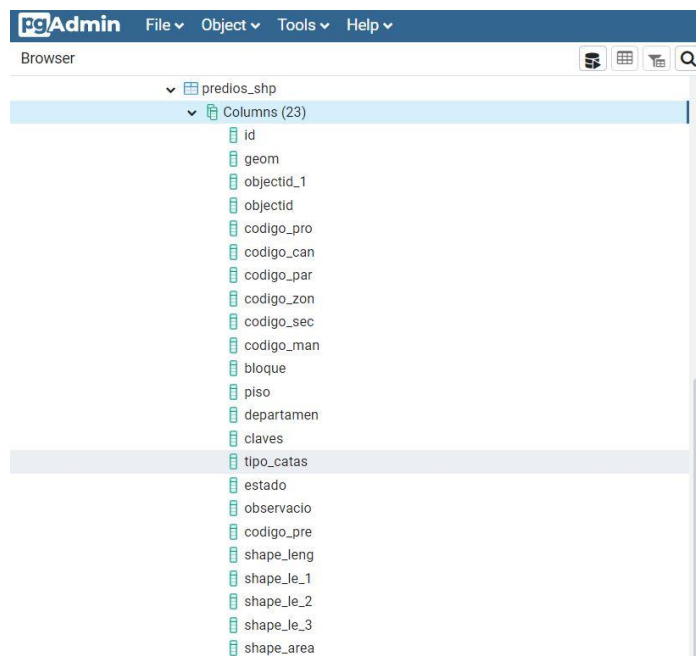


Figura 5.10.- Información sobre PREDIOS_SHP en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

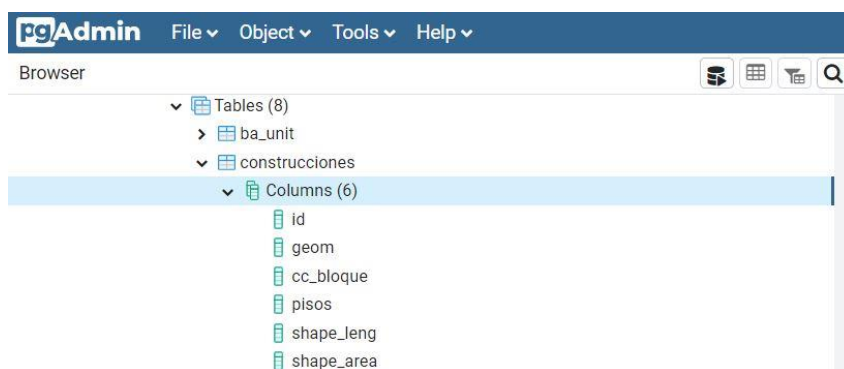


Figura 5.11.- Información sobre CONSTRUCCIONES en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

La *geodatabase* generada y almacenada en pgAdmin fue enlazada con las capas de predios y de construcciones/edificaciones a través de la extensión *PostGIS* disponible en el programa QGIS (Figura 5.12); se trata de una extensión de *PostgreSQL* que permite añadir capacidades y funciones geoespaciales a las bases de datos ‘convencionales’. Una vez enlazada, se agregaron las capas correspondientes a los predios y a las construcciones/edificaciones desde el Administrador de Base de Datos de QGIS.

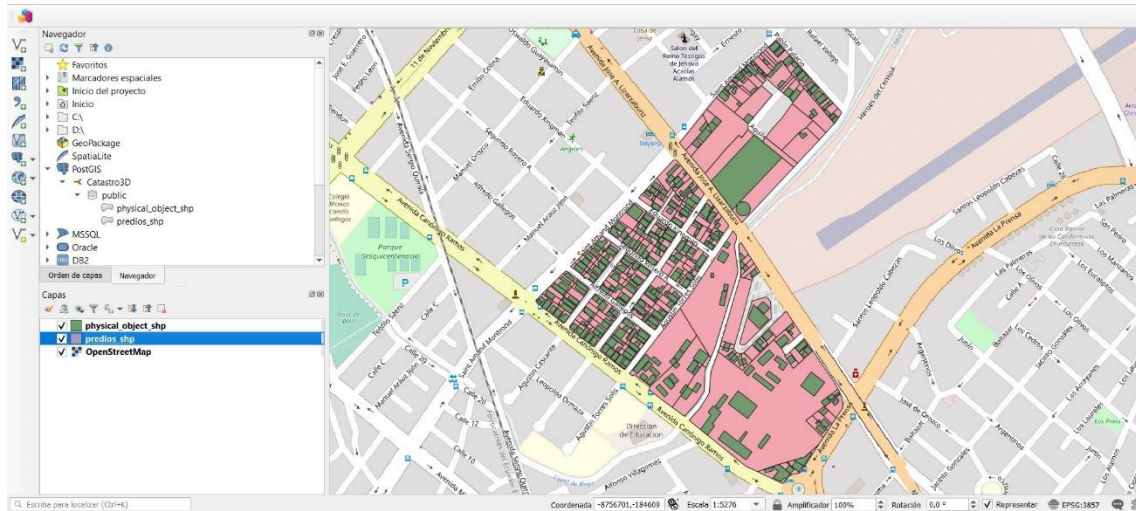


Figura 5.12.- Geodatabase PostGIS enlazada a QGIS

Fuente: Elaboración propia

Con las bases de datos enlazada a las capas de predio y construcciones, es posible consultar en QGIS el contenido que asocia a cada elemento (Figura 5.13).

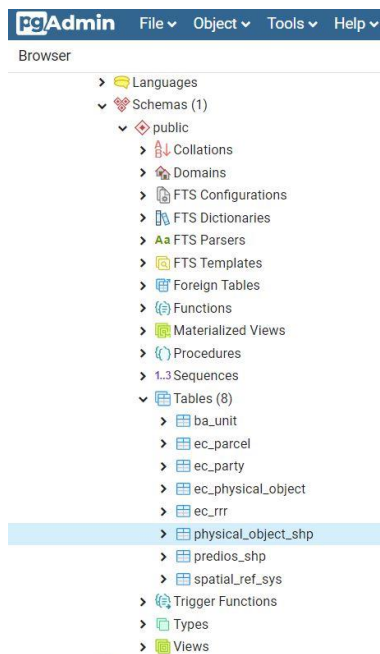


Figura 5.13.- Datos alfanuméricos de los *shapfiles* agregados en la GDB

Fuente: Elaboración propia

Aunque pgAdmin (como otras aplicaciones de código abierto similares) puede ser una herramienta útil para generar una *geodatabase*, no dispone de suficientes capacidades y funciones para avanzar hacia una base de datos catastral 3D. Una de las principales limitantes es la dificultad de interacción de los datos geográficos 3D y las tablas simultáneamente en un mismo interfaz, pese a estar conectado con QGIS. Por otro lado, se destaca el hecho de tener un conocimiento de programación para generar bases de datos en este tipo de interfaz, lo que puede implicar dificultad de implementación de bases de datos en los GAD, ya que se requiere de personal especializado.

5.2.2 Geodatabase en Arcgis Pro

En una segunda fase, vistas las limitaciones de las aplicaciones libres para proveer una base de datos catastral avanzada a nivel 3D, se optó por recurrir a programas comerciales, como ArcGIS Pro, para generar, según especificaciones ISO 19152, la *geodatabase*. La extensión Catalog de ArcGIS Pro permite una mayor automatización del proceso de generación de la *geodatabase* que la ofrecida por QGIS. Una vez generada, se importaron tablas y capas de predios y construcciones (Figura 5.14) con la finalidad de relacionar las clases.

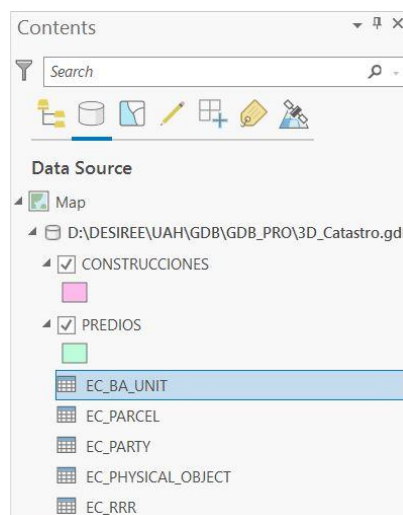


Figura 5.14.- Geodatabase en ArcGIS Pro

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a la descripción de las tablas que forman parte de la *geodatabase*. Como se recoge en la Figura 5.15, la tabla **EC_PARTY** contiene información referente a los propietarios de los objetos catastrales, por lo que está compuesta por 6 campos que corresponde a la clave catastral a nivel de predio, de bloque, y de piso, cédula de identidad del propietario y nombre completo del contribuyente.

OBJECTID *	OBJECTID_1	cc_predio *	cc_bloque	cc_piso	cedula	contribuyente
19	19	060101004003026012...	060101004003026012...	060101004003026012...	1800841767	HORNA OÑATE ALFRE...
20	20	060101004003026013...	060101004003026013...	060101004003026013...	0602019069	CHILLAGANA LEMA A...
21	21	060101004003026002...	060101004003026002...	060101004003026002...	0691703525001	CLUB DE LEONES DE R...

Figura 5.15.- Datos alfanuméricos de EC_PARTY

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las restricciones, responsabilidades y derechos, se incorporó una tabla (**EC_RRR**) a la *geodatabase* (Figura 5.16) con 8 campos que, entre otra información, añade la referente a forma de propiedad o posesión y la presencia o no de conflicto en la misma.

OBJECTID *	objectid_1	cc_predio_rrr *	cc_bloque	cc_piso	cedula	forma_posesion	conflicto
19	19	060101004003026012...	060101004003026012...	060101004003026012...	1800841767	1	0
20	20	060101004003026013...	060101004003026013...	060101004003026013...	0602019069	1	0
21	21	060101004003026002...	060101004003026002...	060101004003026002...	0691703525001	2	0

Figura 5.16.- Datos alfanuméricos de EC_RRR

Fuente: Elaboración propia

Para el componente económico de la normativa nacional (Acuerdo Ministerial 017-20), se incorporó la tabla correspondiente a la unidad espacial administrativa (**EC_BA_UNIT**). Como se ilustra en la Figura 5.17, contiene 8 campos referentes a la clave catastral, avalúo del terreno, avalúo de la construcción y avalúo total.

ID*	objectid_1	cc_predio_ba*	cc_bloque	cc_piso	cedula	contribuyente	avaluo_total	avaluo_construccion	avaluo_terreno
19	060101004003026012...	060101004003026012...	060101004003026012...	060101004003026012...	1800841767	HORNA OÑATE ALFRE...	61259,33	14269,33	46990
20	060101004003026013...	060101004003026013...	060101004003026013...	060101004003026013...	0602019069	CHILLAGANA LEMA A...	69585,47	22410,47	47175
21	060101004003026002...	060101004003026002...	060101004003026002...	060101004003026002...	0691703525001	CLUB DE LEONES DE R...	98159,39	55826,76	42332,63

Figura 5.17.- Datos alfanuméricos de EC_BA_UNIT

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la información de los predios, se agregó a la *geodatabase* la tabla **EC_PARCEL** (Figura 5.18). Sus 14 campos recogen información sobre las claves catastrales de los predios, las características de los mismos (uso, área, localización en la manzana, perímetro, dirección), infraestructura y servicios del predio (tipo de vía de acceso, sanitarias, energía eléctrica, eliminación de basura, comunicaciones, agua, aceras y bordillos, transporte urbano).

OBJECTID*	OBJECTID_1	claves*	area_terreno	direccion	calle	uso	total_fren	perimetro	fondo
25	25	060101004003026007...	243	TOBIAS CARDENAS C...	TOBIAS CARDENAS C...	26	10,8	66,6	22,4
26	26	060101004003026008...	252	CALLEJON M MZ G ent...	CALLEJON M MZ G	26	11,1	67,6	22,7
27	27	060101004003026005...	264	CALLEJON M entre: nu...	CALLEJON M	26	2,8	71,4	96,7

Figura 5.18.- Datos alfanuméricos de EC_PARCEL

Fuente: Elaboración propia

Como se recoge en la Figura 5.19, la tabla **EC_PHYSICAL_OBJECT** contiene datos referentes a las características del objeto físico catastral (construcción). Los campos de la mencionada tabla incluyen información sobre la clave catastral del bloque constructivo, datos descriptivos del bloque constructivo-piso (número de pisos, condición física, estado de conservación, condición patrimonial, año de construcción, año de restauración de ser el caso, área de construcción en metro cuadrados, ocupación del bloque o piso, instalaciones especiales) y elementos constructivos (estructura, paredes, cubierta, acabados).

OBJECTID *	objectid_1	cc_bloque *	cc_predio *	pisos	id_tipo_estado	id_condicion_fisica	id_instalaciones_especiales	id_acabados	id_tipo_sanitarias	id_tipo_electricas	id_vigas
1	1	060101004003037001...	060101004003037001...	1	1	6	0	2	1	1	4
2	2	060101004003037002...	060101004003037002...	2	1	6	0	2	1	1	4
3	3	060101004003037002...	060101004003037002...	3	1	6	0	2	1	1	4

Figura 5.19.- Datos alfanuméricos de EC_PHYSICAL_OBJECT

Fuente: Elaboración propia

A partir de aquí, una vez descritas las tablas importadas que componen la *geodatabase*, se pasa a describir las capas temáticas, la componente espacial o gráfica, que se incluyen en la *geodatabase* y las relaciones que se establecen con las anteriores. El *shapefile* de los predios del área de estudio se agregó a la *geodatabase* (Figura 5.20), misma que contenía información sobre la clave catastral a nivel predial, longitud y área.

codigo_sec	codigo_man	bloque	piso	departamen	claves *	tipo_catas	estado	observacio	codigo_pre	Shape_Leng	Shape_Le_1	Shape_Le_2	Shape_Length	Shape_Area
003	024	000	000	000	060101004003024012...	1	1		012	0,000828	0,000828	91,936442	91,936442	386,33544
003	026	000	000	000	060101004003026018...	1	1		018	0,000799	0,000799	88,624476	88,624476	423,80192
003	025	000	000	000	060101004003025015...	1	1		015	0,000759	0,000759	84,211641	84,211641	437,68516
003	028	000	000	000	060101004003028015...	1	1		015	0,000687	0,000687	76,26788	76,26788	332,33024
003	026	000	000	000	060101004003026023...	1	1		023	0,000675	0,000675	74,944383	74,944383	348,88876
003	026	000	000	000	060101004003026001...	1	1		001	0,000981	0,000981	108,92056	108,92056	741,0999
003	026	000	000	000	060101004003026025...	1	1		025	0,000934	0,000934	103,734898	103,734898	625,95762
003	026	000	000	000	060101004003026009...	1	1		009	0,0006	0,0006	66,604004	66,604004	229,3586
003	026	000	000	000	060101004003026014...	1	1		014	0,000589	0,000589	65,335811	65,335811	231,85504

Figura 5.20.- Capa de los predios del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

Así también, el *shapefile* correspondiente a las construcciones de cada predio se agregó a la *geodatabase*, misma que contiene información referente al número de pisos de la edificación, longitud y área. El campo de clave catastral a

nivel bloque se utilizó como clave principal para relacionar con la tabla EC_Physical_Object.

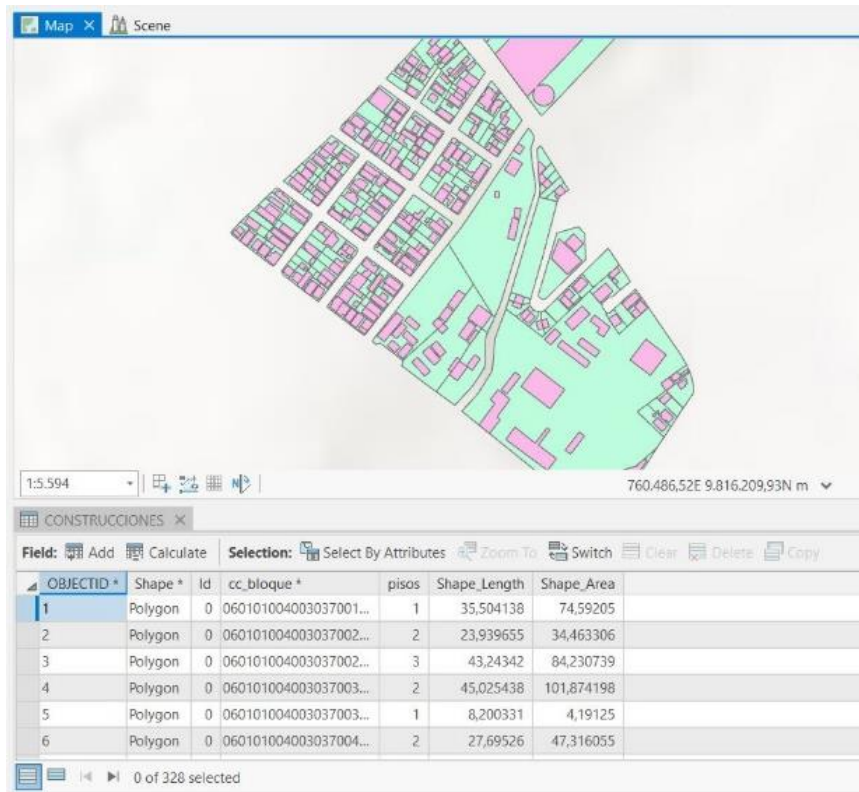


Figura 5.21.- Datos alfanuméricos y datos geospaciales de las construcciones
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las relaciones de la *geodatabase* se generaron entre las clases establecidas (asociaciones entre las clases, generalizaciones entre clases y agregaciones en las clases). Las relaciones de cada una de las clases se ilustran en la

Figura 5.22; así también, en cada una de las clases se identifica el nombre de cada asociación, la multiplicidad, clave primaria y clave externa.

Relaciones de EC_PARTY

Standalone Table Properties: EC_PARTY

General
Metadata
Source
Definition Query
Joins
Relates
Display
Selection
Page Query

Relate : baunitAsParty
Cardinality: One to many
Primary key: cc_predio
Foreign key: cc_predio_ba

Relationship class : EC_PARTY
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_PARTY
Alias: EC_PARTY
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

Relate : rrrParty
Cardinality: One to many
Primary key: cc_predio_rrr
Foreign key: cc_predio

Relationship class : EC_RRR
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_RRR
Alias: EC_RRR
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

OK Cancel

Relaciones de EC_RRR

Standalone Table Properties: EC_RRR

General
Metadata
Source
Definition Query
Joins
Relates
Display
Selection
Page Query

Relate : rrrParty
Cardinality: One to many
Primary key: cc_predio_rrr
Foreign key: cc_predio

Relationship class : EC_RRR
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_RRR
Alias: EC_RRR
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

Relate : baunitRrr
Cardinality: One to one
Primary key: cc_predio_ba
Foreign key: cc_predio_rrr

Relationship class : EC_BA_UNIT
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_BA_UNIT
Alias: EC_BA_UNIT
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

OK Cancel

Relaciones de EC_BA_UNIT

Standalone Table Properties: EC_BA_UNIT

General
Metadata
Source
Definition Query
Joins
Relates
Display
Selection
Page Query

Relate : baunitRrr
Cardinality: One to one
Primary key: cc_predio_ba
Foreign key: cc_predio_rrr

Relationship class : EC_BA_UNIT
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_BA_UNIT
Alias: EC_BA_UNIT
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

Relate : suBaunit
Cardinality: One to many
Primary key: claves
Foreign key: cc_predio_ba

Relationship class : EC_PARCEL
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_PARCEL
Alias: EC_PARCEL
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

Relate : baunitAsParty
Cardinality: One to many
Primary key: cc_predio
Foreign key: cc_predio_ba

Relationship class : EC_PARTY
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_PARTY
Alias: EC_PARTY

OK Cancel

Relaciones de EC_PARCEL

Standalone Table Properties: EC_PARCEL

General
Metadata
Source
Definition Query
Joins
Relates
Display
Selection
Page Query

Relate : parcelPredios
Cardinality: One to one
Primary key: claves
Foreign key: claves

Relationship class : EC_PARCEL
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_PARCEL
Alias: EC_PARCEL
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

Relate : parcelPhysicalObject
Cardinality: One to many
Primary key: claves
Foreign key: cc_predio

Relationship class : EC_PARCEL
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_PARCEL
Alias: EC_PARCEL
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb
Has ObjectID Field: Yes

Relate : suBaunit
Cardinality: One to many
Primary key: claves
Foreign key: cc_predio_ba

Relationship class : EC_PARCEL
Data Type: File Geodatabase Table
Table: EC_PARCEL
Alias: EC_PARCEL
Database: D:\DESIREE\UAH\GDB\GDB_PRO\3D_Catastro.gdb

OK Cancel

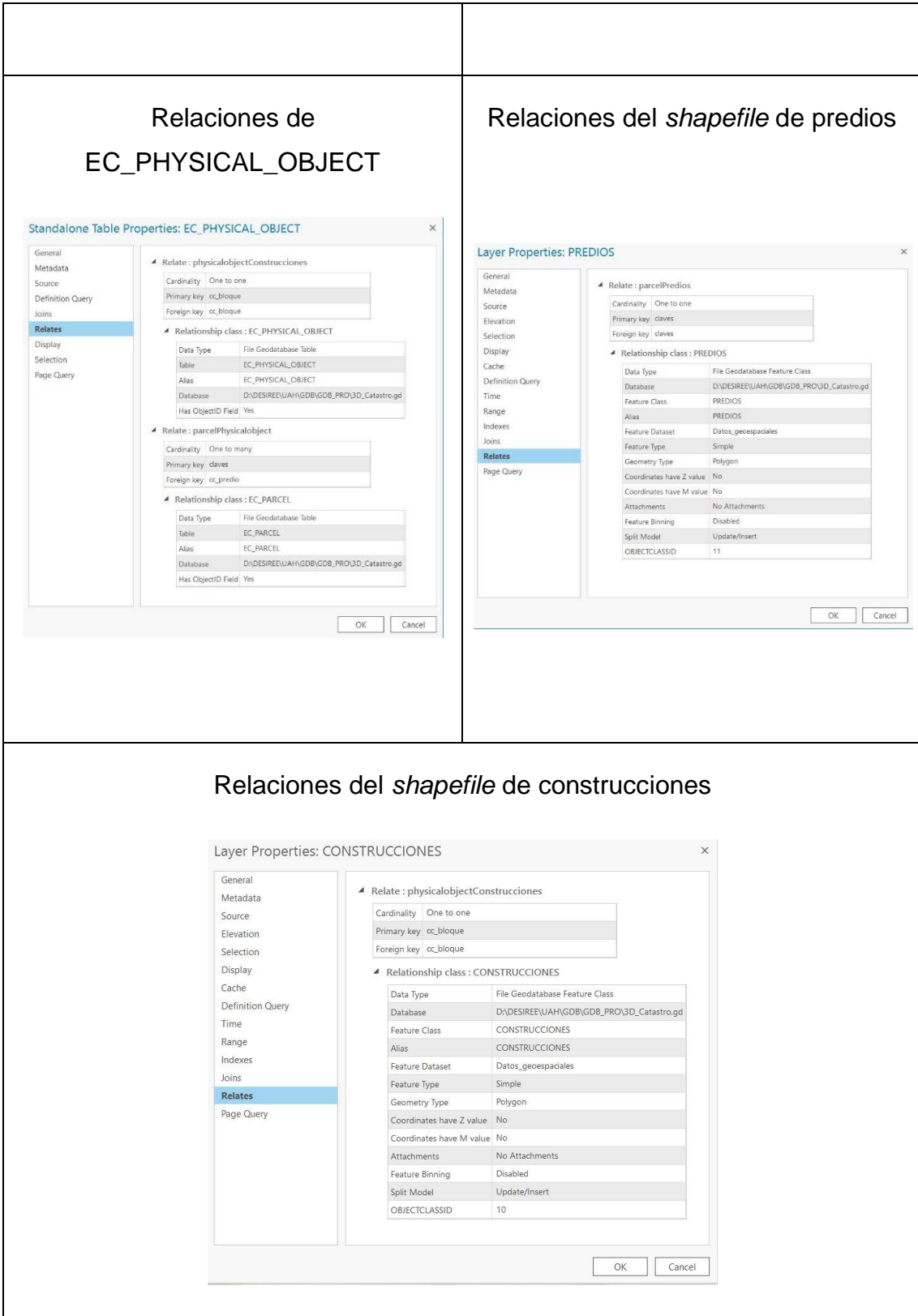


Figura 5.22.- Relaciones existentes de los datos alfanuméricos y geospaciales en la geodatabase

Fuente: Elaboración propia

5.3 REPRESENTACIÓN 3D DE LOS OBJETOS CATASTRALES

Como señalan (Ying, Guo et al. 2015, Kumar, Rahman et al. 2017), la representación de objetos físicos catastrales a nivel de detalle 1 (LoD1) es suficiente a la hora de generar modelos 3D. Como se ilustra en la Figura 2.5 del Capítulo II, los autores (Gröger, Plümer 2012) destacan que LoD1 (nivel de detalle 1 para modelado 3D) es la representación con techos planos, paredes verticales y coordenadas absolutas de la altura de la base y el techo medio del edificio (modelado de bloques).

