



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fcien.edu.uy



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIA

Proyecto para optar al Título de Técnico en Cartografía

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA UN CATASTRO 3D

Autor: ELIANA QUIAN

Tutores: CARLOS CHIALE

HEBENOR BERMÚDEZ

Montevideo, Uruguay

2020

PÁGINA DE APROBACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba la Tesis de

Investigación:

Título... *Propuesta metodológica para un catastro 3D*

Autor... *Eliana Quian Pintos*


Tutor... *Carlos Chiale, Hebeonor Bermúdez*

Carrera... *Tecnólogo en Cartografía*

Puntaje... *10*

Tribunal

Profesor...  (Nombre y firma)

Profesor...  (Nombre y firma)

Fecha 09 /10/ 2020

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I	12
EL PROBLEMA	12
1.2 Objetivos de la Investigación	16
1.2.1 Objetivo General	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Justificación	16
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes	18
2.2 Bases Conceptuales	22
2.2.1 Evolución del catastro territorial en Latinoamérica y el Caribe	22
2.2.2 El catastro territorial en la República Oriental de Uruguay	24
2.3 Fundamentación catastral	25
2.3.1 Definición de catastro	25
2.3.2 El Catastro 3D	26
2.3.3 Estructura y diseño	30
2.3.4 Finalidad del catastro	31
2.4 Geotecnologías orientadas al catastro	33
2.4.1 Sistema de Información Geográfico (SIG)	35
2.5 Tecnologías SIG	39
2.5.1 Sistemas de Información Geográfica	39
2.5.2 Los componentes de los SIG. Hardware y Software	41
2.5.3 Datos e información Geográfica	42
2.5.4 Los componentes de la información geográfica	45
2.5.5 Capas	46
2.5.6 Base de datos espaciales o Geográfica	47
2.5.7 Modelos y estructura de datos	48
2.5.8 Formatos del SIG	50
2.5.8.1 Modelo digital de terreno (MDT) y modelo digital de superficie (MDS)	50
2.5.8.2 SIG COMERCIAL VS SIG BASADO EN CÓDIGO LIBRE	50
a) Sistemas de Información Geográfica Comercial	50
b) Sistemas de Información Geográfica basados en Código Libre	51

2.6	Definiciones de software	52
2.7	Los servicios web geográficos	54
2.8	Geography Markup Language (GML)	55
2.9	Principios del modelado	56
2.10	Tecnologías web	57
2.10.1	Software distribuido	57
2.10.2	Web Service	57
2.10.3	XML Web Services	59
2.10.4	Google Earth	60
CAPÍTULO III		61
METODOLOGÍA		61
3.1	Especificaciones Técnicas	61
3.2	Recolección de información	61
3.3	Definición del entorno geográfico del Sistema	62
3.3.1	Alcances	63
3.4	Base de datos alfanumérica	64
3.5	Procedimiento de digitalización	66
3.4.1	Creación de topologías en 2D	67
3.4.1.1	Topologías de inmuebles en Propiedad Horizontal	67
3.4.1.2	Topologías de inmuebles en Propiedad Común	68
3.4.1.3	Tabla de atributos	68
3.6	Base de datos geográfica	70
3.7	Creación de topologías en 3D	71
3.8	Fichero KMZ con el modelo 3D	71
3.8	Resumen esquemático de la metodología	72
CAPÍTULO IV		73
RESULTADOS		73
4.1	Consultas gráficas	74
4.1.1	Régimen de propiedad	74
4.1.2	Unidades catastrales	75
4.1.3	Valores de construcción	75
4.1.4	Valores del terreno	76

CAPÍTULO V	77
CONCLUSIONES	77
5.1 Líneas de trabajo	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Información institucional de libre acceso	62
Tabla 2. Datos alfanuméricos de la Intendencia de Montevideo	65
Tabla 3. Campos o variable contenidas en shapefile	66

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Dimensión de los datos geográficos	46
Imagen 2. Superposición de Capas	47
Imagen 3. Estructuración de datos	49
Imagen 4. Ubicación zona de estudio	63
Imagen 5. Esquema de la metodología	72
Imagen 6. Régimen de las propiedades	74
Imagen 7, Unidades catastrales	75
Imagen 8. Valores de construcción	76
Imagen 9. Valores del terreno	76

RESUMEN

La presente investigación se orientó en el diseño de una propuesta metodológica de un sistema de información geográfica (SIG) que permita la representación y modelación de información catastral en 3D. Los SIG son herramientas de gran importancia, y sirven de apoyo en la toma de decisiones, para la ejecución de medidas que representen beneficios para la sociedad. El estudio se centró en la capital departamental del Uruguay, Montevideo, más precisamente en las zonas de Mercado Modelo y Villa Española. La metodología utilizada se basó en una investigación descriptiva, mixta y documental, con la finalidad de describir los procesos que conllevan al diseño de un SIG 3D. Se realizó una breve exposición de las bases teóricas que fundamentan la investigación. Como resultado, se elaboró las especificaciones técnicas que debe tener el sistema de información geográfico, se definieron los objetivos, requerimientos, funcionalidades, el sistema de base de datos y el procedimiento de visualización en 3D.

Palabras Clave: Sistema, Información, Geografía, Catastro, 3D, Modelos y Procesos.

INTRODUCCIÓN

El catastro en la mayoría de los países se ha convertido en una herramienta útil y de amplia aplicabilidad al permitir a las municipalidades el conocimiento pleno de los bienes inmuebles. Con sus características y condiciones permiten gestionar de manera precisa la administración municipal y así tomar decisiones en los aspectos relacionados con la recaudación de impuestos, elaboración de proyectos de obras públicas y la ejecución de los mismos.

En muchos países el catastro se ha venido conformando mediante el uso de fichas técnicas, cuyo manejo de la información se torna poco ágil al ser netamente manual y de acceso limitado, lo que ha traído entre otras consecuencias la poca sinceridad de la información en él contenida, afectando de manera directa a la gestión municipal.

Esta situación ha conllevado a las municipalidades a implementar un sistema de información geográfico que permita la estructuración y visualización de la información ubicada espacialmente dentro de un territorio determinado, para ello han acudido a distintos organismos tanto públicos como privados que contribuyan con el fortalecimiento de la gestión catastral (Federación Internacional de Geómetras [FIG], 1995).

La información que ha de contener este sistema de información geográfico debe estar relacionada con el conjunto de variables vinculadas con las características topográficas, uso del suelo, redes de servicios públicos, demografía, inventario de

inmuebles entre otras, que faciliten un catastro actualizado en los aspectos fiscales como en los urbanísticos.

En consecuencia, este proyecto no surge de la necesidad de desarrollar una herramienta que permita presentar un registro catastral actualizado y digitalizado de manera eficiente y accesible a particulares y autoridades para la toma de las decisiones en pro del municipio, sino de implementar una herramienta 3D capaz de establecer otras variables de interés relacionadas con las elevaciones de las edificaciones, los servicios públicos entre otros.

El desarrollo del presente proyecto está estructurado de la forma que seguidamente se indica:

El capítulo I, refiere al planteamiento del problema, en el cual se expondrá la necesidad de implementar un sistema de información geográfico 3D para llevar a cabo el catastro de la municipalidad. Al mismo tiempo, se plantean las preguntas de investigación, para posteriormente establecer tanto el objetivo general como los específicos y la justificación del mismo.

El capítulo II, está referido al marco teórico en donde se describen brevemente las bases teóricas y sus antecedentes, conjuntamente con las bases conceptuales que respaldan la investigación, las cuales sirven para explicar los resultados que se obtengan en el desarrollo del estudio.

El Capítulo III, describe la metodología, la cual comprende: la recolección de la información, las especificaciones técnicas del sistema de información geográfico, la definición del entorno geográfico del sistema, los procedimientos empleados, la

base de datos geográfica, la creación de topologías en 3D, el fichero KMZ con el modelo 3D.

El Capítulo IV expone los resultados relacionados con la aplicación del sistema en el que se pueden observar las consultas gráficas, los regímenes de propiedad y los aspectos relacionados con las unidades catastrales, valores de construcción y de terreno.

Finalmente, el capítulo V está referido a las conclusiones, que dan respuesta a los objetivos que fueron planteados para el desarrollo del presente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Los sistemas de información geográfica son herramientas de gran importancia y sirven de apoyo en la toma de decisiones para la ejecución de medidas que representen beneficios para la sociedad, la existencia de este sistema permite obtener una visión de la información geo-referenciada, es decir ubicada espacialmente dentro de un territorio específico.

Lo precedentemente señalado implica que la información referente a servicios educativos, salud, recreacionales, uso del suelo, características socio-demográficas entre otras, es posible ubicarla y visualizarla de una manera fácil y rápida mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica.

Por otro lado, el tema catastral entendido como el registro de las unidades inmobiliarias que permite a las Entidades Gubernamentales el conocimiento pleno y exacto del patrimonio municipal, permite tener información de utilidad para la planificación y desarrollo mediante el fortalecimiento de las finanzas municipales y el mercado inmobiliario.

Partiendo de este contexto y dando una visión a los catastros a nivel mundial, estos se encuentran en su mayoría bajo una estructura organizativa y técnica que va dirigida a la utilización y desarrollo de tecnologías de adquisición de datos para aumentar los niveles de precisión y facilitar los procesos, la automatización de los controles de calidad para hacerlos más rápidos y seguros, implementación y manejo de infraestructuras de datos espaciales para facilitar el acceso y distribución de los datos en línea y computarización de los sistemas de registros de la tierra, con el fin

de lograr el traslado de dominio electrónico; y el componente metodológico que va enfocado y dirigido al aseguramiento de la calidad bajo estrictos y diferentes controles para cada área específica, que garantizan la transparencia de los procesos y la calidad de los productos entregados.

En la actualidad, existe la necesidad de regular, estandarizar y normalizar todos los procesos concernientes a la procesos de elaboración, operación, difusión y administración de procedimientos catastrales integrales de las áreas urbanas y rurales de un territorio: es por ello que se hace necesario estructurar una propuesta metodológica de todos los componentes catastrales de tal manera que permita resolver eficazmente las debilidades, y consolidar las fortalezas de las diversas metodologías aplicadas al catastro.

La información catastral es un componente de datos de referencia de cualquier Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Durante los últimos años se han realizado diversas investigaciones relacionadas con el tema catastral. Algunos se inclinan por el análisis en el comportamiento de las metodologías de investigación, más que por el análisis hacia los sistemas catastrales y de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Según Volkan y Stubkjaer (2011) el diseño del sistema catastral desde el punto de vista del análisis metodológico es el que se ocupa de los problemas del sistema de información dentro de este contexto.

Existen dos elementos importantes en la modelación catastral, las parcelas y las unidades inmobiliarias que deben ser representados, para determinar la relación y su conexión; en el caso de un catastro 3D no se requiere tener un fino detalle de

elementos constructivos, sino que se debe contar con elementos básicos para la extrusión y así obtener sólidos que representen el territorio.

Es importante destacar que los modelos de representación de la tenencia pueden variar en función a las leyes que rigen al territorio, es en este sentido, las técnicas de captura y administración de los datos deben ser muy bien estudiadas, evaluar el *software* que permita modelar el territorio es necesario en campos como el SIG y CAD, todo esto encaminado a un catastro 3D que garantice una completa operatividad y funcionalidad.

El cambio en la tipología de unidades inmobiliarias, dado el continuo crecimiento dinámico de la sociedad, conlleva a su vez el crecimiento de las ciudades, representando un reto para una gestión eficiente de los recursos, lo que trae como consecuencia contar con un modelo certero de la ciudad.

Según Renzhong y Shen (2012) una evidente necesidad de una transformación de un catastro 2D a 3D, requiere cambios drásticos en la aplicación de técnicas de medición y reestructuración en la forma de administración del espacio; el crecimiento de la población y la necesidad de posesión de los bienes inmuebles ha hecho que en algunas ciudades exista una transformación de expansión de lo horizontal hacia lo vertical, es decir, se pasa de un simple modelo constructivo donde se necesitaba una mayor extensión geográfica para el desarrollo de las ciudades hacia un mejor aprovechamiento del espacio en que podemos tener varios propietarios en varios.

Por otro lado, se puede decir que un SIG es un conjunto de elementos conformados por equipos y programas que facilitan a los usuarios realizar consultas interactivas, integrar, analizar y representar de modo eficiente información geográfica referenciada asociada a un territorio, todo lo cual es logrado previa conexión de mapas con bases de datos. Los sistemas de información geográfica actuales se sustentan en la gestión y análisis en dos dimensiones de los datos, lo que implica que el usuario se encuentra con ciertas limitantes con respecto a la apreciación de la información encontrada al no poder ser percibida como se encuentra en la realidad.

Para superponerse a tal limitante se requiere de nuevas aplicaciones que gestionen datos complejos y los muestre conforme se perciben en el mundo real, es decir, en tres dimensiones, y así percibir las características geográficas y la posición que ocupan dentro del mapa en sus respectivas escalas.

Los sistemas de información geográfico 3D presentan grandes desafíos que involucran la gestión de geometrías 3D y la visualización de los espacios de una manera sencilla, pasando por el análisis y geoprocesado de la información.

Es por ello que en la presente investigación se plantea la siguiente interrogante
¿Que metodología se puede utilizar para que un Sistema de Información Geográfico permita modelar información catastral en 3D?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta metodológica de un SIG que permita su representación y modelación de información catastral en 3D en una zona piloto en el departamento de Montevideo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer insumos y procedimientos necesarios para la creación de un SIG catastral 3D en Uruguay
- Identificar posibles consultas o estudios territoriales a ser utilizadas en el SIG.
- Proponer una vía para la accesibilidad al SIG para los usuarios finales.

1.3 Justificación

La importancia de la investigación radica en generar una metodología para un SIG para representar y modelar la información catastral en 3D, ya que esto representa un apoyo en la toma de decisiones de interés socio-cultural, económico y político por la dinámica de la ciudad a nivel inmobiliario. El fin de dicha metodología es aportar su visualización en 3D para investigaciones y/o problemáticas de zonas de estudio.

