

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LUGARES DE EXPLOTACIÓN
MINERA A CIELO ABIERTO CERCANOS A LA CIUDAD DE TUNJA, BOYACÁ

KAREN DAYANA GONZALEZ ABRIL
YOLEIN MARIA PEDRAZA PEÑA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS – SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2020

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LUGARES DE EXPLOTACIÓN
MINERA A CIELO ABIERTO CERCANOS A LA CIUDAD DE TUNJA, BOYACÁ

KAREN DAYANA GONZALEZ ABRIL
YOLEIN MARIA PEDRAZA PEÑA

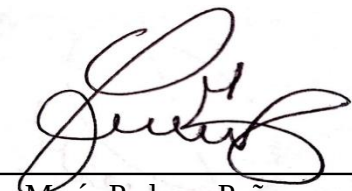
TRABAJO DE GRADO BAJO LA MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

DIRECTOR: INGENIERO NESTOR IVAN ROJAS GAMBA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS – SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2020

Nota de Aceptación:


Karen González Abril


Yolein María Pedraza Peña


ING. Néstor Iván Rojas Gamba
Tutor

Jurado 1

Jurado 2

Tunja, 09 del 2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado principalmente a Dios. Para mi abuelita Rosa María Ayala por su amor, esfuerzo y sabiduría en mi formación y enseñarme el camino de la superación mediante su ejemplo, apoyo emocional y económico. Para mi hijo Martin García Gonzales porque por ser mi mayor inspiración y fuerza durante toda mi etapa universitaria. Con amor.

Karen Dayana

A mis queridos padres Luis Vicente y Betty a mi hermano Daniel y familia por llenarme de motivación, brindarme todo su apoyo y amor.

Yolein María

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios, porque con su voluntad todo es posible

Nuestro más grande agradecimiento a nuestro director de tesis el Ingeniero NÉSTOR IVÁN ROJAS GAMBA quien, con su paciencia, experiencia, conocimiento y sabiduría nos guío de forma acertada en la elaboración de este trabajo.

A la Universidad Santo Tomás Tunja, a la facultad de ingeniería civil, institución que nos brindó las condiciones necesarias tanto en recursos humanos, en saberes, como en instalaciones para el logro de este meta en nuestras vidas.

Por último, queremos agradecer al ingeniero RAFAEL GONZÁLEZ, por su colaboración durante este proceso, quien con su conocimiento y experiencia permitió y apoyo el desarrollo del trabajo.

RESUMEN

El trabajo de grado busca sistematizar la información geográfica de los lugares de explotación minera a cielo abierto cercanos a la ciudad de Tunja, Boyacá, a través de una aplicación de fácil acceso a los actores del mercado de materiales para la construcción. Para lo cual se realizó una geolocalización y caracterización de la situación actual de la explotación de canteras y areneras. Se determinaron los atributos que se diligencian en el SIG, teniendo en cuenta la información de los datos tanto antiguos como de los obtenidos a través de la recopilación efectuada en el estudio. Finalmente, se diseña el SIG, con sus respectivos atributos para las canteras de explotación ubicadas en este municipio.

El enfoque de la investigación es el Mixto, que implicó un proceso de recolección, análisis de los resultados, vinculando datos tanto cuantitativos como cualitativos, posibilitando así la creación del sistema de información geográfica.

Bajo este contexto de trabajo investigativo se concluye que el SIG es la base de los aplicativos que se divulgan a través de los links manejan toda la información recolectada, el primero operado en la plataforma de Google Maps y la segunda con AppBuilder de ArcGIS Web conectada con la encuesta en Suervey 123.

Palabras clave: cantera, construcción, Sistema de Información Geográfica, aplicativo

ABSTRACT

The degree work seeks to systematize the geographic information of the open pit mining sites near the city of Tunja, Boyacá, through an application that is easily accessible to the players in the construction materials market. For which a geolocation and characterization of the current situation of quarrying and sand mining was carried out. The attributes that are filled out in the GIS were determined, taking into account the information from both old data and those obtained through the collection carried out in the study. Finally, the GIS is designed, with its respective attributes for the exploitation quarries located in this municipality.

