



**Diseño y aplicaciones SIG para el seguimiento del Plan de Desarrollo del municipio de El
Peñol 2020-2023**

Karen Henao Bedoya
Gisseth Viviana Corrales Ramírez

Trabajo de grado para optar al título de Profesional en Desarrollo Territorial

Asesor
Juan Camilo Rengifo López, Magíster (MSc) en Estudios Urbano Regionales

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Económicas
Desarrollo Territorial
El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia
2022

Cita

(Corrales Ramírez & Henao Bedoya, 2022)

Referencia

Corrales Ramírez, G. V., & Henao Bedoya, K. (2022). *Diseño y aplicaciones SIG para el seguimiento del Plan de Desarrollo del municipio de El Peñol 2020-2023* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Sergio Iván Restrepo Ochoa.

Jefe departamento: Wilman Arturo Gómez Muñoz.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Capítulo 1.	11
1.1 Descripción unidad territorial de análisis municipio de El Peñol, Antioquia.	11
1.2 Contexto espacial e histórico	11
Figura 1. Localización del municipio de El Peñol, Antioquia	12
Capítulo 2. Sobre la investigación	13
2.1 Antecedentes o estado del arte	13
2.2 Marco teórico conceptual	15
2.3 Objetivos	18
2.3.1. Objetivo general	18
2.3.2 Objetivos específicos	18
Capítulo 3. Metodología y resultados	20
3.1 Implementación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW) como método predictivo del valor del avalúo.	23
3.2 Implementación de la Regresión geográfica Ponderada (GWR)	26
4. Conclusiones	30
Referencias	33
Anexos	35

Lista de mapas

Mapa 1 IDW Distribución del precio del avalúo urbano	26
Mapa 2 Regresión Geográfica Ponderada	28
Mapa 3 Densidad de Kernel	29

Lista de tablas

Tabla 1 Definición de Variables	21
Tabla 2 Resultados Regresión Geográfica Ponderada	27

Lista de figuras

Figura 1 Localización del municipio de El Peñol, Antioquia	13
Figura 2 Función de regresión de los avalúos del municipio de El Peñol con una cuadrícula de 50m ²	24
Figura 3 Función de regresión de los avalúos del municipio de El Peñol con una cuadrícula de 25m ²	225

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
MSc	Magister Scientiae
UdeA	Universidad de Antioquia
SIG	Sistemas de Información Geográfica
ESRI	Environmental Systems Research Institute

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han producido un cambio tecnológico e intelectual sobre la gestión territorial estratégica dada su respuesta efectiva, eficiente y contextualizada de las necesidades territoriales a través de procedimientos técnicos y metodológicos que tienen como propósito propiciar la espacialidad de los datos y establecer propuestas para favorecer el estudio de la realidad socioespacial.

Con base en lo anterior, este trabajo de grado expone y diseña un aplicativo web a través de herramientas SIG para el seguimiento del Plan de Desarrollo del municipio de El Peñol 2020-2023 con el fin de dar respuesta a las nuevas dinámicas turísticas que allí se presentan más el auge inmobiliario que sugieren diversos factores de cambio o transformaciones territoriales tales como el cambio vocacional del suelo ocasionado por la alta demanda urbana. Además, se complementa con el uso de técnicas de estadística espacial que logran establecer mecanismos de seguimiento para la captación de futuras rentas se suelo urbano y rural que pueden devenir de estas actividades en el municipio al no ser compensadas con la base natural del municipio y su estructura ecológica principal.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Plan de Desarrollo, Territorio, Catastro.

Abstract

Geographic information systems (GIS) have caused a technological and intellectual change in strategic territorial management, since they allow an effective, efficient and contextualized response to territorial needs, through technical and methodological procedures whose purpose is to promote the spatiality of data and establish proposals to promote the study of the socio-spatial reality.

Based on the above, this research exposes and designs a web application through GIS tools for monitoring the Development Plan of the municipality of El Peñol 2020-2023 in order to respond to the new tourist dynamics that take place there. They present more the real estate boom suggested by various factors of change or territorial transformations such as the vocational change of the land caused by the high urban demand. In addition, it is complemented by the use of spatial statistical techniques that manage to establish monitoring mechanisms for capturing future income from urban and rural land that may come from these activities in the municipality as they are not compensated with the natural base of the municipality and its main ecological structure.

Keywords: Geographic Information Systems, Development Plan, Territory, Cadastre.

Introducción

El ordenamiento territorial como elemento de base organizacional del espacio y de las formas de relacionamiento de una sociedad con la forma en que se ocupa un suelo, se convierte en la estrategia espacial del desarrollo territorial. En esa perspectiva, las entidades territoriales se enfrentan a diversos retos y desafíos frente al dinamismo y transformación de las técnicas que soportan una plausible organización del territorio a la luz del manejo, control y análisis de información georreferenciada. Los avances de la ciencia y la tecnología han transformado las prácticas de gestión administrativa en el sector público, razón por la cual, las entidades territoriales están en constante búsqueda de dar respuesta efectiva a dicha necesidad de transformar las acciones gubernamentales en función de la sociedad.

Con el fin de responder a esta demanda social, en los últimos años, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han establecido un cambio técnico e intelectual para dar respuesta efectiva, eficiente y contextualizada acerca de las necesidades del desarrollo de infraestructura y servicios a través de una gestión administrativa y estratégica que cumpla procedimientos técnicos y metodológicos los cuales tienen como propósito dar seguimiento detallado a las acciones territoriales en pro del bienestar de la comunidad a través del análisis espacial de una dimensión en particular del ordenamiento territorial.

Adicionalmente, se establecen propuestas para favorecer el estudio de la realidad socioespacial con base en la determinación de las bases de un desarrollo territorial enfocado en promover la habilidad técnica y social tanto del funcionario público como del ciudadano sobre la posibilidad de que este último tenga el acceso a la observación del entorno en donde habita, y aportar de esta manera, resultados satisfactorios en cuanto al cumplimiento de los planes y programas de gobierno.

En ese orden de ideas, una respuesta institucional a este factor de cambio para la comprensión espacial de los territorios ha sido la creación de distintos entes locales y departamentales que llevan como nombre Secretarías de Planeación o Secretarías de Desarrollo Territorial donde se plasman y trabajan estos asuntos organizacionales y funcionales del espacio. En particular, la dependencia de planeación territorial es una de las más beneficiadas con el uso de herramientas SIG, principalmente en su dirección de catastro municipal debido a la obtención de información predio a predio con el objetivo de conocer detalladamente los bienes inmuebles asentados en el territorio,

y a su vez, saber quiénes son los propietarios de dichos bienes para registrar su situación jurídica-económica con fines tanto legales como tributarios.

Por lo tanto, la base catastral municipal tiene gran importancia en la gestión territorial, principalmente por la captación de recursos a través del cobro de diferentes impuestos a la propiedad inmobiliaria, como lo es el impuesto predial o la generación de plusvalías urbanas como mecanismo de gestión y financiación territorial. Sin embargo, el catastro tradicional posee diferentes falencias, las cuales se pretenden minimizar a través del catastro multipropósito el cual pretende adaptarse a las demandas sociales mencionadas anteriormente que buscan ser solucionadas a través de un conocimiento más detallado del estado actual de los predios y la información jurídica de sus propietarios.

Actualmente el municipio de El Peñol, Antioquia en su Plan de Desarrollo municipal 2020-2023 enuncia que, una de las principales falencias de la administración municipal en cuanto a planeación estratégica territorial es que aún tienen Sistemas de Información Geográfica rudimentarios, lo cual dificulta la gestión hábil para hacer frente a las nuevas dinámicas turísticas del municipio y al auge inmobiliario desmedido que puede conllevar a diversos factores que limiten transformaciones territoriales con la realidad de sus habitantes como sucede con el cambio de vocación del uso de suelo ocasionado por la alta demanda urbana, y también, con el logro adecuado de mecanismos eficientes para la captación de futuras rentas por medio de los tratamientos urbanísticos que definen la participación del valor del suelo y su correspondencia con las actividades económicas en el territorio.

De ser así, esta forma de ocupación del espacio, no se relaciona con la base natural del municipio y su estructura ecológica principal al generar escasez de recursos naturales para solventar la demanda elevada de bienes y servicios que este hecho representa. En ese sentido, tienen lugar temas que también le competen a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y la forma de articulación institucional con los municipios para indagar sobre mecanismos de compensación ambiental territorial al valorar económicamente impactos ambientales y bienes y servicios ecosistémicos donde la ocupación y la base natural se correlacionen a través de la obtención de impuestos para fortalecer el desarrollo urbano del municipio y la conservación, preservación y protección de su área rural.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente el objetivo general de esta investigación, consiste en diseñar y aplicar SIG para el seguimiento del Plan de Desarrollo del municipio de El

Peñol 2020-2023 con el propósito de lograr la recolección y análisis de datos de una manera más estructurada a través de un enfoque territorial que permita comprender la complejidad del territorio y dar paso al desarrollo y mejoramiento de la infraestructura y la prestación de los servicios públicos municipales básicos. Además, argumentar que es posible convertir los Sistemas de Información Geográfica en un criterio de planificación determinante en el crecimiento ordenado de las comunidades donde la dimensión catastral es decisiva en las formas de ocupación del suelo.