Como la información catastral es un producto importante tanto para los usuarios y/o contribuyentes, como para las entidades municipales que se apoyan en los insumos cartográficos, la falta de este y la no adecuada estructuración de la misma repercuten en la incorrecta toma de decisiones.

El diseño e implementación del Sistema de Información Geográfico y la actualización de la información permitirán el ahorro de esfuerzos tanto económicos

como humanos, ya que al contar con esta herramienta se puede realizar una planificación más eficiente que permita el desarrollo de las ciudades y su población.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Con el propósito de establecer las bases teóricas que permitan fundamentar la propuesta objeto del presente estudio, se pretende abordar nuevos enfoques y a partir de los conceptos, construir un planteamiento sólido para la implementación de un registro catastral 3D en la zona de mercado modelo, Villa Española, Montevideo.

2.1 Antecedentes

Se presenta a continuación una breve descripción de los enfoques, concepciones o tendencias y estudios o investigaciones más relevantes a nivel nacional e internacional, sobre el tema objeto de investigación, los cuales están relacionados con la propuesta metodológica para un SIG que permita su modelación 3D.

Para el estudio se apoyó preliminarmente en el antecedente de la Dirección General del Catastro de España (DG), que modeló las construcciones 3D y las representó en un fichero KML que permitió visualizar la cartografía de las parcelas catastrales de todo el territorio y los servicios WMS a través de *Google Earth*. Posteriormente incorporó descargas históricas agregando la 4to dimensión (el tiempo).

Con esta nueva modalidad de acceso a la información catastral, la DG vio una potencial herramienta de acceso a la información para la ciudadanía en general con una aplicación de fácil acceso como *Google Earth*, una información que antes requería del manejo de elementos técnicos que limitaba su universalidad.

Ojeda (2014), en el trabajo titulado “*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". (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Postgrado. Quito. Ecuador.

El principal objetivo de esta investigación fue presentar la problemática catastral en Ecuador, desde el manejo de la información en las instituciones públicas, a fin de presentar un análisis del uso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) como herramienta eficaz en el desarrollo de proyectos de catastro 3D y su aplicación en un caso específico: "Levantamiento catastral en 3D, con aplicación de la ficha predial y recopilación de información gráfica de una manzana de la ciudad de Quito". Para el desarrollo de la investigación se planteó la siguiente hipótesis: "El método más adecuado para realizar los levantamientos catastrales en 3 dimensiones es aquel que incluye en la mayoría de las etapas de registro de información, los Sistemas de Información Geográfica".

En este sentido, el autor registra las metodologías de mayor uso en Ecuador para el diseño de proyectos catastrales, realizando un reconocimiento de las mismas, de tal forma que le permita presentar un levantamiento catastral en 3 dimensiones con el SIG de software libre en un caso específico. Partiendo de la premisa en cuestión, se recopila la información requerida a fin de elaborar la ficha predial que permitirán realizar el análisis correspondiente, con apoyo de la cartografía actualizada de los sectores a intervenir y con el procedimiento de sistematización de la información más apropiado.

El estudio demostró que los Sistemas de Información Geográfico son las herramientas tecnológicas más adecuadas en el desarrollo de catastros 3D urbanos

y rurales, primordialmente porque permite una interrelación entre la base de datos gráfica y la base de datos alfanumérica que respalda la información en ambas direcciones.

De igual forma, se comprobó que aun cuando la inversión que se requiere para la implementación de un Sistema de Información Geográfico catastral es considerable, resulta viable desde el análisis del costo-beneficio, debido a la eficiencia y eficacia de los procedimientos catastrales que se traducen en procesos de actualización continua de acuerdo a la dinámica de la ciudad y acceso a la información predial.

Con el análisis de los resultados de la investigación, el autor recomienda realizar revisiones y modificaciones a la COOTAD, Código Civil, Ley Notarial, Ley Registral, Ordenanzas de Actualización y Levantamiento Catastral, Ordenanzas de Valoración del suelo y de las construcciones, así como realizar un estudio previo que permita priorizar los sectores a ser intervenidos, debido a los altos costos que representa el levantamiento de la información.

Por último, se considera fundamental el uso de cartografía elaborada técnicamente bajo parámetros internacionales, como soporte o base para la ejecución de un proyecto de catastro, estimando que en la actualidad la tendencia es realizar análisis integrados de territorio.

Sanmartín (2007), en el trabajo titulado *“Inserción de actividades logísticas de escala supradepartamental. ¿Sobre un dato preexistente o sobre el espesor de un lugar?”* (Tesis de grado) Facultad de Arquitectura. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.

La investigación se plantea como propósito las transformaciones asociadas a la logística que han afectado en forma predominante al sector oeste del departamento de Montevideo en la última década. Estos cambios revelan la necesidad de incorporar, reubicar o ampliar macro emprendimientos de escala supra-departamental.

El análisis en cuestión hace énfasis particular en el valor patrimonial y en los aspectos de la percepción del paisaje y el territorio, el cual adquiere relevancia como soporte de las intervenciones que contribuyen en la definición del perfil de una nueva historicidad, entendido como un complejo unitario que puede adaptarse o modificarse y que comprende: Las zonas urbanas y rurales, la naturaleza, la arquitectura, el ambiente formal y el dimensional.

Para el desarrollo de la investigación se tomó como punto de partida la elaboración de un marco teórico centrado en el concepto del paisaje como objeto e instrumento de interpretación y análisis, incorporando aspectos de índole patrimonial como testimonio del proceso de construcción del territorio y un análisis arqueológico de las estructuras físicas, ambientales, sociales y económicas del pasado, que resaltan otras redes y vínculos del territorio.

Como parte de la metodología de investigación, el autor propone realizar una interpretación multiescalar, espacial y temporal, tomando en cuenta varias dimensiones. Las técnicas de recolección de información, se relacionan con la investigación basada en la consulta de fuentes bibliográficas, estadísticas y documentos pertinentes, así mismo lleva a cabo entrevistas abiertas

semiestructuradas. En relación al análisis de los resultados de la investigación expresa:

Este demuestra que el territorio de hoy, más allá de constituirse en un documento arqueológico, es testimonio de las lógicas funcionales contemporáneas que se contraponen a la visión técnica, a la formulada desde el medio empresarial, a la institucional de escala macrodepartamental y a la del usuario. Todas ellas reivindican la necesidad de promover intervenciones sobre un territorio construido por la cultura de manera de respetar ventajas comparativas y competitivas y de conservar los componentes patrimoniales (Sanmartín, 2007, p.174).

En este sentido, con el resultado de la investigación se demostró que la concepción del espacio urbano y el espacio natural se solapan y lo que se denomina “espesor del lugar” se refiere específicamente a la suma de capas que construyeron históricamente el espacio habitado.

Por último, la investigación aporta una teoría cotejada con la realidad de territorios singulares, que busca llenar el vacío de aspectos no contemplados en la instrumentación de las intervenciones del suelo urbano que se han llevado a cabo hasta el presente, explícita o implícitamente.

2.2 Bases Conceptuales

A continuación, se muestra un marco teórico-conceptual, soportado en la bibliografía consultada, que tiene como propósito fundamentar la propuesta objeto del presente estudio orientada a la implementación de un registro catastral 3D en la zona de Mercado Modelo y Villa Española, Montevideo, Uruguay.

2.2.1 Evolución del catastro territorial en Latinoamérica y el Caribe

En Latinoamérica y el Caribe, el catastro se rige por normas y reglamentaciones tradicionales de carácter universal, aceptadas desde el punto de vista jurídico y

económico. Algunos hechos históricos marcaron el inicio de los procesos catastrales en Latinoamérica, como la ocupación europea en la época de la conquista, las proclamaciones de independencia y el surgimiento de nuevos Estados como consecuencias de las guerras que fueron modificando las fronteras y los marcos jurídicos de los países (Erba, 2008).

El período que va desde la conquista hasta inicios del Siglo XX, se distinguió por el surgimiento y progresiva consolidación de las instituciones responsables del sistema catastral de inmuebles, que se abocaron a la consolidación de la ocupación de la tierra y al registro de la información pertinente.

En 1986 países Latinoamericanos como Argentina y los países del Río de la Plata, fueron pioneros en el desarrollo de sistemas catastrales con efectos jurídicos, así mismo en Uruguay en 1931 surgió la Comisión Topográfica a 13 meses de asumir la Presidencia de la Republica Fructuoso Rivera, el 6 de noviembre de 1830. El 19 de diciembre de 1831 se aprueba el decreto con las funciones y atribuciones de la Comisión, la cual define su objetivo primordial que está orientado a normalizar en todas las regiones de Uruguay los procedimientos catastrales propuestos por la referida institución, en beneficio de la propiedad y los intereses públicos, así como sistematizar la práctica profesional (Foladori, 2005).

Para el siglo XX el sistema catastral en Latinoamérica dio un giro con el surgimiento de nuevas instituciones y la promulgación de leyes catastrales y de ordenamiento del territorio. En este período se implementaron sistemas de información orientados a la definición de la infraestructura de datos espaciales que complementaron el uso

y aplicación de los registros catastrales y la forma de enfocar este tema desde un punto de vista multifinalitario (Erba, 2008).

2.2.2 El catastro territorial en la República Oriental de Uruguay

A partir de 1726 se generaron los primeros documentos cartográficos en Uruguay con el reparto de tierras de Montevideo, elaborados por ingenieros militares a quienes se les encargó realizar las mediciones y el levantamiento de actas de mensura, en la cual se asentaban las operaciones realizadas.

Con la creación de la Comisión Topográfica en 1831, se inició un proceso de institucionalización en materia catastral, así como se fueron implementando protocolos para la elaboración y actualización de la documentación gráfica y legal de parcelas. En la década de los '70 con la sanción de las Leyes 13870 y 14261 se permitió incorporar edificaciones bajo el régimen de propiedad horizontal.

En 1996 se presentó el anteproyecto de Ley Catastral y se inició un proceso de digitalización de los predios rurales, cuya información quedó asentada en el Sistema de Información Geográfica Rural.

En 2003 y 2004 se elaboran fotoparcelarios de las 80 principales localidades del interior del país y para 2005 se desarrolló el sistema piloto de Cédulas Web.

Cabe destacar, en lo que respecta a los avances tecnológicos en materia catastral, la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) cuenta con un sistema avanzado de catastro municipal con una plataforma tecnológica de punta orientado a la base de datos de la DNC y al desarrollo de la cartografía catastral urbana.

En la actualidad, el catastro uruguayo responde al modelo geométrico y descriptivo, en el cual se destacan las unidades parcelarias como elemento fundamental para

determinar los aspectos fiscales, con el uso de cartografía georeferenciada y con un enfoque multifuncional en razón de que permite a la municipalidad tomar decisiones en los distintos aspectos políticos y jurídicos (Erba, 2008).

Para lo cual es fundamental el plano de mensura para una correcta identificación de la parcela de que se trate, de modo tal que permita brindar a la municipalidad y a los usuarios en general una visión clara de los espacios urbanos, al contener los límites de cada propiedad, ocupación o posesión, en el cual será proyectada alguna construcción (Decreto 318/995,1996).

2.3 Fundamentación catastral

2.3.1 Definición de catastro

La conceptualización del catastro ha pasado por diversas vertientes, dada la amplitud del término y su aplicación. En este sentido, la Federación Internacional de Geómetras [FIG] (1995), define el catastro como un sistema de información territorial parcelario y actualizado que registra la propiedad territorial en lo que respecta a responsabilidades, derechos y restricciones, que incluye información geométrica de las parcelas vinculadas a la naturaleza de los derechos reales, propiedad o control de dicha propiedad territorial y que puede establecerse con fines fiscales, jurídicos para el control y uso de la tierra a partir de la administración y planificación, permitiendo el desarrollo sustentable.

De igual forma, tomando como referencia el informe: Catastro 2014 se puede definir el catastro como “un inventario público, metódicamente ordenado, de datos concernientes a propiedades de un determinado país o distrito, basado en la mensura de sus límites” (Henssen, 1995, p.5).

Si se comparan ambas definiciones, se puede decir que la noción del catastro ha evolucionado desde lo que se consideraba un catastro tradicional hasta el presente, el cual comprendía solo aspectos fiscales, jurídicos y geométricos a diferencia del catastro multifinanciado que incorpora datos ambientales, sociales y económicos, desligándolo de principios fiscalistas para llevarlo a otro nivel con una base de datos relacionales y georreferenciados, los cuales aportan un enfoque socioeconómico y ambientalista desde la planificación, el control y la ordenación del territorio, constituyéndose en una herramienta eficaz en la aplicación de políticas públicas.

2.3.2 El Catastro 3D

El Catastro en términos generales, es el censo analítico de la propiedad inmobiliaria debidamente actualizado y clasificado, en palabras de Henssen (1995) “es un inventario público, metódicamente ordenado de datos concernientes a propiedades de un determinado país o distrito, basado en la mensura de sus límites” (p.5). Cabe destacar, que para el registro de los datos de estas propiedades no solo se consideran sus características físicas, sino también aquellos aspectos jurídicos, fiscales y económicos que revelan las particularidades intrínsecas que lo definen.

El registro catastral representa un gran reto, dada la cantidad de información que maneja y la importancia que tiene en lo que a gestión urbana se refiere tomando en cuenta su utilidad en diversas áreas como el ordenamiento y planeamiento urbano, el análisis territorial y medioambiental, los derechos o restricciones legales asociados con el objeto territorial y la gestión municipal.

En este orden de ideas, es indispensable contar con un sistema catastral basado en una plataforma tecnológica de punta como herramienta fundamental en la

administración de la información de tierras, que brinde soporte a los procesos de planeación y gestión urbana. De acuerdo a la Federación Internacional de Agrimensores (1995) dicho sistema se denomina: Sistema de Información de Tierras (SIT), el cual se apoya en la propiedad para el desarrollo económico y social, así como en la organización y planificación urbana y rural, en el monitoreo ambiental y en el desarrollo sostenible.

Desde esta perspectiva, el referido sistema garantiza la eficiencia en los procesos catastrales brindando a los usuarios datos e información en forma rápida y veraz, actualizando los procedimientos, utilizando nuevas herramientas y facilitando el acceso a la información predial necesaria para ayudar al desarrollo sostenible.