La mayoría de los programas SIG ofrecen herramientas y funciones que permiten hacer efectivas estas representaciones tridimensionales de las edificaciones para nivel de detalle 1. Con la finalidad de comparar las ventajas y las limitaciones en cuanto a la representación 3D de *softwares* libres y de los comerciales, se procedió con la representación 3D de los objetos físicos catastrales en QGIS y ArcGIS PRO. A continuación, se describe cómo se realiza la representación 3D de los objetos catastrales en ambos programas.

En QGIS fue posible emplear la herramienta *Extrusión* para la obtención de la representación 3D de las edificaciones, ya que permite un nivel de detalle 1. La mencionada herramienta permitió la expansión vertical de una forma 2D plana de las edificaciones, considerando el valor de altura, para generar un objeto 3D de cada construcción.

Para calcular la altura de las edificaciones se consideró el campo referente al número de pisos que tiene cada edificación y se multiplicó por la altura existe entre pisos especificada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). En ella se menciona que las construcciones de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera deberían tener, como mínimo 3 metros por cada piso (MIDUVI 2014).

La visualización de los elementos 3D en QGIS se realiza en una ventana auxiliar llamada *Mapa 3D* (Figura 5.23), que no permite la vista conjunta de

determinadas tablas de atributos y elementos 3D. En la ventana *Mapa 3D* se visualiza únicamente la representación 3D de los objetos catastrales y, así, cuando se selecciona un elemento 3D se visualiza en otra ventana, en la que se encuentran las representaciones 2D y la información referente a los atributos (Figura 5.24). Sin lugar a duda, esto, el tener información de tablas y representaciones 2D y 3D en ventanas diferentes, dificulta la visualización y el manejo de la información.

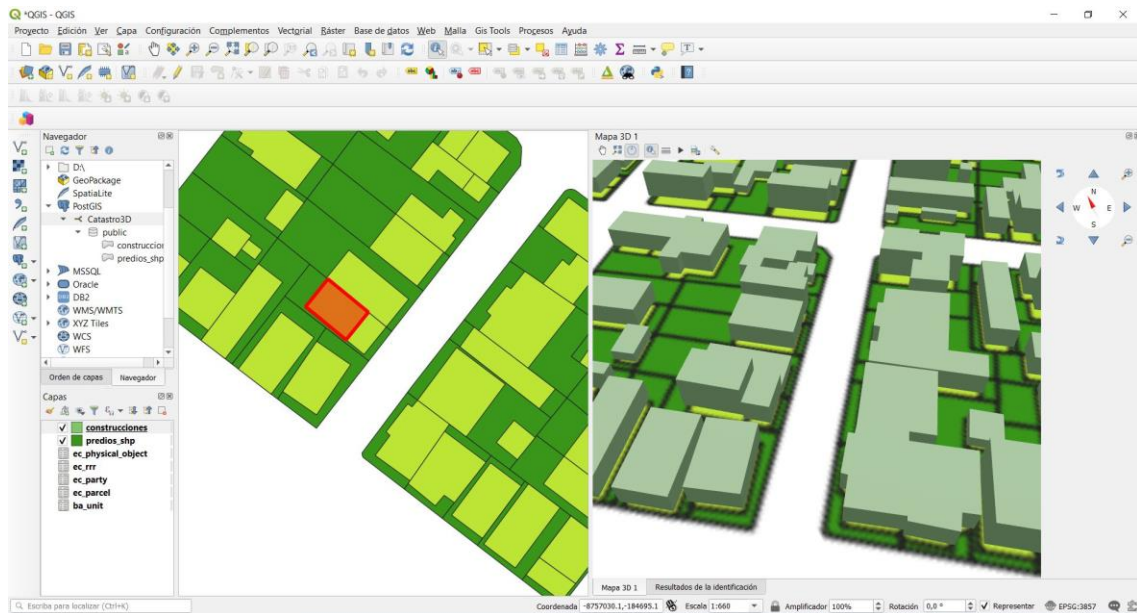


Figura 5.23.- Representación 3D de los objetos catastrales en QGIS

Fuente: Elaboración propia

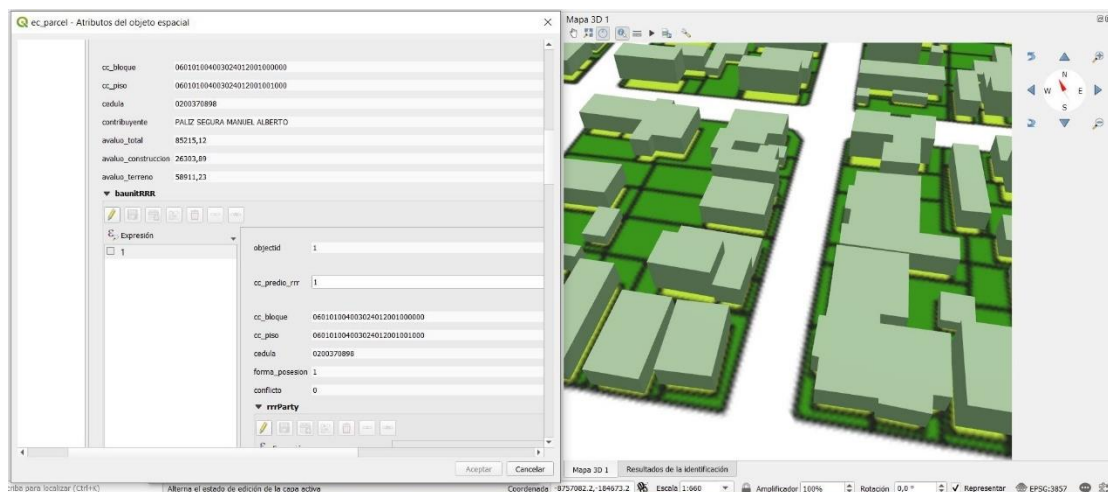


Figura 5.24.- Información alfanumérica enlazada a la representación 3D de los objetos catastrales

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, utilizando ArcGIS Pro se obtuvo la representación 3D de las edificaciones mediante la herramienta *Extrusión* (Figura 5.25), donde, al igual que en el caso de la representación en QGIS, se calculó la altura de cada edificación utilizando el campo de número de pisos y la altura de 3 metros por piso estipulada en la NEC (MIDUVI 2014).



Figura 5.25.- Representación 3D de los objetos catastrales en ArcGIS Pro

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de QGIS, en ArcGIS Pro es posible tener un manejo conjunto de la información catastral, tanto a nivel de tablas como de representación 2D y 3D, sin que existan ventanas auxiliares por cada uno de los tipos de información (tablas/representaciones 2D y 3D) (Figura 5.26).

Cabe destacar que en el caso de las tablas relacionadas se visualizan en una misma ventana, lo que evita que cada tabla se presente en una ventana auxiliar. Es así como facilita de cierto modo el manejo de la información catastral, ya que cada tabla tiene establecidas relaciones con las respectivas tablas. Y de igual forma es posible identificar sin dificultad las tablas relacionadas al objeto físico catastral.

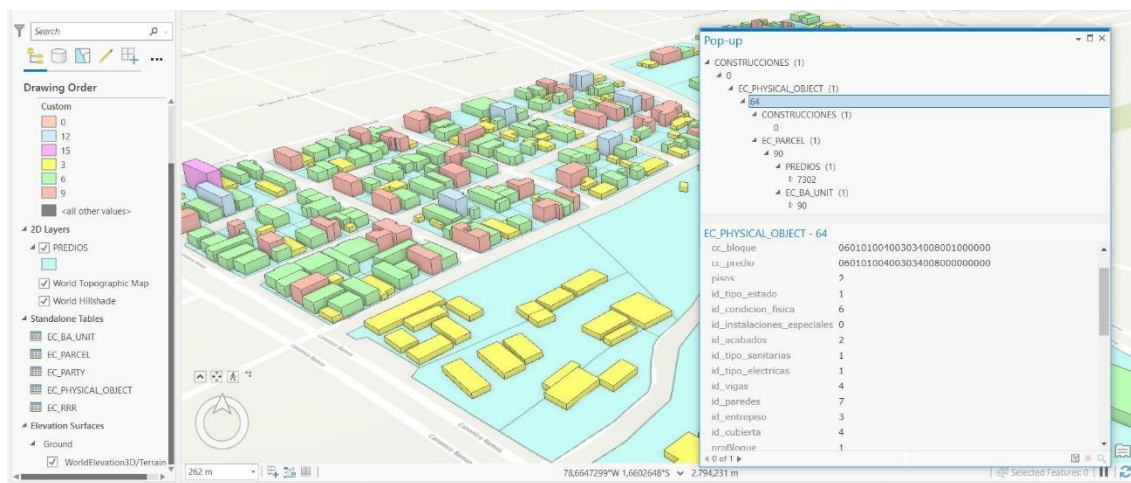


Figura 5.26.- Información alfanumérica enlazada a la representación 3D de los objetos catastrales

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 5.4, se resumen las ventajas y las limitaciones que se presentaron al momento de utilizar QGIS y ArcGIS Pro para la representación 3D de los objetos catastrales y la visualización conjunta de la información contenida en las tablas relacionadas.

Tabla 5.4.- Ventajas y limitaciones en los softwares QGIS y ArcGIS Pro para la representación 3D de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

	QGIS	ArcGIS Pro
Disponibilidad del software	Software libre que se puede descargar desde la página oficial de QGIS.	Se requiere adquirir licencia.
Herramientas para la representación 3D de los objetos catastrales	Herramienta de <i>Extrusion</i>	Herramienta de <i>Extrusion</i>
Visualización de los objetos catastrales en 3D	Mediante una ventana auxiliar llamada <i>Mapa 3D</i> .	En la misma ventana se visualiza las representaciones 2D, 3D y tablas.
Manejo conjunto de las representaciones 3D y la información de las tablas	Se realiza mediante ventanas diferentes. Para revisar la información enlazada a los objetos catastrales 3D se lo hace mediante otra ventana donde se encuentra las representaciones 2D y la información de las tablas relacionadas.	En la misma ventana se puede realizar manejar la información de las tablas juntamente con las representaciones 3D de los objetos catastrales.

Dificultad en el manejo de datos 3D	Se dificulta el manejo de los datos 3D ya que se encuentran en una ventana auxiliar y se precisa interactuar con todas las ventanas al mismo tiempo para poder manejar los datos 2D, 3D y los que se encuentran en las tablas relacionadas.	Fácil interacción y manejo con todos los datos en conjunto ya que se encuentran en una misma ventana.
-------------------------------------	---	---

En base a las ventajas y limitaciones que presenta cada uno de los *software* se concluye que la opción más adecuada, para esta investigación y para los GAD, es ArcGIS Pro para la representación de los objetos catastrales a nivel 3D. Aun cuando es un *software* que requiere licencia, se convierte en una inversión a futuro, considerando las ventajas que presenta al poder representar los objetos catastrales 3D y permitir una fácil interacción y manejo tanto de los datos a nivel 2D y 3D como de la información contenida en las tablas relacionadas.

5.4 CONCLUSIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO CATASTRAL 3D INICIAL PROPUESTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

5.4.1 Adquisición/tratamiento de datos catastrales (en área de estudio)

Para la adquisición de datos catastrales se requiere que exista disponibilidad por parte del GAD cantonal, a su vez que los datos se encuentren actualizados. Como se ha mencionado antes los datos requieren ser actualizados en un lapso máximo por parte del GAD cantonal para dar cumplimiento con la normativa nacional (Acuerdo Ministerial 017-20). Por lo tanto, los datos con los que son más recomendables trabajar para implementar el catastro 3D inicial son aquellos que tengan su última actualización no mayor a dos años.

Por otro lado, los formatos en los que se encuentran los datos catastrales es importante identificar ya que pueden estar en archivo *shapefile*, Excel, CAD, etc., y estos formatos deben ser compatibles con el tipo de *software* que se va a trabajar. En el caso de QGIS y ArcGIS Pro reconoce los formatos antes mencionados.

Para aquellos datos que se encontraban en las fichas catastrales (información análoga) fue necesario convertirla a formato digital para que se incorpore a el resto de información catastral que se encuentra en formato digital y de esta forma completar la información catastral del área de estudio.

Con respecto al tratamiento de datos de partida fue necesario revisar si la información catastral se encuentra a nivel de predial y/o de edificación. Con ello también se identificó los campos de información en cada uno de los formatos que se encuentran contenidos los datos catastrales. Entre ellos el campo principal fue la clave catastral ya que a través de ésta se pueden enlazar los datos catastrales sea a nivel predial o de edificación.

Para el procesamiento de datos de partida fue requerido realizar la eliminación de datos duplicados, de campos que no cumplen con las características de los atributos del modelo catastral 3D propuesto. Por otro lado, se generaron campos para contar con la clave catastral a nivel predial, de construcción y finalmente de piso para de esta forma se mantenga una estructura complementaria con las capas de precios, construcciones, etc.

5.4.2 Generación de base de datos de objetos 3D en base a la propuesta de modelado de datos para catastro 3D

Se desarrolló la *geodatabase* inicialmente en *pgAdmin 4* con la finalidad de atender las especificaciones del Acuerdo Ministerial 017-20, lo que de cierto modo implica un conocimiento de programación. Además, fue posible conectar la base de datos con QGIS mediante la extensión *Postgre*, lo que permitió relacionar la información alfanumérica y espacial.

Cabe señalar que cada una de las tablas que se crearon en *pgAdmin* se basó en las características de las clases y los atributos propuestos en el modelo de dominio catastral 3D. De este modo cualquier cantón que desarrolle la *geodatabase* alineada al modelo propuesto van a estar estandarizadas las tablas y sus respectivos campos.

Una vez creadas las tablas con los respectivos campos se enlazó la *geodatabase* con QGIS. Y se agregó las capas correspondientes a los predios y las edificaciones para poder visualizar tanto la información alfanumérica como la espacial. Si bien es una alternativa para implementar la *geodatabase* se identificó limitaciones entre las principales son: tener un conocimiento sobre programación, lo que limita su uso; por otro lado, la limitante de visualización y manejo de datos 2D y 3D de forma conjunta.

Considerando las limitaciones que se presentó en la primera fase con la interfaz de código abierto se optó por generar la *geodatabase* en ArcGIS Prp. Para utilizar este programa comercial no se requiere tener un conocimiento previo de programación; por otro lado, permite una mayor automatización en el proceso de generación de la *geodatabase*.

En ArcGIS Pro fue posible importar las tablas con sus respectivos atributos mediante la extensión *Catalog*. Así también fue posible incorporar la componente espacial en la *geodatabase* con las respectivas relaciones entre los componente alfanumérico y espacial. Cabe señalar que en una misma ventana se podía interactuar con los datos espaciales y alfanuméricos lo que facilitó el manejo de los mismos.

5.4.3 Representación de datos geoespaciales (edificaciones) a nivel de detalle 1 con las respectivas relaciones con tablas y capas a través de SIG.

La representación 3D de los objetos catastrales a un nivel de detalle 1 fue posible tanto en QGIS como en ArcGIS PRO mediante la herramienta *Extrusion*. Sin embargo, la visualización de la representación 3D no fue la misma en cada una de las interfaces.

En el caso de QGIS se visualizó las representaciones 3D en la ventana *Mapa 3D*, pero las representaciones 2D y la información alfanumérica se proyectaba en otras ventanas alternas. Lo que implicaba una limitante importante no solo de visualización de datos sino también del manejo entre los datos alfanuméricos y espaciales (representaciones 2D y 3D).

Por otro lado, en ArcGIS PRO se obtuvo la representación 3D de las edificaciones del área de estudio y a su vez fue posible visualizar en una misma ventana tanto los datos espaciales 2D y 3D en conjunto con los datos alfanuméricos. Esta ventaja implicó una fácil interacción y manejo conjunto de todos los datos 2D, 3D y los que se encuentran en las tablas relacionadas.

Comparando el desarrollo de implementación de *geodatabase* juntamente con la representación 3D entre el software libre y con licencia, se puede concluir que ArcGIS PRO es el software más apropiado pese a requerir una licencia sus ventajas supera por mucho esta limitante que de cierto modo implica la optimización de tiempo y recursos para iniciar el camino hacia un catastro 3D.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO V

- DROBEŽ, P., GRIGILLO, D., LISEC, A. and FRAS, M.K., 2016. Remote Sensing Data as a potential source for establishment of the 3D cadastre in Slovenia. *Geodetski Vestnik*, **60**, pp. 3.
- EGRED, J., 2000. El Terremoto de Riobamba. 2 edn. Ecuador: Abya-Yala.
- GRÖGER, G. and PLÜMER, L., 2012. *CityGML – Interoperable semantic 3D city models*.
- HAO, M., LIU, Z. and SUN, Y., 2011. Assessment of Mobile Laser Scanning Data for Building Reconstruction in 3D Cadastre, *2011 International Symposium on Image and Data Fusion 2011*, pp. 1-4.
- KOEVA, M. and ELBERINK, S.O., 2016. Challenges for updating 3D cadastral objects using LiDAR and image-based point clouds, *Proceedings of the 5th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 18-20 October 2016.
- KUMAR, P., RAHMAN, A.A. and BUYUKSALIH, G., 2017. Automated Extraction of Buildings from Aerial Lidar Point Cloud and Digital Imaging Datasets for 3D Cadastre—Preliminary Results. *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Springer, Cham, pp. 159-165.
- MIDUVI, 2014. *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- PYTHON ORG, 2018-last update, What is Python? Executive Summary. Available: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/> [Sep 9, 2021].
- RIVADENEIRA, F., SEGOVIA, M., ALVARADO, A., EGRED, J., TRONCOSO, L., VACA, S. and YEPEZ, H., 2007. Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. 1 edn. Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- SÁNCHEZ, J. and LERMA, J., 2012. Actualización de cartografía catastral urbana mediante LiDAR y SIG. **12**, pp. 53-70.
- TOSCHI, I., NOCERINO, E. and REMONDINO, F., 2017. Geomatics Makes Smart Cities a Reality: Enriching 3D Building Models with Non-Spatial Data. *GIM International-The Worldwide Magazine for Geomatics*, **31**(10), pp. 25-27.
- YING, S., GUO, R., LI, L., VAN OOSTEROM, P. and STOTER, J., 2015. Construction of 3D Volumetric Objects for a 3D Cadastral System. *Transactions in GIS*, **19**(5), pp. 758-779.

6 CAPÍTULO VI

APLICABILIDAD CATASTRO 3D A RIESGOS NATURALES

RESUMEN

En el presente capítulo se va a abarcar la revisión bibliográfica de los desastres naturales partiendo desde una visión general de las amenazas naturales en el área de estudio donde se identifica las amenazas geofísicas y morfoclimáticas que afectan no solo a nivel del Ecuador sino específicamente al cantón Riobamba. Lo que permitirá identificar que las amenazas naturales de tipo sísmico, volcánico e inundaciones afectan de forma representativa al área de estudio. Con ello se procederá con la aplicación del catastro 3D en la gestión de riesgos con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante eventos naturales sísmicos, volcánicos y de inundaciones. Lo que destacará la importancia de contar con información catastral 3D adecuadamente estructurada con la finalidad que la utilidad no sea únicamente para el cálculo de impuestos sino también para diversas áreas como la gestión de riesgo que beneficia en los procesos de los GAD municipales y provinciales.

6.1 AMENAZAS NATURALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Entre las múltiples aplicaciones de la información catastral se podría destacar su contribución a la gestión de riesgos naturales, porque aporta una información de gran precisión y detalle de las potenciales afecciones sobre los edificios, equipamientos, población, etc. y, de igual forma, información de enorme utilidad para plantear/organizar planes de emergencia y evacuación de zonas en riesgo, con información igualmente precisa, exacta, a escala más cercana a la realidad urbana.

Según (Keipi, Mora et al. 2005), en América Latina existe escasa información acerca de las causas, consecuencias y variables concernientes al riesgo y, si existe, por lo general, es deficiente y siempre en función de la demanda. Esta situación, que deriva en una inadecuada gestión y/o una errada toma de decisiones, explicaría también, en parte, la vulnerabilidad de toda la región ante las amenazas naturales, que resulta en grandes impactos sobre la economía, las infraestructuras, el tejido social y productivo, etc.; se estima que entre 1975 y 2002 las pérdidas ascendieron a US\$ 3200 millones en la región (Keipi, Mora et al. 2005). La inadecuada gestión del riesgo, las escasas medidas de prevención y/o mitigación, junto a la baja sensibilización y concienciación social ante los riesgos, motivada en parte por la existencia de deficientes programas de información y educación, fundamentales en una sociedad propensa al riesgo, intensifican las consecuencias negativas de este tipo de eventos.

Dentro de la región, Ecuador es uno de los países especialmente expuesto a amenazas naturales. Ubicado en el denominado 'Cinturón de Fuego del Pacífico', son varios los eventos de origen geofísico que suelen afectar de forma recurrente a la mayoría de las regiones del país (terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, etc.). Este tipo de eventos han causado significativas pérdidas humanas y económicas, como el terremoto de 1797 en la antigua Riobamba, que se considera el más devastador de Ecuador; la cifra de víctimas ascendió a cerca de 12 mil y la ciudad tuvo que ser reconstruida totalmente en otro emplazamiento, a unos 23,5 km del original (Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias 2016) . Así también la actividad volcánica ha afectado a la población ecuatoriana en diferentes momentos, por la caída de ceniza y los

lahares, principalmente; el volcán Tungurahua (en el límite de las provincias de Chimborazo y Tungurahua), por ejemplo, inició un episodio eruptivo en 1999 y hasta la actualidad permanece activo; durante este período, las erupciones que mayor daño causaron fueron las del 16-17 de agosto del 2006, que obligó a la evacuación de las zonas pobladas cercanas al volcán (IGPEN 2016).

Fenómenos como El Niño también ha dejado sentir sus efectos negativos en el país, como sucedió en los años 1982 y 1983 que implicó pérdidas cerca de 2.000 viviendas dañadas, aproximadamente 10.000 damnificados, 3.700 evacuados y afectación en los sectores productivos e infraestructura, lo que económicamente representó una pérdida de \$650 millones (Organización Panamericana de la Salud 2000).

6.1.1 Amenazas de carácter natural

Para abordar este apartado, inicialmente se especifica los conceptos básicos referentes a amenaza, riesgo y vulnerabilidad para, posteriormente, hacer un breve recorrido por las principales amenazas naturales que afectan a Ecuador y, en concreto, a la zona de estudio, en el cantón de Riobamba. (Cardona 1993) define amenaza como un peligro latente relacionado a la ocurrencia de un fenómeno físico, ya sea de origen natural o antrópico. En sí, una amenaza es la probabilidad de que un evento totalmente dañino pueda producirse. Técnicamente se considera como la probabilidad de exceder un determinado nivel de ocurrencia de un evento en un sitio específico y durante un lapso (Cardona 1993).

Por su parte, el concepto de riesgo expresaría la relación existente entre la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Pérez 2014). Sería la probabilidad de que un territorio se viera afectado en caso de que se produzca un evento. frente al desastre o catástrofe que es la realización, la materialización del riesgo. Para modificar el riesgo es necesario que se modifiquen estos dos parámetros mencionados.

Por otro lado, (Rodríguez Esteves 2002) menciona que la vulnerabilidad es la predisposición que posee un elemento a sufrir afectaciones o pérdidas a causa de la ocurrencia de algún fenómeno, incluyendo el tiempo de recuperación desde la manifestación del evento. La vulnerabilidad es, sobre todo, una función de la presencia en el territorio de población especialmente sensible, también de elementos, actividades, usos, etc. Las variables de las que se necesita información para determinar la vulnerabilidad es el volumen, distribución y características (sociales, económicas, culturales, demográficas, etc.) de la población, localización de infraestructuras y equipamientos sensibles: infraestructuras vitales para el funcionamiento de la sociedad y para su posterior recuperación (p.e., electricidad, carreteras, etc.) y de equipamientos también vitales, para funcionamiento y recuperación, que acogen también a población vulnerable (hospitales, colegios, etc.). La vulnerabilidad finalmente tiene que ver con la capacidad organizativa de una sociedad, la existencia de normas, leyes, planes de emergencia, protección civil, preparación frente al riesgos, etc.