Posterior al análisis de diversos planes, proyectos y programas de gobierno, este trabajo de investigación con aplicación inmediata, tiene buen grado de aceptación, puesto que es uno de los temas principales en el Banco de proyectos del Plan de Desarrollo 2020-2023, el cual lo convierte en una herramienta que apoya el ciclo de la inversión pública con el fin de lograr la asignación eficiente de recursos y el fortalecimiento de la programación integral, el seguimiento y la evaluación de las políticas públicas dadas las condiciones de gobernabilidad de las instituciones públicas, siendo posible institucionalizar la solución de los problemas y definir procesos factibles como estrategias de gobierno (PDT, 2020, p.166).

Capítulo 1.

Antecedentes

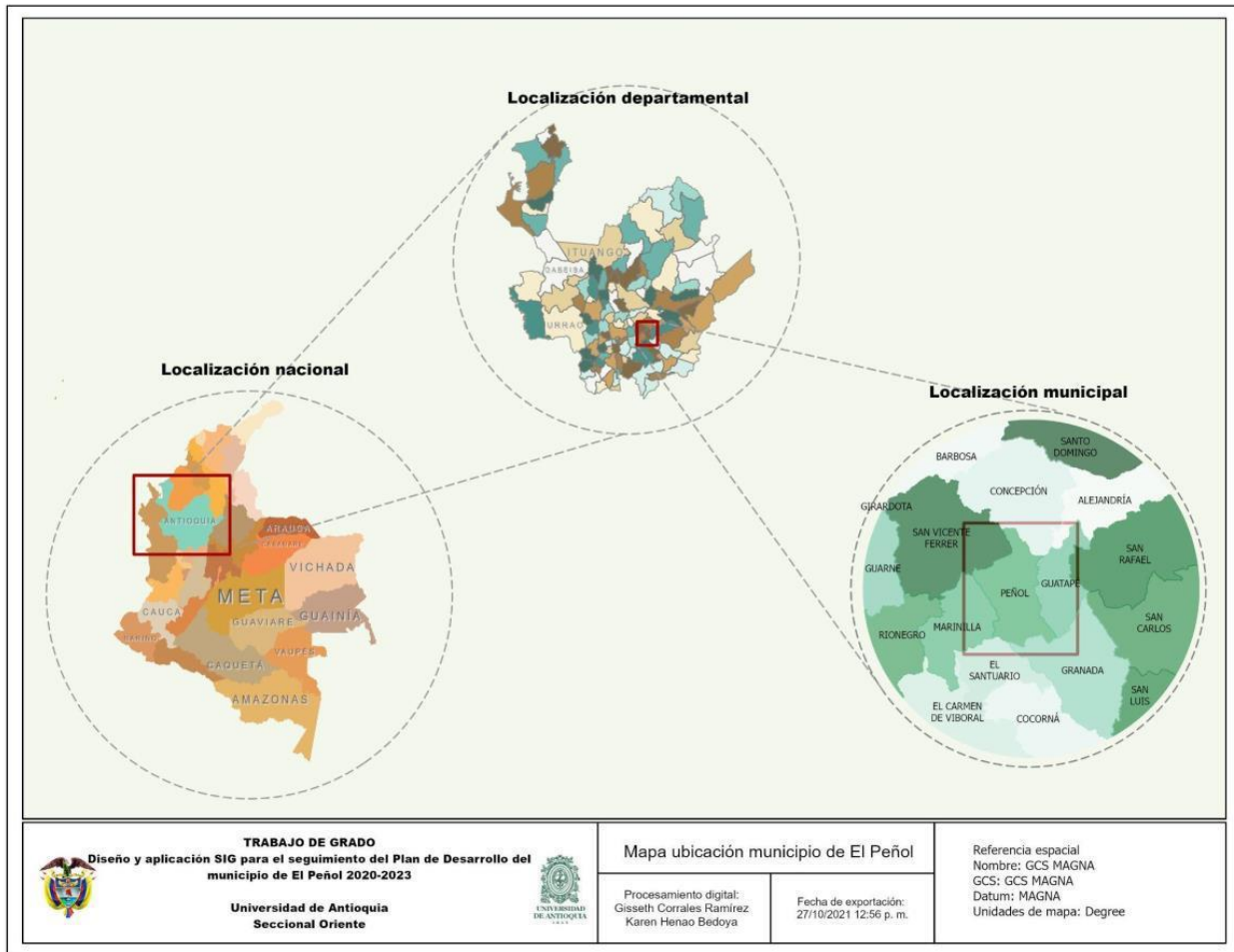
1.1 Descripción unidad territorial de análisis municipio de El Peñol, Antioquia.

El municipio de El Peñol es una unidad territorial que sobresale principalmente por ser uno de los destinos turísticos del Oriente antioqueño, sus abundantes recursos hídricos, zonas verdes y bosques, al igual que su variedad en fauna y flora lo hacen un municipio con importantes características para efectuar un análisis territorial en pro del bienestar colectivo. El Peñol es un municipio con alta conectividad en diferentes escalas territoriales. Debido a esta particularidad espacial, se puede acceder fácilmente debido a su amplia red vial dentro de su extensión, y su interconectividad con otros municipios principalmente del valle de San Nicolás lo cual lo convierte en un sitio estratégico para el crecimiento socioeconómico, implica una cohesión estructural con elementos tanto ecológicos, físico-espaciales e institucionales, con el fin de dar paso a un ordenamiento territorial contextualizado y complejo.

1.2 Contexto espacial e histórico

El municipio de El Peñol se encuentra localizado en la subregión del Oriente de Antioquia (Ver Figura 1). Al norte limita con el municipio de Concepción, al sur con el municipio de Granada, al nororiente con el municipio de Alejandría, al occidente con los municipios de San Vicente, El Santuario y Marinilla, y al oriente con el municipio de Guatapé. Se encuentra a 69 kilómetros de distancia de Medellín, la capital antioqueña. El Peñol se fundó en el año 1714 por Fray Miguel de Castro y Rivadeneiro y en 1774 se erigió como municipio. Este municipio, ahora dedicado al turismo, fue un municipio agrícola antes de la construcción del embalse hidroeléctrico de El Peñol. Es importante para el departamento porque además de ser zona turística, El Peñol se encuentra entre los principales productores de algunos alimentos de consumo diario como el repollo, remolacha, pimentón y tomate. Por otro lado, entre sus distintivos se tiene que este cuenta con las condiciones necesarias para la realización y práctica de deportes acuáticos, la navegación en botes, lanchas o motos acuáticas y yates. También posee como atractivo la Piedra del Marial, lo que mejora su potencialidad como sitio turístico y así su aporte al Oriente del departamento.

Figura 1. Localización del municipio de El Peñol, Antioquia



Fuente: elaboración propia. Software ArcGis

Capítulo 2. Sobre la investigación

2.1 Antecedentes o estado del arte

“Los Sistemas de Información Geográfica constituyen una de las herramientas modernas para el análisis de información espacial más poderosa y su objetivo principal es realizar un bosquejo para comprender el potencial de las características que posee el SIG y su versatilidad al momento de aplicarlas en diversos casos y así inferir con mayor facilidad la realidad fronteriza, que está compuesta de diversos conflictos que se presentan entre la interacción y creación de escenarios y expresiones socio-espaciales” (Gómez Rosalba Linares, 2006).

Es decir, los SIG se generan con la finalidad de facilitar la manipulación, en ambiente computacional, de grandes volúmenes de datos por medio de la capacidad de este sistema para almacenarlos de diversas fuentes, las cuales permiten estudios más detallados, con niveles aceptables de precisión, lo cual aporta al mejoramiento del conocimiento de la realidad, propiciando una más rápida y efectiva toma de decisiones,

“los sistemas de información geográfica constituyen una metodología alternativa para el estudio científico de estos espacios” (Gómez Rosalba Linares, 2006).

De este modo, los gobiernos necesitan herramientas innovadoras que proporcionen recursos para brindar un servicio más eficiente, transparente y colaborativo.