Los modelos 3D urbanos digitales constituyen actualmente una herramienta de gran utilidad debido a sus múltiples propósitos, como la optimización del diseño de la infraestructura de una ciudad, creación de plataformas para la gestión y conservación del patrimonio cultural, planificación y diseño de desarrollos urbanos, cálculos de superficie de construcción y ubicación para su aplicación en la gestión municipal y registro catastral en tres dimensiones.

Los modelos urbanos tridimensionales son herramientas muy útiles para registrar y gestionar la información, por lo que es importante que estos modelos sean confiables, estén ajustados al entorno y permitan integrar la información de diseño de edificios BIM (*Building Information Modeling*) con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y otras tecnologías geoespaciales.

Para el diseño de modelos urbanos 3D en la actualidad, se toma como referencia los datos provenientes de las fuentes de captura que incorporan tecnología de punta

como los sensores aerotransportados LiDAR (*Light Detection And Ranging*), los cuales permiten medir la distancia entre un dispositivo con esta tecnología y un determinado objeto, a través de un rayo de luz láser que determina las medidas de posicionamiento georreferenciadas. Este tipo de técnica es útil en los sistemas de registro catastral 3D, específicamente en la elaboración de inventarios de infraestructura vial urbana, levantamiento de infraestructura de servicios públicos, topografía de alta precisión y procesos de reconocimiento predial (Laborate, 2013). La tecnología 3D ha permitido un avance significativo en materia de planificación urbana, presentando una innovadora forma de obtener información geoespacial que ha modificado las políticas de suelo en 3D. En la actualidad continua el proceso de adaptación de esta tecnología, cuyos fundamentos aplicados en materia urbana se apoyan en las normas ISO 19152 conocida como LADM publicada en diciembre de 2012, la cual contempla la integración del registro de la tierra, los actores involucrados, los derechos, restricciones y responsabilidades, factores indispensables para una adecuada administración territorial.

El catastro 3D como herramienta tecnológica no ha alcanzado un 100% de funcionalidad, dada la complejidad del proceso de adaptación de esta tecnología a los sistemas de información catastral, que implica la implementación de nuevas soluciones, programas de capacitación e inversiones significativas, además del cambio de paradigma que supone, ya que tradicionalmente los modelos catastrales fueron diseñados a partir de la representación 2D, consolidada como herramienta con esquemas confiables, procesos bien definidos y éxito relativo en la representación de la infraestructura urbana en general (Laborate, 2013).

En este sentido, la representación de parcelas es fácilmente comprensible mediante la proyección sobre un plano horizontal, sin embargo, dada la complejidad volumétrica de los bienes inmuebles, resulta complicado expresar todas las características de los edificios utilizando la misma forma de proyección horizontal en 2D, ya que los edificios no se pueden modelizar de forma independiente sin considerar los datos catastrales.

Cabe destacar, que las demandas en cuanto a información geoespacial referidas al catastro es cada vez mayor y las aplicaciones con modelaje 3D contribuyen en gran medida al procesamiento de la misma, ejemplo de ello, es el derecho real de dominio o derecho de propiedad aplicado a una parcela, que por definición es una representación bidimensional, pero en la realidad y desde el punto de vista jurídico, esta supone un hecho tridimensional, ya que su dominio se extiende en sentido vertical y en profundidad, debido a que la proyección vertical de sus linderos se encuentra delimitada y extendida hacia el espacio aéreo.

Actualmente no existe un verdadero catastro 3D, pero muchos países están adaptando progresivamente sus sistemas para operar con esta tecnología. Canadá, Estados Unidos y Australia encabezan la lista de los países con mayor apoyo de empresas privadas de software especializados en catastro 3D que han apostado, según Laborate (2013) por un desarrollo urbano sostenible, razonable y sustentable, que está condicionado, por la capacidad de cooperación entre los organismos competentes y por la participación de los diferentes actores en los distintos niveles de planificación para dirigir el catastro hacia un nuevo paradigma de gestión y distribución de los recursos territoriales y ambientales.

Finalmente, la aplicación y el uso de un sistema catastral apoyado en tecnología 3D que garantiza la eficiencia, el cuidado y la valorización de los recursos endógenos de los predios, así como la gestión, administración y uso de la tierra priorizando el aspecto económico desde el punto de vista urbanístico y del acaparamiento o de la especulación por plusvalía.

2.3.3 Estructura y diseño

En términos generales, el catastro debe responder a conceptos de diseño ajustados a todas las posibles variables que influyen en los procesos inherentes al uso del suelo, destacando los aspectos espaciales, jurídicos, sociales y ambientales del contexto en la búsqueda de un enfoque multifinilar, asimismo el catastro debe adaptarse a la tecnología disponible que garantice la eficiencia de los procesos de reestructuración y actualización.

En este sentido, Erba (2007) aporta en su libro "*Catastro Multifinilar: aplicado a la definición de políticas de suelo urbano*" los principios básicos a considerar en la reestructuración del catastro que contemplan los siguientes aspectos:

Mantener una adecuada relación costo-beneficio, ya que cuanto más complejo sea el sistema catastral más altos resultarán los costos de estructuración y mantenimiento, así como levantar sólo los datos necesarios de acuerdo al propósito que se persiga, esta decisión depende del criterio del diseñador y debe estar dirigida a la simplicidad del sistema en el marco de la utilidad, ya que esto representa economía en recursos financieros, tiempo y esfuerzo y por último, aprovechar racionalmente la tecnología disponible.

Los sistemas catastrales pasan por un proceso de desactualización en algún momento, debido a que la información pertinente se modifica o las características y el valor del suelo varían, por lo que se hace necesario diseñar estrategias ajustadas a los requerimientos con el uso de herramientas adecuadas para la implementación de procesos de actualización (Erba, 2007).

Un sistema catastral debe ser útil considerando todas sus aplicaciones a lo largo del tiempo, razón por la cual debe mantenerse actualizado, este no tiene la menor utilidad si no existe la previsión de sustituir la base de datos cada vez que sea necesario. En este sentido, se maneja la siguiente hipótesis: “La información catastral útil es aquella que proviene de datos confiables, es decir de aquellos que se pueden mantener actualizados” (Erba, 2007, p.55).

En correspondencia con la premisa de este autor, se considera que lo importante en este proceso es que se identifiquen claramente las variables que deban actualizarse, en qué momento y de qué forma se va proceder independientemente del motivo que preceda a la actualización. Igualmente, definir qué estrategia es la más adecuada para iniciar el proceso de actualización. En algunos casos se opta por el mantenimiento catastral que tiene como propósito conservar los datos lo más cercano a la realidad, generalmente este debe estar acompañado por actualizaciones masivas en períodos cortos que pueden abarcar determinados sectores o cubrir una ciudad en su totalidad (Foladori, 2005).

2.3.4 Finalidad del catastro

El modelo económico-geométrico-jurídico es el que caracteriza gran parte a los sistemas catastrales de Latinoamérica, cuya finalidad de índole tributario o fiscal,

con la cual se determina el valor del inmueble y el monto del impuesto, siendo indispensable para este cálculo conocer la localización, forma y dimensiones de la propiedad, así como toda la información proveniente de los documentos cartográfico y las bases alfanuméricas. En este sentido, se le da un propósito geométrico o físico al catastro, para posteriormente agregar la finalidad jurídica, debido a que inicialmente, este se utilizó como complemento de los registros de los inmuebles (Erba, 2007).

En términos generales, se puede decir que el catastro es una base de datos o censo estadístico que permite el control y registro de la tierra, así como el ordenamiento territorial y la planificación urbana, la inscripción y actualización de bienes inmuebles y la administración de los derechos atribuibles a estos. Igualmente, el catastro posibilita las gestiones sobre el uso del suelo, la propiedad del bien y el cálculo de impuestos vinculados a este, así mismo proporciona la información necesaria para realizar censos.

El manejo de la información, es evidentemente la función primordial del catastro con el uso y aplicaciones descritas, es por ello que este debe garantizar el registro, validación integración y gestión de la misma, así como la transferencia de datos y la viabilidad de la conexión entre la información alfanumérica y cartográfica.

Por último, se debe destacar que en la actualidad el catastro se ha caracterizado por tener propósitos múltiples, considerando los ya señalados, este contempla los aspectos sociales y ambientales que le dan el carácter multifuncional, que no sólo garantiza el desarrollo sustentable del territorio, sino que promueve la seguridad de

la propiedad del inmueble, contribuye a la distribución equitativa de las cargas tributarias y crea las bases para la planificación urbana (Foladori, 2005).

Sobre la base del Catastro Multifinalitario se inicia un proceso de actualización digital del registro catastral, lo que permite crear en el 2003 el Sistema de Información Geográfica (SIG) de alcance nacional y con tecnología de punta. Por último, a través de un convenio con la UTE, se inicia la elaboración de fotoplanos sobre imágenes aerofotográfica, lo que representa un avance significativo en la digitalización del sistema catastral.

En el marco del proceso de actualización, destaca el Proyecto Geoportal, el cual incluye la implementación de un portal geográfico que apunta al desarrollo de nuevas funcionalidades y servicios web. Este Geoportal como instrumento de acceso al registro catastral, contempla una base de datos alfanumérica y gráfica con un visualizador de mapas, como reportes se obtienen cédulas catastrales, información básica por padrón con gráfico y croquis de la manzana catastral, así como la posibilidad de incorporar imágenes satelitales.

Finalmente, es importante mencionar que en la actualidad se mantiene vigente la estrategia de modernización del catastro como registro nacional de inmuebles, a través del desarrollo de mecanismos de acceso virtual a la información catastral, mediante convenios internacionales que aportan nuevas tecnologías para el perfeccionamiento del sistema catastral integral (MEF, 2020).

2.4 Geotecnologías orientadas al catastro

El ordenamiento y la planificación territorial es un proceso de índole geográfico que puede ser analizado con diversas aplicaciones informáticas y con un conjunto de

herramientas, métodos, técnicas y procedimientos orientados a la gestión de la información geográfica digital, que en su totalidad conforman las Geotecnologías destinadas a la obtención, análisis y disponibilidad de información con referencias geográficas aplicables al catastro.

Las Geotecnologías representan un cambio de paradigma en la forma de procesar y analizar la información georreferenciada, estas constituyen la integración de tecnologías aplicadas, que facilitan la toma de decisiones en diversos ámbitos, entre estas destacan: La cartografía digital, los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), entre otros, estos últimos dirigidos al procesamiento de datos gráficos y alfanuméricos con énfasis en el análisis espacial y modelado de superficies (Burrough, 1987).

En términos generales, la integración de estas herramientas constituye un mecanismo de soporte en la comunicación y en el procesamiento de la información en diferentes niveles, se puede decir que es un sistema de interacción e intercambio. En este sentido, Contreras Hernández y Villegas (2016, p. 58) expresan:

Las Geotecnologías aportan un componente importante a las herramientas denominadas Sistemas de Apoyo a la Planeación (SAP), en especial por sus capacidades de modelamiento, visualización y comunicación impulsadas por los avances en Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TICs), la informática y la electrónica de procesadores. En ellos, se podrán determinar los alcances de la planificación y gestión desde el campo administrativo en el ordenamiento territorial para conceptuar de una manera más idónea y

estratégica de intervención Estatal en políticas públicas que inciden en procesos de descentralización territorial con el reconocimiento de actores y su articulación en distintos programas y proyectos ejecutables en el territorio con el fin de elevar la intervención del Estado Local en el mejoramiento de la calidad de vida hoy denominado el buen vivir.

2.4.1 Sistema de Información Geográfico (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) se encuentran al servicio de los procesos de toma de decisiones en materia de planificación, ordenamiento territorial y catastro, pudiendo ser definidos como: “Un sistema computarizado para la captura, almacenamiento, recuperación análisis y presentación de datos espaciales” (Clarke, 1986) o como “un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión” (NCGIA, 1990).

Si el enfoque de la definición está orientado a la base de datos, se puede decir de acuerdo al punto de vista de Goodchild (1985) que es “un sistema que utiliza una base de datos espacial para generar respuestas ante preguntas de naturaleza geográfica” o de acuerdo al razonamiento de Star y Estes (1990) “es un sistema de información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas” p. 5.

En lo concerniente a los componentes y la funcionalidad de los Sistemas de Información Geográfico, estos están estructurados con los mismos elementos de cualquier red de información, pero es un sistema especializado que requiere

identificar e implementar procesos, diseñar y elaborar el modelo del espacio geográfico e involucrar y capacitar el recurso humano.

En este orden de ideas, los Sistemas de Información Geográfica constituyen una herramienta que permite acceder a la información geográfica y alfanumérica al mismo tiempo y de forma integrada y organizarla por capas en distintos tipos de formatos, de igual forma dentro de sus aplicaciones se pueden realizar análisis espaciales (Erba, 2007).

En particular, el potencial de los Sistemas de Información Geográfica se basa en su estructura para el manejo de la información a través de la superposición de capas, estableciendo una conexión entre los datos que se encuentran en cada nivel, estos sistemas incluyen funciones para el manejo de datos espaciales, tales como, almacenamiento, visualización, consultas, análisis de datos y modelización.

Los Sistemas de Información Geográfico conforman, por lo tanto, el núcleo de la Geo-informática y se apoyan en diferentes programas computacionales o software, a fin de lograr la integración más eficaz para el tratamiento automatizado de los datos geográficos (Buzai, 2005).

Los Sistemas de Información Geográfico procesan toda la información vinculada al espacio geográfico, su análisis y posterior representación cartográfica, estos sistemas describen y categorizan los datos geográficos con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente, cuyo objetivo consiste en crear, compartir y aplicar productos de información basada en mapas como respaldo del trabajo en el área de aplicación como en el catastro.

En lo que respecta a los mapas del sistema de información geográfico, estos manejan los datos geográficos y característicos de una forma dinámica, estos son considerados la interfaz de los sistemas que permiten diseñar y organizar la información geográfica por medio de capas temáticas y obtener nueva información mediante geo-procesamiento para posteriormente, visualizar, resumir, analizar, comparar e interpretar los resultados analíticos.