Ecuador se ubica en América del Sur, atravesado por el paralelo 0 o línea Ecuatorial, limita al norte con Colombia, al sur y este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico. Está atravesado de norte a sur por la Cordillera de los Andes, la cual divide en tres regiones la parte continental del país: Costa, Sierra y Amazonía (Figura 6.1).

El territorio ecuatoriano se emplaza en lo que se denomina el 'Cinturón de Fuego del Pacífico', en concreto en la zona de subducción de la placa de Nazca frente a las costas de Sudamérica. Esto, unido a la presencia en todo el territorio de numerosas fallas geológicas y a su localización en la zona de convergencia intertropical de vientos alisios, explican el que históricamente Ecuador haya sido un país especialmente castigado por numerosos desastres de diversa índole, alguno de los cuales se están agravando en la actualidad como consecuencia del calentamiento global y consiguiente cambio climático.

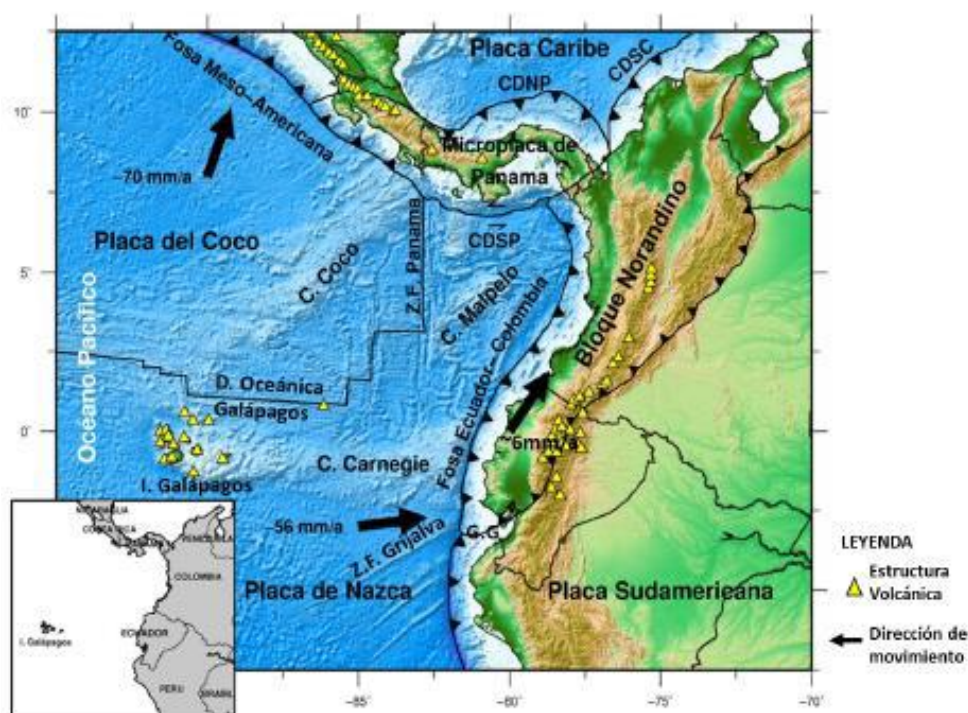


Figura 6.1.- Movimiento de las placas tectónicas

Fuente: (Nocquet, Mothes et al. 2009)

Históricamente los terremotos han sido los eventos más destructivos en Ecuador. Se producen de forma recurrente a lo largo del territorio, siendo los GAD en todos sus niveles (provincial, cantonal, parroquial) los responsables de elaborar e implementar planes de prevención y mitigación. La mayor actividad se da, lógicamente, en las zonas de contacto de placas tectónicas (figura 6.1.), ya que sus movimientos han conformado fallas geológicas.

En la provincia de Chimborazo, donde se localiza el cantón Riobamba, se tiene registros de importantes movimientos telúricos desde 1645, con intensidades de IX, en la escala de intensidad macrosísmica, lo que implica daños considerables en la estructura de las edificaciones, ondulaciones visibles en suelo blando, monumentos y columnas que caen o giran y pánico general (Izquierdo Álvarez 1999). Por lo que este terremoto implicó un gran número de pérdidas humanas y materiales, como se recoge en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1.- Terremotos con Intensidad mayor o igual a VIII, que han afectado a la provincia de Chimborazo

Fuente: Adaptado de Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador (Rivadeneira, Segovia et al. 2007)

TERREMOTOS CON INTENSIDAD \geq VIII QUE HAN AFECTADO A LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO				
FECHA	EPICENTRO		INT. MAX.	ZONAS DE MAYOR AFECTACIÓN
	LAT.	LONG.		
1645/03/15	1.68	-78.55	IX	Chimborazo, Tungurahua
1674/08/29	1.70	-79.00	IX	Chimborazo, Bolivar
1698/06/20	1.45	78.30	X	Tungurahua, Chimborazo
1786/05/10	1.70	78.80	VIII	Chimborazo
1797/02/04	-1.43	-78.55	XI	Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Bolivar
1911/09/23	1.70	-78.90	VIII	Chimborazo, Bolivar
1949/08/05	1.25	78.37	X	Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi
1961/04/08	2.20	-78.90	VIII	Chimborazo

En la región Sierra, el sismo de mayor intensidad (XI) registrado fue el de 1797, el cual causó gran devastación en la mayor parte del territorio ecuatoriano, de tal manera que hubo cambios en la topografía del terreno y la ciudad de Riobamba tuvo que ser reubicada al sitio donde se emplaza actualmente; su posible causa fue una ruptura en el sistema de fallas de Pallatanga (Egred 2000) que discurre paralelo a los Andes. En el mapa de rasgos morfo-estructurales (Figura 6.2) se identifica como la falla, partiendo desde el Golfo de Guayaquil, atraviesa varias ciudades, entre ellas Riobamba, donde se mantiene oculta hasta volver a hacerse visible en Yambo, continuando hasta la provincia de Sucumbíos, en el nor-orienté del país, y se extiende hasta llegar al sur de Colombia (Cañizares 2013).

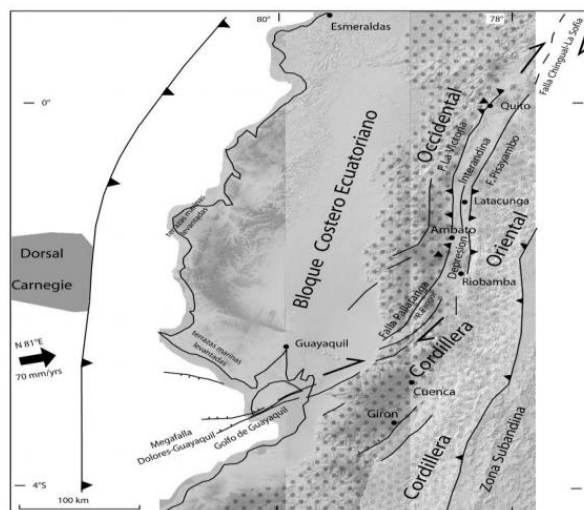


Figura 6.2.- Principales rasgos morfo-estructurales de los Andes de Ecuador

Fuente: (Lavenu 2006)

De acuerdo con el Mapa de Peligrosidad sísmica de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) (Figura 6.3), la ciudad de Riobamba, con un valor de 0.4g para la aceleración de la gravedad, está ubicada en la zona sísmica (V) de alto peligro sísmico, debido al complejo sistema de fallas existentes en esta zona que implica una alta posibilidad de terremotos con intensidad considerablemente destructiva (MIDUVI 2014).

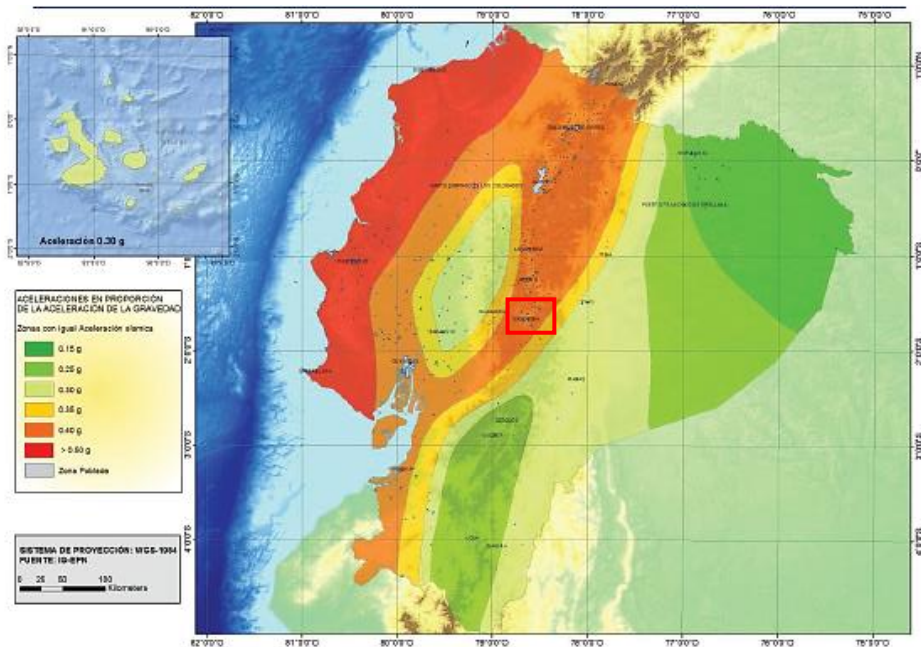


Figura 6.3.- Mapa de Peligrosidad sísmica

Fuente: (MIDUVI 2014)

Toda la línea de costa de Ecuador, en pleno 'Cinturón de Fuego del Pacífico', está también expuesta al riesgo de ocurrencia de tsunamis (Galindo 2019) (Figura 6.4). Del total de 58 maremotos registrados en el litoral desde 1586 hasta 2012, 11 de ellos, el 19%, fueron categorizados como destructivos; de estos, 7 afectaron a la costa continental, tres a las islas Galápagos y 1 a ambas regiones (Contreras López 2014).

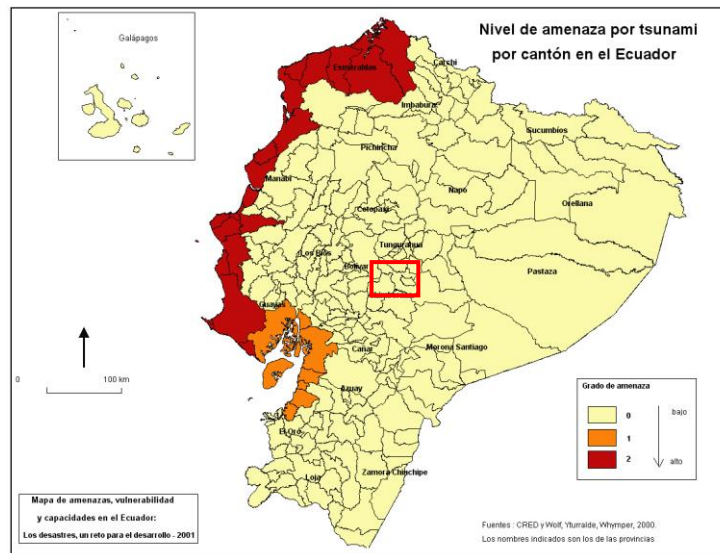


Figura 6.4.- Mapa de amenaza por tsunami por cantón en el Ecuador

Fuente: Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador (Demoraes, D Ercole 2001)

En los registros históricos destaca el maremoto del 31 de enero de 1906, que afectó notablemente a Ecuador y Colombia, con una magnitud de 8,8 Mw y que provocó 1.500 fallecidos y pérdidas de viviendas, principalmente en las costas de la provincia de Esmeraldas, Ecuador (Arreaga 2016). El cantón Riobamba, en la región Sierra, no se veía afectado por este tipo de amenaza geofísica (Figura 6.4).

En la Figura 6.5, se muestra la ubicación de los volcanes potencialmente activos en Ecuador continental. Existen 27 volcanes activos, de los cuales, 20 se encuentran en territorio continental (Cayambe, Reventador, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Sangay o Potrerillos-Chacana, entre otros) y 7 en territorio insular (Marchena, Cerro Azul, Fernandina, Santo Tomás/Volcán Chico, Alcedo, Darwin y Wolf) (Guillaume-Gentil 2013).

Alrededor de la provincia de Chimborazo se encuentran los volcanes Chimborazo, Altar, Carihuairazo, Sangay y Tungurahua, siendo estos dos últimos los que presentan actividad potencial y que, debido a la cercanía, afectan principalmente a los cantones que se encuentran en el centro-norte de la provincia (Figura 6.5) (Demoraes, D Ercole 2001). Cabe señalar que la provincia de Chimborazo se considera como una de las provincias con mayor afectación

debido a la caída de ceniza, principalmente los cantones Guano, Penipe y Riobamba (IGPEN 2016).

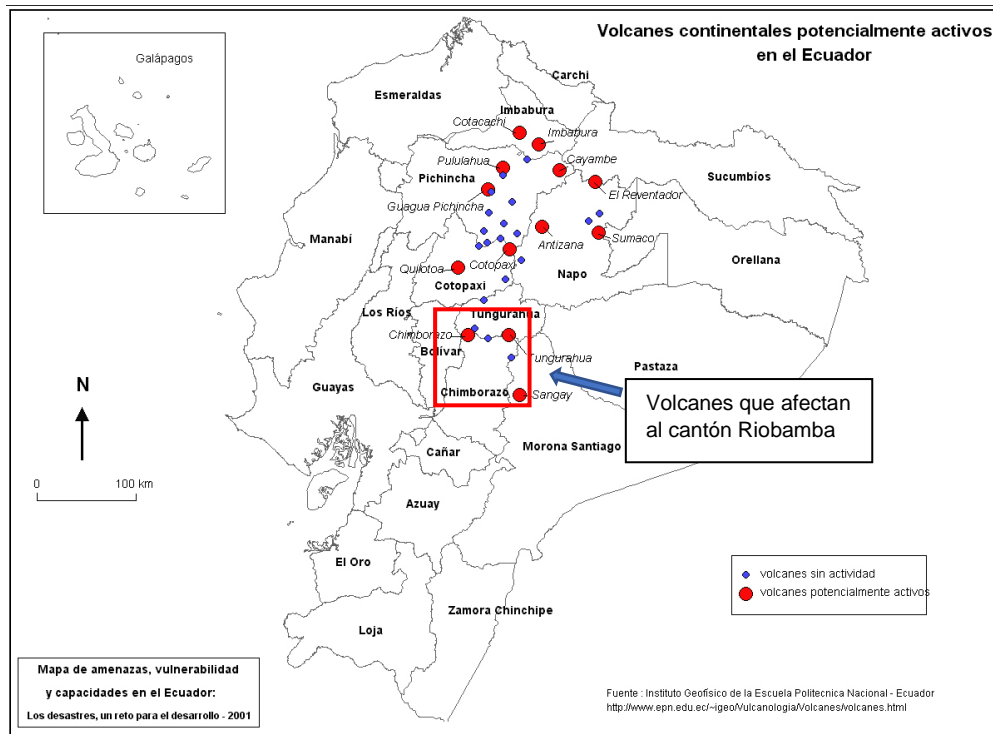


Figura 6.5.- Mapa de volcanes potencialmente activos en el Ecuador

Fuente: Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador (Demoraes, D Ercole 2001)

En la Figura 6.8 de amenaza volcánica, determinada en función de la cercanía a la zona de concentración de volcanes potencialmente activos, se puede observar que el cantón Riobamba, rodeado de cinco volcanes (Chimborazo, Altar, Carihuairazo, Sangay y Tungurahua), presenta grado 3, de máximo peligro volcánico. En los últimos años, ha sido la intensa actividad del Tungurahua la que ha causado afecciones más importantes en la ciudad.



Figura 6.7.- Afectación por la caída de ceniza de la erupción del volcán Tungurahua

Fuente: (IGPEN 2016)

Riobamba se vio especialmente afectada por esa erupción, según (IGPEN 2016), la más explosiva desde su reactivación; soportó la caída de una moderada cantidad de ceniza, afectando a 146.000 personas (WHO 2006) y afectó a la infraestructura local, vías de comunicación e incluso al abastecimiento de agua, ya que los ríos que discurren por el cantón, como el Chambo, el Pastaza y el Puela, presentaron represamientos debido a la acumulación de depósitos de flujos piroclásticos en sus cauces (Figura 6.8).



Figura 6.8.- Afectación por la caída de ceniza de la erupción del volcán Tungurahua

Fuente: (IGPEN 2016)

Las inundaciones son las amenazas más frecuentes y las que mayor incidencia han tenido históricamente en Ecuador. De acuerdo con (Demoraes, D Ercole 2001). Son las cuencas bajas de la región Costa, Amazonia, así como algunas zonas bajas de la región Sierra, las expuestas a inundaciones, debido a factores como: precipitaciones estacionales, fenómeno de El Niño, colapso de los sistemas de drenaje, represamiento de ríos, entre otras.

En Riobamba los factores antrópicos contribuyen a agravar los impactos de las frecuentes situaciones de inundación durante la época lluviosa (enero a mayo), entre ellos, los rellenos de quebradas naturales para consolidar asentamientos informales, la construcción de vías, la ocupación de zonas de protección aledañas a cauces de ríos y quebradas (GADM Riobamba 2020). En la Figura 6.9 se ilustran los niveles de amenaza por inundaciones en el cantón. Según su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-PDOT, entre las zonas con alto nivel de inundación se encuentran: sector Milton Reyes, Barrio 24 de mayo, Retamal, La Inmaculada, Rumipamba, El Pedregal, y también el sector San Antonio del Aeropuerto (GADM Riobamba 2020), que pertenece al área de estudio de esta investigación.

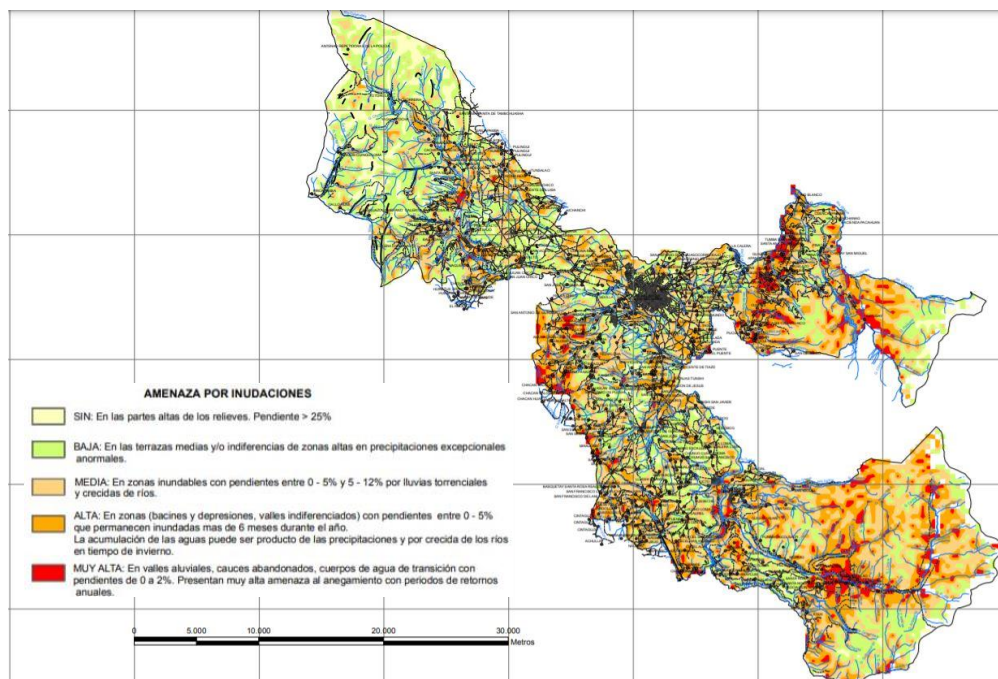


Figura 6.9.- Mapa de nivel de amenaza por inundación del cantón Riobamba

Fuente: (Gestión de Riesgos 2018)

La presencia de la cordillera andina, que atraviesa de Norte a Sur el país, con una extensión de 800 km de longitud y entre 100 y 200 km de ancho, aproximadamente, con alturas máximas de 3.500-4.000 m e importante grado de pendiente en algunos sectores, con formaciones geológicas subyacentes propensas, con presencia de fallas, etc., convierte a Ecuador en un territorio también muy susceptible a deslizamientos o movimientos en masa, agravados en muchas ocasiones por precipitaciones intensas, por terremotos o por un inadecuado uso del suelo.

La provincia de Chimborazo, y en especial el cantón de Riobamba, presenta un grado alto de amenaza de deslizamiento (Figura 6.10). En Riobamba, son las zonas de pendientes más escarpadas de las parroquias rurales, donde se asientan poblamientos espontáneos sin planificación, los que frecuentemente se ven más afectadas por este tipo de eventos.

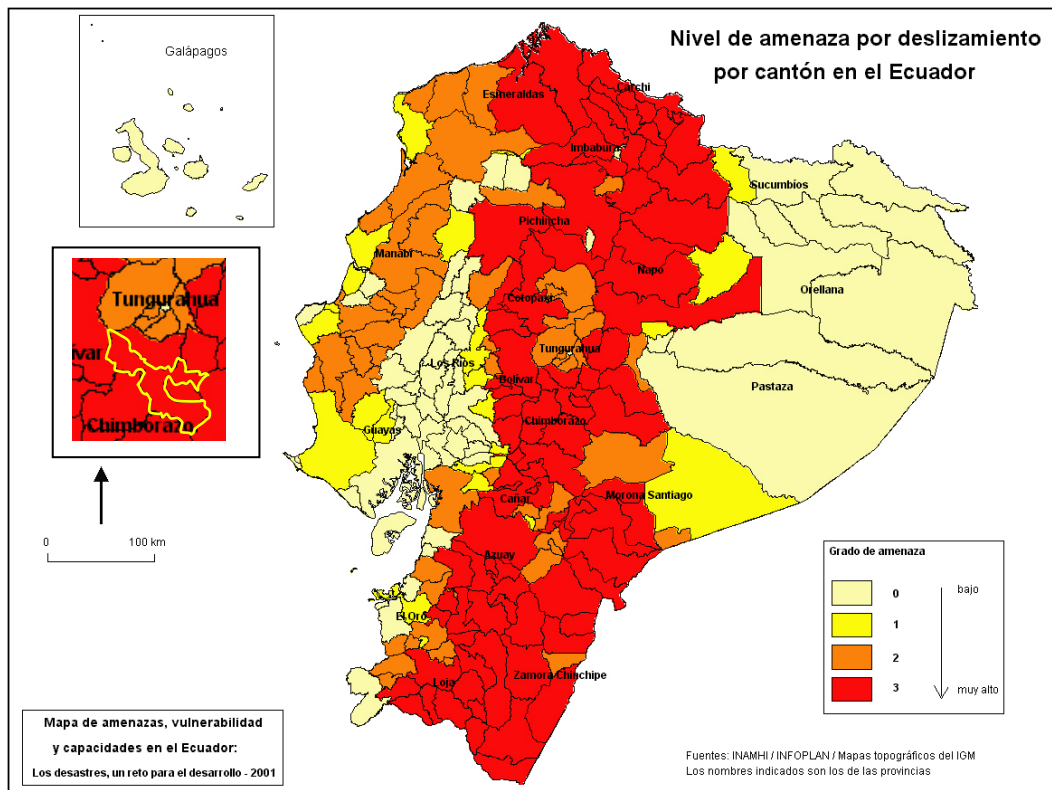


Figura 6.10.- Mapa de nivel de amenaza por deslizamiento por cantón en Ecuador

Fuente: Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador (Demoraes, D Ercole 2001)

Como se ha podido evidenciar la ciudad de Riobamba se encuentra expuesta de forma significativa a amenazas diversas. En la Figura 6.11 se resume la totalidad de peligros o amenazas naturales a las que está expuesto Ecuador; en Riobamba las más significativas son las amenazas sísmicas, volcánicas, inundaciones y los deslizamientos.