Uno de los retos más sobresalientes que están afrontando los gobiernos, es el acelerado crecimiento urbanístico y la necesidad de organizar comunidades, datos y herramientas participativas que permitan la consecución de los objetivos, en consecuencia, obliga a ofrecer respuestas rápidas e implica la necesidad de una transición hacia un nuevo modelo de organización de los territorios. Por tal motivo, la agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible van de la mano con los Planes de Desarrollo y los Planes de Ordenamiento, siendo ligados a la transformación digital e innovación, puesto que son el pilar fundamental para conseguir un futuro sostenible permitiendo desarrollar una mayor cohesión social y territorial. Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas que visualizan el entorno en el que vivimos de una manera diferente, proveen la información necesaria para facilitar la toma de decisiones, resolver problemas y encontrar soluciones de una manera simple y óptima que posibilita ver los resultados en una representación cartográfica. Asimismo, los productos ESRI posibilitan el ahorro de tiempo,

mejoran el trabajo, la recolección, publicación de información y simplifican el trabajo para los trámites del ciudadano.

En Colombia, se ha venido introduciendo una transformación digital apoyada en los SIG impulsada desde el Estado, para facilitar los trabajos reduciendo el tiempo y aumentando la eficacia con la ayuda de infraestructura geoespacial que permite proporcionar una amplia red de contenido y de capacidades distribuidas que conduzcan hacia un gobierno inteligente. La transformación digital por medio de las tecnologías de Esri, articula las políticas públicas con la información geoespacial, lo que permite procesar amplios volúmenes de datos de forma rápida, con el fin de reducir el tiempo de la analítica de datos. La transformación digital, alineada con los avances en tecnología SIG ayudan a las entidades nacionales a mejorar la transparencia, la divulgación, la gestión, los procesos y la colaboración (ESRI Colombia, 2021).

Organizaciones como: Departamento Nacional de Estadística (DANE) · Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) · Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) · Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas (UARIV) · Departamento Nacional de Planeación (DNP) · Ministerio de Salud y Protección Social.

Estas organizaciones, cuentan con soluciones tecnológicas para apoyar la toma de decisiones basadas en información geográfica recolectando datos de disímiles fuentes de acuerdo con las necesidades de cada entidad. Por otra parte, las organizaciones mejoran sus flujos de trabajo, sus operaciones e interacciones con el público para lograr eficiencias y mejorar sus servicios. Actualmente, se llevan a cabo diversos proyectos que aplican inteligencia artificial y Big Data para facilitar el análisis de gran cantidad de información. Para el Departamento Nacional de Estadística (DANE), los SIG permiten la explotación de datos por medio de herramientas geoespaciales que posibilitan la exploración de variabilidades de las comunidades, ayudando al Gobierno a mejorar la calidad de vida de los colombianos.

Por otra parte, para la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), es fundamental el uso de estas herramientas explotando la inteligencia de la localización, para representar escenarios en donde se permita realizar consultas, análisis y nutrir modelos como el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos Agropecuarios (SIGRA), el cual tiene la capacidad de recopilar, procesar, analizar y disponer de información en línea para generar información con valor agregado.

Adicional a esto, municipios como: · Marinilla, Antioquia, Buga, Valle del Cauca y Nobsa, Boyacá, han empleado esfuerzos desde sus finanzas públicas territoriales en la consolidación de aplicativos SIG para hacerle seguimiento a los estados de sus POTs para que, al momento de actualizaciones de corto, mediano y largo plazo, estén a disposición de la ciudadanía y los funcionarios públicos.

Para el caso del municipio de Marinilla, desde el año 2019, se vienen implementando estrategias para el manejo del total de información vectorial y alfanumérica, apoyándose en los SIG. Este municipio, implementa la aplicación en la plataforma ArcGIS Online, de mapas y aplicaciones web, complementando con Survey123 for ArcGIS, y la herramienta Operations Dashboard for ArcGIS, con la cual hacen manejables los ajustes, actualización, diseño y publicación de la base gráfica municipal. El sistema de información geográfico se implementa y se ejecuta según las necesidades del municipio, y se aplica tanto para la zona urbana como para la zona rural. En estas aplicaciones, tanto los funcionarios municipales como la población en general, puede consultar información en tiempo real, ver análisis, gráficos, consolidados, avances de los atributos de la cartografía vectorial de las diferentes bases de datos y formularios dentro del sistema de información geográfico.

2.2 Marco teórico conceptual

A continuación, se presentan los resultados de una revisión de la investigación directamente relacionada con el objeto de estudio “Diseño y aplicación SIG para el seguimiento del Plan de Desarrollo del municipio de El Peñol 2020-2023” con el fin de determinar el nivel de conocimiento acerca de este.

Un primer trabajo base para la realización de esta investigación fue elaborado por los docentes Heriberto Gómez Z, Geógrafo de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Profesor Asociado, adscrito al Departamento de Cs. Sociales de la ULA. Y, Rosalba Linares, Geógrafa, ULA-Mérida (ambos con Doctorado en Geografía, de la Universidad de Nottingham, Inglaterra). Poseen diversas experiencias relacionadas con aspectos sociales y geoespaciales que les han aportado en la adquisición de fundamento para la realización de obras como el texto SIG: un arma para la frontera, en el cual se determina que los SIG son una herramienta moderna diseñada para agilizar el análisis de información espacial de una forma compleja dando paso a la comprensión de un bosquejo metodológico en que se evidencie el potencial de las características que posee el SIG

y su versatilidad al momento de aplicarlas en diferentes situaciones y así inferir con mayor facilidad la realidad fronteriza, que se compone de conflictos entre diversas dinámicas territoriales.

A partir de la literatura abordada para este trabajo se puede deducir (o colegir) que los SIG se generan como una respuesta a la necesidad de las sociedades de facilitar la manipulación, en ambiente computacional, de grandes volúmenes de datos georreferenciados principalmente por medio del análisis de las fronteras las cuales tienden a ser conflictivas o generar disputas entre diversos entes gubernamentales debido al desconocimiento de sus límites. Según Heriberto Gómez y Rosalba Linares “los sistemas de información geográfica constituyen una metodología alternativa para el estudio científico de estos espacios” (Gómez y Linares, 2006; p-84). Esto se debe a, la capacidad de este sistema para almacenar y maniobrar grandes volúmenes de datos de diversas fuentes las cuales permiten estudios más detallados, con niveles aceptables de precisión, y esto aporta al mejoramiento del conocimiento de la realidad y por ende a disminuir la posibilidad de enfrentamientos; mejorando la calidad de vida en estos territorios. A su vez, estas capacidades del sistema permiten ejecutar escala de análisis a diversos rangos, tanto a nivel de países, regiones, municipios entre otros. Tales características de esta herramienta permiten manejar varios escenarios con un mayor nivel de convicción y a un menor esfuerzo. Rectificando la toma de decisiones, a veces transversal, acerca de un hecho geográfico específico. Adriana Molina, Luis Fernando López, Gloria Isabel Villegas, (2005).

Este estudio se relaciona con la investigación en curso, ya que propone un material de instrucción para la enseñanza de sistemas de información geográfica, a través de enunciados claros, objetivos de aprendizaje precisos y una estructura de trabajo que aborda, paso a paso, las actividades apoyado por representaciones gráficas y términos de fácil comprensión, lo cual ayuda al lector a abarcar más temas y saberes que en cierto momento pudiesen ser incomprensibles.

Otro elemento investigativo de gran utilidad para nuestro trabajo es el texto ¿Qué ha pasado con la participación ciudadana en Colombia? Realizado por Fabio Velásquez C. y Esperanza González R. En este se plantea que la planeación participativa, es comprendida como el juicio orientado a la “identificación de problemas y potencialidades del presente y a la formulación de apuestas de futuro” (Velásquez, 1986, p.22), por medio del diálogo entre actores sociales y estatales. Su afiliación en el marco institucional buscaba complementar procesos propensos a transformar la gestión pública, mediante prácticas que ayudarán a mejorar los procesos de planeación y ejecución, pero que también contribuyan a relegitimar el rol del Estado (Harnecker &

Bartolomé, 2015). La participación ciudadana es actualmente uno de los medios más importantes de gobernanza y gobernabilidad, puesto que, el proceso de consulta de las opiniones de las comunidades y de los diversos actores involucrados en la toma de decisiones públicas debe conducir a una mejor intervención en los asuntos públicos, y también debe conducir al fortalecimiento de la credibilidad del gobierno y del Estado en su conjunto.

Las siguientes leyes, aprobadas en diferentes periodos, pueden complementarse sinérgicamente, para optimizar esfuerzos y recursos, alcanzando mejores resultados y logrando a la vez, mayor cohesión institucional. Entre estas resaltan:

- Artículo 1 de la Constitución Política de 1991, la cual instituye que Colombia es una república unificada, geográficamente descentralizada y cuenta con la autonomía de sus entidades territoriales. Estas poseen la autonomía para definir la gestión de sus intereses, dentro de los límites de la Constitución y la ley. “La ley orgánica de ordenamiento territorial establecerá la distribución de competencias entre la Nación y las entidades territoriales” (tít. XI, cap. 1, art. 288).