Siendo los Sistemas de Información Geográfica aplicados al catastro, al ser herramientas eficaces para el estudio urbano e interpretación de sus elementos, como las parcelas que constituyen entes geográficos homogéneos por sus características morfológicas, temporales y funcionales, que pueden ser analizadas mediante este sistema, su utilidad en los sistemas de gestión catastral está orientado a la recolección, manejo y análisis espaciotemporal de datos relacionados con los recursos, y las características de los espacios urbanos, así como los aspectos socioeconómicos de una zona (Erba, 2007).

En concordancia con el autor y en el contexto del presente estudio, se estima que los Sistemas de Información Geográfica son herramientas que permiten modelar el espacio geográfico, estructurar Catastros Multifinalitario digitales y realizar análisis espaciales en tres dimensiones, con el propósito de dar soporte a la toma de decisiones en materia de políticas del suelo urbano.

En el entorno urbano al igual que en otras áreas del conocimiento, los Sistemas de Información Geográfica son aplicables a la resolución de problemas y contribuyen a la toma de decisiones en lo que respecta al planeamiento y ordenamiento territorial, uso del suelo, catastro, medio ambiente y conservación, entre otras.

Cuando los Sistemas de Información Geográfica son empleados para administrar datos catastrales se denominan “Sistemas de Información Territorial (SIT)”, el cual está diseñado como soporte del registro y gestión catastral y funciona de la siguiente manera de acuerdo a Erba (2007, p. 261):

La base de datos de un SIT proyecta cada parcela con un polígono debidamente identificado y georreferenciado, el cual se conecta por medio de la nomenclatura catastral (u otro identificador) a la base alfanumérica de atributos que caracterizan el suelo, a las construcciones y a las relaciones de derecho entre ellas y ciertas personas.

Con respecto a su aplicación, los Sistemas de Información Territorial no solo se utilizan para la gestión de la información catastral, sino en la definición de estrategias y políticas de suelo urbano y como apoyo a las instituciones encargadas de la toma de decisiones en esta materia. Asimismo, esta herramienta es útil para la solución de problemas en el planeamiento urbano, como la coexistencia de usos inapropiados, crecimiento urbano irregular que afecta los servicios básicos y el desarrollo sustentable de los centros urbanos. Los Sistemas de Información Territorial en este caso, proporcionan un entorno inteligente de visualización y búsqueda de información territorial, así como la evaluación y modelado de alternativas de solución.

En relación a los fines tributarios del uso del suelo, estos sistemas tienen la capacidad de procesar grandes volúmenes de información, comparar e interpolar datos de valores del suelo y ejecutar modelos de regresión relacionados con distintas variables geográficas.

Por último, los Sistemas de Información de Territorial tienen la capacidad de determinar las variaciones de los valores de los inmuebles directamente relacionada

con la participación del Estado en la detección de plusvalías, así como en otros usos gubernamentales, como el análisis y actualización de la normativa y reglamentación urbana, en este sentido, aportan un marco referencial geográfico en todo lo relacionado al fraccionamiento y uso del suelo y la preservación del medio ambiente. Para cumplir con lo antes descrito los SIT deben estar estructurados con base en Catastros Multifinalitario que permitan a través de sus múltiples propósitos el manejo de la información desde los aspectos jurídicos, espaciales, ambientales y socioeconómicos.

2.5 Tecnologías SIG

2.5.1 Sistemas de Información Geográfica

Según *National Center for Geographic Informations and Analysis* (1998), un Sistema de Información Geográfico es un sistema integrado por equipos, programas y diseño de procedimientos que permiten la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente que contribuyen con la implementación de soluciones a problemas cuya resolución puede ser alcanzada mediante la implementación de políticas de planificación y gestión.

Su principal función es la de proveer de herramientas que den soporte para la toma de decisiones. Particularmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son un tipo especializado de sistema que se distinguen por su capacidad de manejar información espacialmente referenciada, es decir, ligada a una localización específica de la tierra a través de sistemas de coordenadas, y así permitir su visualización geo-referenciada.

Los Sistemas de Información Geo-referenciada como lo afirma Pech (2009) permiten la utilización de distintas fuentes de datos provenientes de mapas, imágenes y fotografías entre otros, que se organizan y procesan para una mejor visualización y aprovechamiento de los mismos con fines de tomar decisiones cónsonas y adecuadas al espacio que se pretendan aplicar.

Igualmente, el instituto de investigación de sistemas ambientales (2004) define los Sistemas de Información Geográfica en términos análogos a los expuestos por el *National Center for Geographic Informations and Analysis*, al señalar que los mismos se refieren al conjunto de equipos, programas, datos geográficos y recurso humano que permite capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y mostrar las formas de información referenciada geográficamente.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son verdaderas herramientas de análisis que permiten identificar las relaciones espaciales, determinar sus ventajas e identificar las relaciones existentes e inclusive permiten establecer las interacciones que pudieran presentarse entre ellas gracias a la base de datos que las mismas utilizan.

En este sentido Gutiérrez (1994), afirma que es fundamental conocer las bases de datos para un sistema de información geográfico, de suma importancia y es lo que lo diferencia de sistema informático de cartografía, que permiten la emisión de buenos gráficos.

Por otro lado, según Chorley (1987) los Sistemas de Información Geográfico (SIG) constituyen un gran aporte para la geografía al permitir el tratamiento espacial de la

información de manera confiable y en forma mejorada de la representación gráfica de los resultados buscados al ser representados conforme se presentan en el mundo real.

Como lo dice Abler (1993) es una esfera donde se mezclan aspectos relacionados con la geografía, lo humano, lo físico y por supuesto del análisis geográfico regional, donde el papel integrador de los SIG beneficia con claridad lo territorial y local, donde ejerce su rol de integrador.

2.5.2 Los componentes de los SIG. Hardware y Software

Según Barredo (1996), el Sistema de Información Geográfica está estructurado por cuatro elementos fundamentales que son: *hardware*, *software*, datos y talento humano:

- El *hardware* o el componente físico del sistema, según Bosque (1992) está integrado por una estación de trabajo, la cual comúnmente está constituida por un computador, mesas digitalizadoras, *scanner* (lectores *raster* o barreadores electrónicos) y el teclado así como también lo conforman una serie de elementos que permiten la entrada y salida de la información tales como plotter o trazador, impresoras y monitores. En otras palabras, el *hardware* lo constituyen todos aquellos elementos que permiten ser percibidos o palpados por los sentidos y manipulados a través de éstos.

En cuanto al *software*, Barredo (1996) lo define como la aplicación que ejecuta las operaciones y manipula los datos contentivos en una base de datos, que finalmente permite al usuario visualizar y obtener la información deseada de acuerdo a las especificaciones que haya realizado. El diseño de estos programas depende de

quién presente el producto y la calidad del mismo depende del modelo, la facilidad de acceso, la capacidad de almacenamiento, procesamiento y la posibilidad de efectuar análisis complejos.

Por otro lado, Barredo (1996) afirma que lo realmente importante dentro de un Sistema de Información Geográfica es la base de datos que contiene el mismo a la cual se le debe garantizar su constante actualización de modo que el sistema no pierda su vigencia con el transcurso del tiempo y las modificaciones que en el mundo real puedan estar suscitándose, es así como un sistema de información geográfico no actualizado empieza a perder su éxito y vigencia por lo que se constituye finalmente en el elemento más costoso de todo el sistema.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfico presenta limitantes por cuanto ésta por sí misma no es capaz de actualizarse, por cuanto requiere de un operador que se encargue de la administración del sistema de acuerdo a los cambios que puedan observarse dentro del mundo real. Resultando las funciones más importantes todas aquellas que se encuentran dirigidas a:

Capturar información, mediante la digitalización y procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, procesos aerofotogramétricos, entre otros, y a analizar la información gráfica y no gráfica referida a los objetos que se encuentran ubicados en determinada área y finalmente la función que permite superponer los objetos presentes en un mapa.

2.5.3 Datos e información Geográfica

La concepción de datos e información geográfica debe mantenerse perfectamente clara, para lo cual es necesario puntualizar las diferencias existentes entre las

mismas para no incurrir en el error de referirse a ambos de manera indistinta aun cuando permiten al usuario tener conocimiento geográfico, el cual se presenta en cuatro etapas perfectamente diferenciadas (Fitzcarrald, 2015):

- Primera Etapa: consiste en el proceso cognoscitivo consistente en el logro de los datos, que pueden definirse como la representación concreta de los hechos.
- Segunda Etapa: consiste en la recopilación de los datos obtenidos a través del proceso cognoscitivo que permiten conformar la respectiva base de datos digital que alimentara el *software* que se éste utilizando.
- Tercera Etapa: consiste en la obtención de la información por parte del usuario mediante un proceso interpretativo, quien le añade los datos que requiere para obtener un determinado resultado.
- Cuarta Etapa: Obtención del conocimiento del fenómeno a través de la interiorización conceptual de la información que permitirá al investigador el logro de razonamientos concluyentes.

Las características de los datos geográficos permiten que los mismos puedan ser clasificados de acuerdo al grado de complejidad que pudieran presentar, según Comas y Ruiz (1993), son las características de los datos geográficos que permiten su clasificación en tres grupos diferenciados: las espaciales, las temáticas y las temporales:

En las espaciales, se incluye la posición de las relaciones y propiedades espaciales, las cuales se encuentran asociadas con los aspectos con semejante naturaleza al carácter espacial de los objetos, en otras palabras, tales relaciones refieren a la

localización de los objetos sobre un determinado territorio y las relaciones que éstos pudieran tener con otros hechos geográficos.

En las temáticas tendrían cabida aquellos atributos que no se relacionen con los aspectos geométricos y topológicos, las posibilidades son bastante amplias y su clasificación heterogénea.

En las temporales, según Gutiérrez y Gould (1994) conforme lo refiere su nombre el elemento predominante tiene el carácter de temporal en el tiempo al permitirse adaptarse a las nuevas realidades que en cierto modo permiten explicar de manera razonada los cambios en los procesos geográficos, entendiendo que los cambios que pudieran presentarse obedecen a la incidencia de factores externos que sustentan los mismos. Sin embargo, la dificultad para reflejar cartográficamente el fenómeno ha provocado un menor interés por profundizar en estos aspectos, pues añade un grado más de complejidad a la información geográfica.

Para Gutiérrez y Gould (1994) la solución que permite mantener actualizado los procesos espacio-temporales es la emisión de mapas de manera secuencial de modo que puedan percibirse los cambios que se hayan producido, así como los mapas que reflejen las diferencias que se han observado en el transcurso del tiempo y los mapas animados que permitirían interactuar con ellos, gracias a encontrarse cada uno de dichos elementos soportados con una base de datos, entendida ésta como el conjunto de información que de modo organizado e interrelacionado permite procesar la información requerida por el usuario para el logro de determinados resultados (Gutiérrez y Gould, 1994)

2.5.4 Los componentes de la información geográfica

La incorporación a un sistema de información geográfico de información requiere en primer término la comprensión de la misma, de modo tal que el administrador de la misma le permita a los usuarios digerirla de mejor manera, ésta puede presentar dos elementos o componentes principales, con sus respectivas implicaciones, a saber: el componente espacial y el componente temático.

El primero, es decir el componente espacial refiere a la ubicación de los elementos dentro del sistema de referencia establecido, logrando así que pueda clasificarse como información de interés geográfico, en tal sentido, puede decirse que la prescindencia del componente espacial, referido a la localización de un objeto si no se encuentra establecida, carece de interés geográfico al no existir dentro del Sistema de Información Geográfico. En este sentido, el componente espacial responde a la pregunta

¿Dónde?

Por su parte, el componente temático responde a la pregunta ¿qué? Que sin duda alguna se encuentra de la mano del componente espacial, que como se ha dicho se encuentra referido a la localización de determinado punto o aspecto de interés, referido a una situación determinada, cuyas características las determina éste componente, en otras palabras al poder ubicarse determinado icono se pueden determinar las características que le están dadas al mismo, es así como ambos componentes se complementan a los fines de realizar una interpretación adecuada de las características de determinado objeto dentro del espacio geográfico, las

cuales están dadas y representadas por los siguientes símbolos o representaciones gráficas:



Imagen 1. Dimensión de los datos geográficos

2.5.5 Capas

Las capas están comprendidas por distintos elementos que le aportan las características a un mapa, las capas pueden estar conformadas por curvas de nivel, carreteras, núcleos urbanos o simbología relativa a edificios y puntos representativos tales como iglesias, monumentos, así como cualquier otro icono que resulte representativo y le agregue valor al gráfico, cada uno de los mencionados elementos conforman la información geográfica de un determinado espacio geográfico, la cual debe estar dispuesta dentro del mapa de manera coherente.

Dichos elementos en su conjunto componen el mapa y son reflejados de manera coherente en una misma hoja de información geográfica, sin embargo, pueden ser individualizados y posteriormente combinarse los distintos componentes de acuerdo a las necesidades del usuario, de modo tal que el mismo termina pudiendo personalizarse conforme a las necesidades de modo independiente.

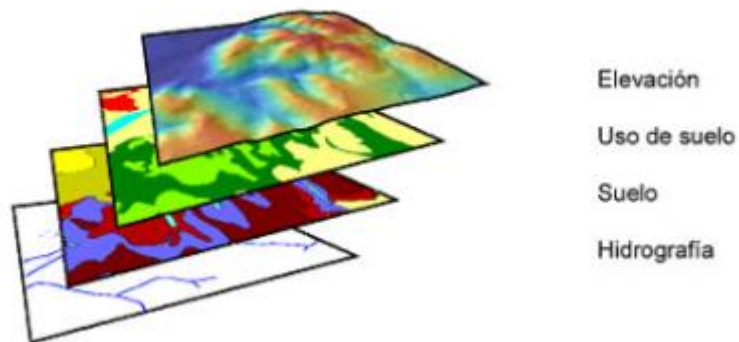


Imagen 2. Superposición de Capas

A efectos ilustrativos la figura precedentemente mostrada resulta explicativa del modo como se superponen las capas sobre la figura de un mapa de modo tal que éstas corresponden a las características físico naturales en determinada área, a estas capas del mismo modo se le denominan división vertical, y conforme su propio nombre refiere, las capas, están constituidas por una serie de niveles que se pueden disponerse según las necesidades del usuario del Sistema de Información Geográfico.