The focus of the research is the Mixed, which involved a process of collection, analysis of the results, linking both quantitative and qualitative data, thus enabling the creation of the geographic information system.

Under this context of investigative work, it is concluded that the GIS is the basis of the applications that are disclosed through the links that handle all the information collected, the first operated on the Google Maps platform and the second with the ArcGIS Web AppBuilder connected with the survey in Suervey 123.

. Keywords: quarry, construction, Geographic Information System, application

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Descripción de la problemática	3
1.2 Preguntas de Investigación	4
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ESTADO DEL ARTE	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Marco Teórico.....	9
2.2.1 Definición y Componentes de un Sistema de Información Geográfico. ...	9
2.2.2 Minería.	11
2.2.3 Canteras.	12
2.2.4 Explotación de los Materiales de Construcción.	13
2.2.5 Materiales de Construcción y Minerales Industriales.....	13
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO	16
3.1 Localización.....	16
3.2 Geología	17
3.2.1 Leyenda Geológica	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	21
5.1 Descripción del SIG	21

5.2 Implementación del SIG	21
5.2.1 Recopilación de datos.....	21
5.2.2 Implementación del SIG.....	24
5.2.3 Divulgación de datos	28
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
7. GLOSARIO	35
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
9. APÉNDICES Y ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

Descripción de fuentes de información.	22
Descripción de atributos de la base de datos.	22
Descripcion de Wided 30	30

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Índice de localización del proyecto.	16
Plancha 191 Geología de Tunja Boyacá.....	17
Descripción grafica de la metodología.	20
Entorno operativo del SIG.....	21
Visualización de la Base de Datos en ArcGIS	24
Encuesta en la plataforma ArcGIS (Survey 123).	25
Análisis de los municipios con mayor explotación de canteras y areneras	26
Caracterización del material de explotación en las canteras y areneras de los alrededores de Tunja.	27
Análisis del número de canteras que se encuentran activas actualmente.	28
Vista de las canteras en Google Earth.	29
Vista aplicativo Google Maps.	29
Visualización del aplicativo ArcGIS Web.....	30

LISTA DE ANEXOS

Base de datos	44
Diccionario de datos geográficos	44
Enlaces de divulgación	44

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se describe la elaboración de un sistema de información geográfica de lugares de explotación minera a cielo abierto cercanos a la ciudad de Tunja, Boyacá. A partir de la información obtenida, se crean archivos de divulgación web, que facilitan la difusión y publicación de información geográfica.

Durante las últimas décadas el análisis del espacio y localización han sido pilares en el campo de la investigación en diferentes ramas del saber. A ello, ha contribuido la importancia de implementar proyectos donde se ubiquen los sectores productivos, siendo estos un factor clave en la creación de ventajas competitivas que conllevan al éxito de supervivencia en el mercado. En actividades como la minería, la geografía es un componente fundamental, teniendo en cuenta que es una estrategia para llegar a los clientes (Tierno, 2013).

Los lugares de explotación minera a cielo abierto de la ciudad de Tunja y sus alrededores, enfrentan muchos obstáculos para su correcto desarrollo a nivel regional y global, entre los cuales están las dificultades de acceso a la tecnología adecuada e innovadora y la carencia de planificación estratégica para la localización de los establecimientos para poder llevar a cabo un proceso de fortalecimiento y expansión (Sánchez, 2007).

Uno de estos estudios es el realizado por (Cadena & Castellanos, 2002), quienes hicieron un inventario y caracterización de materiales de construcción de las canteras existentes en la ciudad de Tunja y sus alrededores. Tomando como referencia este trabajo se quiso ir un poco más lejos, planteando que no solo se ubicaran y caracterizaran, sino que aprovechando las Tic se geo localizaran dentro de un sistema de información, como complemento para un uso eficiente de las nuevas tecnologías en este sector productivo.