- Capítulo II. De los Planes de Desarrollo, artículos 339 a 344 se establece que habrá un Plan Nacional de Desarrollo, “conformado por una parte general y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional. En la parte general se señalarán los propósitos y objetivos nacionales de largo plazo, las metas y prioridades de la acción estatal a mediano plazo y las estrategias y orientaciones generales de la política económica, social y ambiental que serán adoptadas por el Gobierno” (Constitución Política de Colombia, 1991). Del mismo modo, “las entidades territoriales elaborarán y adoptarán de manera concertada entre ellas y el gobierno nacional, planes de desarrollo, con el objeto de asegurar el uso eficiente de sus recursos y el desempeño adecuado de las funciones que les hayan sido asignadas por la Constitución y la ley. Los planes de las entidades territoriales estarán conformados por una parte estratégica y un plan de inversiones de mediano y corto plazo” (Constitución Política de Colombia, 1991).

- Artículo 342, la ley orgánica del Plan de Desarrollo reglamentará los componentes relacionados con los procedimientos de elaboración, aprobación y ejecución de los planes de Desarrollo. Asimismo, decretará las funciones del Consejo Nacional de Planeación, de los Consejos Territoriales y de los procedimientos que hagan efectiva la participación ciudadana en la discusión y modificaciones de dichos planes.

Las leyes constitucionales mencionadas anteriormente hacen parte de la normatividad que da fundamentos a la realización de esta investigación. Ya que, hacen referencia a la potestad de las

entidades territoriales de establecer lineamientos de gestión y financiación de sus intereses con el fin de dar prioridad al bienestar de sus habitantes aprovechando los recursos disponibles a través de la planificación de nuevos proyectos para la consecución, obtención y/o mejoramiento de sus recursos tanto económicos como sociales, culturales, naturales, entre otros.

2.3 Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Ante la necesidad de prestar un mejor servicio a la comunidad y estar actualizado con las herramientas básicas que ofrece la tecnología, además de tener actualizado y al alcance toda la información vectorial municipal (Plan de desarrollo, Catastro, EOT, POMCAS, proyectos, estratificación, Sisbén, DANE, licencias, bienes inmuebles, etc..) y, la información alfanumérica de las diferentes dependencias, se hace necesario utilizar los SIG como un instrumento para la recolección de datos, y asimismo, para el análisis, ajuste, actualización, diseño, evaluación, formulación, publicación y desarrollo de aplicaciones que facilitan la gestión con un enfoque territorial para la toma de decisiones que permita comprender la complejidad del territorio, el desarrollo de la administración, el mejoramiento de la infraestructura y la prestación de los servicios públicos municipales básicos, y, por medio de estas sustentar que es posible convertirlo en un criterio de planificación determinante en el crecimiento regulado de las comunidades. En suma, diseñar y aplicar SIG para el seguimiento del Plan de Desarrollo del municipio de El Peñol 2020-2023 con el propósito de lograr la recolección y análisis de datos de una manera más estructurada a través de un enfoque territorial que permita comprender la complejidad del territorio y dar paso al desarrollo y mejoramiento de la infraestructura y la prestación de los servicios públicos municipales básicos.

2.3.2 Objetivos específicos

- Modernizar y tecnificar la gestión pública municipal, con base en los sistemas de información geográfica.

- Visualizar y reconocer la información vectorial en forma automática, con el fin de obtener datos, análisis e informes de maneras parciales, individuales o integrales, por medio de mapas dinámicos y macros para producir información en bloques con la finalidad de tener el manejo de la información al alcance de quien la requiera.

- Acceder a la información de manera rápida, precisa, oportuna y eficaz, a través de cuadros de mando, los cuales son una vista de información geográfica que le ayuda a monitorizar eventos o actividades en tiempo real.

Capítulo 3. Metodología y resultados

Esta investigación desarrolló una metodología cuantitativa instrumental donde por un lado desarrolla un aplicativo en formato Dashboard con información previamente avalada por el municipio de El Peñol, Antioquia y por el otro, pone en práctica conceptos de la estadística espacial exploratoria por medio de técnicas que se emplearon para identificar y obtener mayor capacidad de información y conocimientos acerca de la planificación territorial del municipio de los que menciona la investigación aplicada, ya que, este tipo de investigación se basa de la teoría para generar un conocimiento práctico e identifica los desafíos, estrategias y técnicas de la gestión territorial en aspectos sociales y económicos, que puedan ser empleados en el abordaje del manejo de los recursos en este territorio.

Con base en lo anterior, esta investigación se llevó a cabo mediante la revisión de documentos de carácter oficial que permitieron la comprensión del territorio y sus formas de organización, como el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT y el Plan de Desarrollo 2020-2023. De igual forma, se remitió a la cartografía disponible del sector, la información e imágenes, que revelaron elementos clave del estado actual del contexto territorial. Además, se realizó cartografía a partir de datos específicos que confluyen como factores de transformación, como lo es, el valor del metro cuadrado, número de construcciones en zona urbana y rural, entre otros para la determinación de agrupamientos espaciales y predicciones de valor.

La integración y posterior análisis de la información se desarrolló a partir de la adopción de cartografía disponible por parte de la información temática de CORNARE. Posteriormente, se revisaron documentos que concretan la investigación donde se evidenció irregularidades en los usos del suelo establecidos y falta de control y supervisión en la planificación territorial.

En concordancia con los elementos expuestos anteriormente, este trabajo se divide en dos momentos; inicialmente se llevó a cabo, una caracterización con enfoque cualitativo del municipio, con el fin de identificar sus fortalezas y falencias en cuanto a condiciones socioeconómicas, de infraestructura, servicios públicos y movilidad, principalmente ocasionados por el aumento de la demanda urbana. Este procedimiento se efectuó mediante la implementación de herramientas SIG que administraron la información municipal a través de aplicativos como los mapas Web de ArcGIS (Anexo 1), los cuales son una visualización interactiva de información. Estos mapas Web, pueden surtirse de información recolectada en trabajo de campo con la ayuda de la aplicación Survey 123 for ArcGIS (Anexo 3), la cual permite crear, compartir y analizar encuestas o

formularios inteligentes a través de la web o dispositivos móviles. Cada encuesta realizada queda cargada y georeferenciada en el mapa Web de forma inmediata.

Se destaca que para el uso de estas herramientas se implementaron diferentes estrategias con el fin de capacitar tanto a los funcionarios públicos, como a los usuarios, con el fin de propiciar un mejor manejo y comprensión del aplicativo y así lograr captar un mayor nivel de información desde diversas perspectivas. Estas herramientas, son de gran utilidad para suplir las deficiencias técnicas y temáticas que se presentan a la hora de ordenar la información recolectada en trabajo de campo dado que cada encuesta está georreferenciada y se debe contar con las evidencias necesarias para el monitoreo de los datos del plan de desarrollo. Seguidamente construyó con un Dashboard (Anexo 2), que facilita la toma de decisiones, visualizar tendencias, supervisar el estado en tiempo real e informar a sus comunidades sobre las estadísticas presentadas.

Estas tres aplicaciones mencionadas, son un componente integral a la hora de tomar decisiones aplicadas al territorio porque se busca contener la información de una manera actualizada para obtener resultados que lleven a diagnósticos de la unidad de análisis territorial e identificar la existencia de causalidad o correlación entre diferentes elementos y factores del territorio. De esta manera, generar escenarios propicios para la formulación, evaluación y toma de decisiones en pro de dinamizar y potencializar el ordenamiento territorial; además, involucra el conocimiento acerca de la perspectiva del actor y agente del territorio teniendo en cuenta su contexto con el fin de desarrollar un análisis más avanzado y acorde a las realidades escalares de este territorio más allá del nivel de tecnicismo que tenga la herramienta. Estos aplicativos cartográficos digitales de ESRI, por medio de un análisis de los datos recolectados, crean soluciones responsables y sostenibles a través de los SIG.

La Tabla 1 presenta la definición de las variables que este aplicativo contiene para consulta de los funcionarios de planeación del municipio. Se reporta su clasificación y caracterización.