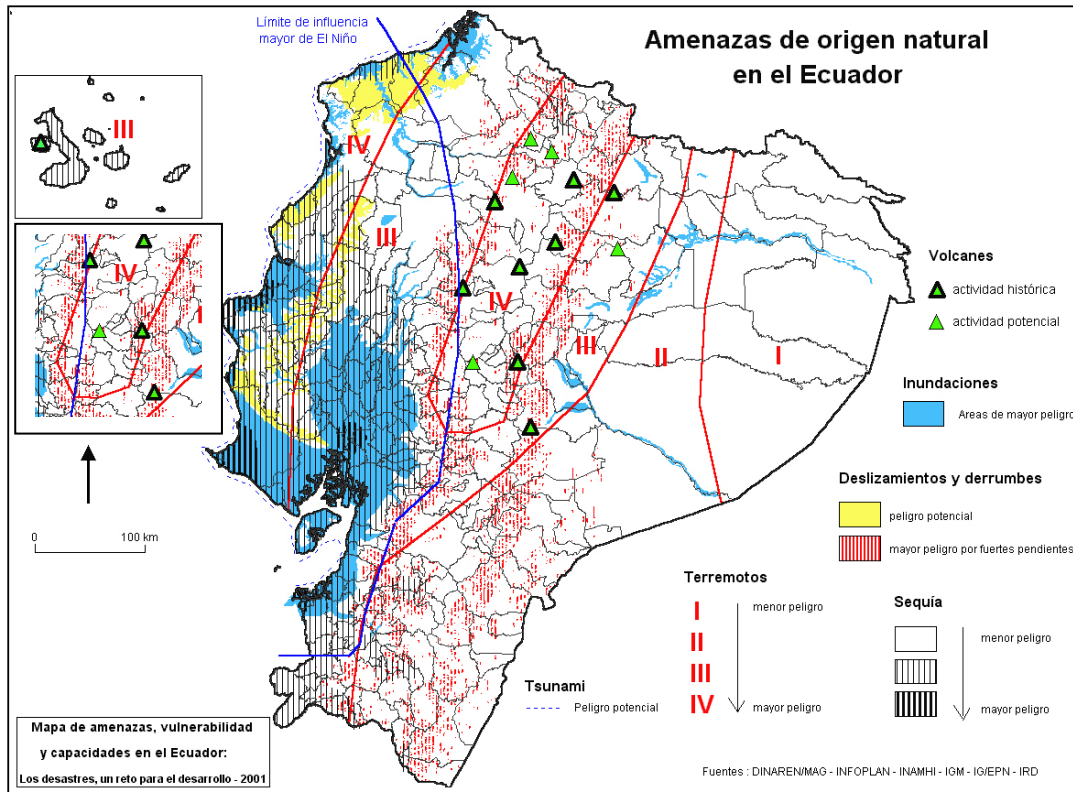


Figura 6.11.- Mapa de amenazas de origen natural en Ecuador

Fuente: Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador (Demoraes, D Ercole 2001)

Considerando que la utilidad de la información catastral no solo es para el cálculo de los impuestos del bien inmueble, sino también para área multidisciplinarias, como es la gestión de riesgos naturales, en el Ecuador se ha desarrollado varias investigaciones donde se utiliza la información catastral para la gestión de riesgos. Entre ellas, destaca la de (Parra 2015), quien se centró en el estudio de riesgo sísmico del Distrito Metropolitano de Quito en base a información catastral proporcionada por el GAD Metropolitano de Quito cabe señalar que la información mencionada se encontraba en diferentes formatos (CAD, shp file, excel , etc) , por lo que el autor tuvo que generar una base de

datos y a su vez enlazar datos geográficos con alfanuméricos para poder llevar a cabo la investigación; así también, (Rosero 2016) requirió de información catastral para determinar los escenarios de riesgo sísmico en el cantón Rumiñahui, sin embargo obtuvo los resultados a nivel predial y no de edificación debido a la falta de información a nivel espacial de las edificaciones. Debido a las limitantes mencionadas, se identificó la necesidad de contar con información catastral a nivel predial y de edificación 2D/3D para obtener resultados más precisos y cercanos a la realidad.

6.2 VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PROPUESTA DE MODELO CATASTRAL 3D

En esta investigación también se pretende explorar la utilidad de la información catastral 3D para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante eventos naturales, en base a los lineamientos establecidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.

6.2.1 Etapas generales para el análisis de vulnerabilidad física⁷ de las edificaciones

Acorde con la *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal* (SNGR 2011), emitida por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, se toma en consideración la Fase 2, correspondiente al análisis de vulnerabilidad definida desde amenazas, específicamente la etapa 4, que implica el análisis de vulnerabilidad física de las edificaciones.

La metodología de SNGR se fundamenta en un amplio conjunto de variables e indicadores para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones que

⁷ Entre las dimensiones de la vulnerabilidad la física se refiere a la presencia de población, según características demográficas, p.e. dimensión estructural es la referida a edificios, viviendas, etc. (TRAGANT 2008).

resulta del análisis de acontecimientos pasados bien documentados y de las propuestas más significativas realizadas por investigaciones, nacionales e internacionales, que se recogen en literatura técnica sobre diferentes amenazas naturales (Barbat, Moya et al. 1996, FACCIOLI 1999, CALVI, PINHO et al. 2006, BRGM 2009). Los indicadores fueron redefinidos y adaptados, para poder ser generados a partir de la información proveniente de los catastros municipales, además, validados a partir de criterio experto con la participación de especialistas técnicos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN) (SNGR 2011). En la Figura 6.12 .- se ilustra que esta etapa destaca el análisis de los datos catastrales correspondientes a las edificaciones, donde se verifica el porcentaje de completitud de las variables requeridas para el análisis de vulnerabilidad.

Una vez verificada la información catastral de predios y construcciones, se determina la vulnerabilidad generada por las características físicas de la edificación y, finalmente, se determina el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones ante cada amenaza, que puede ser sísmica, inundación, deslizamiento de tierra y/o volcánica.

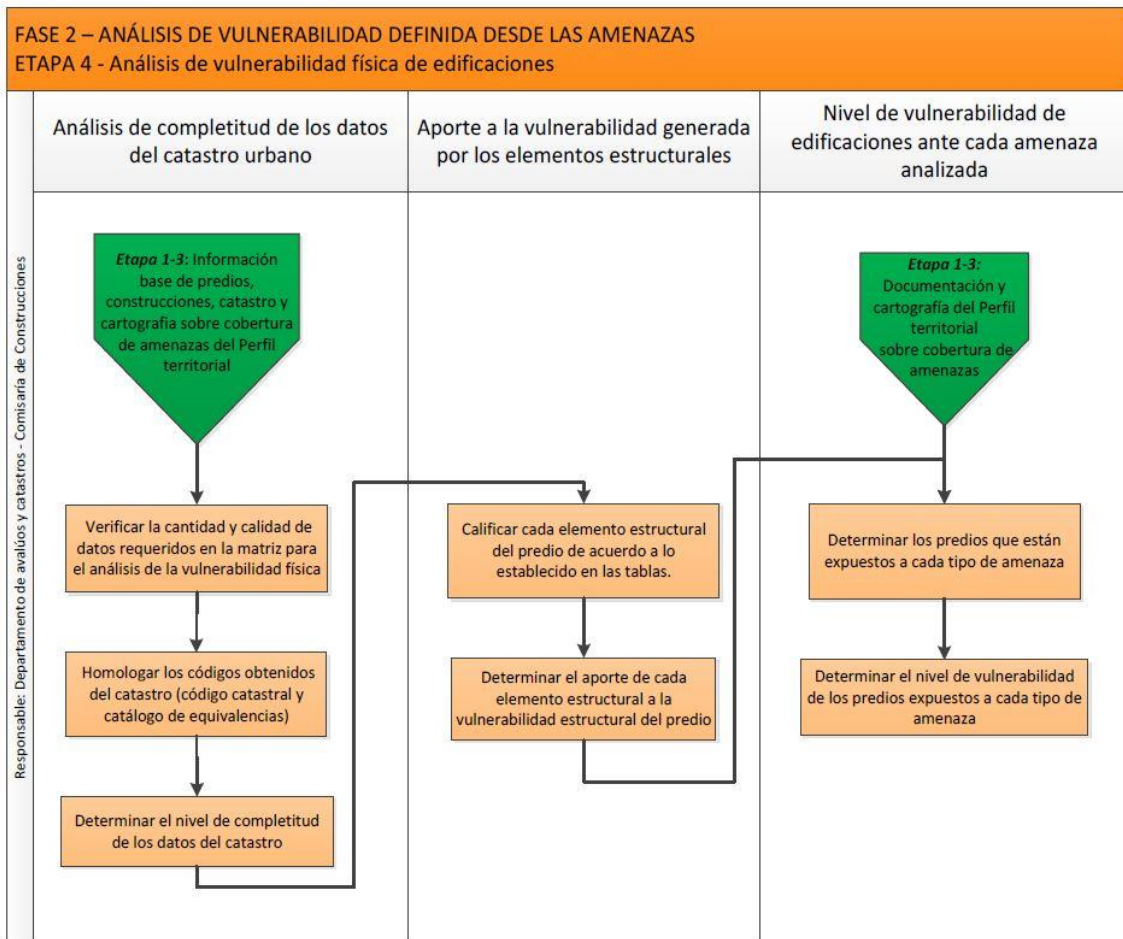


Figura 6.12 .- Pasos para determinar la vulnerabilidad física de las edificaciones

Fuente: (SNGR 2011)

6.2.2 Análisis de completitud de datos⁸ del área de estudio

Para llevar a cabo el análisis de vulnerabilidad de las edificaciones del cantón Riobamba se requirió la información catastral correspondiente a las características físicas de las edificaciones, misma que fue emitida por el Departamento de Avalúos y Catastró del Gobierno Autónomo Municipal de Riobamba.

En la *Guía (SNGR 2011)* se presenta doce variables de vulnerabilidad física de las edificaciones requeridas para el respectivo análisis de vulnerabilidad. Dichas variables se constataron si se pudiesen extraer de la

⁸ Contar con la mayor cantidad posible de datos requeridos (Hill 2021)

información catastral del área de estudio. La Tabla 6.2 especifica cada variable de vulnerabilidad con la respectiva información catastral que deben contener las edificaciones.

Tabla 6.2.- Requerimientos de información catastral para el análisis de vulnerabilidad física de las edificaciones

Fuente: (SNGR 2011)

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INFORMACIÓN CATASTRAL
Sistema estructural	Hormigón armado
	Estructura metálica
	Estructura de madera
	Estructura de caña
	Estructura de pared portante
	Mixta madera/hormigón
Tipo de material en paredes	Mixta metálica/hormigón
	Pared de ladrillo
	Pared de hormigón
	Pared de piedra
	Pared de adobe
Tipo de cubierta	Pared de tapial/bahareque/madera
	Cubierta metálica
	Losa de hormigón armado
	Vigas de madera y zinc
	Caña y zinc
Sistema de entrepisos	Vigas de madera y teja
	Entramado hormigón/metálico
	Entramado de madera/caña
	Entramado metálico
	Losa de hormigón armado
Número de pisos	Vigas y entramado madera
	1 piso
	2 pisos
	3 pisos
	4 pisos
Año de construcción	5 pisos o más
	antes 1970
	1971-1980
	1981-1990
Estado de conservación	1991-2010
	Bueno
	Aceptable
	Regular
Características del suelo bajo la edificación	Malo
	Firme, seco
	Inundable
	Ciénaga
Topografía del sitio	Húmedo, blando, relleno
	A nivel terreno plano
	Bajo nivel calzada
	Sobre nivel calzada
Forma de la construcción	Escarpe positivo o negativo
	Regular
	Irregular
Superficie de construcción	Irregularidad severa
	Metros cuadrados por construcción
Identificación	Código catastral por construcción

La organización y características de la base de datos generada en esta investigación, considerando la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), permite un tratamiento ágil y organizado de la información catastral lo que facilita la obtención de información sobre las variables de vulnerabilidad, la cumplimentación de la matriz de vulnerabilidad y el cálculo de la vulnerabilidad ante las diversas amenazas naturales siguiendo la metodología propuesta por (SNGR 2011).

Por otro lado, para determinar el nivel de completitud de los datos del Catastro, se utilizaron los datos almacenados en la clase [*ec_physical_object*], que corresponden a la información de las características físicas de las edificaciones del área de estudio.

Otra ventaja que se destaca de la estructura del modelado de datos en la *geodatabase* es que permitió identificar la presencia de las variables de vulnerabilidad en la información catastral, de forma precisa y en menor tiempo, así también identificar si alguna de las edificaciones no contaba con el mínimo de porcentaje de completitud, correspondiente al 90%.

Con la finalidad de analizar la distribución espacial de las edificaciones de acuerdo con las características físicas, se realizaron varios mapas. A continuación, se describe cada una de las variables requeridas para el cálculo de vulnerabilidad en el área de estudio.

- **Sistema estructural⁹**

A nivel del sistema estructural se puede evidenciar que las edificaciones en un 90% son estructuras mixtas (metálica y hormigón). Por otro lado, las edificaciones con estructura de pared de portante no son muy habituales, debido al bajo nivel de resistencia ante una amenaza natural; sin embargo, en el área de estudio un 3% posee este tipo de sistema estructural ya que son edificaciones residenciales antiguas que fueron construidas antes de que rija la Norma

⁹ Característica estructural que forma el esqueleto de la edificación cuya función es soportar cargas (TRAGANT 2008)

Ecuatoriana de la Construcción y, por lo tanto, los propietarios adquirieron materiales de construcción cuyo valor era más económico pero desde luego implicaba una menor resistencia ante amenazas naturales (

Figura 6.13).

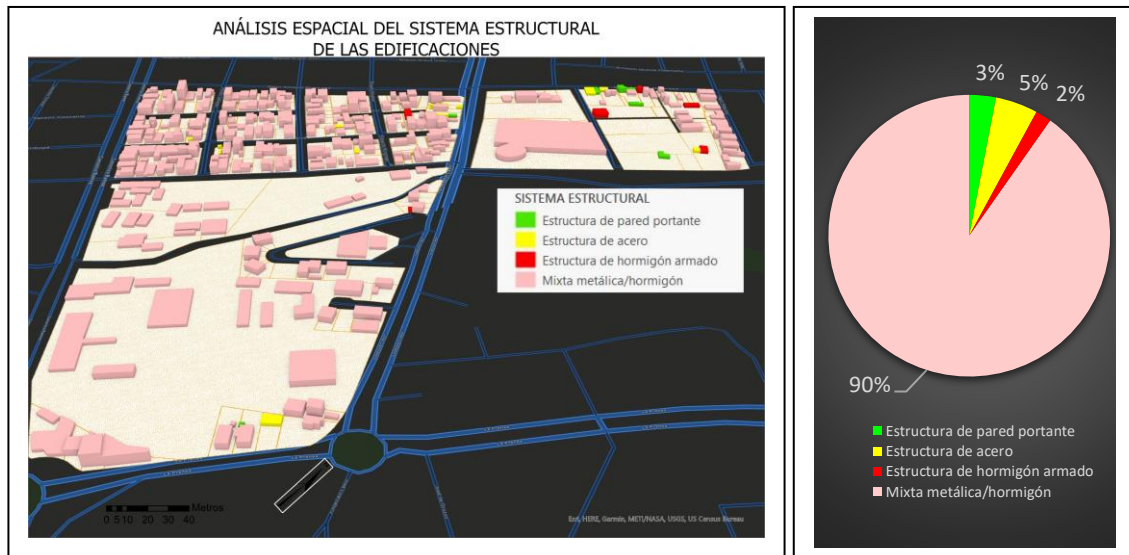


Figura 6.13.- Análisis espacial y porcentual del tipo de sistema estructural de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Tipo de material en paredes¹⁰**

Con respecto a esta característica, el hormigón y el ladrillo son los materiales más habituales en edificaciones que se rigen a lo establecido por (MIDUVI 2014). En la Figura 6.14 se ilustra que 303 edificaciones poseen paredes de hormigón, que se encuentran distribuidas en casi toda el área de estudio (zona 4 y 5). Sin embargo, en la zona 5 se presentan 15 edificaciones que se caracterizan por pared de ladrillo y 10 edificaciones, de uso residencial, que tienen paredes de bahareque; estas últimas presentan este tipo de material, poco resistente, debido a la fecha de construcción, 1975, ya que en ese año aún no regía la NEC y por

¹⁰ Tipo de material de la construcción perpendicular al suelo que divide espacios de la edificación (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)

ende los propietarios podían considerar este material para la construcción de las edificaciones.



Figura 6.14.- Análisis espacial y porcentual del tipo de material en paredes de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Tipo de cubierta¹¹**

Las edificaciones del área de estudio presentan dos tipos de cobertura, sin diferencia significativa en cuanto a reparto porcentual: 45% de las edificaciones con cobertura de losa de hormigón y 55% de las edificaciones con cubierta metálica (

Figura 6.15). Cabe señalar que las edificaciones de tipo residencial presentan en mayor porcentaje cubierta metálica debido a los procesos de ampliación que se realizan en las edificaciones ya que inicialmente no fueron contempladas en su diseño estructural y este tipo de material implica cargas relativamente bajas para el soporte de la estructura. En referencia a los costos usualmente la cubierta metálica utilizada es la de tipo *galvalume* lo que abarata costos de construcción. En la (

Figura 6.15) se puede identificar que las edificaciones de tipo residencial en la zona 5 presentan mayoritariamente esta característica.

¹¹ Tipo de techumbre de una edificación (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)

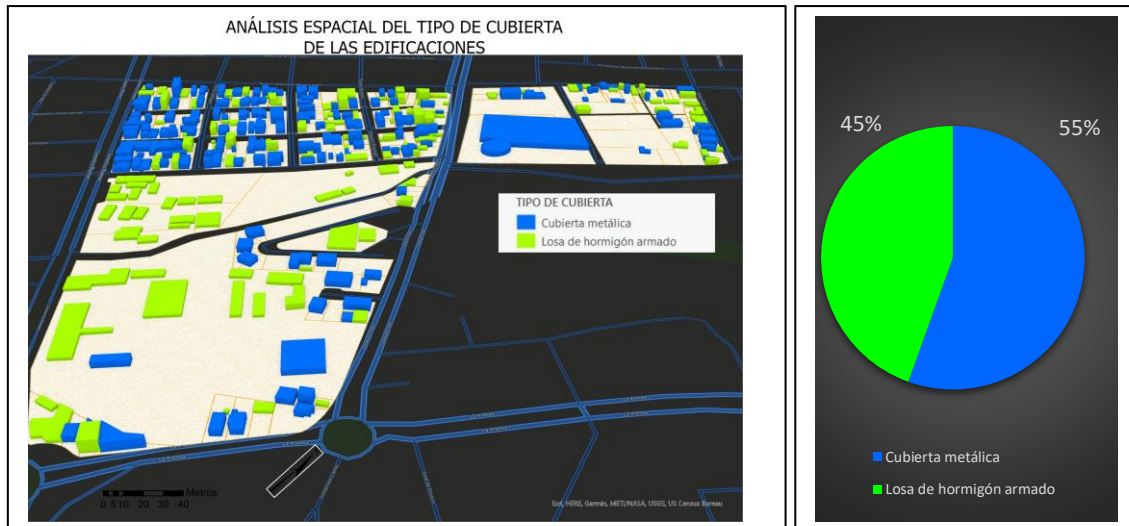


Figura 6.15.- Análisis espacial y porcentual del tipo de cubierta de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Sistema de entrepisos**¹²

El sistema de entrepiso que presenta mayor porcentaje en las edificaciones del área de estudio es el entramado de hormigón metálico, con el 59% de las edificaciones residenciales, que se encuentran predominantemente en la zona 5. Por otro lado, el 41% de las edificaciones poseen un entrepiso de losa de hormigón armado, que corresponde mayoritariamente a las edificaciones de tipo educativo e institucional militar ubicadas en la zona 4. (Figura 6.16).

¹² Sistema constructivo cuya función es separar horizontalmente los niveles de la construcción (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)



Figura 6.16.- Análisis espacial y porcentual del tipo de sistema entrepiso de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Número de pisos**¹³

Con respecto a la característica física correspondiente al número de pisos, en el área de estudio se puede evidenciar (Figura 6.17) que el 45% de las edificaciones son de un piso, mientras que el 43% corresponde a dos pisos. Cabe señalar que en Riobamba las edificaciones en las zonas residenciales, en su mayoría, son de uno y dos pisos, especialmente en este sector de la ciudad, debido a la cercanía al aeropuerto; cuando estaba funcional, las edificaciones se regían a restricciones de altura por seguridad de navegación aérea y operatividad aeroportuaria. Por otro lado, las edificaciones de 3 pisos representan el 11% y solo el 1% corresponde a edificaciones de 4 pisos. En este caso se trata de edificaciones que fueron construidas una vez que cesaron las actividades del aeropuerto y se permitió la construcción sin restricción de altura.

¹³ División horizontal de una edificación (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)

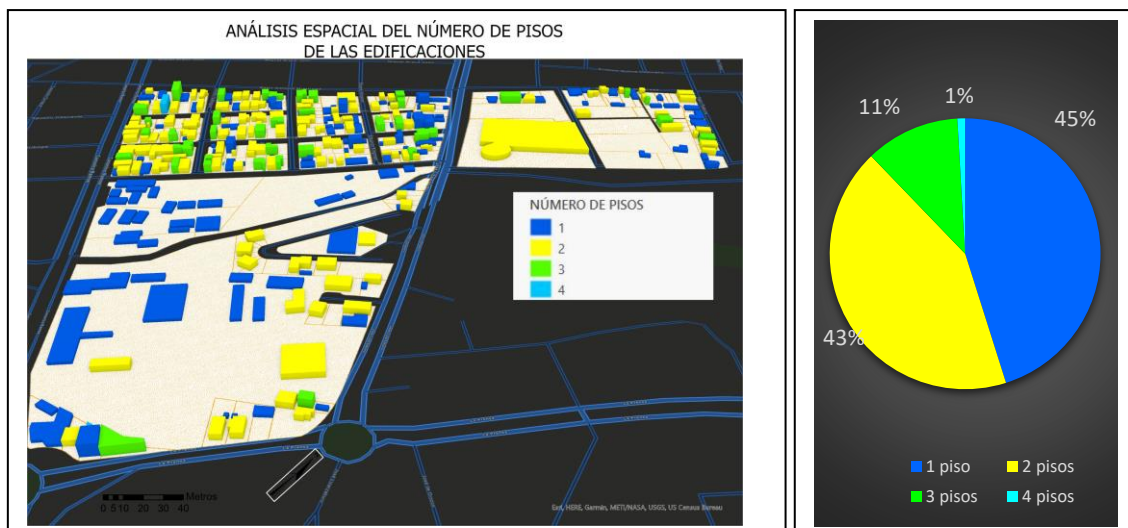


Figura 6.17.- Análisis espacial y porcentual del número de pisos de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Año construcción**¹⁴

El año de construcción de una edificación es esencial para comprender las características físicas que presenta, ya que dependerá del año para identificar la normativa de construcción a la que se rige. Es así, que 170 edificaciones fueron construidas entre 1991-2010, 106 edificaciones entre 1981-1990 y 15 edificaciones construidas entre 2011-2020. Sin embargo, 37 edificaciones no cumplen con los lineamientos emitidos en la NEC ya que fueron construidas antes de 1980 (Figura 6.18). A nivel espacial se puede identificar que las edificaciones más antiguas se localizan en la zona 4, que corresponde mayoritariamente a edificaciones de uso educativo y militar que fueron las que primero se implementaron en este sector de la ciudad, dando origen al crecimiento de la misma. Por otro lado, la vía principal del área de estudio conecta a la ciudad con la vía panamericana lo que le convierte en punto neurálgico de conexión vial, tanto a nivel cantonal como provincial.