Lo anterior, si se tiene en cuenta que los análisis relacionados con la distribución territorial de los mercados son una necesidad básica tanto para las instituciones privadas, como para las públicas; en temas de planificación territorial, programación de actividad comercial e industrial, urbanismo, medioambiente etc. Debido a lo anteriormente mencionado, en el mundo se logra evidenciar un notorio aumento en la demanda de métodos de análisis espacial e información geográfica por medio de tecnología informática y científica (Chasco Y. C., 2013).

De forma simplificada, se puede señalar como principales componentes de este mercado; la oferta, representada por los lugares de explotación minera y la demanda, clientes, constructores que se podrán beneficiar de este sistema de información porque pueden optimizar estrategias de localización o de acceso a la demanda, y así mismo otros componentes que participan dentro del mismo sector de actividad (Villalta & Pérez, 2006).

El estudio hizo necesario entonces, contar con una base de datos en la que se establezca la ubicación y caracterización de los materiales que provee cada uno de estos lugares. Indagación que se procesa por medio de un sistema de información geográfica (SIG). Asimismo, con los resultados se buscó implementar una aplicación que fuese útil para la población, de esta manera contribuir con una herramienta que facilite un acceso oportuno, acertado y confiable a los actores del mercado sobre las materias primas para la construcción no solo de la ciudad de Tunja, sino que también de sus alrededores.

La investigación se basa principalmente en los sistemas de información geográfica (SIG), aplicada a la geolocalización de las canteras y areneras cercanas a la ciudad de Tunja, Boyacá, teniendo en cuenta a (Chasco C. , 2003),, quien afirma que la utilización de estos es un medio rápido y eficaz para cumplir con el objeto principal del proyecto.

Bajo este contexto, la tesis se estructuró con una primera parte, con los objetivos, el general, que llevó a la elaboración del sistema en cuestión y los objetivos específicos que soportaron la consecución del propósito del trabajo. Una segunda parte, determinó el marco de referencia con los antecedentes de este estudio y las bases teóricas. La tercera parte, evidencia la caracterización de la ciudad, la distribución de las canteras y areneras más su participación en el mercado. Finalmente, se sistematizó toda la información que se materializó en la aplicación que se diseñó, llevando así a unas conclusiones finales.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la problemática

Teniendo en cuenta el constante crecimiento que ha tenido el sector de la construcción a nivel nacional, departamental y regional, este ha venido ganando mayor importancia e impacto y por ende también en lo que tiene que ver con los materiales de construcción, pues estos son un componente indispensable para desarrollar este tipo de actividades. Sin embargo, a pesar del movimiento de la demanda de estos materiales en el departamento de Boyacá durante los últimos años, se presenta la necesidad de buscar nuevas estrategias acorde a las nuevas tecnologías y las circunstancias por la pandemia, en que los compradores no pueden estarse desplazando, además que cuando se busca quien provea de estos materiales puede estarse incurriendo en costos tanto en dinero como en pérdida de tiempo.

Viendo la problemática un poco más a fondo, surgió esta inquietud al encontrarse que recientemente esta capital ha tenido un notorio crecimiento en la construcción, según estadísticas presentadas por Boyacá en cifras “El PIB referente al sector de la construcción para el departamento de Boyacá, presentó un incremento del 5,9% en el 2016 respecto al 2015. Se observó también una tasa de crecimiento del valor agregado del 2,1% en el 2017” (Cámara de Comercio, 2019).

No obstante, si bien es cierto, existe una amplia oferta, ésta no está al alcance de todos los compradores. En otras palabras, no hay una información preestablecida para identificar puntos comerciales dentro del mercado de materiales de construcción, no hay una fuente de información a la que puedan acudir quienes adquieren arcilla, arena, grava, arena de río y algunas puzolanas cuya explotación se establece en los alrededores de la ciudad.