VARIABLES		DEFINICIÓN
CATASTRO		Censo o registro que tiene el Estado de los diferentes tipos de propiedades privadas y establecimientos existentes en su territorio.
Precio de tierra por m ²	Cuantitativa discreta	Valor determinado por la gerencia de catastro en base a zonas geoeconómicas
Avalúo	Cuantitativa discreta	El avalúo es el resultado del proceso de estimación total del valor de un bien, determinando la medida de su poder de cambio en unidades monetarias y a una fecha determinada en correlación con diversos contextos.
Localización del predio	Cuantitativa discreta	Establece e indica la ubicación geográfica del objeto de estudio (barrio, sector, vereda, predio específico, etc.) principalmente con coordenadas geográficas.
Impuesto predial	Cuantitativa discreta	Es el impuesto que recae sobre la propiedad inmueble y se genera por la existencia del predio. Su base gravable depende del avalúo catastral. Esta renta es propiedad de los municipios y distritos, quienes tienen a su cargo su administración, recaudo y control.
Área de terreno	Cuantitativa discreta	Unidad de superficie que permite espacializar la extensión del predio, construcción, zona urbana etc.
Barrio/Sector	Cualitativo nominal	Parte de una población con una expansión relativa que contiene grupos sociales espontáneos y tiene características físicas, sociales, económicas o étnicas diferentes.
SISBÉN		El Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén) es una base de datos que ordena a la población de acuerdo con su situación económica y social.

VARIABLES		DEFINICIÓN
Estrato	Categorica ordinal	Variable que permite clasificar la población posterior a estudios y análisis de su situación económica y social, con el objetivo de determinar su vulnerabilidad frente a diversos factores y a su vez, los mecanismos para hacer frente a estos.

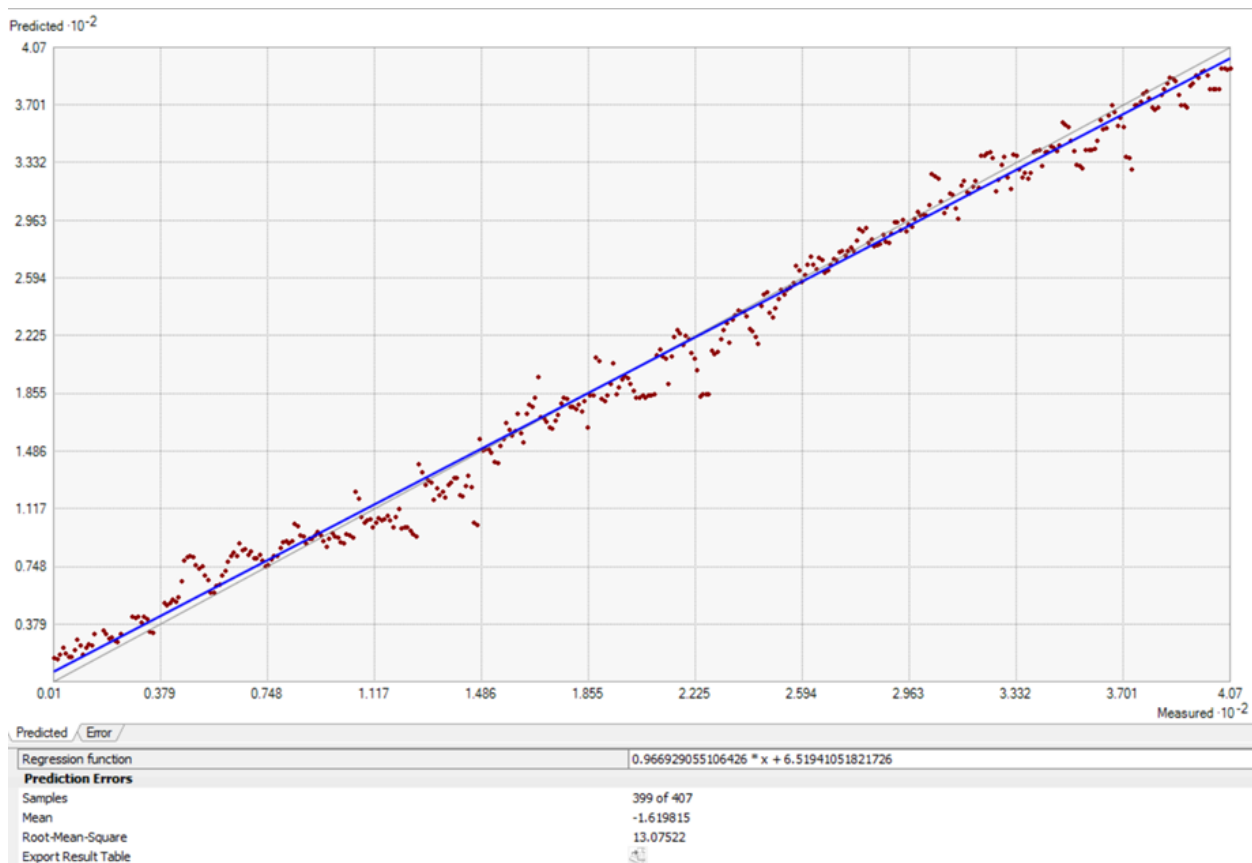
Fuente: Elaboración propia

De otro lado, como segunda parte de la aplicación de la metodología, se analizaron los datos de algunas variables de interés de índole catastral para observar relaciones estadísticas mediante la producción de mapas que visualizan. Entre las técnicas se encuentran el análisis de densidades por la técnica de Kernel, la interpolación espacial por medio de la Distancia Inversa Ponderada a partir de cuadrículas previamente definidas y la regresión geográfica ponderada. Todas estas herramientas integradas al software ArcGIS.

3.1 Implementación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW) como método predictivo del valor del avalúo.

Con la construcción de una cuadrícula de 50 metros cuadrados, la relación entre la variable del avalúo del predio junto con su valor de predicción reportó la ecuación: $6.51 + 0.96 * x$

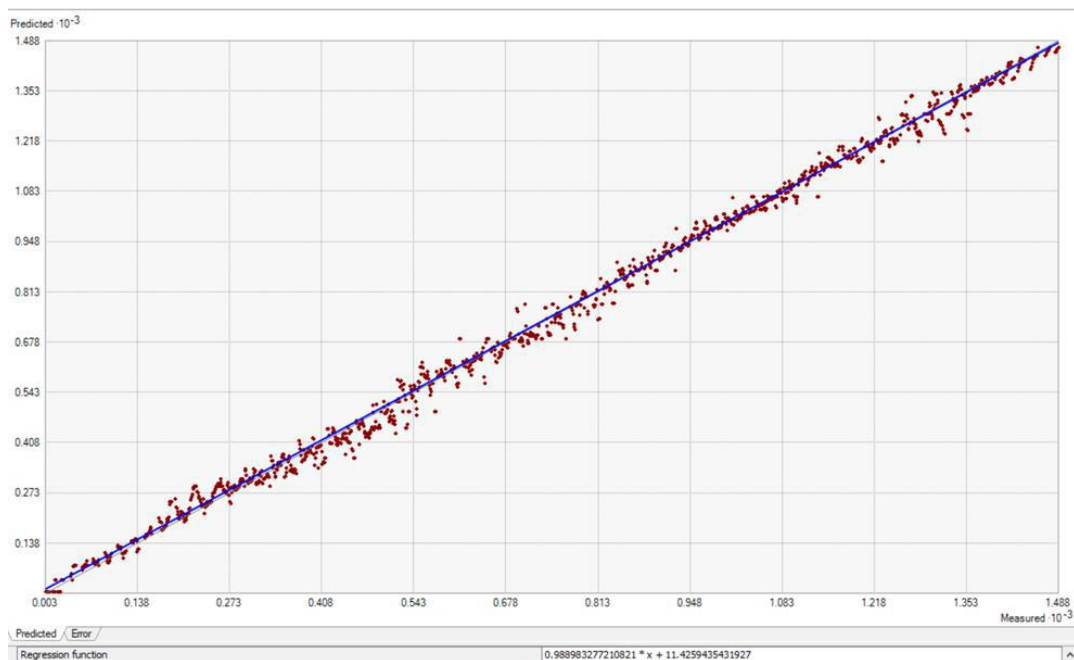
Figura 2. Función de regresión de los avalúos del municipio de El Peñol con una cuadrícula de 50m2



Fuente: Salida software ArcGis

Con la construcción de una cuadrícula de 25 metros cuadrados, la relación entre la variable del avalúo del predio junto con su valor de predicción reportó la ecuación: $39.17 + 0.97 * x$