¹⁴ Año en el que fue construida una edificación (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)

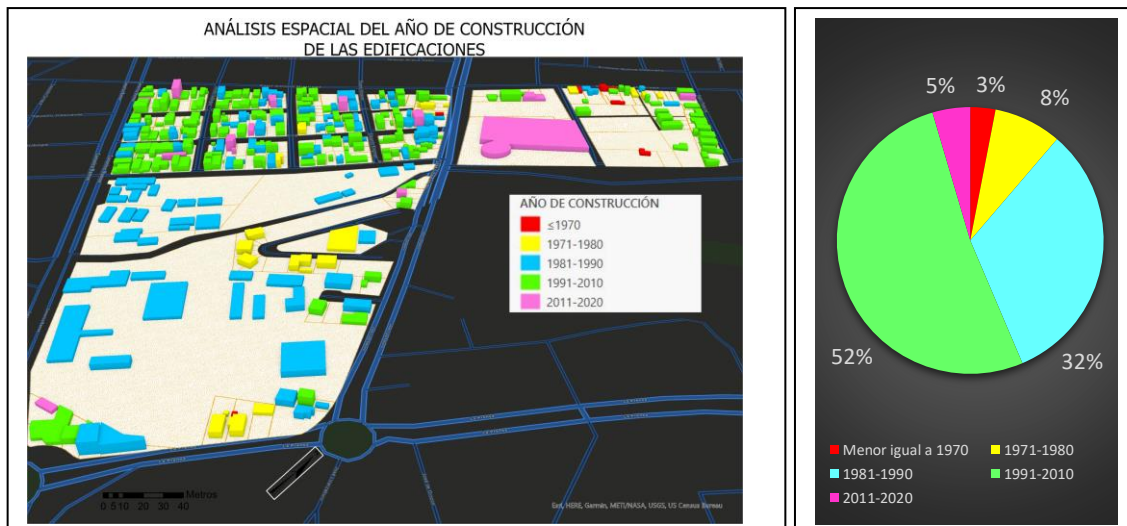


Figura 6.18.- Análisis espacial y porcentual del año de construcción de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Estado de conservación**¹⁵

Respecto al estado de conservación, es una variable subjetiva establecida por técnicos del área de catastro del GAD cantonal, en base a lo establecido por la normativa nacional (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda 2016); establece 4 categorías de valoración del estado de las edificaciones (muy bueno, bueno, regular y malo). En la Figura 6.19 se puede visualizar que el 90% de las edificaciones son consideradas en buen estado, mientras que un 7% se considera en estado aceptable y un 3%, correspondientes con edificaciones residenciales localizadas en la zona 5, se encuentran en un estado regular.

¹⁵ Calificación subjetiva del estado de los componentes constructivos de una edificación (SNGR 2011)

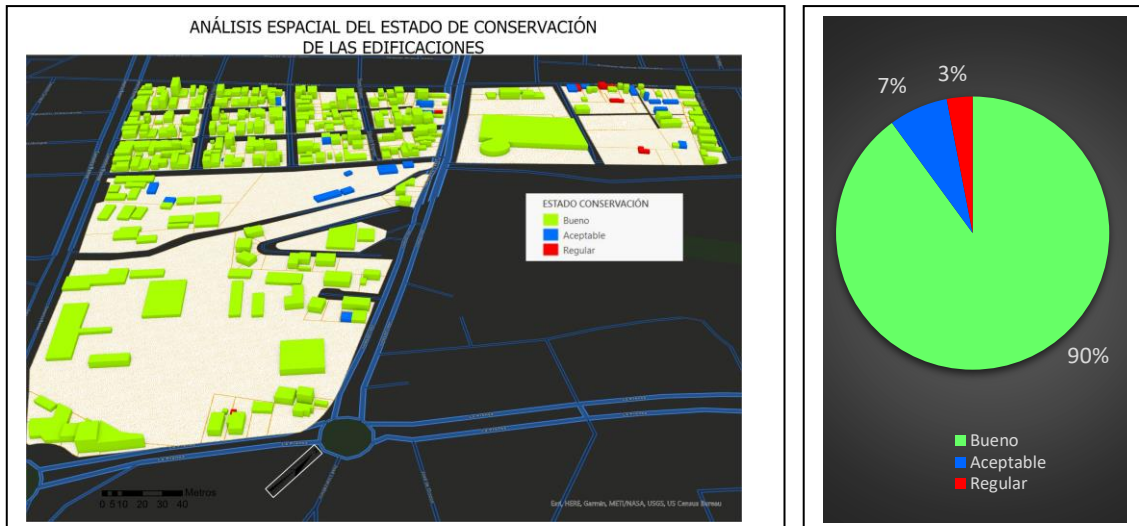


Figura 6.19.- Análisis espacial y porcentual del estado de conservación de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Características del suelo bajo la edificación¹⁶ y Topografía del sitio¹⁷**

Para determinar la vulnerabilidad físico estructural de las edificaciones urbanas según la amenaza se consideran en la *Guía* dos características físicas del entorno en el que se asientan las edificaciones (tipo de suelo) y donde se localizan los predios (topografía del lugar). En la Figura 6.20 se visualiza que la topografía del área de estudio es terreno plano y el suelo es firme/seco, lo que en este caso no tendría influencia al determinar la vulnerabilidad, ya que este tipo de suelo tiene una valoración de 0. Ambas variables se incluyen en esta descripción ya que forman parte de las variables consideradas en la metodología del SNGR.

¹⁶ Propiedades físicas del suelo de acuerdo con las características de sus partículas minerales (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)

¹⁷ Porcentaje de pendiente con respecto a la calzada (Alarcón Álvarez, Alonso Salvador et al. 1997)



Figura 6.20.- Análisis espacial de las características del suelo bajo las edificaciones y la topografía del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Aporte a la vulnerabilidad generada por los elementos estructurales

Con la finalidad de obtener el análisis de vulnerabilidad, se utilizó la base de datos catastral generada para el área de estudio, ya que cuenta con la información necesaria para más del 90% de las variables de vulnerabilidad que se proponen en la metodología de la *Guía* de (SNGR 2011). La puntuación de los indicadores para cada amenaza analizada es establecida en la *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal* (Tabla 6.3). Las valoraciones correspondientes a la vulnerabilidad en cada indicador, para cada tipo de amenaza, así como el resultado final del índice de vulnerabilidad global, se incluyeron en los atributos de las edificaciones, en forma de nuevas columnas para su posterior tratamiento con SIG.

La puntuación se presenta en valores de 0,1,5 y 10, siendo 0 la calificación para un indicador que no aporta significativamente a la construcción ante una amenaza determinada y 10 aquel indicador que representa un incremento a la vulnerabilidad estructural de la edificación (SNGR 2011). De acuerdo con lo indicado por (SNGR 2011), el índice de vulnerabilidad para cada amenaza expresa valores entre 0 y 100, donde se categoriza como baja (0 a 33 puntos), media (34 a 66 puntos) y alta vulnerabilidad (más de 66 puntos).

Tabla 6.3 Puntuación de los indicadores para cada amenaza analizada en cada una de las variables de vulnerabilidad

Fuente: (SNGR 2011)

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INFORMACIÓN CATASTRAL	PUNTUACIÓN DE LOS INDICADORES PARA CADA AMENAZA ANALIZADA		
		AMENAZA SÍSMICA	AMENAZA DE INUNDACIÓN	AMENAZA VOLCÁNICA
Sistema estructural	Estructura de pared portante	5	5	5
	Estructura de acero	1	1	5
	Estructura de hormigón armado	0	1	1
	Mixta metálica/hormigón	1	1	5
Tipo de material en paredes	Pared de bahareque	5	5	5
	Pared de ladrillo	1	1	1
	Pared de hormigón	1	1	1
Tipo de cubierta	Cubierta metálica	5	1	10
	Losa de hormigón armado	0	0	1
Sistema de entrepisos	Entramado hormigón/metálico	5	1	10
	Losa de hormigón armado	0	0	1
	Vigas y entramado madera	5	N/A	N/A
Número de pisos	1 piso	0	10	10
	2 pisos	1	5	5
	3 pisos	5	1	1
	4 pisos	10	1	1
Año de construcción	antes 1970	10	10	10
	1971-1980	5	5	5
	1981-1990	1	1	1
	1991-2010	0	0	0
Estado de conservación	Bueno	0	0	0
	Aceptable	1	1	1
	Regular	5	5	5
Características del suelo bajo la edificación	firme, seco	0	0	0
Topografía del sitio	a nivel terreno plano	0	5	1

6.2.4 Nivel de vulnerabilidad de edificaciones ante cada amenaza analizada

- **SISMICO**

La Figura 6.21 ilustra la matriz de vulnerabilidad sísmica, cumplimentada con la ponderación y valores asignados a cada variable en base a los valores de la Tabla 6.3 establecidos por (SNGR 2011). La sumatoria de estos valores permitió determinar, en escala cualitativa, el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones del área de estudio ante amenazas sísmica. La (SNGR 2011) determinó la valoración y ponderación considerando el análisis de experiencias

documentadas a nivel mundial referentes a la vulnerabilidad sísmica (Yepez, Canas et al. 1996, FACCIOLI 1999).

cc_bloque	id_tipo estad	id_estructura	id_paredes	id_entrepiso	id_cubierta	nroPiso	año Constru	características suelo	topografía sitio	VULNERABILIDAD SISMICA	CUALITATIVA SISMICA									
060101004003037001001	1	0	5	1,2	7	1,2	4	0	5	0	1	0	1995	0	1	0	0	0	2,4	BAJO
060101004003027005001	3	5	0	6	1	6	3	5	4	5	1	0	1945	10	1	0	0	0	37	MEDIO
060101004003027006001	3	5	0	6	1	6	3	5	4	5	1	0	1964	10	1	0	0	0	37	MEDIO
060101004003027006002	2	1	1	1,2	4	1,2	4	0	5	0	1	0	1975	5	1	0	0	0	8,4	BAJO
060101004003027006003	2	1	1	1,2	4	1,2	4	0	5	0	1	0	1975	5	1	0	0	0	8,4	BAJO
060101004003027007001	1	0	5	1,2	7	1,2	4	0	5	0	1	0	1984	1	1	0	0	0	3,4	BAJO

Figura 6.21.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad sísmica en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

En base a los puntajes obtenidos del análisis de vulnerabilidad ante amenaza sísmica, 318 edificaciones, que corresponden al 97%, presentan un nivel de vulnerabilidad bajo, ya que el puntaje oscila entre 1,2 a 21,4 puntos. Sin embargo, 10 edificaciones, que representan el 3%, tienen un nivel de vulnerabilidad media, con puntaje entre 37 y 37,8 puntos (Figura 6.22).

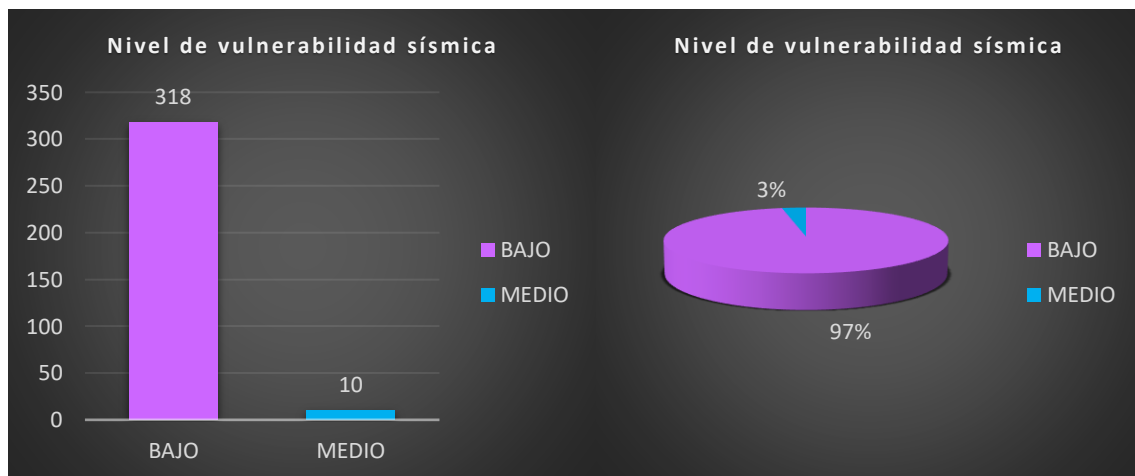


Figura 6.22.- Cuantificación y porcentaje del nivel de vulnerabilidad sísmica

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.23 se puede visualizar el análisis espacial del nivel de vulnerabilidad ante una amenaza sísmica. Las edificaciones mayoritariamente presentan un nivel de vulnerabilidad bajo debido fundamentalmente al que presentan puntuaciones bajas en la mayoría de los indicadores considerados (sistema estructural mixto metálica/hormigón, paredes de hormigón, 1 o 2 pisos,

estado de conservación bueno y año de construcción posterior a 1981). Por otro lado, las edificaciones con vulnerabilidad media son un porcentaje muy bajo; son construcciones con estructura de pared portante, pared de bahareque, cubierta metálica, número de pisos superior a 2, estado de conservación regular y anteriores a 1980, edificaciones, por tanto, antiguas que no cuentan con reforzamiento estructural que les haga más resistente ante eventos de este tipo.



Figura 6.23.- Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenaza sísmica

Fuente: Elaboración propia

- **INUNDACIÓN**

En la Figura 6.24 se ilustra la matriz de vulnerabilidad por inundación; donde cada variable tiene asignado un valor y ponderación en base a lo establecido en la Tabla 6.3. El nivel de vulnerabilidad de las edificaciones del área de estudio ante un evento de inundación se determinó con la sumatoria de estos valores. La ponderación y valores propuestos por la (SNGR 2011) se

basan en conocimientos técnicos, experiencias documentadas y literatura pertinente para vulnerabilidad por inundación (Priest, Wilson et al. 2007).

cc_bloque	id_tipo estado	id estructura	id paredes	id entrepiso	id cubierta	nroPiso	año Constru	características suelo	topografía sitio	VULNERABILIDAD INUNDACION	CUALITATIVA INUNDACION									
060101004003037001001	1	0	5	1,2	7	1,2	4	0	5	0	1	8	1995	0	1	0	0	4	14,4	BAJO
060101004003037002001	1	0	5	1,2	7	1,2	4	0	5	0	2	4	1994	0	1	0	0	4	10,4	BAJO
060101004003039010002	3	5	0	6	1	6	3	1	4	1	1	8	1970	10	1	0	0	4	39	MEDIO
060103005004033004001	3	5	0	6	1	6	3	1	4	1	1	8	1970	10	1	0	0	4	39	MEDIO
060103005004033004002	1	0	5	1,2	7	1,2	3	1	4	1	2	4	1988	1	1	0	0	4	11,4	BAJO
060103005004033004003	2	1	1	1,2	7	1,2	4	0	5	0	1	8	1988	1	1	0	0	4	16,4	BAJO
060103005004033006001	3	5	0	6	1	6	3	1	4	1	2	4	1960	10	1	0	0	4	35	MEDIO

Figura 6.24.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad de inundación en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.25 se puede comprobar que el 97% de las edificaciones presentan un nivel de vulnerabilidad bajo, ya que el puntaje oscila entre 7,2 y 20,4 puntos. Por otro lado, el 3% tienen un nivel de vulnerabilidad media debido a que el índice de vulnerabilidad se encuentra entre 35 y 39 puntos.

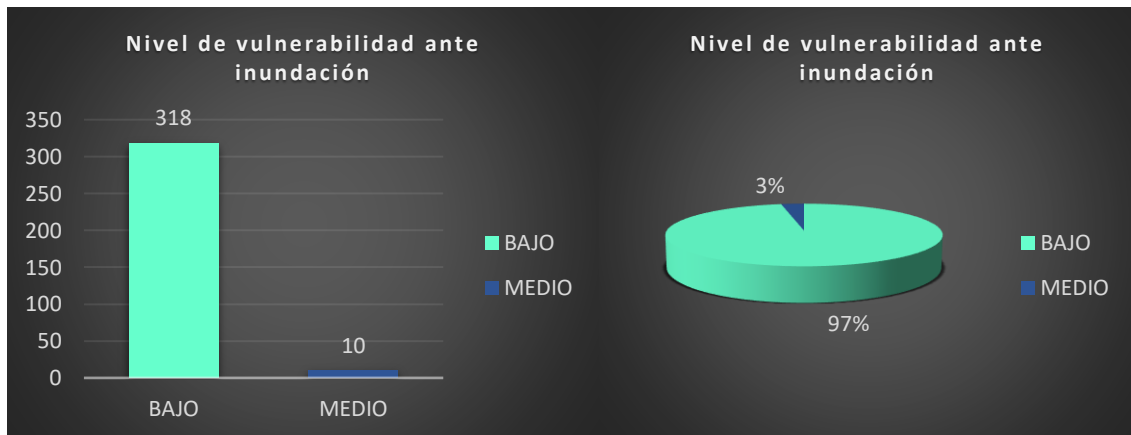


Figura 6.25.- Cuantificación y porcentaje de nivel de vulnerabilidad ante amenaza de inundación

Fuente: Elaboración propia

Respecto al comportamiento espacial de los resultados, se identifica en la Figura 6.26 que las edificaciones presentan un nivel de vulnerabilidad bajo en casi toda el área de estudio, ya que predominan edificaciones con características físicas de puntuación baja (valor 1) frente a esta amenaza. En este caso, son edificaciones que tienen estructura de hormigón armado o mixta, pared de ladrillo

u hormigón, año de construcción posterior a 1981 y estado de conservación bueno/aceptable. Sin embargo, las edificaciones con vulnerabilidad media se localizan principalmente en la zona 5, mismas que se caracterizan por presentar características físicas de puntuación media/alta (valor 5 o superior). Entre las más predominantes se encuentran edificaciones con estructura de pared portante, pared de bahareque, número de piso 1 o 2, estado de conservación regular y año de construcción anterior a 1980.

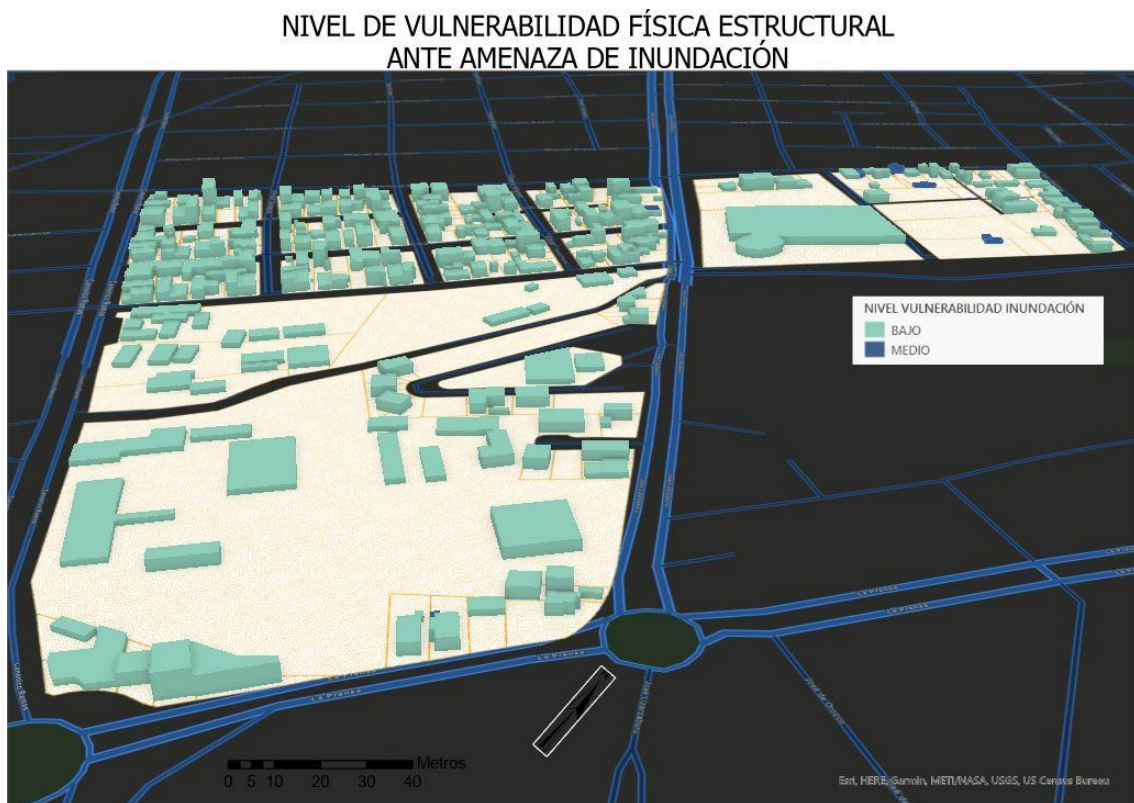


Figura 6.26.- Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenaza de inundación

Fuente: Elaboración propia

- **VOLCÁNICO**

La Figura 6.27 recoge la matriz de vulnerabilidad volcánica; los valores asignados y las ponderaciones aplicadas a cada variable que se muestran en la Tabla 6.3 son los establecidos por (SNGR 2011). La sumatoria de estos valores permitió determinar, en escala cualitativa, el nivel de vulnerabilidad de las

edificaciones del área de estudio ante amenazas volcánicas. La ponderación y valores propuestos por (SNGR 2011) se basan en literatura internacional pertinente a la vulnerabilidad volcánica (Baxter, Neri et al. 1998, Blong 2000).

cc_bloque	id_tipo estado	id estructura	id paredes	id entrepiso	id cubierta	nro Piso	año Constru	características suelo	topografía sitio	VULNERABILIDAD VOLCANICA	CUALITATIVA VOLCANICA									
060101004003037002002	1	0	5	6	7	1,2	3	10	4	10	3	0,8	1994	0	1	0	0	0,8	18,8	BAJO
060101004003037003001	1	0	5	6	7	1,2	3	10	4	10	2	4	1985	1	1	0	0	0,8	23	BAJO
060101004003027006001	3	5	0	6	1	6	3	10	4	10	1	8	1964	10	1	0	0	0,8	45,8	MEDIO
060103005004033006001	3	5	0	6	1	6	3	10	4	10	2	4	1960	10	1	0	0	0,8	41,8	MEDIO
060103005004033006002	3	5	0	6	1	6	3	10	4	10	1	8	1970	10	1	0	0	0,8	45,8	MEDIO
060103005004033007001	3	5	0	6	1	6	3	10	4	10	1	8	1960	10	1	0	0	0,8	45,8	MEDIO
060103005004033007002	1	0	5	6	7	1,2	3	10	4	10	1	8	2003	0	1	0	0	0,8	26	BAJO

Figura 6.27.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad volcánica en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 6.28 que 318 edificaciones presentan un nivel de vulnerabilidad bajo, ya que el puntaje oscila entre 8,2 Y 31 puntos. Por otro lado, 10 edificaciones tienen un nivel de vulnerabilidad media, debido a que el puntaje se encuentra entre 41,8 Y 45,8 puntos.

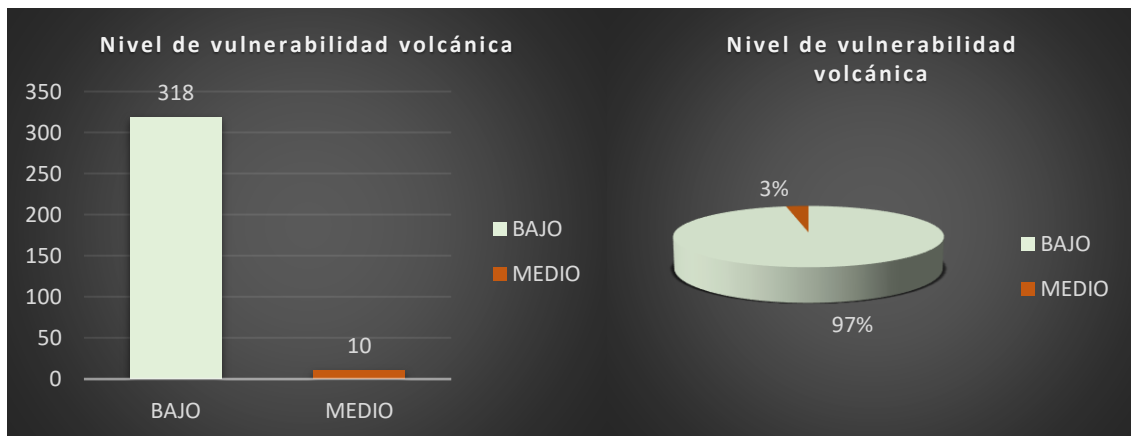


Figura 6.28.- Cuantificación y porcentaje del nivel de vulnerabilidad volcánica

Fuente: Elaboración propia

Analizando la distribución espacial, se identifica en la Figura 6.29 que son mayoritarias las edificaciones que, dadas sus características físicas (estructura de hormigón armado, pared de hormigón/ladrillo, losa de hormigón armado, año de construcción posterior a 1981 y estado de conservación bueno/aceptable) presentan un nivel de vulnerabilidad bajo en la zona de estudio. Las edificaciones

con vulnerabilidad media son minoritarias y se localizan especialmente en la zona 5; son de tipo residencial, anteriores a 1980, y, además de presentar un estado de conservación regular, este nivel de vulnerabilidad se explicaría, sobre todo, por ser construcciones de paredes de bahareque y cubiertas metálicas.