2.5.6 Base de datos espaciales o Geográfica

Es una matriz de datos organizado en filas y columnas, en la cual las filas representan los registros geográficos y las columnas representan las variables, que una vez asociados, pueden ser utilizados en distintas aplicaciones que en el caso específico se encuentran referidos a un Sistema de Información Geográfico, los datos contentivos en la misma se refieren en el caso particular a datos espaciales y a atributos o datos no espaciales.

Según Fitzcarrald (2015), la base de datos geográfica requiere de un constante mantenimiento dirigido a su actualización a efectos de que ésta efectivamente resulte útil y eficaz para el usuario al disponer de información acorde con las realidades que se perciben en el mundo.

2.5.7 Modelos y estructura de datos

Todo sistema requiere que los datos que le sean suministrados correspondan a las realidades de modo tal que resulte competitivo, es así como los datos espaciales deben ser transferidos a representaciones digitales conforme lo refieren Comas y Ruiz (1993), debiendo los mismos comprensibles por el *software* elegido.

La información a ser utilizada en un sistema de información geográfico puede estructurarse de dos maneras, a saber, utilizando el modelo vectorial constituido principalmente por líneas y puntos que conforman las coordenadas de los vértices y el modelo *raster* que refiere a la celda que almacena píxeles, es decir, contiene archivos normalmente de imágenes de interés geográfico. Estos modelos se relacionan principalmente con la forma conforme se conciba el espacio más que con el modelo lógico utilizado según Fitzcarrald (2015) por estar orientado a las capas que conforman el espacio geográfico que a los objetos en el contenido.

A los momentos los modelos señalados se caracterizan por ser bidimensionales, es decir no comprenden las tres dimensiones para que los objetos puedan ser percibidos por el usuario conforme a la realidad. Es así como para la incorporación de una tercera dimensión es necesario el uso de los Modelos Digitales de Terreno (MDT) que pueden ser implementados utilizando los modelos *raster* y los modelos vectoriales.

La característica esencial según Fitzcarrald (2015), del modelo *raster* es que cada celda que lo conforma contiene una única propiedad espacial, independientemente de los límites del espacio que la contenga, conteniendo así información geográfica lograda gracias a los satélites que permiten visualizar imágenes de la tierra de manera sencilla y directa.

Es así como queda claro que la celda es el elemento fundamental de este modelo que normalmente contiene una imagen de alta resolución, dentro de una celda con forma cuadrada o rectangular y del mismo tamaño que conforman un entramado regular. Con su tamaño se determina la escala de la imagen que se está produciendo, lógicamente cuanto más pequeña sea esta mayor será la escala de resolución que se obtenga y se concentra en las representaciones que se centran en la precisión de la localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos.



Imagen 3. Estructuración de Datos

2.5.8 Formatos del SIG

2.5.8.1 Modelo digital de terreno (MDT) y modelo digital de superficie (MDS)

Los modelos digitales de terreno y de superficie pueden ser entendidos han sido definidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de la República de Uruguay, en su portal *web* como:

una representación visual y matemática de los valores de altura de un terreno con respecto a un plano. Estos valores están contenidos en un modelo ráster (representación mediante celdas) con estructura regular que se genera utilizando equipo de cómputo y *software* especializados. Este tipo de modelo permite caracterizar las formas del relieve y es especialmente utilizado en proyectos de infraestructura para nuevas urbanizaciones y asoleamiento del suelo para construcciones o cultivos (p.1).

Por su parte, el mismo Ministerio de Transporte de Obras Públicas ha establecido la definición de un Modelo de Superficie, al señalar:

captura las características naturales y las construcciones (naturales y/o artificiales) sobre la superficie de la tierra. Este modelo caracteriza, además de las formas del relieve, los elementos u objetos presentes. Además, contribuye con la planificación urbana: permite el modelado 3D a partir de fotografías de fachadas, facilita prever las distintas vistas desde una edificación antes de su construcción, contribuye con la detección de posibles lugares de acumulación o de inundaciones al identificar los caudales de agua y también es relevante en la instalación de antenas de comunicación, al permitir identificar si hay objetos que se interponen en la señal. Todo esto se debe a que los objetos se extruyen de la tierra (p. 1).

2.5.8.2 SIG COMERCIAL VS SIG BASADO EN CÓDIGO LIBRE

a) Sistemas de Información Geográfica Comercial

Los sistemas de información geográfica del tipo privativo lo conforman un *software* con múltiples funcionalidades, en las cuales se encuentra su versatilidad para ser operado en distintos formatos de *software* propietario y libre, además de un excelente soporte al usuario a quien le garantiza información de calidad, bajo

formatos de alta definición y actualizados tanto en formato vectorial como *raster* (Mesa, 2007).

Sin embargo, éste presenta como inconveniente principal los elevados costos de adquisición, disminuyéndose así el uso por usuarios particulares o pequeñas empresas, es por ello que este tipo de sistemas de información geográfica privativo normalmente es utilizado por medianas y grandes empresas, aún cuando en el área académica pueda ser utilizado previa negociación de las condiciones referidas al costo del mismo con la empresa fabricante o diseñadora del sistema.

En este sentido, en los mercados se encuentran disponibles distintos sistemas de información geográfica que han sido ideados por empresas que persiguen fines netamente comerciales por lo que sus códigos fuentes tienen el carácter de privativos entre ellos, cabe señalar *Geomedia (Intergraph)*, *Arcgis (ESRI)*; *Smallworld*.

b) Sistemas de Información Geográfica basados en Código Libre

Los recursos digitales que permiten el manejo de información geográfica sobre la base del *software* libre son relativamente recientes, salvo el sistema *Grass* que tiene dentro del mercado aproximadamente unos 20 años, éste posee funcionalidades concretas, análisis *raster*, vectoriales, pero con poca profundidad.

Es importante señalar que los programas diseñados bajo el formato de código libre, no necesariamente implican la gratuidad de sus licencias, aun cuando éstas en ocasiones pudieran no tener preestablecido un precio, la libertad de los mismos está dada en la posibilidad de que puedan ser mejorados por usuarios al encontrarse bajo un formato de código libre y ser posteriormente distribuidas las nuevas versiones.

La ventaja de éste tipo de sistemas de información geográfico radica en su accesibilidad a los usuarios académicos e inclusive a particulares, así como a pequeñas y medianas empresas y a organismos públicos. Algunos de los sistemas de información geográfica que operan bajo la modalidad de códigos libres se tienen el GvSIG, Kosmo, Grass y Jump, entre otros.

2.6 Definiciones de software

a) ArcGIS

ArcGIS es un Sistema de Información Geográfico diseñado para ser trabajado por varios usuarios, el cual consta de dos elementos esenciales, a saber:

ArcGIS Desktop: Es conjunto de aplicaciones que contiene un Sistema de Información Geográfico de tipo avanzado para PC de escritorio (ArcCatalog, ArcMap, ArcToolBox, ArcReader, ArcScene, ArcGlobe y diversas extensiones específicas).

ArcGIS "Server": Es una plataforma que permite no solo mejorar su funcionalidad, sino también aumentar el número de usuarios, así como de los datos que procesa y de las solicitudes que recibe, es así como con tecnología de servidor permite crear aplicaciones y servicios SIG profesionales que permiten la gestión, visualización y análisis de la información geográfica de forma centralizada. Integra las funcionalidades de las aplicaciones ArcSDE y ArcIMS, incluidas en anteriores versiones de ArcGIS (Mesa, 2007).

ArcGIS es un "*software*" o Sistema de Información Geográfico en el cual se pueden observar los avances tecnológicos en el área de la informática aplicada a estos sistemas de información al permitir la captura, edición, análisis, diseño, publicación

en *web* e impresión de información geográfica, aun cuando éste siendo utilizado por varios usuarios de manera simultánea, el fabricante del mismo fue la empresa californiana *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) (Peña, 2012).

b) QGIS es un Sistema de Información Geográfico de *software* libre y de código abierto, el cual permite el manejo de los distintos formatos raster y vectoriales, así como bases de datos, el mismo se encuentra disponible para distintos sistemas operativos como lo son GNU/Linux, *Windows*, Mac OS X, BSD y *Android*. Dentro de las ventajas que presenta este *software*, se pueden encontrar entre otras las siguientes:

Este sistema presenta como una de las funcionalidades especiales la visualización y superposición de varios formatos sin necesidad de conversión

Una interfaz gráfica con muchas herramientas espaciales, desde las más sencillas hasta las más complejas.

Contiene infinidad de *plugins* (Peña, 2012).

c) AutoCAD es un *software* CAD que significa diseño asistido por computadora. Es el preferido por Arquitectos e Ingenieros, la misma cuenta con una amplia cantidad de propiedades que hacen posible editar, dibujar planos de edificios, así como la recreación de imágenes en 3D.

El AutoCAD cuenta con herramientas que permiten el diseño que corresponde a cada ámbito de la industria, incluyendo la arquitectura, el diseño de instalaciones eléctricas, plantas 3D, diseño mecánico y diseño de instalaciones de plomería, adaptándose de ésta manera a la actividad a la cual el usuario se encuentre

dedicado, resultando finalmente en el conjunto de herramientas que el usuario estaría dispuesto a adquirir acorde con sus intereses, las cuales corresponden a las distintas versiones de autocad a saber: AutoCAD Arquitectura, AutoCAD *Electrical*, AutoCAD Map 3D, AutoCAD *Mechanica*, AutoCAD MEP, AutoCAD *Plant* 3D, AutoCAD *Raster Design* y Aplicación móvil AutoCAD (Peña, 2012).

2.7 Los servicios web geográficos

Los usuarios requieren mantener una interacción constante con los servicios *web* geográficos, en tal sentido, Cárdenas y Herrera (2014), señalan que el usuario una vez que ingresa al sistema le esta permitido acceder a la información en su formato original, lo que le permite realizar las consultas que demande como si se tratase de un Sistema de Información Geográfica, es así como el servidor emite la información que el usuario esta peticionando desde su propio navegador, la cual dispone en formatos HTML (normalmente de contenido dinámico DHTML), con una cartografía asociada en formato de imagen, donde un servidor de mapas es un Sistema de Información Geográfico a través de internet.

En las versiones más recientes de sitios *web* se hace posible procesar funciones de avanzada, mediante el uso de los elementos que seguidamente se muestran:

- Arcpy: Es un paquete basado en el módulo de Arcgis *Scripting* para el geoprocesamiento; análisis de datos geográficos, conversión de datos, administración de datos y automatización de mapas con python (Mesa, 2007).
- Mapserver: es un programa de código abierto que permite que pueda ser modificado por desarrolladores de aplicaciones, las cuales pueden ser utilizadas

como sistemas de Información Geográfica, lo que implica que opera bajo la licencia de ser *software* libre, al permitir visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server (IMS) (Mesa, 2007).

2.8 Geography Markup Language (GML)

El XML es una forma de representar información, el cual ha sido de mayor utilización entre las aplicaciones, es así como muchos de los sistemas de información geográfico se pueden encontrar para ser utilizados por los usuarios programadores en versiones que resultan compatibles con archivos diseñados bajo el formato XML y por consiguiente con GML (una extensión de XML). La principal utilidad del uso de este tipo de diseño viene dada en razón de que facilita estructurar información que se quiere presentar de una manera más sencilla y rápida (Prins, 2003).

Para Prins (2003) GML (*Generalized Markup Language*) es un medio estandarizado que permite el almacenamiento de información geográfica mediante el uso de archivos codificados en XML especificados por el *Open GIS Consortium*. Por su parte el XML es un que permite ser alimentado y su base es el ASCII, todo lo cual se logra mediante el uso de etiquetas descriptivas que permiten almacenar la información, las cuales pueden encontrarse de manera entrelazada o no.

En este tipo de formatos se utilizan las codificaciones XML estándar, las cuales se relacionan con la especificación de las reglas que permiten realizar la codificación features espaciales abstractos, así como las líneas y polígonos en GML (Prins, 2003).

2.9 Principios del modelado

Las distintas experiencias han permitido determinar que para el modelado de un Sistema de Información Geográfico establecer cuatro principios básicos que según Booch (1999), son los siguientes:

- **Primero:** la selección de un modelo determinado debe estar influenciada con el problema concreto que se desea abordar, es así como, el modelo debe permitir que el problema bajo estudio pueda ser representado y visualizado dentro de un contexto que permita encontrar una solución al mismo, es decir, que permita su comprensión de modo que sirva de verdadera guía y no disperse al usuario desviándole su atención a situaciones irrelevantes.
- **Segundo:** los modelos tienen que tener la capacidad de presentar distintos niveles de detalle cuya utilidad dependen del usuario, es así como éstos pueden tener distintos niveles de precisión. Por ello se dice que los mejores modelos son lo que dan la libertad al usuario de seleccionar el nivel de detalle que requiere de acuerdo a sus necesidades e interés y que a su vez le permita al usuario realizar en cualquier momento cambios que pueden variar de acuerdo con sus intereses.
- **Tercero:** los modelos deben integrar la representación de la realidad, lo cual permitirá a los modelos que al estar debidamente conectados con el mundo real se tenga una conexión clara con el entorno que aun cuando su representación se encuentre en cierto modo simplificado permita visualizar los detalles relevantes del entorno, es así como éste principio básico se interrelaciona con el anterior.
- **Cuarto:** los modelos correspondientes a sistemas de información geográfica, si bien pueden ser sencillos, requieren ser entrelazados con otros modelos de modo

tal que les este permitido construir y estudiar los distintos aspectos que los componen.

2.10 Tecnologías web

En este apartado se referirá a las tecnologías *web* que sirven de sustento a la presente investigación.

2.10.1 Software distribuido

El uso del internet cumple una función de carácter social cuya finalidad no es otra que mantener los servicios a las comunidades, los accionistas, los clientes y los empleados, a través del uso de *software* y *hardware* útiles para conectarse a la red de las distintas informaciones que se han cargado a la misma mediante el uso de los lenguajes de programación.