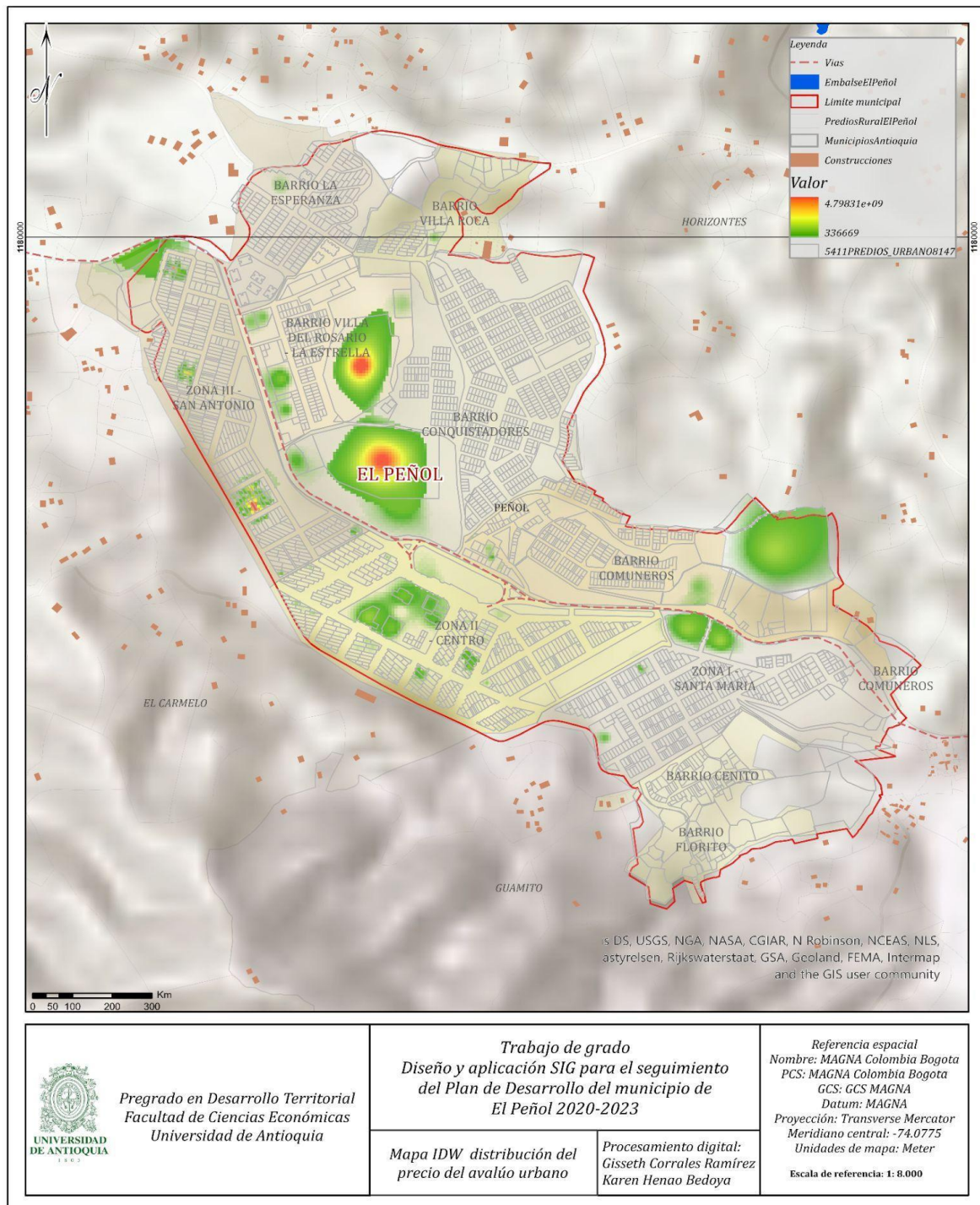
Figura 3. Función de regresión de los avalúos del municipio de El Peñol con una cuadrícula de 25m2



Fuente: Salida software ArcGis

Los avalúos catastrales del municipio de El Peñol en su área urbana están explicando de manera apropiada la predicción de los avalúos a nivel geográfico, es decir, su distribución espacial tiende a ser perfecta en cuánto están reportando las ecuaciones 98% para 25 m² y 96 % para 50 m², incluso cuando la variable la trabajamos de forma discreta y la trabajamos de forma continua. Para este ejercicio, comprendiendo que, la superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación, empleamos la Distancia Inversa Ponderada (IDW) porque, se está ponderando la distancia geográfica para mirar realmente cómo se distribuye el precio del avalúo en el componente urbano del municipio. (Anexo. mapa IDW Distribución del precio del avalúo urbano)

Mapa 1. IDW Distribución del precio del avalúo urbano



Fuente: elaboración propia. Mapa IDW Distribución del precio del avalúo urbano

3.2 Implementación de la Regresión geográfica Ponderada (GWR)

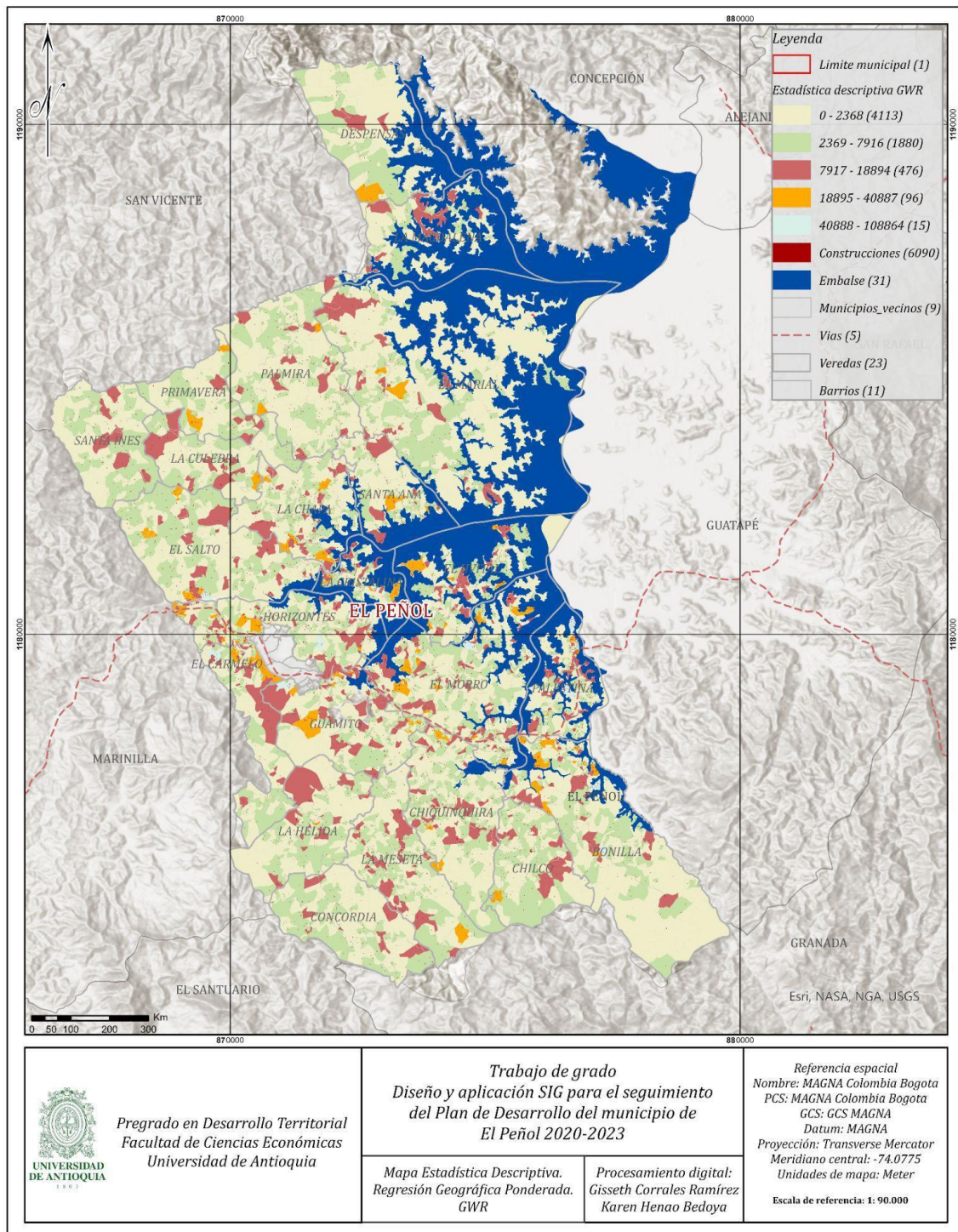
La Regresión Geográfica Ponderada (GWR) representa una variable para observar su capacidad explicativa frente a una variable dependiente. En ese orden de ideas, se está modelando que la variable dependiente o resultado, es el valor catastral del predio y la variable independiente es el área en metros cuadrados, entonces, se está determinando por unidad de área adicional cuánto aumenta el valor catastral, en este caso el valor del predio. Se tiene un R2 que es el coeficiente de determinación el cual reporta la capacidad explicativa de este modelo de dos variables en este caso que es del 94%, es decir, que el área es una variable independiente que explica muy bien el valor de la variable dependiente. Se está reportando que, por unidad de área en pesos, por metro cuadrado se aumenta 340 mil el avalúo.