Figura 6.29 Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones ante amenaza volcánica

Fuente. Elaboración propia

- **VULNERABILIDAD GLOBAL**

Este indicador global no se contempla en la *Guía de la* (SNGR 2011); sin embargo, se ha procurado integrar los indicadores de vulnerabilidad de las amenazas naturales consideradas en el área de estudio con la finalidad de obtener un indicador sintético de vulnerabilidad física estructural de las edificaciones al conjunto de amenazas naturales que contribuya, de cierto modo, a la planificación y gestión de riesgo. La Figura 6.30 recoge la matriz de vulnerabilidad global del área de estudio. Para ello se consideró los valores de vulnerabilidad ante cada amenaza natural, donde se obtuvo la media para definir

la vulnerabilidad global de cada edificación del área de estudio. Por otro lado, las categorías de tipo cualitativo se definieron en base a puntos de corte en media y desviaciones estándar de la columna de vulnerabilidad global, considerando la desviación estándar +/-1. Donde se estableció cuatro categorías: bajo (menor a 9,65), medio (9,65 - 14,88), alto (14,87 – 20,09) y muy alto (mayor a 20,09).

cc_bloque	VULNERABILIDAD SÍSMICA	VULNERABILIDAD INUNDACIÓN	VULNERABILIDAD VOLCÁNICA	VULNERABILIDAD GLOBAL	CUALITATIVO GLOBAL
060101004003037001001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037002001000000	3,20	10,40	13,00	8,87	BAJO
060101004003037002002000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003037003001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003037003002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003037004001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003037005001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037005002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003037008001000000	3,20	10,40	13,00	8,87	BAJO
060101004003037008002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037009001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003027004001000000	19,20	16,40	28,00	21,20	MUY ALTO
060101004003027005001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO

Figura 6.30.- Ejemplo de matriz para cálculo de vulnerabilidad global en el área de estudio

Fuente. Elaboración propia

En base a los puntajes obtenidos del análisis de vulnerabilidad global ante amenazas naturales (sísmica, volcánica, inundación), 15 edificaciones, que corresponden al 5%, presentan un nivel de vulnerabilidad bajo, ya que el puntaje es menor a 9,65 puntos. Por otro lado, los porcentajes más representativos corresponden a edificaciones con vulnerabilidad media (42%) y alta (46%). Sin embargo, 23 edificaciones, que representan el 7%, tienen un nivel de vulnerabilidad muy alta ya que su puntaje es superior a 20,09 puntos (Figura 6.31).

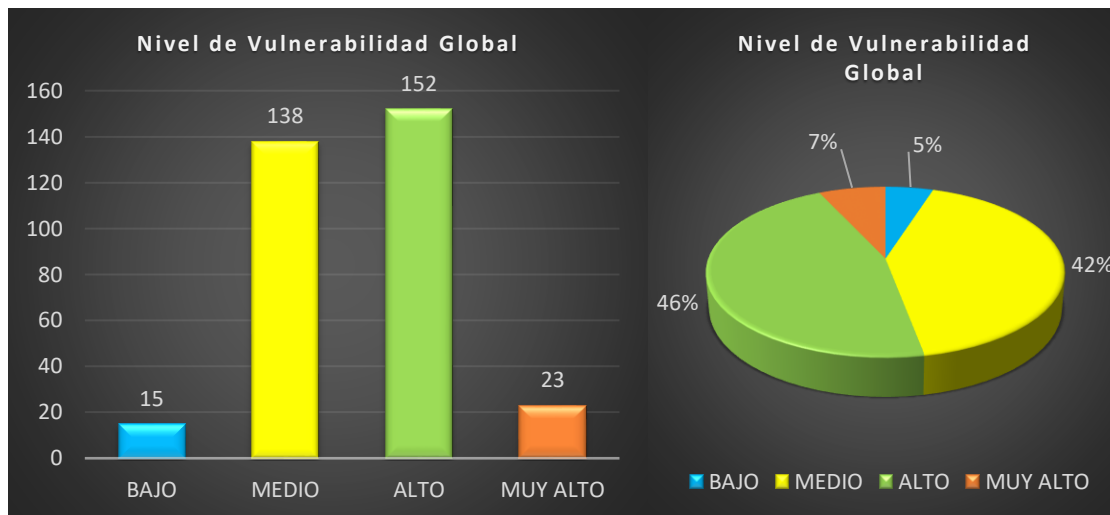


Figura 6.31.- Cuantificación y porcentaje del nivel de vulnerabilidad global

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6.32 ilustra el comportamiento espacial de los resultados; se identifica que las edificaciones presentan, en su mayoría, niveles de vulnerabilidad medio (zona 4 y 5) y alto (zona 5 principalmente) en el área de estudio, ya que predominan edificaciones con características físicas de puntuación media/alta para las tres amenazas naturales. Entre las características físicas se destacan la estructura de pared portante, pared de bahareque, cubierta metálica, construidas entre 1971-1990 y estado de conservación regular. En el caso de las edificaciones que presentan una vulnerabilidad muy alta, se localizan especialmente en la zona 4, que son edificaciones de tipo residencial y sus características físicas presentan una puntuación máxima ante amenazas naturales, como entramado hormigón/metálico, año de construcción antes de 1970. Por otro lado, las edificaciones con vulnerabilidad baja se localizan en la zona 4; son de tipo residencial y presentan características físicas de mayor resistencia ante amenazas naturales, como estructura de hormigón armado, paredes de ladrillo u hormigón, losa de hormigón armado, año de construcción superior a 1991, estado de conservación bueno.

Considerando el alto porcentaje de las edificaciones del área de estudio que presentan vulnerabilidad alta ante amenazas naturales, se sugiere posibles soluciones para mitigar este alto porcentaje. En el caso de las edificaciones de

tipo educativo y público que requieran un reforzamiento estructural se precificaría considerar dentro del plan operativo anual de cada institución. Así también, se considere inversiones públicas para edificaciones nuevas que sustituyan a aquellas que presentan características físicas deterioradas altamente y que un reforzamiento estructural no sería suficiente. Por otro lado, para la construcción de las edificaciones de tipo residencial, principalmente, se requiere la verificación constante del cumplimiento de la normativa de construcción para garantizar que las edificaciones presenten características físicas estructurales resistentes ante amenazas naturales. Otra posible solución es que el GAD mediante un equipo técnico conformado por ingenieros, planificadores, inspectores propongan un plan para mejorar aspectos estructurales que se dé a conocer a los propietarios con la finalidad de disminuir ese porcentaje y la edificación sea más resistente ante un evento natural, ya que el desconocimiento de los propietarios de edificaciones de tipo residencial ha sido uno de los factores para que no se realice los reforzamientos estructurales periódicamente. Así también, se instaure como requisito mandatorio un plan de evacuación para las edificaciones no solo de tipo público/educativo, sino para todas independientemente de su uso con la finalidad de que los ocupantes tengan las herramientas para mitigar consecuencias ante un evento natural. Las soluciones que se pongan en marcha permitirán prevenir y mitigar consecuencias propias de los siniestros naturales que, ante la amenaza del agravamiento de efectos negativos del cambio climático, episodios extremos van a ser más frecuentes y, seguramente, más destructivos.

NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA GLOBAL ANTE AMENAZAS NATURALES

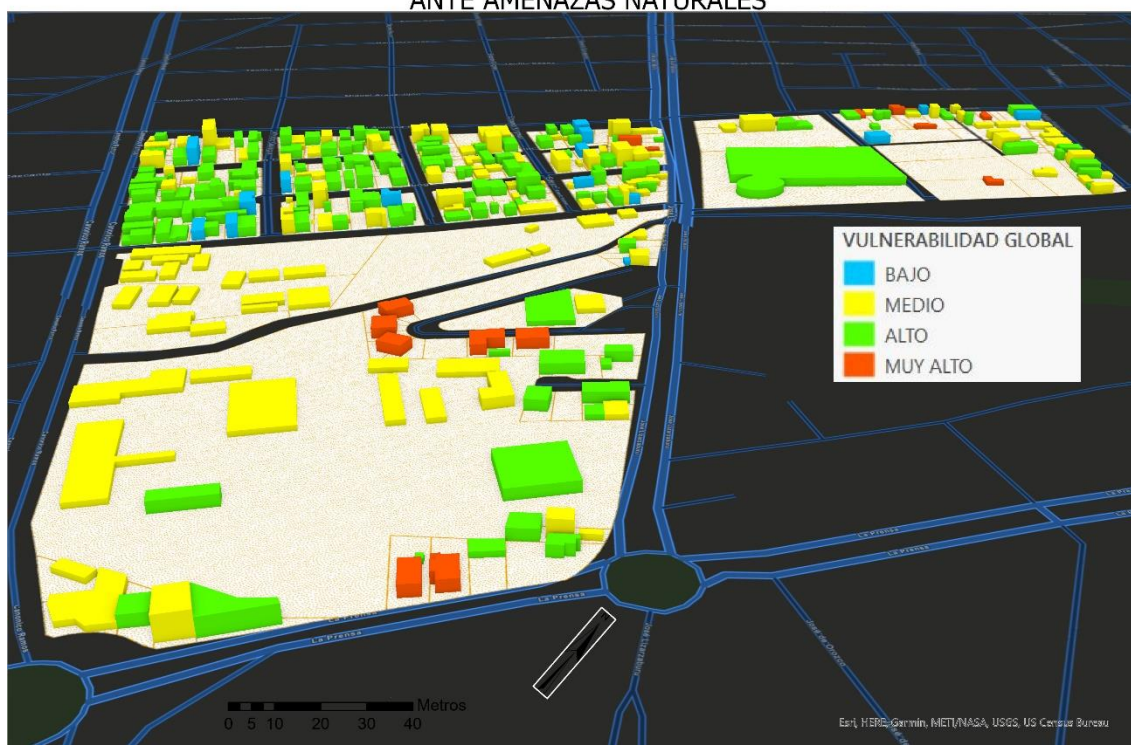


Figura 6.32.- Análisis espacial del nivel de vulnerabilidad física a nivel global de las edificaciones ante amenazas naturales

Fuente: Elaboración propia

Cabe recalcar que la metodología para la vulnerabilidad física de las edificaciones de la *Guía* de (SNGR 2011) se basa en la información que, teóricamente, debería tener el catastro de cualquier cantón, para cumplir con la normativa ecuatoriana; sin embargo, no está asegurado que todos los cantones dispongan de la información requerida para implementar la metodología.

En varios cantones del país, los GAD municipales, conjuntamente con el apoyo de la academia y técnicos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, han tratado de realizar una implementación piloto de la *Guía*; sin embargo, se presentaron limitaciones principalmente en la información que se detalla a continuación:

- falta de información de las variables requeridas, lo que dificulta el cálculo de los índices de vulnerabilidad ante las diferentes amenazas, como fue el caso de los cantones Latacunga (Romero 2013), San Miguel de Ibarra

(Velarde 2013b), Esmeraldas (Velarde 2013a), San Pedro de Huaca (Velarde 2013c).

- falta de información espacial a nivel de edificación, lo que limitó la obtención de mapas de vulnerabilidad por edificación en los cantones Loja (Paladines, S. 2013), Guaranda (Paucar 2013a), Rumiñahui (Bermúdez 2013), San Miguel de Bolívar (Paucar 2013b).
- información únicamente alfanumérica, sin estar enlazada a datos geográficos, limitando la obtención de resultados a nivel espacial y, por ende, dificultando la localización de las edificaciones vulnerables en los cantones Francisco de Orellana (Aldeán, Hidalgo 2013), Manta (Pindo 2013).

Por lo que se destaca que en la presente investigación se aplicó la *Guía* para análisis de vulnerabilidad física de las edificaciones sin complicaciones, cumpliendo con el porcentaje de completitud de datos para obtener los índices de vulnerabilidad frente a las diferentes amenazas, tanto a nivel numérico como espacial (nivel edificación) porque, precisamente, se ha preparado un modelo que permita una adecuada organización de la información catastral que facilite los procesos, no solo en el ámbito catastral sino también en diversas áreas, como es la gestión de riesgos. En base a las mencionadas ventajas y utilidad, se enfatiza la importancia de que los cantones implementen la propuesta de dominio catastral 3D inicial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO VI

- ALARCÓN ÁLVAREZ, E., ALONSO SALVADOR, M., BLASCO SÁNCHEZ, C., CANO HURTADO, J.J., GÓMEZ LERA, S., HACAR BENÍTEZ, M.A., PIÑÓN PALLARES, J.L. and SANCHO, J.M., 1997. *Construcción y obras públicas [glosario]*. España: E.T.S.I. Industriales (UPM).
- ALDEÁN, W. and HIDALGO, I., 2013. *Aplicación Y Sistematización De La Propuesta Metodológica Para El Análisis De Vulnerabilidades De La Parroquia Urbana Puerto Francisco De Orellana, Cantón Francisco De Orellana, Mediante El Uso De Herramientas Sig*. Ecuador: CEDIA.
- BARBAT, A.H., MOYA, F.Y. and CANAS, J.A., 1996. Damage scenarios simulation for seismic risk assessment in urban zones. *Earthquake spectra*, **12**(3), pp. 371-394.
- BAXTER, P.J., NERI, A. and TODESCO, M., 1998. Physical Modelling and Human Survival in Pyroclastic Flows. *Natural hazards (Dordrecht)*, **17**(2), pp. 163-176.
- BERMÚDEZ, N., 2013. *Análisis de vulnerabilidad cantón Rumiñahui*. Ecuador: CEDIA.
- BLONG, R., 2000. *Volcanic Hazards and Risk Management*. Academic Press.
- BRGM, 2009. *State-of-the-art on vulnerability types: Methodologies to assess vulnerability of structural systems*. European Commission.
- CALVI, G.M., PINHO, R., MAGENES, G., BOMMER, J.J., RESTREPO-VELEZ, L.F. and CROWLEY, H., 2006. Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. *ISSET Journal of earthquake technology*, **43**(3), pp. 75-104.
- CAÑIZARES, F., 2013. Perfil Territorial del Cantón Pallatanga. *CEDIA*, **1**(1), pp. 124.
- CARDONA, O., 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In: A. MASKREY, ed, *Los desastres no son naturales*. Panamá: La Red, pp. 51-74.
- CONTRERAS LÓPEZ M. Riesgo de Tsunami en Ecuador. *INGENIUS*. 2014 Dec 30, (12):68-75.

- DEMORAES F, D ERCOLE R. Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en Ecuador: informe preliminar. 2001.
- EGRED, J., 2000. *El Terremoto de Riobamba*. 2 edn. Ecuador: Abya-Yala.
- FACCIOLI, E., 1999. Special issue: The Catania Project: studies for an earthquake damage scenario. *Journal of seismology*, **3**(3).
- GADM RIOBAMBA, 2020. *Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba*. Ecuador: GADM Riobamba.
- GALINDO M. Viviendo con el mar: inestabilidad litoral y territorios en movimiento en La Barra, Pacífico colombiano. *Revista colombiana de antropología*. 2019, 55(1):29-57.
- GESTIÓN DE RIESGOS, 2018-last update, Sequía. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sequia/2021>].
- GUILLAUME-GENTIL N. Cinco mil años de historia al pie de los volcanes en Ecuador. Quito: FLACSO; 2013.
- HILL KH. Métodos analíticos para evaluar la completitud y la calidad del registro de las defunciones. 2021.
- IGPEN, 2016-last update, Conmemoración de los Diez años de la erupción más grande del volcán Tungurahua: 16 de agosto de 2006. Available: <https://www.igepn.edu.ec/portal/tung10anios/intro.html>2021].
- IZQUIERDO ÁLVAREZ A. Intensidad Macrosísmica. 1999:1-16.
- KEIPI, K., MORA, S. and BASTIDAS, P., 2005. *Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo, Lista de preguntas de verificación ("Checklist")*. Washington,USA: BID.
- LAVENU, A., 2006. Neotectónica de los Andes entre 1°N y 47°S (Ecuador, Bolivia y Chile): una revisión. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **61**(4), pp. 504-524.
- MIDUVI, 2014. *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y DE VIVIENDA, 2016. *Acuerdo Ministerial 029-16-Normas Técnicas Nacionales para el Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos, Rurales y Avalúos de Bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros*.
- NOCQUET J, MOTHE P, ALVARADO A. Geodesia, geodinámica y sismo en Ecuador. In: Collot J, Sallares V, Pazmino N, editors. *Geología y*

- geofísica marina y terrestre del Ecuador: desde la costa continental hasta las Islas Galápagos. Ecuador: INOCAR; 2009.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000. *Crónicas de Desastres - Fenómeno El Niño 1997-1998*. 1 edn. Washington,USA: OPS.
 - PALADINES, J. and ZAMORA, C., 2011. *Impacto provocado por el volcán Tungurahua en la salud de los pobladores de Penipe durante el periodo eruptivo comprendido entre el año 2003-2010*, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
 - PALADINES, S., 2013. *Vulnerabilidad A Nivel Municipal Del Canton Loja*. Ecuador: CEDIA.
 - PARRA, H., 2015. *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito.*, Universidad Politécnica de Madrid.
 - PAUCAR, A., 2013a. *Perfil Territorial Y Análisis De Vulnerabilidad Del Cantón Guaranda*. Ecuador: CEDIA.
 - PAUCAR, A., 2013b. *Perfil Territorial Y Análisis De Vulnerabilidad Del Cantón San Miguel De Bolívar*. Ecuador: CEDIA.
 - PÉREZ, B., 2014. La peligrosidad sísmica y el factor de riesgo. *Informes de la construcción*, **66**(534), pp. e018.
 - PINDO, J., 2013. *Análisis de vulnerabilidad cantón Manta*. Ecuador: CEDIA.
 - PRIEST, S.J., WILSON, T., TAPSELL, S.M., PENNING-ROWSELL, E.C., VIAVATTENE, C. and FERNANDEZ-BILBAO, A., 2007. *Building a model to estimate risk to life for European flood events – final report*. European Commission.
 - RIVADENEIRA, F., SEGOVIA, M., ALVARADO, A., EGRED, J., TRONCOSO, L., VACA, S. and YEPEZ, H., 2007. *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. 1 edn. Ecuador: Corporación Editora Nacional.
 - RODRÍGUEZ ESTEVES, J.M., 2002. Los desastres naturales en Mexicali, B.C.: Diagnóstico sobre el riesgo y la vulnerabilidad urbana. *Frontera norte*, **14**(27), pp. 123-153.
 - ROMERO, F., 2013. *Análisis de Vulnerabilidades del cantón Latacunga*. Ecuador: CEDIA.
 - ROSERO, D., 2016. *Escenarios de riesgo sísmico del cantón Rumiñahui debido a dos sismos probables con la ayuda de un sistema de información geográfica*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS, 2016-last update, El terremoto de 1797 ha sido el más devastador de Ecuador. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/el-terremoto-de-1797-ha-sido-el-mas-devastador-de-ecuador/2021>].
- SNGR, 2011. *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal*. Ecuador: AH Editorial.
- TRAGANT J, inventor; Sistema Estructural para Edificaciones. patent ES2285877B1. 2008 Octubre 16.
- VELARDE, E., 2013a. *Análisis De Vulnerabilidades A Nivel Municipal - Esmeraldas*. Ecuador: CEDIA.
- VELARDE, E., 2013b. *Análisis De Vulnerabilidades A Nivel Municipal - Perfil Territorial Cantón San Miguel De Ibarra*. Ecuador: CEDIA.
- VELARDE, E., 2013c. *Proyecto Análisis De Vulnerabilidades A Nivel Municipal - Perfil Territorial Cantón San Pedro De Huaca*. Ecuador: CEDIA.
- Ecuador: Informe de situación - Volcán Tungurahua - 17 de agosto de 2006 [homepage on the Internet]. 2006 Aug 17, [cited 2021]. Available from: <https://reliefweb.int/report/ecuador/ecuador-informe-de-situaci%C3%B3n-volcan-tungurahua-17-de-agosto-de-2006>.
- YEPEZ, F., CANAS, J. and BARBAT, A., 1996. Simulation of seismic building behavior using observed damage, as part of vulnerability assessment of structures, *Second Spanish-Japanese Workshop on Earthquake Engineering Ground Motions and Earthquake Studies For Disaster Preparedness in Urban Areas* 1996, Tokyo Institute of Technology.

7 CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

RESUMEN

Se abordan en este capítulo las conclusiones a esta investigación. Se presentan en relación con cada uno de los objetivos, general y específicos, planteados inicialmente en la tesis.

El capítulo finaliza apuntando futuras líneas de investigación, con las que avanzar en el ámbito del catastro 3D, en los diferentes componentes del modelo de dominio catastral y en su aplicabilidad en diversas áreas de la gestión municipal.

7.1 Conclusiones objetivo general

Desarrollar una propuesta para la implementación de catastro físico 3D inicial, en un sector del cantón Riobamba (Provincia de Chimborazo, Ecuador).

Las limitaciones que presenta el catastro 2D a la hora de trabajar con objetos físicos catastrales se refleja en la visualización e interpretación de las características de los mismos (altura, número de pisos, entre otros). Es por ello la importancia de iniciar la implementación del catastro inicial 3D en Ecuador.

En la actualidad Ecuador cuenta con normativa nacional para generar, estandarizar y actualizar la información catastral. Sin embargo, no todos los GAD disponen y manejan información catastral adecuadamente estructurada y actualizada, lo que provoca dificultad al momento de actualizar la información catastral y, más aún, implementar un nuevo concepto de catastro como es el 3D.

Pese a las limitantes antes mencionadas, en la presente investigación fue posible el desarrollo de una propuesta para implementar catastro físico 3D inicial en el área de estudio (un sector del cantón Riobamba) partiendo de un

diagnóstico de la situación catastral general del país que viabilizó el planteamiento de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial considerando normativa nacional e internacional, misma que fue implementada en el área de estudio.

Para el cumplimiento del objetivo general se llevaron a cabo varias fases investigativas que, prácticamente, coinciden con los objetivos específicos planteados en la investigación. A continuación, se presentan las conclusiones de cada uno de los objetivos específicos.

7.2 Conclusiones objetivo específico 1

Determinar la información catastral existente para el diagnóstico general de la situación catastral.

El diagnóstico de la situación catastral del país permite conocer la información existente en los diferentes cantones, la realidad catastral y las limitaciones actuales del sistema ecuatoriano, lo que viabiliza contemplar la posibilidad de iniciar una línea de investigación hacia un catastro 3D para el conjunto del país.

Para un diagnóstico de la situación catastral lo más cercano a la realidad se requiere analizar la mayor cantidad posible de sistemas cantonales, tanto a nivel demográfico como urbanístico, que pertenezcan a distintas provincias o áreas de planificación con diferentes niveles de desarrollo y que, por tanto, puedan representar adecuadamente la diversidad actual del país.

La información catastral es dirimente dentro del análisis y diagnóstico de la situación catastral; sin embargo, no está disponible ampliamente para el público, sino que requiere autorización previa del GAD para su consulta, situación que también ha sido evidenciada en otras investigaciones que han requerido este tipo de información (Gavilánez 2011, Parra 2015, Benavides Pacheco 2015, Zurita 2015, Acosta 2016, Rosero 2016), lo que genera la necesidad de contar con información catastral que sea de mayor acceso.

Cabe señalar que, a nivel administrativo, la información está muy fragmentada y, en muchos casos, solo es parcialmente accesible a nivel administrativo, ya que cada municipio, debido a su autonomía, asigna competencias catastrales a diferentes departamentos. Situación que debe ser mejorada en los municipios asignando la competencia total al Departamento de Avalúos y Catastros para que toda la información catastral repose en una base de datos, misma que debe ser accesible a los diferentes departamentos para los respectivos procesos y, de esa manera, evitar duplicidad y fragmentación de información.

La información catastral en cada uno de los cantones presentó diferencias debido a la falta de cumplimiento de los plazos de actualización establecido en la normativa nacional (art. 36 del COOTAD), a la autonomía en operaciones y procesos catastrales, diferentes situaciones económicas y presupuestarias, lo que introducen nuevos elementos de diferenciación en la información catastral, ya que están altamente influenciados por los recursos económicos, materiales, técnicos y humanos que dispone cada cantón.

Pese a que el país cuenta con normativa a nivel nacional para la generación, estandarización y actualización de la información catastral georreferenciada, se presentan diversos procedimientos en los cantones al momento de recolectar, almacenar, procesar y visualizar los datos catastrales, que no siempre cumplen con los lineamientos planteados en la normativa nacional. Por ello es necesario que los GAD den cumplimiento a la normativa nacional vigente para solventar estas diferencias y para que se alcance un desarrollo catastral parejo en los sistemas catastrales.

Ecuador presenta un reto para emparejar los niveles de desarrollo catastral de los cantones ya que el solo 44% de los cantones analizados en esta investigación presentan un catastro 2D avanzado, mientras que los otros cantones presentan ciertos patrones, diferencias y coincidencias en las características y criterios analizados que los ubican en niveles catastrales menos desarrollados. La implementación de un modelo catastral 3D deseable en el país no se logrará fácilmente a menos que se adopten medidas de gran alcance en el actual catastro ecuatoriano. Por ello, identificar las limitaciones actuales del

sistema catastral ecuatoriano permite viabilizar el planteamiento de la propuesta de implementación de catastro físico 3D inicial, considerando la realidad catastral del país para que sea adaptable para los diferentes cantones, independientemente del nivel de desarrollo catastral que presente cada uno de ellos.