Según Cárdenas y Herrera (2014) el *software* puede estar distribuido, es decir, ubicado en distintos directorios y emerger una vez que son solicitados para la realización de funciones específicas. Estos utilizan distintas aplicaciones, las cuales tienen enfoques diferentes que permiten desarrollar contenidos de manera innovadora en los servicios *web*.

2.10.2 Web Service

Un *Web Service* según Cárdenas y Herrera (2014), está representado por un componente del *software* que permite darle funcionalidades, bajo un diseño definido que a su vez permita ser utilizado por otra aplicación, es decir, que forma parte de una biblioteca de un servicio *web* determinado mediante el uso de los estándares del Internet (XML, HTML, XHTML, HTTP, entre otros) (Mesa, 2014).

Los *webs service* son aplicaciones que permiten descubrir y emplear otros componentes estandarizados que coadyuvan en la realización de requerimientos que presentan un mayor grado de complejidad mediante el uso de las tecnologías de internet.

Estos *web service* son mecanismos que se han venido uniformando con finalidades específicas dentro del mercado, a saber transportar los componentes universales, a saber IP, HTTP, SMTP, es decir la transferencia de los hipertextos entre otros, compartir contenido y objetos dispares mediante la utilización de XML y Java; describir del mismo modo *web service* para usos específicos, mediante WSDL; comunicarse entre *Web Services* utilizando los protocolos y sistemas de transporte SOAP y JMS y publicar y localizar determinados *Web Services*, mediante el uso del catalogo de negocios conocido bajo las siglas UDDI (Mesa, 2014).

Los *Web Services* surgen de la necesidad de los usuarios de comunicarse con el fin de realizar un intercambio de la información y de realizar transacciones vía internet, bajo el uso de los estándares de Java, XML y COM.

Del mismo modo, en la medida que ha evolucionado el EDI (*Electronic Data Interchange*) hacia los marcos de referencia tipo ebXML (*e-business with XML*) y han evolucionado las aplicaciones aisladas a servicios modulares, diferenciados y gestionados; asimismo, ha surgido la necesidad de que las plataformas de negocios para industrias se actualicen de modo que alcancen y se mantengan en los niveles deseados por los usuarios (Cárdenas y Herrera, 2017).

El uso de las herramientas tecnológicas tiene un marcado interés para que el diseño de los servicios que demandan los usuarios a los fines que los componentes del *software* puedan ser descrito de manera individual e interactuar a petición de los usuarios para garantizar la prestación de un servicio conforme ha sido requerido.

El diseño de las herramientas tecnológicas constituyen el elemento clave que permitirá hacer una empresa más competitiva que otra, mientras más avanzado sea el negocio es de más rápido manejo la información y las transacciones operativas (Brunner, 2002).

2.10.3 XML Web Services

Las nuevas tecnologías de la comunicación en la medida que evolucionan aparece un servicio vía *web* bajo los formatos XML *web services*, éstos según Bankhacker (2003) describen de modo uniforme las aplicaciones *web*, para lo cual utiliza XML (*Extensible Markup Language*). SOAP (*Simple Object Access Protocol*), WSDL (*Web Services Definition Service*) y UDDI (*Universal Description Discovery and Integration*) estándares abiertos sobre Protocolos de Internet.

La modalidad XML tiene como funcionalidad el etiquetar datos y ser transferidos a través de SOAP, mientras que WSDL tiene como funcionalidad la de ser descriptor de los servicios con los que dispone y sirve como se utiliza para describir los servicios disponibles y UDDI entendido como el catálogo de negocios, tendrá como utilidad la publicación de los servicios disponibles en determinada área, éstos se utilizan como medios de comunicación entre varios negocios y los clientes, por su parte, los XML y los *web service* facilitan la comunicación entre distintas

organizaciones aun cuando no compartan la información de sus respectivos sistemas (Bankhacker, 2003).

En el caso de los sistemas cliente/servidor y/o sistemas *Web*, los XML y *Web Services* carecen de una interfaz gráfica para el usuario, por el contrario comparten la lógica de negocios de manera conjunta con los datos y programas haciendo uso de una red con la cual se conexionan de manera perfecta, de modo que el usuario no percibe dicha conexión al ser realizada de manera interna en el sistema

Es así como los XML *Web Services* facilitan que las aplicaciones tengan información compartida y además realicen funciones de otras aplicaciones, independientemente de cuál sea el sistema operativo o la plataforma en que se ejecutan y los dispositivos utilizados para acceder a ellas, en otras palabras puede decirse que los XML y *Web Services* aun cuando son independientes, pueden vincularse y actuar de manera conjunta para la realización de determinada tarea.

2.10.4 Google Earth

Se trata de un programa de informática creado inicialmente con el nombre de EarthViewer 3D por una compañía denominada Keyhole Inc. y financiada por la Agencia Central de Inteligencia. Este programa ofrece una visión amplia del globo terráqueo, gracias a la tecnología basada en la fotografía satelital.

Este programa permite a los usuarios de una forma amigable interactuar y explorar el mundo desde arriba, al captar imágenes bajo distintas perspectivas, permitiendo capturar imágenes útiles para la cartografía.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El diseño del proyecto, consiste en tomar la realidad y llevarla a un modelo. Representar a través de volúmenes en 3D las construcciones de cada predio, vinculando con una base de datos geográfica que contenga información catastral.

3.1 Especificaciones Técnicas

Para la creación de estas entidades se utilizaron programas de sistema de información geográfica, Qgis y Arcgis, también programas de dibujo asistido como AutoCAD Map 3D.

3.2 Recolección de información

Para el desarrollo de esta metodología, se recolectó información que se encuentra disponible y de acceso libre en las plataformas online de varios organismos públicos. Permitiendo que la representación 3D contengan como fuente primaria, datos característicos del parcelario y valores catastrales. Se accedió al archivo gráfico de planos de mensura y las ortofoto del vuelo de la IDE a través de la web, potenciando la rapidez de captar y digitalizar los elementos constructivos en 2D. Además, incorporando los modelos digitales de terreno y superficie para facilitar el proceso de extrusión, hace de esta metodología, una compilación de información existente en la web y de libre acceso.

Tabla 1. Información institucional de libre acceso

INFORMACIÓN	FORMATO	PROPIETARIO	ACCESO	DIRECCIÓN
Parcelario Catastral	Shapefile	Intendencia Municipal de Montevideo	Descarga web gratuito	http://www.sig.montevideo.gub.uy/
Fichas catastrales	PDF	Dirección Nacional de Catastro	Descarga web gratuito	http://sede.catastro.gub.uy/Sede/
Planos de mensura	PDF	Ministerio de Transporte y Obras Públicas	Descarga web gratuito	http://planos.mtop.gub.uy/eplanos/servlet/hinici_o
Ortofotos del vuelo 2017 y 2018	Servicio Web WMS	Infraestructura de datos espaciales IDE	Acceso web gratuito	https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/geoservicios-ideuy
Modelo Digital de Terreno	Tiff (<i>raster</i>)	Infraestructura de datos espaciales IDE	Descarga web gratuito	https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/ideuy/
Modelo Digital de Superficie	Tiff (<i>raster</i>)	Infraestructura de datos espaciales IDE	Descarga web gratuito	https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/ideuy/

3.3 Definición del entorno geográfico del Sistema

La intención principal de este estudio, es generar una metodología de trabajo que pueda ser aplicada en cualquier espacio territorial, no obstante, por razones de conveniencia estará delimitada territorialmente para su aplicación en el departamento de Montevideo, centrándose en una micro zona representativa dividida por los Barrio Mercado Modelo y Villa Española, en razón de que en esta zona coexisten construcciones de usos diversos, barrios divididos en manzanas y

parcelarios tradicionales, complejos de vivienda modernos, industrias y edificios multipropósito; además del fácil acceso a la información vinculada con esta pequeña porción de territorio.



Imagen 4. Ubicación Zona de Estudio

3.3.1 Alcances

El alcance es poder representar en 3D las edificaciones. Para los padrones en régimen de Propiedad Común las diferentes áreas construidas, para los padrones en Régimen de Propiedad Horizontal las diferentes unidades catastrales y áreas comunes, por piso y block.

Vincular esos volúmenes con información catastral, representando a escala y proporcionalmente.

3.4 Base de datos alfanumérica

Para la generación de las bases de datos alfanuméricas, se tomó como referencia los datos de las fichas catastrales que posee la Dirección Nacional de Catastro y la vinculada con el parcelario catastral proveniente de la Intendencia Municipal de Montevideo.

Posteriormente se seleccionó aquellos datos que son de interés para el modelo. De las fichas catastrales se consideraron los siguientes atributos: número de padrón, unidad de propiedad horizontal, numeración de las plantas del edificio, identificación del block, municipio, centro comunal zonal, barrio, descripción del barrio, tipo de terreno (baldío u otro), régimen legal, zona, área del terreno, valor del terreno, valor de la construcción, estado del terreno, zonificación catastral, año base, coordenadas UTM, nombre del propietario, área edificada, destino, descripción del destino, categoría, descripción de categoría, estado, descripción del estado, fecha de construcción, cubierta, descripción de cubierta (tipo de obra) y descripción tipo de obra.

Mientras que del parcelario catastral consideró la siguiente información, que incluye la denominación y la descripción correspondiente a cada variable.

Tabla 2. Datos alfanuméricos del parcelario catastral

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
PADRÓN	Número de padrón
AREATOT	Área total de la parcela
AREACAT	Área catastral según Dirección Nacional de Catastro
PH	Propiedad Horizontal
IMPONIBLE	Campo en desuso, actualmente no contiene información
CARPETA_PH	Número de carpeta PH
CATEGORIA	Categoría del suelo (U=Urbano, S=Suburbano, R=Rural, C=cortado por categorías)
SUB_CATEGO	Sub_categoría: Sub_categorías del suelo según el Plan de Ordenamiento Territorial
AREA_DIFER	Área_diferenciada: Diferenciación de áreas en la categoría general.
CORTADO_RN	Sub_categoría cortada
RN_AREA_DI	Zona que diferencia la sub_categoría
RGS	Régimen de Gestión del Suelo
RETIRO	Retiro de la Edificación
GALIBO	Gálibo permitido (G=si, vacío=no permitido)
ALTURA	Altura máxima permitida para la edificación
FOS	Factor de Ocupación del Suelo
USOPRE	Uso Preferente del Suelo
PLANESP	Afectación a Planes Especiales
PLANPARCIA	Si tiene plan parcial
PROMO	Afectación a Planes Especiales
FIS	Factor de Impermeabilización del Suelo
NOM_TRANS	Indica suelo transformable
TIPO_TRANS	Tipo de la transformación si corresponde
ESTADO_TRA	Transformación realizada SI o NO

3.5 Procedimiento de digitalización

Se genera un shapefile, en éste caso denominado “catastro”, en el sistema de coordenadas WGS 84 UTM zona 21 SUR, vinculada con una geo-data-base, es decir, una tabla con información numérica relacionada con información gráfica (mapa), con los siguientes campos:

Tabla 3. Campos o variables contenidas en shapefile

DENOMINACIÓN DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	ORIGEN DEL DATO	
		RÉGIMEN COMÚN	RÉGIMEN PH
PADRON	Número de padrón	Plano de mensura /parcelario catastral	Plano de mensura
UNIDAD	Unidad de propiedad horizontal	Campo NULL	Plano de mensura
PISO	Numeración de las plantas del edificio	Campo NULL	Plano de mensura
BLOCK	Identificación del block	Campo NULL	Plano de mensura
COD	Código de identificación de unidades de propiedad horizontal	Número de padrón	Operación algebraica en QGIS
COTA_INICI	Cota inferior de cada unidad según corte de fachada.	Modelo digital del terreno	Plano de mensura
COTA_FINALI	Cota superior de cada unidad según corte de fachada.	Modelo digital de superficie	Plano de mensura

COTA	Resta de la Cota final y inicial, determinará el valor de extrusión de cada entidad	Operación algebraica en QGIS	Operación algebraica en QGIS
COTA_REF	Define la altura para las entidades en 3D	Cota inicial para extrusión	Cota inicial para extrusión

Se carga la shp “catastro” en Auto CAD Map 3D, se adiciona como referencia **el parcelario catastral, capa shp. “v_mdg_parcelas”**, para digitalizar las construcciones de cada parcela y el servicio WMS de la IDE con las ortofotos con vuelo de 2018 y 2019

En el proceso se utilizaron *software* Qgis y ArcGis simultáneamente, alternando las herramientas de ambas para lograr un proceso más eficiente.

3.4.1 Creación de topologías en 2D

Con las herramientas de Auto CAD MAP 3D se generan polígonos que constituyen elementos constructivos dentro de cada parcela.

Se realizan procedimientos de digitalización diferentes dependiendo del régimen catastral del inmueble.

3.4.1.1 Topologías de inmuebles en Propiedad Horizontal

Se digitaliza analizando el respectivo plano de mensura, se tiene en cuenta la superficie, deslinde, número de plantas, block y unidades representadas.

Cada polígono representa una unidad catastral diferente y cada planta en *Layer* diferentes para facilitar la visualización de los polígonos superpuestos.

3.4.1.2 Topologías de inmuebles en Propiedad Común

Las edificaciones se digitalizan a través de fotointerpretación de las ortofotos del vuelo de la IDE, también es chequeado con el plano de mensura y la información de la Dirección Nacional de Catastro. Sin perjuicio de la realización de un trabajo de campo que permita a futuro la actualización de la información disponible tanto en la dirección nacional de catastro como en la intendencia municipal.

3.4.1.3 Tabla de atributos

Posteriormente de crear los polígonos a la capa "catastro", se agrega la información a la geodatabase a través de la tabla de atributos. Se realiza con el *software* Qgis porque tiene una interfaz práctica y amigable para adicionar los datos requeridos. La información se puede extraer de varias fuentes como las anteriormente mencionadas.

Consideraciones:

Las áreas comunes de los edificios no tienen unidad catastral por lo tanto se codifican con el número 9999, a los fines de que se encuentren representadas dentro del SIG de modo que la información sea lo más sincera posible por las eventuales incidencias de orden fiscal.