Tabla 2. Resultados Regresión Geográfica Ponderada

Nombre de la variable	Estadístico
Bandwith	669.54
Residual Squares	3.93 + e18
Effective Number	202.84
Sigma	23066501.7545
AIC	241873.6321
R2	0.9427
R2 Adjusted	0.9409
Variable Dependiente	Valor total
Variable Explicativa	Área total

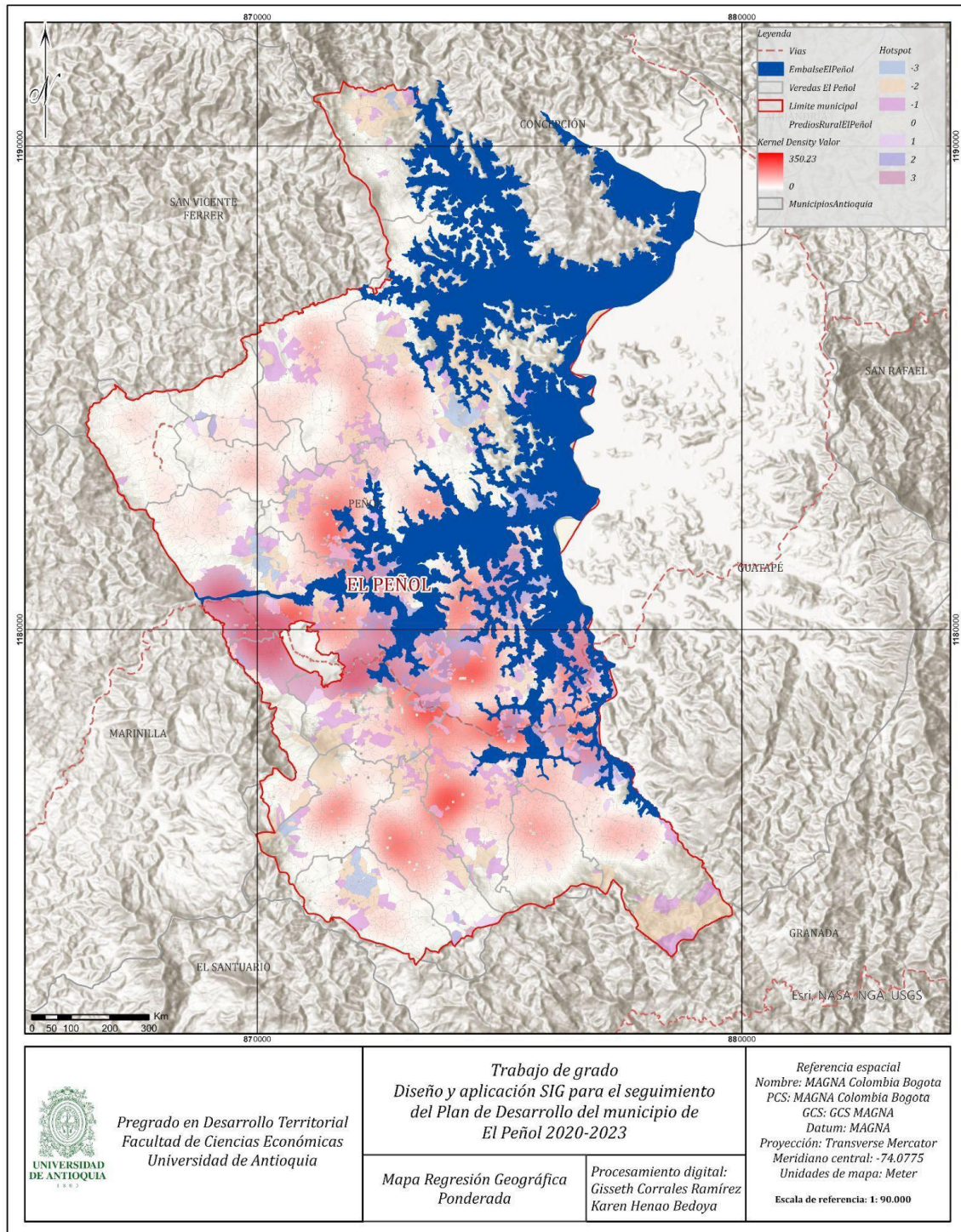
Elaboración: Propia.

Mapa 2. Regresión Geográfica Ponderada



Fuente: elaboración propia. Técnica espacial: Regresión Geográfica Ponderada

Mapa 3. Densidad de Kernel



Fuente: elaboración propia. Densidad de Kernel

4. Conclusiones

Los entes territoriales requieren de un amplio conocimiento acerca de las necesidades de la población y las formas como ocupan el espacio a través de los SIG como herramienta técnica que proporcione elementos que faciliten el seguimiento y la presentación de la información geográfica de forma sintética. Estos sistemas agilizan la evaluación y acción por parte de los responsables en la toma de decisiones en el ámbito territorial. De este modo, con la implementación de las herramientas y metodología planteada, se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la comprensión de la realidad espacial territorial del municipio de El Peñol.

Se produjo un aplicativo de visualización de datos espaciales del municipio y complementario a esta plataforma y se analizaron variables catastrales mediante técnicas estadísticas exploratorias y confirmatorias el cual reportó agrupamientos espaciales de acuerdo con las características de los datos recolectados tanto de la zona urbana como rural del municipio. Una aplicabilidad fue el aprovechamiento funcional de la representación cartográfica, el cual posibilitó el ahorro de tiempo al mejorar la capacidad de análisis y respuesta de variables como la densidad de predios urbanos y rurales como la predicción del precio de los avalúos de las viviendas.

A partir de dichos estudios y como resultado de la investigación compuesta por investigación aplicada y análisis digital, se evidencia que las zonas de más alta densidad poblacional están localizadas en las laderas del embalse cercanas a la zona urbana del municipio lo cual sugiere que es necesario enfatizar en la formulación de políticas de intervención del suelo contextualizadas sobre las características territoriales. De continuar en aumento esta actividad, se puede convertir a largo plazo en amenaza para el desarrollo del territorio dado que se puede presentar una dinámica inmobiliaria más intensa gracias a la especulación del incremento en el costo de las tierras cercanas al embalse y a la piedra y no se tendrían precios de mercado certeros para la obtención de recursos monetarios potenciales para el municipio. Un mensaje es precisamente que esta dinámica de mercado ha llevado a la construcción masiva pero que, a la luz del ordenamiento funcional del territorio, debe ser planificada y responder a la vocación del área.

En el sector de estudio no hay una clara intervención sobre el territorio y no se controla estrictamente la especulación del precio sobre los predios, no cuenta con una planificación acertada de la zona y su proyección de necesidades poblacionales no responde al adecuado entorno, pues se ha señalado que debe respetarse un área para conservación de recursos naturales y sustento de la

población, y en distintas ocasiones no es acatada. Además, el auge inmobiliario puede incidir en transformaciones territoriales tales como el cambio vocacional del suelo ocasionado por la alta demanda urbana, por lo tanto es necesario establecer mecanismos idóneos para la captación de futuras rentas que pueden devenir de estas actividades en el territorio, dado que, actualmente estas no se compensan con la base natural del municipio, generando así, escasez de recursos naturales para solventar la demanda elevada de bienes y servicios que este fenómeno representa. Además, el hecho de que esta ocupación y transformación territorial no se correlacione con la obtención de impuestos para fortalecer el desarrollo urbano y rural del municipio, abre otros caminos de investigación en el ámbito de las finanzas públicas y los mecanismos de gestión y financiación territorial.

Con el fin de ser consecuentes con los cambios en los requerimientos de dar respuestas y análisis contextualizados espacialmente de una forma eficaz y eficiente, se afirma que una de las mejores estrategias metodológicas es la implementación de las herramientas que proporcionan los SIG para emplearlas de manera diversa en el campo de prestación de servicios porque en su gran versatilidad, almacenan, analizan, geo-procesan y presentan la información de forma concisa y clara permitiendo a los funcionarios públicos tomar decisiones efectivas y en corto tiempo. Los SIG son una opción que maximiza los recursos y permite tomar mejores decisiones mediante un mejor conocimiento de las problemáticas que afectan el entorno al favorecer así la comprensión de la perspectiva del actor y a su vez, la potencialización y dinamismo de la gobernabilidad y gobernanza ya que tienen mayor cercanía con el ciudadano, ejecución de flujos de trabajo con mayor detalle y el empleo de plataformas de interacción ciudadana para dar prioridad a las necesidades de la comunidad.