7.3 Conclusiones objetivo específico 2

Determinar la posibilidad de implementación de la norma ISO 19152 para la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial.

La propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial serviría de referencia para los países menos desarrollados que tienen limitaciones similares, permitiéndoles identificar la posibilidad de adaptar regulaciones internacionales, como ISO 19152:LADM, que apoyarían los inicios de la implementación de un catastro 3D, considerando la experiencia de algunos países más desarrollados, que han implementado dicha norma internacional para la transición al 3D (Paixão, Hespanha et al. 2013, Janečka, Souček 2017, Zulkifli, Rahman et al. 2017, Radulović, Sladić et al. 2017).

Plantear una propuesta de modelo de dominio catastral basado principalmente en la parte interesada (propietarios); en los derechos, responsabilidades y restricciones sobre el objeto catastral real; en la unidad básica administrativa y la unidad espaciales (parcela y construcciones), como lo especifica la norma internacional ISO 19152, permitirá que el modelo pueda ser referente a nivel internacional, ya que no se limita únicamente a los componentes del catastro ecuatoriano sino también considera parámetros catastrales internacionales que permiten, de cierto modo, encaminar el modelo nacional a una estandarización internacional.

La propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial pueda ser replicado en los diferentes cantones del país, ya que el modelo está estructurado en base a la normativa nacional implementando la norma internacional ISO 19152. Esto garantiza la adaptabilidad de la propuesta a los diferentes niveles de desarrollo

catastral existentes en el país, así como la estandarización de la información catastral en el conjunto del territorio ecuatoriano.

Considerar a la unidad espacial en parcela y construcción/edificación, tanto a nivel espacial como alfanumérico, permite especificar los atributos de cada una de ellas lo que facilitaría la transición del catastro físico 2D al 3D. En el caso de la edificación es posible considerar los atributos generales de la unidad de edificación y también del componente estructural, permitiendo especificar sus respectivos atributos para proyectar a futuro un catastro físico 3D avanzado que facilite aspectos catastrales como la asignación de derechos, responsabilidades y restricciones a nivel de actores, tanto municipales como propietarios.

Para una adecuada implementación de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial es importante la participación de los funcionarios municipales encargados de los procesos catastrales en los diferentes niveles, para conocer de cerca las debilidades y solventar los inconvenientes a medida que se lleve a cabo el proceso de implementación.

Por otro lado, los GAD deben designar a un departamento la competencia principal del catastro (ej. Departamento de Avalúos y Catastros) para evitar fragmentaciones a nivel de los procesos catastrales y facilite la implementación de la propuesta de modelo de dominio catastral planteada en la presente investigación.

Para implementar la propuesta de dominio catastral 3D inicial se precisa partir de datos catastrales adquiridos de fuentes oficiales (los GAD), con la finalidad que cumplan con los requisitos mínimos establecidos por la normativa nacional y, con ello, sea posible la generación de una *geodatabase* que permita un adecuado procesamiento, manejo y representación 3D de los objetos físicos catastrales.

Los datos más recomendables para implementar el catastro 3D inicial son aquellos que tengan su última actualización no mayor a dos años; así también, que presenten un identificador único (clave catastral) en todos los niveles (predial y de edificación), para que los datos geoespaciales y alfanuméricos puedan ser enlazados. De igual forma, aquellos que se presenten en formatos (*.dwg/*.dxf, *.shp, *.xlsx, etc.) compatibles con el tipo de *software* que se va a trabajar, con

la finalidad que puedan ser integrados en el sistema de información geográfica catastral local.

Los SIG libres presentan limitaciones en sus funcionalidades para el manejo de *geodatabase*. Si bien la normativa nacional apuesta por este tipo de programas para la implementación del catastro en cada GAD, se debería considerar la programación de herramientas que permitan un adecuado almacenamiento, procesamiento y manejo de los datos 3D para, con ello, dar respuesta a los requisitos exigibles al catastro 3D.

Si bien en la normativa nacional (Acuerdo Ministerial 017-20 Fase II del Anexo D) se encuentra la recomendación de utilizar, por ejemplo, *Postgres-PostGIS*, es necesario que en Normativas futuras o en la revisión de la actual no se restrinja el tipo de sistema de gestión a utilizar, con la finalidad que se pueda optar por otro tipo de sistemas que solventen las limitaciones para la implementación del catastro físico 3D, dejando abierta la posibilidad de utilizar sistemas que requieran licencia o para poder desarrollar sistemas que se adapten a las especificaciones catastrales 3D para el país.

Por otro lado, los *softwares* con licencia, como es el caso de ArcGIS Pro (© ESRI), presentan notables ventajas, principalmente en la representación 3D de objetos físicos catastrales, lo que facilita el manejo de datos en sus diferentes niveles de representación. Este tipo de *software* es apropiado para el proceso de implementación de catastro 3D, pese a requerir una licencia, ya que sus ventajas superan por mucho esta limitante que, de cierto modo, implica la optimización de tiempo y recursos para iniciar el camino hacia un catastro 3D.

7.4 Conclusiones objetivo específico 3

Determinar la utilidad y ventajas de la información catastral 3D inicial de la zona de estudio para la Gestión de Riesgos Naturales.

Ecuador es un país que presenta numerosas amenazas naturales en sus cuatro regiones y, por tanto, se requiere una gestión adecuada de los riesgos y acorde al nivel de vulnerabilidad existente en las diferentes partes del territorio

nacional. A nivel cantonal, el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) municipal es el responsable de la coordinación de operaciones ante una emergencia o desastre; la información proporcionada por los municipios resulta dirimente para la toma de decisiones y la planificación de emergencias que realiza este organismo público. La información catastral 3D podría contribuir ampliamente en este sentido, debido a la factibilidad para realizar análisis de vulnerabilidad, principalmente de la estructura física de las edificaciones frente a eventos naturales, minimizando tiempos y esfuerzos.

La organización y almacenamiento de datos catastrales (geográficos y alfanuméricos) en base a la propuesta del modelo de dominio catastral 3D inicial permite que la información requerida sea de gran precisión y detalle de las potenciales afecciones sobre las edificaciones. Esto facilita el análisis, no únicamente a nivel alfanumérico, sino que también a nivel espacial de cada edificación en visualización 3D.

La implementación de propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial en los cantones del país facilitará, no solo la gestión y los procesos municipales en el ámbito catastral sino también la implementación de metodologías, como la *Guía* de la (SNGR 2011), debido a la organización y completitud de datos requeridos referente a las características físicas de las edificaciones y predios.

Contar con información geográfica y alfanumérica de las edificaciones a nivel 3D permitirá, no solo la implementación de metodologías que han sido desarrolladas por las instituciones competentes en la gestión de riesgos sino también factibilizará la generación de nuevas metodologías para obtener la vulnerabilidad a nivel de edificación, debido a la estructura y organización que presenta la información catastral 3D, principalmente, del objeto físico catastral (parcela y construcción).

Con la propuesta de dominio catastral 3D inicial, basada en los cuatro componentes principales, sería posible plantear derechos, responsabilidades y restricciones, tanto para propietarios como para las instituciones gubernamentales ante una amenaza natural. De esta forma, se podría mitigar, e incluso prevenir, efectos catastróficos que producen dichas eventualidades, precautelando, así, la vida y bienestar de la población, principalmente. Por

ejemplo, el Comité de Operaciones de Emergencias cantonal podría plantear planes de evacuación más cercanos a la realidad, considerando como una de las variables del nivel de vulnerabilidad física de las edificaciones; se podría también restringir el uso de edificaciones ante la posibilidad de un evento natural; por otro lado, los propietarios se encargarían de realizar reforzamientos estructurales a las edificaciones de forma periódica para disminuir la vulnerabilidad frente a un evento natural, etc.

Es por ello por lo que la información catastral, organizada y almacenada en base a la propuesta del modelo de dominio catastral 3D, es de enorme utilidad para la gestión de riesgos naturales, ya que es posible identificar zonas vulnerables a nivel de edificación ante amenazas naturales y, con ello, las entidades competentes puedan plantear/organizar planes de emergencia y evacuación de zonas en riesgo por este tipo de eventos de forma precisa.

7.5 Conclusión hipótesis

Finalmente, se puede concluir que la **hipótesis** de la presente investigación se cumple, ya que es posible implementar la propuesta de catastro físico 3D inicial en el área de estudio. Partiendo desde el respectivo diagnóstico de la situación catastral, para identificar el nivel de desarrollo catastral y, con ello, implementar la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial. Esto con la finalidad de facilitar la gestión municipal, no solo en el ámbito de recaudación, sino también en gestión de riesgos naturales, con costos y tiempos que justifiquen el hacer esta inversión.

7.6 Futuras líneas de investigación

Mediante el presente trabajo de investigación se ha logrado identificar futuras líneas de investigación, ya que la temática del catastro 3D está iniciando en el país y abarca varios componentes, mismos que requieren ser estudiados para la mejora del conocimiento en este campo.

- Comparación de la adaptabilidad de cantones que presenten diferentes niveles de desarrollo catastral al implementar la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial.
- Difusión de la propuesta de modelo de dominio catastral 3D inicial juntamente con talleres de capacitación para técnicos en el área catastral de los cantones del país.
- Planteamiento de propuesta de modelo de dominio catastral 3D intermedio/avanzado en los cantones que previamente hayan incorporado la propuesta inicial.
- Desarrollo de un sistema de información geográfica catastral local propio del país que considere aspectos catastrales 3D.
- Aplicación del catastro 3D en áreas que facilite la gestión de los Gobiernos Autónomos Descentralizados tales como gestión ambiental, planeamiento urbano, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO VII

- ACOSTA, I., 2016. *Comportamiento de las plusvalías en el cantón Rumiñahui, en la parroquia urbana de San Pedro de Taboada*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- BENAVIDES PACHECO, M.A., 2015. *El catastro multifinalitario y su impacto en la recaudación de los impuestos prediales de los Gobiernos Municipales de Latacunga y Pujilí por los bienios 2010-2011 y 2012-2013*, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- GAVILÁNEZ, S., 2011. *El catastro multifinalitario como mecanismo de planificación municipal para el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Riobamba*, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- JANEČKA, K. and SOUČEK, P., 2017. *A Country Profile of the Czech Republic Based on an LADM for the Development of a 3D Cadastre*.
- PAIXÃO, S., HESPANHA, J.P., GHAWANA, T., CARNEIRO, A. and ZEVENBERGEN, J., 2013. Modelling Brazilian indigenous tribes land rights with ISO 19152 LADM, *LADM2013: 5th FIG International Land Administration Domain Model Workshop*, 24-25 September 2013.
- PARRA, H., 2015. *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito.*, Universidad Politécnica de Madrid.
- RADULOVIĆ, A., SLADIĆ, D. and GOVEDARICA, M., 2017. *Towards 3D Cadastre in Serbia: Development of Serbian Cadastral Domain Model*.
- ROSERO, D., 2016. *Escenarios de riesgo sísmico del cantón Rumiñahui debido a dos sismos probables con la ayuda de un sistema de información geográfica*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- SNGR, 2011. *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal*. Ecuador: AH Editorial.
- ZULKIFLI, N.A., RAHMAN, A.A., HASSAN, M.I. and CHOON, T.L., 2017. Conceptual Modelling of 3D Cadastre and LADM. In: T. YOMRALIOGLU and J. MCLAUGHLIN, eds, *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Cham: Springer International Publishing, pp. 95-111.

- ZURITA, B., 2015. *Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

8 BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, I., 2016. *Comportamiento de las plusvalías en el cantón Rumiñahui, en la parroquia urbana de San Pedro de Taboada*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- AIEN, A., 2013. *3D Cadastral Data Modelling*, University of Melbourne.
- AIEN, A., KALANTARI, M., RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I.P. and SHOJAEI, D., 2012. Developing and testing a 3D cadastral data model: A case study in Australia, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012*, ISPRS, pp. 1-6.
- AIEN, A., RAJABIFARD, A., KALANTARI, M. and SHOJAEI, D., 2015. *Integrating Legal and Physical Dimensions of Urban Environments*.
- AIEN, A., RAJABIFARD, A., KALANTARI, M. and WILLIAMSON, I., 2011. Aspects of 3D cadastre: a case study in Victoria, *FIG Working Week 2011: Bridging the Gap between Cultures*, 18-22 May 2011.
- ALARCÓN ÁLVAREZ, E., ALONSO SALVADOR, M., BLASCO SÁNCHEZ, C., CANO HURTADO, J.J., GÓMEZ LERA, S., HACAR BENÍTEZ, M.A., PIÑÓN PALLARES, J.L. and SANCHO, J.M., 1997. *Construcción y obras públicas [glosario]*. España: E.T.S.I. Industriales (UPM).
- ALBERDI, R. and ERBA, D., 2018. Parcelas 4D, del derecho a los catastros. *Revista de Topografía AZIMUT*, **9**(1).
- ALDEÁN, W. and HIDALGO, I., 2013. *Aplicación Y Sistematización De La Propuesta Metodológica Para El Análisis De Vulnerabilidades De La Parroquia Urbana Puerto Francisco De Orellana, Cantón Francisco De Orellana, Mediante El Uso De Herramientas SIG*. Ecuador: CEDIA.
- ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR, 2012. *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*.
- BARAHONA RIVADENEIRA, D.J., 2009. *Requisitos mínimos de cálculos para diseño sismo-resistente de estructuras de edificios de concreto reforzado en la ciudad de Riobamba*, Universidad Técnica de Ambato.
- BARBAT, A.H., MOYA, F.Y. and CANAS, J.A., 1996. Damage scenarios simulation for seismic risk assessment in urban zones. *Earthquake spectra*, **12**(3), pp. 371-394.

- BAXTER, P.J., NERI, A. and TODESCO, M., 1998. Physical Modelling and Human Survival in Pyroclastic Flows. *Natural hazards (Dordrecht)*, **17**(2), pp. 163-176.
- BENAVIDES PACHECO, M.A., 2015. *El catastro multifinalitario y su impacto en la recaudación de los impuestos prediales de los Gobiernos Municipales de Latacunga y Pujilí por los bienios 2010-2011 y 2012-2013*, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- BENHAMU, M., 2006. A GIS-Related Multi Layers 3D Cadastre in Israel, *XXIII FIG Congress: Shaping the Change*, 8-13 October 2006.
- BERMÚDEZ, N., 2013. *Análisis de vulnerabilidad cantón Rumiñahui*. Ecuador: CEDIA.
- BERNÉ, J., RIBERA, C. and BENITEZ, E., 2008. *Catastro en España*. Primera edn. España: Universitat Politècnica de València.
- BIEDA, A., BYDŁOSZ, J., WARCHOŁ, A. and BALAWAJDER, M., 2020. *Historical Underground Structures as 3D Cadastral Objects*.
- BLONG, R., 2000. *Volcanic Hazards and Risk Management*. Academic Press.
- BRGM, 2009. *State-of-the-art on vulnerability types: Methodologies to assess vulnerability of structural systems*. European Commission.
- BYDŁOSZ, J. and BIEDA, A., 2020. *Developing a UML Model for the 3D Cadastre in Poland*.
- CAICEDO, A., 2018. *Evaluación de la calidad posicional de productos cartográficos catastrales y modelamiento 3D empleando UAVs comerciales*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- CALVI, G.M., PINHO, R., MAGENES, G., BOMMER, J.J., RESTREPO-VELEZ, L.F. and CROWLEY, H., 2006. Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. *ISSET Journal of earthquake technology*, **43**(3), pp. 75-104.
- CAÑIZARES, F., 2013. Perfil Territorial del Cantón Pallatanga. *CEDIA*, **1**(1), pp. 124.
- CARDONA, O., 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In: A. MASKREY, *Los desastres no son naturales*. Panamá: La Red, pp. 51-74.
- CEMELLINI, B., THOMPSON, R. and OOSTEROM, P.V., 2018. Usability testing of a web-based 3D Cadastral visualization system, *Proceedings of the*

- 6th International FIG Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands* 2018, pp. 1-5.
- CHONG, S.C., 2006. *Towards a 3D Cadastre in Malaysia—An Implementation Evaluation*, Delft University of Technology.
 - COMITÉ PERMANENTE SOBRE EL CATASTRO EN IBEROAMÉRICA, 2011. *Data Catastro*. Colombia: Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica.
 - Contreras López M. Riesgo de Tsunami en Ecuador. *INGENIUS*. 2014 Dec 30, (12):68-75.
 - Demoraes F, D Ercole R. Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en Ecuador: informe preliminar. 2001.
 - DOS SANTOS, J., CARNEIRO, A. and ANDRADE, A., 2013. Analysis of the Application of the LADM in the Brazilian Urban Cadastre: a Case Study for the City of Arapiraca, Brazil, *The 5th land administration domain model workshop. Kuala Lumpur, Malaysia, 24-25 September 2013*, pp. 24-25.
 - DROBEŽ, P., FRAS, M.K., FERLAN, M. and LISEC, A., 2017. Transition from 2D to 3D real property cadastre: The case of the Slovenian cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, **62**, pp. 125-135.
 - DROBEŽ, P., GRIGILLO, D., LISEC, A. and FRAS, M.K., 2016. Remote Sensing Data as a potential source for establishment of the 3D cadastre in Slovenia. *Geodetski Vestnik*, **60**, pp. 3.
 - EGRED, J., 2000. *El Terremoto de Riobamba*. 2 edn. Ecuador: Abya-Yala.
 - ERBA, D., 2017. Gestión de la información territorial municipal a través del catastro multifinalitario. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (1), pp. 29-51.
 - ERBA, D. and PIMETTO, M., 2012. 3D Cadastre in the Federal Countries of Latin America, *FIG Working Week 2012; 2012*, FIG, pp. 14.
 - ESRI, 2020-last update, What is a geodatabase?—ArcGIS Pro | Documentation. Available: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/help/data/geodatabases/overview/what-is-a-geodatabase-.htm> [September, 2021].
 - ESRI, 2019-last update, CGA modeling overview. Available: <https://doc.arcgis.com/en/cityengine/2019.0/help/help-cga-modeling-overview.htm> [August, 2021].

- FACCIOLI, E., 1999. Special issue: The Catania Project: studies for an earthquake damage scenario. *Journal of seismology*, **3**(3).
- GADM RIOBAMBA, 2020. *Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba*. Ecuador: GADM Riobamba.
- Galindo M. Viviendo con el mar: inestabilidad litoral y territorios en movimiento en La Barra, Pacífico colombiano. *Revista colombiana de antropología*. 2019, 55(1):29-57.
- GÁSPAR SORIANO, M., 2016. Metodología aplicada en el proyecto actualización y generación catastral en el Distrito Metropolitano de Quito (Ecuador). *Estudios Geográficos*, **77**(280), pp. 345-355.
- GAVILÁNEZ, S., 2011. *El catastro multifinalitario como mecanismo de planificación municipal para el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Riobamba*, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- GESTIÓN DE RIESGOS, 2018-last update, Sequía. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sequia/2021>].
- GOZDZ, K. and PACHELSKI, W., 2014. The LADM as a core for developing three-dimensional cadastral data model for Poland. *14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*, **1**, pp. 841-848 pp.
- GRIFFITH-CHARLES, C. and SUTHERLAND, M., 2013. Analysing the costs and benefits of 3D cadastres with reference to Trinidad and Tobago. *Computers, Environment and Urban Systems*, **40**, pp. 24-33.
- GRÖGER, G. and PLÜMER, L., 2012. *CityGML – Interoperable semantic 3D city models*.
- GRUBER, U., RIECKEN, J. and SEIFERT, M., 2014. Germany on the Way to 3D-Cadastre. *ZfV - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, **4**(139), pp. 223-228.
- Guillaume-Gentil N. Cinco mil años de historia al pie de los volcanes en Ecuador. Quito: FLACSO; 2013.
- HAO, M., LIU, Z. and SUN, Y., 2011. Assessment of Mobile Laser Scanning Data for Building Reconstruction in 3D Cadastre, *2011 International Symposium on Image and Data Fusion 2011*, pp. 1-4.
- Hill KH. Métodos analíticos para evaluar la completitud y la calidad del registro de las defunciones. 2021.

- HO, S., RAJABIFARD, A., STOTER, J. and KALANTARI, M., 2013. Legal barriers to 3D cadastre implementation: What is the issue? *Land Use Policy*, **35**, pp. 379-387.
- IGPEN, 2016-last update, Conmemoración de los Diez años de la erupción más grande del volcán Tungurahua: 16 de agosto de 2006. Available: <https://www.igepn.edu.ec/portal/tung10anios/intro.html> [2021].
- INEC, 2010-last update, Población y Demografía. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> [Agosto, 2021].
- ISO, 2012. *ISO 19152:2012 Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM)*.
- Izquierdo Álvarez A. Intensidad Macrosísmica. 1999:1-16.
- JANEČKA, K. and SOUČEK, P., 2017. *A Country Profile of the Czech Republic Based on an LADM for the Development of a 3D Cadastre*.
- KARKI, S., 2013. *3D Cadastre Implementation Issues in Australia*, University of Southern Queensland.
- KARKI, S., THOMPSON, R. and MCDUGALL, K., 2010. Data validation in 3D cadastre. *Developments in 3D Geo-Information Sciences*. Berlin: Springer, pp. 92-122.
- KEIPI, K., MORA, S. and BASTIDAS, P., 2005. *Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo, Lista de preguntas de verificación ("Checklist")*. Washington, USA: BID.
- KIM, S. and HEO, J., 2019. Registration of 3D underground parcel in Korean cadastral system. *Cities*, **89**, pp. 105-119.
- KOEVA, M. and ELBERINK, S.O., 2016. Challenges for updating 3D cadastral objects using LiDAR and image-based point clouds, *Proceedings of the 5th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 18-20 October 2016.
- KUMAR, P., RAHMAN, A.A. and BUYUKSALIH, G., 2017. Automated Extraction of Buildings from Aerial Lidar Point Cloud and Digital Imaging Datasets for 3D Cadastre—Preliminary Results. *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Springer, Cham, pp. 159-165.
- LAVENU, A., 2006. Neotectónica de los Andes entre 1°N y 47°S (Ecuador, Bolivia y Chile): una revisión. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **61**(4), pp. 504-524.

- LEMMEN, C., VAN OOSTEROM, P., UITERMARK, H. and ZEVENBERGEN, J., 2011. Interoperable domain models: the ISO land administration domain model LADM and its external classes, *28th Urban Data Management Symposium: UDMS at 40 years: making contributions to the future, Delft, the Netherlands, 28-30 September 2011*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS).
- LÓPEZ, A. and CAÑAS, D., 2013. *Propuesta del plan de ordenamiento territorial urbano de las parroquias del Cantón Rumiñahui*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- LÓPEZ, J., 2007. Ecuador Nuestras Experiencias. Historia y Evolución del Catastro en Ecuador. *Red de Expertos Iberoamericanos en Catastro*, **1**(37), pp. 11-14.
- LÓPEZ, P.R., 2017. Obtención y tratamiento de datos catastrales públicos: estructura de la edificación en Zaragoza y análisis de densidad residencial en Delicias y Centro. *CT: Catastro*, (89), pp. 53-82.
- MARTÍNEZ, J.A., 2000. *Economía del sector público*. Ariel S.A.
- MATUK, O., 2019. Conception of Registration of Underground Spatial Structures in Modern 3D Cadastral System. *Geomatics and Environmental Engineering*, **13**, pp. 47.
- MIDUVI, 2014. *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y DE VIVIENDA, 2016. *Acuerdo Ministerial 029-16-Normas Técnicas Nacionales para el Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos, Rurales y Avalúos de Bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros*.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, 2020. *Acuerdo Ministerial 017-20 - Norma Técnica para formación, actualización y mantenimiento del Catastro Urbano y Rural y su valoración*.
- MORETA, D., 2017. *Análisis de riesgo en el cantón Riobamba, frente a lahares y flujos de lodo asociados al volcán Chimborazo*, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- NEX, F. and REMONDINO, F., 2014. UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, **6**(1), pp. 1-15.
- Nocquet J, Mothes P, Alvarado A. Geodesia, geodinámica y nido sísmico en Ecuador. In: Collot J, Sallares V, Pazmino N, editors. *Geología y geofísica*

marina y terrestre del Ecuador: desde la costa continental hasta las Islas Galápagos. Ecuador: INOCAR; 2009.