Como se puede observar todo está correlacionado, por esto la necesidad que refleja la ausencia de información detallada de los lugares de explotación minera locales o aledañas a Tunja, se refleja como un problema en el mercadeo de materia prima, al no tener conocimiento amplio de los puntos de ubicación y las características de todas las que pueden abastecer el desarrollo de la construcción.

1.2 Preguntas de Investigación

Basados en la anterior descripción se hace la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera se puede dinamizar el sector de producción de materias primas a través de un sistema de información geográfica de lugares de explotación minera cercanos a la ciudad de Tunja Boyacá?

1.3 Justificación

El desarrollo de la investigación es fundamental en el contexto temporal actual, pues permite la identificación de centros de abastecimiento de materia prima y de qué forma compiten en el mercado. Se lleva a cabo por medio de un aplicativo en el que compile toda la información pertinente de los lugares de explotación minera ubicados en el municipio de Tunja y sus alrededores, mostrando su ubicación espacial y la descripción de la misma, a partir de un SIG como base para la generación de datos alternativos o la cartografía de la zona de estudio.

Este proyecto de investigación es necesario, puesto que el resultado de la investigación es un componente práctico que suplirá las necesidades de la población en el aspecto comercial, siendo esta una necesidad fundamental en la actualidad teniendo en cuenta el crecimiento del sector de la construcción y por ende la adquisición de materiales para llevar a cabo dicha actividad (canteras, materiales de arrastre).

Será de gran utilidad el desarrollo del modelo teórico - práctico, pues este es aplicable directamente al sector de la industria de la construcción, por medio de la ubicación terrestres de los lugares donde se produce materiales tanto de cantera como de arrastre, es importante tener en cuenta que estos son la principal materia prima para la producción de morteros y concretos, bases, sub bases, entre otros componentes para obras civiles.

De esta manera, la Institución Tomasina muestra ante la comunidad circundante, la forma como prepara a sus estudiantes, de manera holística, para el quehacer de su profesionalismo en el ámbito laboral. Demostrando un resultado práctico que beneficie en especial constructoras, transportadores, inversionistas, distribuidoras mayoristas y minoristas. En contra parte, las personas dedicadas a la explotación podrán dinamizar su mercado, realizando así una contribución al desarrollo social de la región.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Sistematizar la información geográfica de los lugares de explotación minera a cielo abierto cercanos a la ciudad de Tunja, Boyacá, a través de una aplicación de fácil acceso a los actores del mercado de materiales para la construcción.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Realizar una geolocalización y caracterización de la situación actual de la explotación minera a cielo abierto en la ciudad de Tunja, Boyacá.
- Determinar los atributos que se diligencian en el SIG, teniendo en cuenta la información de los datos tanto antiguos como de los obtenidos a través de la recopilación efectuada en el estudio.
- Diseñar el SIG, con sus respectivos atributos para los lugares de explotación minera a cielo abierto cercanos a la ciudad de Tunja, Boyacá, apoyado en una aplicación web.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

Se presenta una revisión detenida de informes, artículos, proyectos de investigación y documentos gubernamentales de los últimos años, donde tratan de un lado, la aplicación de sistemas de información geográfica en diferentes sectores y de otro, caracterizaciones de la explotación de canteras.

Se empieza con el libro (Herrera, 2007), *Diseño de explotaciones de cantera*, en el que plantea que para la producción y explotación se registran estrategias de diseño que asegura la funcionalidad de la cantera o arenera, por lo que es importante su localización, sus parámetros geométricos, hidrológicos, material extraíble y ambientales. Este autor afirma que los datos geológicos y medioambientales son la base de los estudios previos y de los inventarios de áridos.

La contribución que hace al estudio es porque se hace necesario identificar las explotaciones potenciales en las proximidades de zonas urbanas por lo que se analiza el modelo geológico de yacimiento que trata en el libro, dependiendo del perfil de explotación, el sistema de carga, transporte y equipos.