El dato del campo COD se genera con la expresión:

```
"COD" = "PADRON" || "UNIDAD" || "PISO" || "BLOCK"
```

La información de los campos COTA_INICI y COTA_FINAL se obtienen mediante el corte de fachada situado en el plano de mensura para las entidades que representan unidades de los inmuebles en propiedad horizontal.

Para las entidades de los inmuebles en propiedad común se realiza un procedimiento para extraer los datos de cota a través del modelo digital de superficie (MDS) y modelo digital de terreno (MDT).

Primero se genera el centroide polígonos de régimen en propiedad común - herramienta "centroide"

Luego con el Plugins de QGIS "Point Sampling Tool" (Complementos-Analyses - Point Sampling Tool) se extrae a la capa centroide los valores del modelo digital de terreno y modelo digital de superficie (capas *rasters*) guardándolos en la tabla de atributos con en el campo Cota_inici2 y cota_final2 respectivamente.

Con la herramienta "Unir atributos por localización" se agrega el campo cota_inici2 y cota_final2 de la campa centroides a la capa "catastro"

Se actualiza el valor a la selección de polígonos de propiedad común, igualando los valores del campo cota_inici2 y cota_final2 a COTA_INICI y COTA_FINAL con las expresiones

$$COTA_INICI = COTA_INICI || cota_inici2$$
$$COTA_FINAL = COTA_FINAL || cota_final2$$

Posteriormente se borra el campo cota_inici2 y cota_final2 para evitar confusiones.

El valor de la extrusión de cada polígono se calcula en el campo COTA con la expresión:

$$\text{COTA} = \text{COTA_FINAL} - \text{COTA_INICI}$$

En el campo COTA_REF determina la cota inicial para la extrusión para las entidades 3D.

Para las cotas en PISO 0 la COTA_REF es 0, a medida que aumenta el nivel de piso, se va sumando la cota de extrusión de los pisos anteriores.

3.6 Base de datos geográfica

Las bases de datos alfanuméricas y la base de datos geográfica se compatibilizan a través de campos en común

En la base de datos de la Dirección Nacional de Catastro, se crea un campo COD idéntico al campo COD del modelo con la misma expresión para generar el dato.

La vinculación con la base de la intendencia de Montevideo, se realizó por el campo en común PADRÓN

En Qgis se le agrega al modelo la propiedad de unir las capas:

MODELO con CATASTRO a través del campo COD

MODELO con PARCELARIO a través del campo PADRÓN

Para que las bases queden integradas a una misma capa se guarda en un nuevo shpfile denominado "catastro_BaseDeDatos"

3.7 Creación de topologías en 3D

El modelo 3D consiste en una modelación por extrusión se realiza con la herramienta de ArcGIS “entidad a 3D por atributo” seleccionado:

Capa de entrada: “catastro_BaseDeDatos”

Capa de salida: “catastro_BaseDeDatos_3D”

Campo de altura: “COTA_REF”

El nuevo shp “catastro_BaseDeDatos_3D” se carga a la extensión de ArcScene y para la visualización de 3D se configura en propiedades que la extrusión sea por el campo “COTA”.

3.8 Fichero KMZ con el modelo 3D

El modelo puede ser utilizado por cualquier usuario simplemente teniendo un manejo básico del programa Google Earth.

Desde ArcScene se exporta el archivo shp a kmz

Configuraciones importantes:

Etiquetar con la expresión: "Padron: " + [PADRON] + '\n' + "Unidad: "
+ [UNIDAD] + '\n' + "Block: " + [BLOCK] + '\n' + [BINES_COMU]

Entorno: El archivo de salida tenga los valores z habilitados.

Particiones Cartográficas sean iguales al archivo a exportar.

3.8 Resumen esquemático de la metodología

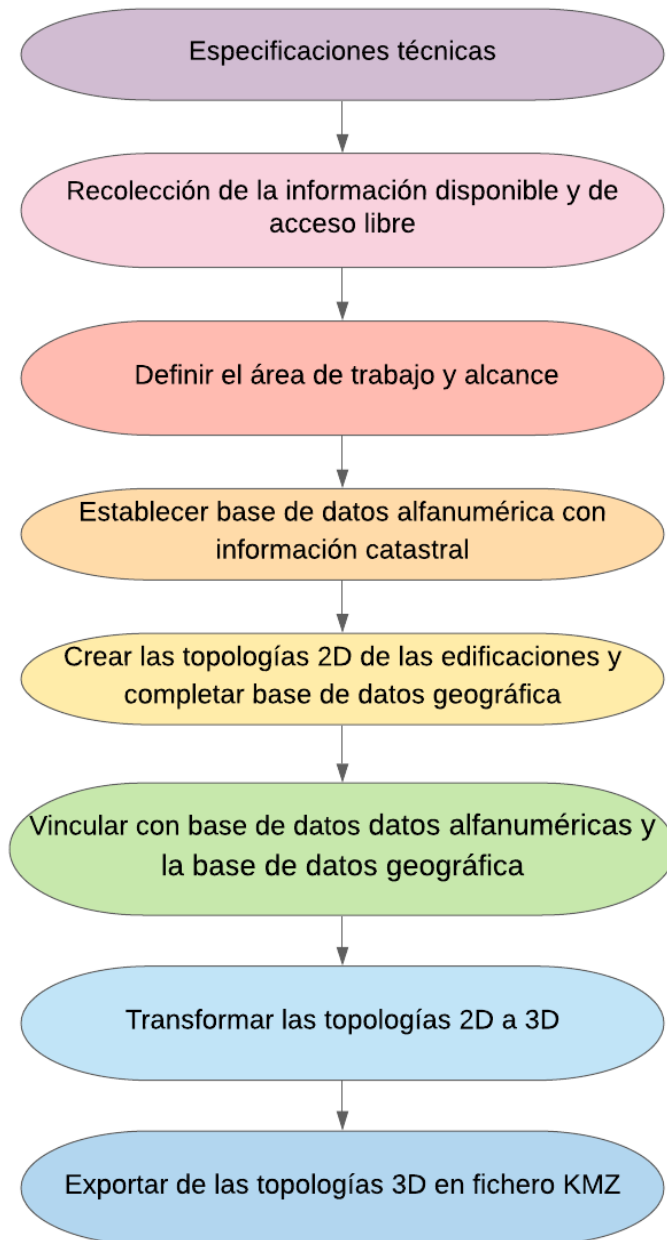


Imagen 5. Esquema de la metodología

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Siguiendo el procedimiento detallado en el capítulo anterior se logró representar de forma satisfactoria los volúmenes de las construcciones. La representación a través de polígonos 3D inició con las construcciones de diversos inmuebles ubicadas en el departamento de Montevideo, por una zona piloto delimitada por los barrios Mercado Modelo, Bolívar y Villa Española.

Se procedió a crear una base de datos alfanumérica con referencia a las fichas catastrales de la Dirección Nacional de Catastro, vinculada con el parcelario catastral de la Intendencia Municipal de Montevideo

Se crea el shapefile que va a contener los elementos geográficos y estableciendo los siguientes atributos: PADRON, UNIDAD, PISO, BLOCK, COD, COTA_INICI, COTA_FINALI, COTA, COTA_REF Y BIEN_COM.

Las topologías en 2D se digitalizan con las herramientas de AutoCAD Map 3D y un análisis del plano de mensura permite la creación de topologías de inmuebles de propiedad horizontal, en el caso de las tipologías de inmuebles de propiedad común se sugiere una fotointerpretación de las ortofotos del vuelo de la IDE, que permitan verificar los datos con el plano de mensura, finalmente con la tabla de atributos agregar la información poligonal a la geodatabase con el software Qgis, logrando que la base de datos alfanumérica y la base de datos geográfica se compatibilicen a través de campos en común (COD).

Con la herramienta “extrusión” de ArcGIS se determinan las topologías 3D, para posteriormente realizar el fichero KMZ que puede ser utilizado por cualquier usuario a través de Google Earth.

4.1 Consultas gráficas

A continuación, ejecutamos consultas que nos permitirán mostrar información visual que podrían ser de utilidad para análisis en diversas áreas. Las mismas se podrán descargar en formato KMZ ingresando [aquí](#).

4.1.1 Régimen de propiedad

Se define el régimen de propiedad de cada inmueble, identificándose con color verde a las propiedades en régimen común y de color violeta las propiedades en régimen de propiedad horizontal.

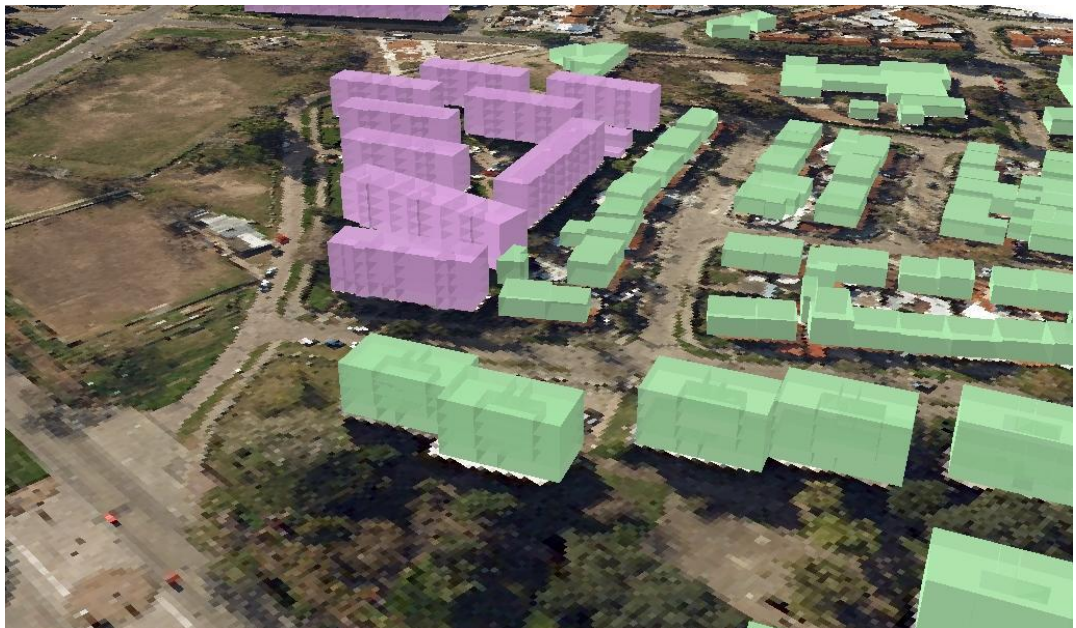


Imagen 6. Régimen de las propiedades

4.1.2 Unidades catastrales

En esta consulta nos permite diferenciar las unidades catastrales en los inmuebles en régimen de propiedad horizontal.



Imagen 7. Unidades catastrales

4.1.3 Valores de construcción

En base al campo de valor de construcción, visualizamos mediante un gradiente de color, la variación del valor entre los inmuebles. Los valores más bajos se representan en color verde y los más altos en rojo



Imagen 8. Valores de construcción

4.1.4 Valores del terreno

Igual que la consulta anterior, con el campo valor de terreno se visualiza la variación de valores entre inmuebles.



Imagen 9. Valores del terreno

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

El catastro es considerado una herramienta eficaz al momento de planificar proyectos en pro del desarrollo de las comunidades al incorporar datos ambientales, sociales y económicos a través de una base de datos que son geo referenciados por medio de SIG incorporando modelos 3D digitales.

Esta herramienta basada en un modelo 3D es de gran utilidad debido a sus múltiples propósitos, como la optimización del diseño de la infraestructura de una ciudad, planificación y diseño de desarrollos urbanos, cálculos de superficie de construcción y ubicación para su aplicación en la gestión municipal y registro catastral en tres dimensiones.

Esta información permite visualizar los niveles de detalle que el usuario y la propia administración requiera apreciar a los fines implementar políticas públicas dirigidas a la ordenación del territorio y la prestación de los servicios en general, permitiendo la profundización en lo que respecta a las políticas públicas, gracias a la observación de una realidad más inmediata que muestra variables relacionadas con la altura de las infraestructuras y el relieve, además de árboles, redes aéreas, servicios públicos y cualquier otro objeto presente dentro del entorno, así como el movimiento de la sombra durante el día y las relaciones espaciales entre edificios y elementos naturales, permitiendo la recaudación de impuestos, tasas y contribuciones ajustadas a la infraestructura del municipio, favoreciendo la reinversión de los recursos asignados no solo por el poder ejecutivo sino también los provenientes de

sus recaudaciones debido al dictado de políticas públicas más acertadas al ser dictadas sobre la base de una realidad.

En tal sentido, un sistema de información geográfico en 3D es clave para la planificación de proyectos, sean estos públicos o privados, en el sentido de que estaría de la mano con los procesos de modernización catastral, así como de los espacios que son propios a un determinado ámbito natural y con el cual se puede hacer un aprovechamiento más adecuado para la utilización de los espacios territoriales.

Para el desarrollo de la propuesta del sistema de información geográfico 3D, la información recolectada es de suma importancia, en consideración que de ella depende la sinceridad y exactitud de la información presentada; en el caso particular la información recolectada a través del acceso libre a distintas plataformas tiene la ventaja de reducir significativamente los costos que conllevaría la realización de un trabajo de campo en el cual se encontrarían involucrados recursos financieros para cubrir personal, materiales y tiempo de ejecución del proyecto, insumos mínimos necesarios para la conformación catastral en 3D, en razón de ser la base para la topología en 2D y la topología en 3D.

La información relacionada con el parcelario catastral y fichas catastrales, sin duda alguna constituye la base de datos de información para implementar el SIG 3D, además, por norma legal es requerida para la conformación de un catastro, constituyendo la columna vertebral del inventario.

Los planos de mensura, resultan igualmente indispensables para la conformación del catastro, independientemente de la forma como se mantenga el manejo del mismo, cuya utilidad versa en la identificación de la parcela, al establecerse los linderos de la propiedad, la ocupación o posesión de la misma; las Ortofotos del vuelo 2018 y 2018 se utiliza conjuntamente con el plano de mensura como apoyo para determinar deslindes de las edificaciones y cotas.