- OGC, 2020-last update, CityGML. Available: <https://www.ogc.org/standards/citygml> [September, 2021].
- OJEDA ONTANEDA, J.L., 2014. *Los sistemas de información Geográfica, como herramienta más adecuada para el desarrollo de proyectos de Catastro y la aplicabilidad de un Catastro en tres dimensiones, en un área piloto del Distrito Metropolitano de Quito*, Universidad San Francisco de Quito.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000. *Crónicas de Desastres - Fenómeno El Niño 1997-1998*. 1 edn. Washington,USA: OPS.
- PAIXÃO, S., HESPANHA, J.P., GHAWANA, T., CARNEIRO, A. and ZEVENBERGEN, J., 2013. Modelling Brazilian indigenous tribes land rights with ISO 19152 LADM, *LADM2013: 5th FIG International Land Administration Domain Model Workshop*, 24-25 September 2013.
- PALADINES, J. and ZAMORA, C., 2011. *Impacto provocado por el volcán Tungurahua en la salud de los pobladores de Penipe durante el periodo eruptivo comprendido entre el año 2003-2010*, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- PALADINES, S., 2013. *Vulnerabilidad a Nivel Municipal del Cantón Loja*. Ecuador: CEDIA.
- PARRA, H., 2015. *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito.*, Universidad Politécnica de Madrid.
- PAUCAR, A., 2013a. *Perfil Territorial Y Análisis De Vulnerabilidad Del Cantón Guaranda*. Ecuador: CEDIA.
- PAUCAR, A., 2013b. *Perfil Territorial Y Análisis De Vulnerabilidad Del Cantón San Miguel De Bolívar*. Ecuador: CEDIA.
- PEÑA SEGURA, X.A., 2012. *Sistema de información geográfica aplicado al catastro predial del Cantón Paute, Ecuador*, Universidad San Francisco de Quito.
- PÉREZ, B., 2014. La peligrosidad sísmica y el factor de riesgo. *Informes de la construcción*, **66**(534), pp. 18.
- PINDO, J., 2013. *Análisis de vulnerabilidad cantón Manta*. Ecuador: CEDIA.
- POULIOT, J., WANG, C., HUBERT, F., ELLUL, C. and RAJABIFARD, A., 2016. 3D Cadastre visualization and dissemination: Most recent progresses

- and future directions, *5th International FIG Workshop on 3D Cadastres*, 18-20 October 2016, FIG, pp. 337-359.
- PRIEST, S.J., WILSON, T., TAPSELL, S.M., PENNING-ROWSELL, E.C., VIAVATTENE, C. and FERNANDEZ-BILBAO, A., 2007. *Building a model to estimate risk to life for European flood events – final report*. European Commission.
 - PYTHON ORG, 2018-last update, What is Python? Executive Summary. Available: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/> [Sep 9, 2021].
 - RADULOVIĆ, A., SLADIĆ, D. and GOVEDARICA, M., 2017. *Towards 3D Cadastre in Serbia: Development of Serbian Cadastral Domain Model*.
 - REYES, F., GONZÁLEZ, A., MIRANDA, D. and CRECENTE, R., 2009. Sistema de información catastral adaptado a la realidad del gobierno local en Ecuador. El caso de la parroquia Vilcabamba (Loja). *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, (8), pp. 1-10.
 - RIBEIRO, A., DE ALMEIDA, J. and ELLUL, C., 2014. Exploring CityEngine as a visualisation tool for 3D cadastre, *4th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 9-11 November 2014, FIG, pp. 197-218.
 - RIVADENEIRA, F., SEGOVIA, M., ALVARADO, A., EGRED, J., TRONCOSO, L., VACA, S. and YEPEZ, H., 2007. *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. 1 edn. Ecuador: Corporación Editora Nacional.
 - RODRÍGUEZ ESTEVES, J.M., 2002. Los desastres naturales en Mexicali, B.C.: Diagnóstico sobre el riesgo y la vulnerabilidad urbana. *Frontera norte*, 14(27), pp. 123-153.
 - ROMERO, F., 2013. *Análisis de Vulnerabilidades del cantón Latacunga*. Ecuador: CEDIA.
 - ROSALES, A., 2011. *Historia, Administración y Evolución del Catastro Inmobiliario del Distrito Metropolitano de Quito*. CPCI.
 - ROSERO, D., 2016. *Escenarios de riesgo sísmico del cantón Rumiñahui debido a dos sismos probables con la ayuda de un sistema de información geográfica*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
 - SALAZAR, R., MIRANDA, D. and FRA, U., 2016. El Contexto de la Norma ISO 19152 Land Administration Domain Model (LADM) en el ámbito Iberoamericano. *Revista GEOESPACIAL*, 12, pp. 1-19.
 - SÁNCHEZ, J. and LERMA, J., 2012. Actualización de cartografía catastral urbana mediante LiDAR y SIG. 12, pp. 53-70.

- SARTIRANA, D., ROTIROTI, M., ZANOTTI, C., BONOMI, T., FUMAGALLI, L. and DE AMICIS, M., 2020. *A 3D Geodatabase for Urban Underground Infrastructures: Implementation and Application to Groundwater Management in Milan Metropolitan Area*.
- SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO, 2012-last update, Niveles administrativos de planificación – Secretaría Técnica Planifica Ecuador. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/3-niveles-administrativos-de-planificacion/> [Feb 20, 2020].
- SHOJAEI, D., KALANTARI, M., BISHOP, I.D., RAJABIFARD, A. and AIEN, A., 2013. Visualization requirements for 3D cadastral systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, **41**, pp. 39-54.
- SHOJAEI, D., OLFAT, H., FAUNDEZ, S.I.Q., KALANTARI, M., RAJABIFARD, A. and BRIFFA, M., 2017. Geometrical data validation in 3D digital cadastre— A case study for Victoria, Australia. *Land Use Policy*, **68**, pp. 638-648.
- SHOJAEI, D., OLFAT, H., RAJABIFARD, A. and BRIFFA, M., 2018. Design and development of a 3D digital cadastre visualization prototype. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **7**(10), pp. 384.
- SIEJKA, M., ŚLUSARSKI, M. and ZYGMUNT, M., 2014. 3D+time Cadastre, possibility of implementation in Poland. *null*, **46**(335), pp. 79-89.
- SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS, 2016-last update, El terremoto de 1797 ha sido el más devastador de Ecuador. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/el-terremoto-de-1797-ha-sido-el-mas-devastador-de-ecuador/2021>].
- SNGR, 2011. *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal*. Ecuador: AH Editorial.
- STOTER, J.E. and PLOEGER, H.D., 2003. *3D aspects of cadastral data modelling*. Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Geodesy, Section GIS Technology.
- STOTER, J. and PLOEGER, H., 2003. Property in 3D—registration of multiple use of space: current practice in Holland and the need for a 3D cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, **27**(6), pp. 553-570.
- STOTER, J. and SALZMANN, M., 2003. Towards a 3D cadastre: where do cadastral needs and technical possibilities meet? *Computers, Environment and Urban Systems*, **27**(4), pp. 395-410.

- STOTER, J., VAN OOSTEROM, P.J., PLOEGER, H. and AALDERS, H., 2004. Conceptual 3D cadastral model applied in several countries, *FIG Working Week 2004*, 22-27 May 2004, pp. 22-27.
- SULISTYAWATI, M.N., ADITYA, T. and SANTOSA, P.B., 2019. The Implementation Of LADM Versioned-object Class For Representing Spatio-Temporal Of Cadastre 4d Objects. *BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan*, **4**(2), pp. 249-265.
- TAN, L.C. and LOOI, K.S., 2013. Towards a Malaysian multipurpose 3D cadastre based on the Land Administration Domain Model (LADM)—an empirical study, *LADM 2013: 5th FIG International Land Administration Domain Model Workshop*, 24-25 September 2013, FIG, pp. 24-25.
- THOMPSON, R. and VAN OOSTEROM, P., 2011. Modelling and validation of 3D cadastral objects. *Urban and regional data management—UDMS annual*. pp. 7-24.
- TODOROVSKI, D., SALAZAR, R., JACOME, G., BERMEO, A., ORELLANA, E., ZAMBRANO, F., TERAN, A.P. and MEJIA, R., 2018. Land administration in Ecuador; Current situation and opportunities with adoption of fit-for-purpose land administration approach, *19th Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2018: Land Governance in an Interconnected World 2018*, The World Bank, pp. 1-11.
- TOSCHI, I., NOCERINO, E., REMONDINO, F., REVOLTI, A., SORIA, G. and PIFFER, S., 2017. Geospatial data processing for 3D city model generation, management and visualization. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **42**, pp. 527-534.
- TOSCHI, I., NOCERINO, E. and REMONDINO, F., 2017. Geomatics Makes Smart Cities a Reality: Enriching 3D Building Models with Non-Spatial Data. *GIM International-The Worldwide Magazine for Geomatics*, **31**(10), pp. 25-27.
- TRAGANT J, inventor; SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EDIFICACIONES. patent ES2285877B1. 2008 Oct 16.
- UREÑA, M., GARCÍA, J. and ARIZA, F., 2010. Análisis de la propuesta ISO 19152 (Land Administration Domain Model), *Catastro: formación, investigación y empresa: Selección de ponencias del I Congreso Internacional sobre catastro unificado y multipropósito*, 16-18 Junio 2010 2010, Universidad de Jaén, pp. 103-116.

- VAN OOSTEROM, P., FENDEL, E., STOTER, J. and STREILEIN, A., 2011. Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, 16-18 November 2011, FIG (International Federation of Surveyors).
- VAN OOSTEROM, P., STOTER, J., PLOEGER, H., THOMPSON, R. and KARKI, B., 2011. World-wide inventory of the status of 3D cadastres in 2010 and expectations for 2014, *FIG Working Week 2011 - Bridging the gap between Cultures*, 18-22 May 2011, FIG.
- VAN OOSTEROM, P., 2013. Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, **40**, pp. 1-6.
- VAN OOSTEROM, P., PLOEGER, H., STOTER, J., THOMPSON, R. and LEMMEN, C., 2006. Aspects of a 4D cadastre: a first exploration, *In: Proceedings of Shaping the Change, XXIII international FIG congress 2006*, Citeseer.
- VAN OOSTEROM, P., VERTEGAAL, W., VAN HEKKEN, M. and VIJLBRIEF, T., 1994. Integrated 3D Modelling within a GIS. *AGDM 94*, 12-14 September 1994, pp. 1-16.
- VÁSQUEZ, J., 2017. *Elaboración de la norma técnica para la generación de cartografía catastral de escala 1:1000, empleando UAV.*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- VELARDE, E., 2013a. *Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal - Esmeraldas*. Ecuador: CEDIA.
- VELARDE, E., 2013b. *Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal - Perfil Territorial Cantón San Miguel De Ibarra*. Ecuador: CEDIA.
- VELARDE, E., 2013c. *Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal - Perfil Territorial Cantón San Pedro De Huaca*. Ecuador: CEDIA.
- VELASTEGUÍ, J. and GUERRERO, F., 2013. *Uso y procesamiento del sistema escáner láser para el modelamiento 3D de datos geoespaciales en las áreas de la Construcción, Patrimonio Cultural y Espeleología.*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- VIDAL, A., 2019. *Modelo de valoración catastral de suelo y construcción mediante SIG para el Cantón San Cristóbal de Patate, Tungurahua, Ecuador*, University of Salzburg.
- VUČIĆ, N., ROIĆ, M., MAĐER, M., VRANIĆ, S. and VAN OOSTEROM, P., 2017. Overview of the Croatian Land Administration System and the

- possibilities for its upgrade to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **6**(7), pp. 223.
- WAGNER, D., WEWETZER, M., BOGDAHN, J., ALAM, N., PRIES, M. and COORS, V., 2013. Geometric-semantic consistency validation of CityGML models. *Progress and new trends in 3D geoinformation sciences*. Springer, pp. 171-192.
 - Ecuador: Informe de situación - volcan tungurahua - 17 de agosto de 2006 [homepage on the Internet]. 2006 Aug 17, [cited 2021]. Available from: <https://reliefweb.int/report/ecuador/ecuador-informe-de-situaci%C3%B3n-volcan-tungurahua-17-de-agosto-de-2006>.
 - WILLIAMS, C., 2018. *CROWD-SOURCED CADASTRAL GEOSPATIAL INFORMATION: Defining a workflow from Unmanned Aerial System (UAS) data to 3D building volumes using opensource applications*, University of Munster.
 - YAO, Z., NAGEL, C., KUNDE, F., HUDRA, G., WILLKOMM, P., DONAUBAUER, A., ADOLPHI, T. and KOLBE, T.H., 2018. 3DCityDB - a 3D geodatabase solution for the management, analysis, and visualization of semantic 3D city models based on CityGML. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, **3**(1), pp. 5.
 - YEPEZ, F., CANAS, J. and BARBAT, A., 1996. Simulation of seismic building behavior using observed damage, as part of vulnerability assessment of structures, *Second Spanish-Japanese Workshop on Earthquake Engineering Ground Motions and Earthquake Studies For Disaster Preparedness in Urban Areas 1996*, Tokyo Institute of Technology.
 - YING, S., GUO, R., LI, L., VAN OOSTEROM, P. and STOTER, J., 2015. Construction of 3D Volumetric Objects for a 3D Cadastral System. *Transactions in GIS*, **19**(5), pp. 758-779.
 - YING, S., LI, L. and GUO, R., 2011. Building 3D cadastral system based on 2D survey plans with SketchUp. *Geo-spatial Information Science*, **14**(2), pp. 129-136.
 - ZHINDÓN, M., QUEVEDO, S., ANGAMARCA, P. and CÓRDOVA, F., 2017. Implementación del sistema de información geográfico catastral del cantón Déleg. *Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay*, **1**, pp. 215.
 - ZULKIFLI, N.A., RAHMAN, A.A., HASSAN, M.I. and CHOON, T.L., 2017. Conceptual Modelling of 3D Cadastre and LADM. In: T. YOMRALIOGLU and

J. MCLAUGHLIN, eds, *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Cham: Springer International Publishing, pp. 95-111.

- ZURITA, B., 2015. *Metodología para la obtención de catastro físico mediante el uso de nueva tecnología fotogramétrica*, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

ANEXOS

ANEXO 1

Urban Cadastral Situation in Ecuador: Analysis to Determine the Degree of Proximity of the Cadastral Systems to the 3D Cadastral Model (Julia Velastegui, Víctor Rodríguez, Oswaldo Padilla).



Submit to this Journal

Review for this Journal

Edit a Special Issue

Article Menu

Article Overview ^

- Abstract
- Open Access and Permissions
- Share and Cite
- Article Metrics
- Order Article Reprints

Article Versions ^

Related Info Links ^

More by Authors Links ^

Abstract Views	781
Full-Text Views	1234

Open Access Article

Urban Cadastral Situation in Ecuador: Analysis to Determine the Degree of Proximity of the Cadastral Systems to the 3D Cadastral Model

by  Julia Velastegui-Cáceres ^{1,*}  Víctor M. Rodríguez-Espinosa ¹ and  Oswaldo Padilla-Almeida ² 

¹ Department of Geology, Geography and Environment, University of Alcalá, 28801 Madrid, Spain

² Department of Earth and Construction Sciences, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí 171103, Ecuador

* Author to whom correspondence should be addressed.

Land **2020**, *9*(10), 357; <https://doi.org/10.3390/land9100357>

Received: 31 July 2020 / Revised: 13 September 2020 / Accepted: 24 September 2020 / Published: 27 September 2020

(This article belongs to the Special Issue 3D Cadastre)

[View Full-Text](#)

[Download PDF](#)

[Browse Figures](#)

[Citation Export](#)

Abstract

As 3D cadastres offer advantages in several areas by providing information with greater accuracy and a high level of detail, a diagnosis of the cadastral situation is required prior to the implementation of a 3D cadastral model. Therefore, this study focuses on diagnosing the urban cadastral situation in Ecuador based on an analysis of eight cantonal decentralized autonomous governments that were selected primarily for the availability of their cadastral information. The twelve characteristics included in the analysis supported the definition of a cadastral development scale based on the fulfillment of each characteristic. The official cadastral databases, meetings, and interviews with personnel related to the cadastres were used in the analysis to gain in-depth knowledge of the situation in each canton. The findings demonstrated that most cantons had similar characteristics and are at an intermediate level of cadastral development. Therefore, there is the need for cantons to have standardized cadastral information in accordance with national and international regulations. Thus, in this research, we developed an initial Ecuadorian land administration domain model country profile to initiate the transition towards 3D cadastre. [View Full-Text](#)

Keywords: urban cadastre; cadastral development; 3D cadastre; Ecuador; LADM

ANEXO 2

Vulnerabilidad ante amenazas naturales (sísmica, inundación, volcánica y global) de cada edificación en el área de estudio.

Anexo 2.- Tabla de resultados de vulnerabilidad ante amenazas de origen natural en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Clave catastral	SÍSMICA	INUNDACIÓN	VOLCÁNICA	GLOBAL	CUALITATIVO GLOBAL
060101004003037001001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037002001000000	3,20	10,40	13,00	8,87	BAJO
060101004003037002002000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003037003001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003037003002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003037004001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003037005001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037005002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003037008001000000	3,20	10,40	13,00	8,87	BAJO
060101004003037008002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037009001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003037011001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003037011002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003037011003000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003037012001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003037013001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003037013002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003036001001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003036002001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003036003001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003036004001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003036005001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003036006001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003036007001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003036007002000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003036009002000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003036009001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003036010001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003036011001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003036011002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003036013001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003036013002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003036014001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003036012001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003035001001000000	21,40	12,20	23,80	19,13	ALTO

060101004003035002001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003035003001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003035005002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003035005001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003035006001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003035007002000000	11,40	8,20	10,80	10,13	MEDIO
060101004003035007001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003035008001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003035009001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003035010002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003035010001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003035011001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003035014001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003035014002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003035015001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003035015003000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003035015002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003035016001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003035017001000000	11,40	7,20	9,80	9,47	BAJO
060101004003035012002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003035012001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034001001000000	11,40	7,20	9,80	9,47	BAJO
060101004003034002001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034003001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034004001000000	11,40	7,20	9,80	9,47	BAJO
060101004003034005001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034006001000000	3,20	10,40	13,00	8,87	BAJO
060101004003034007001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003034008001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034009001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034009002000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003034010001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034011001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003034012001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034013001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003034014001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003034014002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034016001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003034017001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003034015001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029003001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029002001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029003002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029004001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029004002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003029005001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO

060101004003029006001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029007001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029008002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029008001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003029011001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003029010001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003029011002000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003029012001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029013001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029015001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003029014001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003029014002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029016001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029018001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003029018002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024001001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024002001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003024004001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024005001000000	10,40	7,20	9,80	9,13	BAJO
060101004003024006001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024006002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003024012001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003024014001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003024015001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003024016001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024017001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024007001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003024008001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024009001000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003024010001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003024011001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003024011002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003025003001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003025004001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003025005001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003025006001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003025007001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003025007002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003025008001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003025009001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003025010001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003025011001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003025012001000000	8,20	10,40	13,00	10,53	MEDIO
060101004003025013001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003025014001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003025014002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO

060101004003025015001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003025001001000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003025002001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003028001001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028003001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003028007001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028008001000000	11,40	7,20	9,80	9,47	BAJO
060101004003028010001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003028011001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028011002000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003028013001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003028014001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028015001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028018001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003028018002000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003028019001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003028020001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028022001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028024001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003028025001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026001001000000	9,20	11,40	14,00	11,53	MEDIO
060101004003026002001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003026003001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003026004002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003026004001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003026005001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003026006001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003026007001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026008001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026009001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003026010001000000	13,40	15,40	27,00	18,60	ALTO
060101004003026011001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026012001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003026013001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003026013002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003026014001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003026016001000000	8,20	15,40	18,00	13,87	MEDIO
060101004003026017001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026018001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026019001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003026020001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003026021001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026022001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003026023001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003026024001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003027001001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO

060101004003027002001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003027003001000000	7,40	19,40	22,00	16,27	ALTO
060101004003027003002000000	7,40	19,40	22,00	16,27	ALTO
060101004003027003003000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003027004001000000	19,20	16,40	28,00	21,20	MUY ALTO
060101004003027005001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060101004003027006001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060101004003027006002000000	8,40	20,40	23,00	17,27	ALTO
060101004003027006003000000	8,40	20,40	23,00	17,27	ALTO
060101004003027007001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003027008001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003027009001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003027010001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003027011001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003027012001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003027013001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003027014001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003027017001000000	2,00	10,40	8,20	6,87	BAJO
060101004003027018001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003027019001000000	11,40	7,20	9,80	9,47	BAJO
060101004003027020001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003027020002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003027022001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003027024001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003027024002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003027025001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003027026001000000	11,40	7,20	9,80	9,47	BAJO
060101004003027027001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003027004002000000	8,40	20,40	23,00	17,27	ALTO
060101004003038001002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038001001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003003000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003005000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003007000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003008000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003004000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038003006000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004003000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004011000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003038004004000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004005000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004006000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO

060101004003038004007000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003038004013000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003038005002000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003038005001000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003038005003000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003038005004000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003038005005000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060101004003039001001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003039001002000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060101004003039002001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003039005002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003039005001000000	13,40	15,40	27,00	18,60	ALTO
060101004003039003001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003039004001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003039006001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060101004003039006002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039007001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003039008001000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003039009001000000	7,40	19,40	22,00	16,27	ALTO
060101004003039010001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039010002000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060101004003039011001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039011002000000	7,40	19,40	22,00	16,27	ALTO
060101004003039012001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060101004003039013001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039013002000000	20,40	7,20	18,80	15,47	ALTO
060101004003039040001000000	8,20	10,40	13,00	10,53	MEDIO
060101004003039040002000000	1,20	14,40	12,20	9,27	BAJO
060101004003039014001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003039036001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003039038001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003039035001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003039034001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060101004003039032001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060101004003039029001000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029009000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029006000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029004000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003039029007000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029010000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029011000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060101004003039029005000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029003000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060101004003039029008000000	9,20	11,40	14,00	11,53	MEDIO
060101004003039028002000000	9,20	11,40	14,00	11,53	MEDIO

060101004003039028001000000	7,40	19,40	22,00	16,27	ALTO
060101004003039025001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039025002000000	7,40	19,40	22,00	16,27	ALTO
060101004003039026001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039024001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039022001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039021001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039020001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039019001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039018001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060101004003039017001000000	18,20	15,40	27,00	20,20	MUY ALTO
060103005004033003002000000	8,40	20,40	23,00	17,27	ALTO
060103005004033003001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060103005004033003003000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060103005004033008001000000	2,00	10,40	8,20	6,87	BAJO
060103005004033008003000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033008002000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060103005004033009001000000	8,40	20,40	23,00	17,27	ALTO
060103005004033010001000000	4,20	11,40	14,00	9,87	MEDIO
060103005004033010002000000	8,20	15,40	18,00	13,87	MEDIO
060103005004033013001000000	17,40	19,40	31,00	22,60	MUY ALTO
060103005004033004001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060103005004033004002000000	14,20	11,40	23,00	16,20	ALTO
060103005004033004003000000	4,40	16,40	19,00	13,27	MEDIO
060103005004033006001000000	37,80	35,00	41,80	38,20	MUY ALTO
060103005004033006002000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060103005004033007001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060103005004033007002000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060103005004033007003000000	7,40	14,40	17,00	12,93	MEDIO
060103005004033010003000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060103005004033011001000000	17,40	8,20	19,80	15,13	ALTO
060103005004033016003000000	4,20	11,40	14,00	9,87	MEDIO
060103005004033016001000000	3,20	16,40	14,20	11,27	MEDIO
060103005004033016002000000	3,40	15,40	18,00	12,27	MEDIO
060103005004033037001000000	3,20	10,40	13,00	8,87	BAJO
060103005004033036001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060103005004033039001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033040001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033041001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033042001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033043001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033044001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060103005004033045001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033045002000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060103005004033046001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060103005004033047001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO

060103005004033048001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060103005004033048002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033049001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033050002000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060103005004033050001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033024001000000	2,20	15,40	13,20	10,27	MEDIO
060103005004033024002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033068001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060103005004033067001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060103005004033033001000000	37,00	39,00	45,80	40,60	MUY ALTO
060103005004033017001000000	2,00	10,40	8,20	6,87	BAJO
060103005004033052001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO
060103005004033052002000000	12,40	14,40	26,00	17,60	ALTO
060103005004033063001000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033064001000000	16,40	7,20	18,80	14,13	MEDIO
060103005004033064002000000	2,40	14,40	17,00	11,27	MEDIO
060103005004033060001000000	13,20	10,40	22,00	15,20	ALTO