Como recomendación de política pública territorial, se propone la implementación y el uso de los instrumentos que integren personas, datos y herramientas de forma participativa para lograr los objetivos de gobierno. También, con mención a la transparencia de la información, se debe poner a disposición de toda la ciudadanía el alcance de los planes, proyectos y programas que incluyan la organización del espacio geográfico en la agenda de la dimensión del ordenamiento territorial y el catastro. En ese orden de ideas, este trabajo de grado resalta uno de los campos del conocimiento con mayor auge en Colombia a nivel local y en el cual el profesional en Desarrollo Territorial puede incursionar de forma propositiva en los avances a los planes de desarrollo municipal en cuanto al seguimiento predial, revisiones de corto, mediano y largo plazo de los

Planes de Ordenamiento Territorial POT según sea la escala del municipio a la luz del Decreto 1232 de 2020 en los componentes de diagnóstico y formulación y, en particular, la captura de rentas urbanas que impacten el desarrollo urbano y su organización espacial y funcional como capacidades autónomas de las alcaldías municipales.

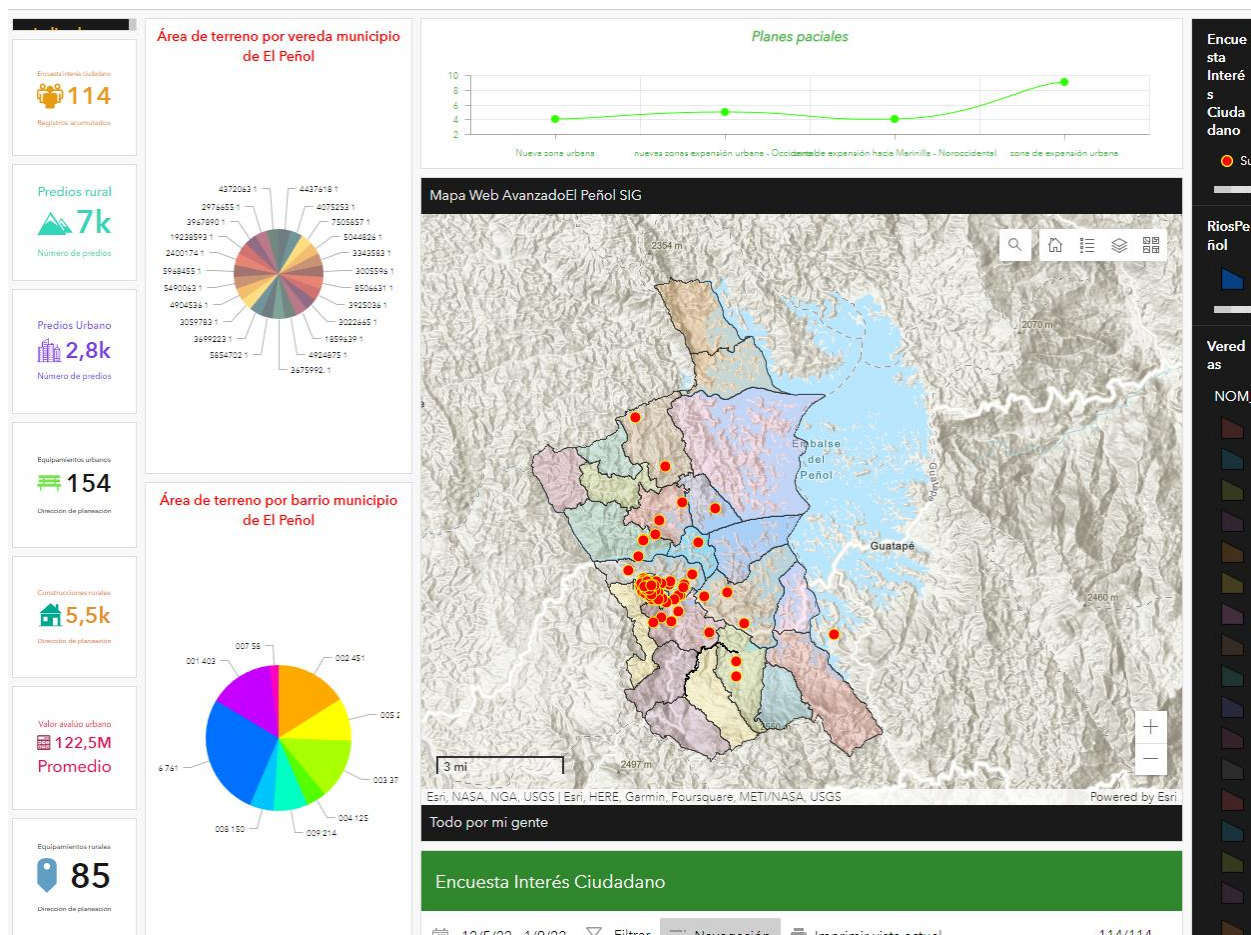
Referencias

- Alcaldía municipal El Peñol-Antioquia. Plan de Desarrollo 2020-2023. Colombia, El Peñol Antioquia. Todo por mi gente.
- Amaya, J. (2020). La gestión del desarrollo territorial. Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/la-gestion-del-desarrollo-territorial/antioqueño>.
- Ayala-García, J. (2021). The impact of preemptive investment on natural disasters.
- Bosque, I., Fernández, C., Martín-Forero, L., Pérez, E. (2012). Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales. Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales.
- COLOMBIA. Alcaldía municipal El Peñol-Antioquia. Plan de Desarrollo 2020-2023. Colombia, El Peñol Antioquia. Todo por mi gente
- Consejo Territorial de Planeación CTP. (2020). Concepto Plan de Desarrollo 2020-2023 “Todo por mi gente”. Colombia: El Peñol-Antioquia
- Constitución Política de Colombia 1991 preámbulo el pueblo de Colombia. (1991).
- Constitución política de Colombia. (1991). Ley 152 de 1994. <https://legislacion.vlex.com.co/vid/ley-152-1994-establece-557896715>
- CORNARE. (2014). Plan de gestión ambiental regional. Medellín, Colombia.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri). (2020). Mapas Web—Ayuda de ArcGIS Online | Documentación. Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/reference/what-is-web-map.htm>
- Esri Colombia. (2021). gobierno en mapas. SIG en la transformación digital del Gobierno. ESRI Colombia. <https://www.esri.co/es-co/sectores/gobierno-nacional/gobierno-en-mapas>
- G. S. Srivastava. Introduction to Geoinformatics. Geographic Information System, Chapter (McGraw Hill Education (India) Private Limited, (2014). <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2612/content/book/9781259058462/chapter/chapter19>
- Gómez R., Heriberto; Linares, Rosalba SIG: un arma para la frontera Aldea Mundo, vol. 11, núm. 20, mayo, 2006, pp. 73-86 Universidad de los Andes Táchira, Venezuela.

-
- Gómez Rosalba lineares, h. z. (2006). GIS: A Weapon for the Border. En revista sobre fronteras e integración año (vol. 11, issue 20).
- Harnecker, M., & Bartolomé, J. (2015). Planificando desde abajo: una propuesta de planificación participativa descentralizada. Barcelona: El viejo topo.
- IDEA, PRODEPAZ, CORNARE, & Gobernación de Antioquia et. al. (2009).
- Molina, a. m., Fernando López, l., & Villegas, g. i. (2006). Los sistemas de información geográfica (SIG) en la planificación municipal.
- Molina, A.M, López, L.F, Villegas, G.I (2005) Los sistemas de información geográfica (SIG) en la planificación municipal. Colombia: Revista EIA. Escuela de ingeniería de Antioquia.
- Proyecto Plan Estratégico. Para un pacto social por el desarrollo del oriente
- Velásquez, F. & González, E. (2003). ¿Qué ha pasado con la Participación Ciudadana en Colombia? Bogotá: Fundación Corona.
[https://www.academia.edu/3295603/ Qu%C3%A9_ha_pasado_con_la_participaci%C3%B3n_ciudadana_en_Colombia](https://www.academia.edu/3295603/Qu%C3%A9_ha_pasado_con_la_participaci%C3%B3n_ciudadana_en_Colombia)
- Wilches, F. J., Millán-Paramo, C., & Millán-Romero, E. (2021). Determination of the impact of natural disasters within the colombian territory using geographic information systems. International Journal of Engineering Research and Technology, 13(12), 4779-4786.

Anexo 2. Fuente: Plan de Desarrollo “todo por mi gente” 2020-2023. Software GIS ArcGIS

Online for Dashboard



Anexo 3. Fuente: Elaboración propia. Software GIS Survey 123 for ArcGIS

ALCALDIA MUNICIPIO DE EL PEÑOL

FORMULARIOS INTELIGENTES
ALCALDIA MUNICIPIO DE EL
PEÑOL ANTIOQUIA COLOMBIA

Dependencias

Dependencias Municipio de El Peñol

- Dirección de Planeación
- Secretaría de Salud y Protección Social
- Secretaría de Agricultura y Ambiente
- Secretaría de Hacienda y Gestión Fiscal
- Secretaría de Obras Públicas e infraestructura
- Secretaría de Educación
- Inspección de Policía y Tránsito

✓