Por su parte, los modelos digitales de terreno y el modelo digital de superficie son útiles para determinar la extrusión en los padrones de régimen común, además de permitir conocer los parámetros del terreno relacionados con las características topográficas y el relieve, así como la creación de planos de relieve para crear modelos climáticos y la visualización de edificaciones y demás elementos del entorno en 3D.

Los elementos técnicos básicos para poner en marcha un catastro 3D que abarque todo el país ya están al alcance de las autoridades, toda la información necesaria se encuentra disponible a través de los servidores web. Los software en su mayoría son de libre acceso, y otros como ArcGIS y AutoCad tienen un costo moderado que se podría financiar sin grandes dificultades para un proyecto con alcance nacional, analizando el costo-beneficio. Teniendo en cuenta este punto, lo fundamental para que un sistema de esta envergadura se lleve a la práctica es la voluntad por parte de las autoridades de idear un proyecto con los técnicos necesarios en cada área y proveer los recursos suficientes para la ejecución del mismo, requiriéndose a su vez de un trabajo que logre mayor sinceridad y exactitud de la información relacionado

con el inventario de todos los elementos que forman parte del registro catastral en 3D.

Para la creación del catastro 3D utilizado como piloto, se realizó inicialmente una investigación documental, hallándose proyectos que referían al tema en estudio como el catastro 3D de España, no obstante, no señalaban como diagramar la metodología, por lo que fue esta la que requirió la inversión de mayor cantidad de tiempo. Una vez resuelto el proceso de creación, construir para la zona piloto llevó aproximadamente 6 horas. Este tiempo lógicamente es variable dependiendo del régimen de los inmuebles con los que se trabaje.

Se buscó representar la realidad a escala y con proporciones adecuadas, a pesar de no ser un modelo de precisión geométrica, para posteriormente realizar el fichero kmz que puede ser utilizado por cualquier usuario a través de Google Earth, Mapbox, Geopole y Mapserver sin perjuicio de utilizar cualquier otra plataforma digital de uso libre o propietario.

La utilidad de proponer varios software como QGIS, ArcGIS y AutoCad, se debe a la posibilidad de poder tomar de cada una de ellas las herramientas necesarias que permitan optimizar la presentación de la información recolectada y así lograr la percepción de los escenarios tal como se encuentra en la realidad.

5.1 Líneas de trabajo

Se proponen posibles líneas de trabajo que pueden ser objeto de interés, atendiendo a lo expuesto en el presente proyecto.

En relación con la metodología propuesta se podría investigar otros procesos de automatización para la digitalización de los elementos constructivos.

Buscar una modelización que de más realismo a las construcciones con características arquitectónicas especiales de geometrías complejas.

Profundizar en los costos de llevar adelante esta metodología a nivel departamental o nacional.

Realizar trabajos que permitan la actualización de la información.

Aplicar este modelo 3D para estudiar la realidad con variables referidas a la altura.

En particular, cuestiones de inmuebles en propiedad horizontal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLER, R. 1993. *Directions in Geography. Everything in its place: GPS,GIS,and Geography in the 1980s*. Profesional Geographer, 45, 131-139.
- ALCÁZAR, M. 2000. *El catastro y su evolución hasta el siglo XVI*. Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén
- ARTIGAS, J. G. 1815 *Reglamento Provisorio de la Provincia Oriental para el Fomento de la Campaña y Seguridad de sus Hacendados*. [fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: <http://www.uc.org.uy/d1000c.htm>
- BANKHACKER. 2003. *Web services, XML-RPC,SOAP,sobre PHP, Perl y otros conceptos*. [Sitio web]. [Consultado: 15 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://web-service.bankhacker.com/>.
- BARREDO CANO, J. 1996. *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio*. España: RA-MA Editorial.
- BERTALANFFY, L V.1986. *General System Theory Foundations, Development, Applications*. University of Alberta Edmonton, Canadá. George Braziller. New York. ISBN 968-16-0627-2
- BERRY, BRIAN J. L. 1971. *Geografía de los centros de mercado y distribución 01 por menor*. Vicens Vives, Colec. Biblioteca Básica de Geografía Económica Nº 2, Barcelona 1971, págs. 98-99.
- BOOCH, G. et all. 1999. *The unified modeling language user guide*. USA: Editorial Addison Weley.
- BOSQUE, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ediciones RIALPE S.A.

- BURROUGH, P. 1987. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford.
- BUZAI, G. D. 2005. *Geografía Automatizada, Ciencias de la Información Geográfica y Ciencias Sociales Integradas Espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI*. Fronteras, Buenos Aires. Año 4, n° 4, pp. 31-36
- CAETANO, G. y RILLA, J. 2005. *Historia contemporánea del Uruguay. De Colonia al siglo XXI*. Montevideo, CLAEH-Fin de Siglo.
- CAPITANELLI, R. 1981. *La Geografía como Sistema*. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Geografía. 1981. Boletín de Estudios Geográficos. Volumen XX N° 78. Mendoza. República de Argentina.
- CÁRDENAS VELASCO, J. y HERRERA ZAPATA, A. 2014. *Desarrollo e implementación de un sistema de información geográfica*. [Tesis de grado]. Colombia Universidad de Manizales.
- CHORLEY, R. J. 1962. *Geomorphology and general systems theory*. U.S. Geological Survey, Professional Paper 500-B, 10pp.
- CLARK, C. 1986. *Recent Trends in Geographic Information System Research en Geo-Processing*. Vol. 3
- CONTRERAS HERNÁNDEZ, G. G Y VILLEGAS. 2016. *Las Geotecnologías y los sistemas de apoyo para la planeación en el ordenamiento territorial*. Revista de Tecnología. Journal of Technology. Volumen 15. Número 2.
- CHORLEY, R. et al. 1987. *Handling Geographic Information. Report of rhe Committee of Enquiry chaired by Lord Chorley*. Londres: Her Majesty's Stationery Office

COMAS, D. y RUIZ E. 1993. *Fundamentos de los sistemas de información geográfico*.
Barcelona: Ariel.

DECRETO 318/995. 2019. *Normas de Cotejo y registro de la Dirección Nacional de Catastro*. Ministerio de economía y Finanzas (MEF) [fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: https://www.mef.gub.uy/6565/10/areas/decreto-318_995.html

DECRETO 236/002. 2002. *Exigencia de un nuevo plano, creación de un registro especial*. Dirección Nacional de Catastro. Ministerio de economía y Finanzas (MEF) [fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: <https://www.mef.gub.uy/6562/10/areas/decreto-23600Normativa,Decretos.html>

DECRETO 364/995.1995. *Reglamentación de Secciones o Localidades Catastrales*. *Normas y avisos oficiales del Uruguay*. Centro de Información Oficial (IMPO) [fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/364-1995>

DINOT/MVOTMA/PNUD 2004. *Uruguay 2025: economía, población y territorio*. Ciclo Nacional de Reflexión Prospectiva. Montevideo, 12-16 abril.

ERBA, D. A. 2007 *Catastro Multifinalitario: aplicado a la definición de políticas de suelo*. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy. 448p.: il. ISBN 97-8590701-0-0

Erba, D.A. 2008. *El catastro territorial en América Latina y el Caribe*. Cambridge, M.A. Lincoln Institute of Land Policy. ISBN: 978-85-906701-3-1.

FIG (1995). *Statement on the Cadastre International Federation of Surveyors*, FIG. Bureau, Camberra, Australia.

- FITZCARRALD, A. 2015. *Aplicación de un sistema de información geográfico para el monitoreo de las condiciones oceanográficas del fenómeno "El niño"*. [Tesis de grado]. Lima: Marina de Guerra del Perú: Escuela Superior de Guerra Naval. [Consulta: 01 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/8156/Tesis%20Fitzcarrald.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Foladori, I. 2005. *La Agrimensura en el Uruguay*. Editorial Arca.
- GARCÍA-BADELL y ABADÍA, G. 1968. *La contribución territorial y el catastro de la riqueza rústica*. Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, España.
- GARCÍA MARTÍN, P. 1989 *El mundo rural en la Europa Moderna*, págs. 19 y 58, Biblioteca de la Historia 16. Madrid. España
- GOODCHILD, M. F. 1985. "Geographic Information Systems in Undergraduate Geography: A Contemporary Dilemma", *The Operational Geographer*, Vol. 8.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J.y GOULD M. 1994. *Sistemas e Información Geográfica*. Madrid.
- GUTIERREZ, J. 1994. *A model of test design to assess the Van Hiele levels*. Proceedings of the 18th PME Conference. (vol. 3), pp. 41-48). Lisboa, Portugal: PME.
- GRAVINA, H. 1994. *Anteproyecto de Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial*. Montevideo, Uruguay.
- HAGGETT, P. 1976. *Análisis locacional en Geografía Humano*. Gustavo Gili. Ciencia Urbanística nº 17, págs. 2&28.

- HENSSEN, J. 1995. *Basic Principles of the Main Cadastral Systems in the World. In Proceedings of the One Day Seminar held during The Annual Meeting of Commission, Cadastre and Rural Land Management, of the International Federation of Surveyors (FIG)*. May 16, Delft, The Netherlands.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS AMBIENTALES. 2004. *Taller científico y foro científico político*. 24 de octubre al 6 de noviembre de 2004.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS. 1995. *The FIG Statement on the Cadastre*.
- INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO). 2012. ISO 19152:2012, Geographic Information – Land Administration Domain Model (LADM)
- KAUFMANN, J. y STEUDERLER, D. 1998. *Catastro 2014. Una visión para un sistema catastral futuro*.
- KOCH, M. 2001. *Ökologische Stadtentwicklung: innovative Konzepte für Städtebau, Verkehr und Infrastruktur*. Kohlhammer GMBH. Hessbruehlstr 69 STUTTGART, DEUTSCHLAND BR D-70565. ISBN: 3-17-0149008-3.
- LABORATE, M. 2013. *Programa de Doctorado en Gestión Sostenible de la Tierra y el Territorio*. Lugo. España: Universidad de Santiago de Compostela.
- LEY N° 18.308. *ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2008*. Marco regulador general. Senado y Cámara de representantes de la República Oriental de Uruguay. [fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: <https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/Sobre%20la%20Ley%2018308.pdf>

- LEY N° 17.296. 2001. *Presupuesto Nacional. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).* (Artículo 180°) [Fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: <https://pdba.georgetown.edu/Security/citizenssecurity/uruguay/documentos/Presupuesto20002004.pdf>
- LEY N° 16.462. 1994. *Rendición de cuentas y balance de ejecución presupuestal. Ejercicio 1992.* (Artículos 84-85) Normas y avisos oficiales del Uruguay. Centro de Información Oficial (IMPO) [fecha de consulta 23 abril 2020]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16462-1994>
- LUHMANN, N. 1998. *Sistemas Sociales: Lineamientos para una Teoría General.* Anthropos editorial, Rubí (Barcelona) en coedición con la Universidad Iberoamericana, México, D.F. y con el Centro editorial Javeriano, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá. ISBN: 84-7658-493-8
- MESA DÍAZ, J. 2007. *Jofre Enginyeria d'Informàtica Àrea de Sistemes d'Informació Geogràfica.* [Consulta: 12 de Abril de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2011/1/105964.pdf>.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (MEF) 2020. *Historia de la Dirección Nacional de Catastro (DNC).* Montevideo, Uruguay. [fecha de consulta 27 abril 2020]. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-economia-finanzas/node/574>
- MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE (MVOTMA) 1997. *Directrices Nacionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo.* (Documento de síntesis). Montevideo, Uruguay. [Fecha de consulta 24 abril 2020]. Disponible en: <https://www.mvotma.gub.uy/encis>

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS. 2020. *Modelos Digitales de Terreno y de Superficie en el Geoportal del MTOP*. [SITIO WEB]. Montevideo: MTOP. [Consulta: 15 de abril de 2020]. Disponible en: <https://geoportal.mtop.gub.uy/-/modelos-digitales-de-terreno-y-de-superficie-en-el-geoportal-del-mtop>

NATIONAL CENTER FOR GEOGRAPHIC INFORMATIONS AND ANALYSIS. 2018. NCGIA.

OJEDA, 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*. (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Postgrado. Quito. Ecuador.

PECH, C. 2009. *Economic management of anthelmintic resistance: model and application*.

PEÑA SEGURA, A. 2012. *Comparación de SIG basados en código libre y SIG comerciales*. Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

PRINS MARK. 2003. *Is GML only for internet Gis? CARIS. Information systems BV. Directions Magazine*. [en línea]. Marzo 2004. Disponible en http://www.directionsmag.com/article .phparticle_id=280.

RENZHONG, G. SHEN, Y. 2012. *“Desarrollo de un catastro 3D para la administración del uso del suelo urbano: Caso de estudio Shenzhen. Informática, medio ambiente y sistemas urbanos”, 40, 46-55 . ISSN 0198-9715*

- RESINA SOLA, P. 1983. *Frontino de Agri Mensura*. Universidad de Granada, Granada.
- SANMARTÍN, L. 2007. *Inserción de actividades logísticas de escala supradepartamental. ¿Sobre un dato preexistente o sobre el espesor de un lugar?* (Tesis de grado) Facultad de Arquitectura. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- SEGURA I MAS, A. 1989. *El Catastro en España. 1714-1906*, Ministerio de Economía y Hacienda.
- STAR, J. AND ESTES, J. 1990. *Geographical Information Systems: An Introduction*. Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- VENEZIANO, A. 1999. *Escenarios y desafíos para la descentralización en Uruguay a partir de la reforma constitucional de 1997*, *Sociedades y Debate*. Nº 4. UCPEL.
- VOLKAN, C. AND STUBKJAER, E. 2011. "Diseño de investigación para sistemas catastrales. *Informática, medio ambiente y sistemas urbanos*", 35, 77-87 . ISSN 0198-9715
- ZUBILLAGA, C. 1977. "Algunos antecedentes sobre acondicionamiento territorial en Uruguay (1611-1911)", *CLAEH, Regionalización. Un aporte al estudio de caso uruguayo*. Cuadernos CLAEH, Nº 4. Montevideo.