A nivel gubernamental, el (Ministerio de Minas y Energía, - UPTC, 2013), a través del manual *Explotación de materiales de construcción*, implementan un programa de formación complementaria dentro de la política de seguridad minera. La metodología y enfoque pedagógico es el constructivismo para lograr un aprendizaje significativo de los mineros y la aplicación en la explotación de materiales de construcción.

En este sentido, manejan la importancia de los materiales de construcción, la normatividad, etapas de construcción, la caracterización del material, el método de explotación, las operaciones de venta y comercialización, entre otros conceptos en que se basa la industria minera. Manual que direcciona este trabajo en el apoyo para la selección de los atributos que pueden alimentar el SIG, para establecer cómo una cantera deber ser manejada y como aparece en el mercado.

Asimismo, un estudio realizado en Santiago de Cali, *Caracterización de la canteras productoras de agregados pétreos en Cali y Yumbo*, por (García & Giraldo, 2013), les permitió conocer el comportamiento de variables que conforman su entorno, además de conocer la situación económica, política, tecnológica, geográfica, el impacto ambiental y los diferentes factores que influyen de una u otra manera en el desarrollo de una industria específica. Por otra parte, se logra evidenciar que al contar con un registro donde se encuentre cada uno de los atributos, le posibilita al cliente una mejor experiencia en el proceso de compra, a la vez, que los establecimientos pueden llegar a tener un alcance más amplio y dinámico.

Otro trabajo de referencia es el de (Lozano & González, 2017), en el que desarrollan una *Caracterización mineralógica, porosimétrica y estructural de agregados pétreos en canteras del río Guatiquía, margen izquierda de la ciudad de Villavicencio*, para determinar la viabilidad explotación y la influencia en ámbito aplicativo. A razón de la investigación se vio la necesidad de conocer la característica del funcionamiento de una cantera, en cuanto a su explotación y en el adecuado manejo.

Respecto al SIG, (Zapata, Martínez, & González, 1999), a pesar de no ser tan reciente, son unos de los pioneros en este tema, en el artículo *Implementación de un Sistema de Información Geográfica, SIG, en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali*, definieron sus atributos, por medio de coberturas, aspecto socioeconómico, político administrativo y biofísico con el fin de generar una herramienta más funcional a la administración de dicho parque. Los datos espaciales anexados a la base de datos fueron los de topografía, hidrología, zonas de vida Holdridge, geología, límite, frentes, zonificación con formas de manejo, precipitación, ocupación indígena, veredas y corregimientos; los cuales contaron con información alfanumérica relacionada, que abarcaba el manejo administrativo, socioeconómico y físico entre otros.

(Torres, 2015), con su trabajo de grado *Implementación de un sistema de información geográfica en la unidad de análisis del departamento de seguridad de naciones unidas para Colombia*, del cual se conceptualizó el manejo de un SIG conjuntamente se enfatizó la importancia de la depuración y compilación de datos para un diseño modelo en el software. Su propósito era recopilar los hechos y acciones que afectan la seguridad en las diferentes regiones del país para su posterior análisis, concebido principalmente para funcionarios que operan en terreno realizando

funciones humanitarias, de Desarrollo, Derechos Humanos y demás misiones del Departamento. Si bien es cierto, este proyecto no estuvo direccionado a las canteras, si es un ejemplo de cómo se diseña y aplica un SIG.

Por otra parte, (Cárdenas, 2014), en su estudio *Desarrollo e implementación de un sistema de información geográfica aplicado en la comuna 02 para estructurar y administrar la base de datos de la subdirección de catastro en el municipio de Santiago de Cali*, con una metodología dirigida por un sistema reglamentado en procesos ponderados en el problema y la solución de este por medio del desarrollo, evaluación y exposición. Se buscó generar la localización geográfica de los predios pertenecientes a la Comuna 02 ubicada en el área urbana de la ciudad de Santiago de Cali, con una metodología dirigida por un sistema reglamentado en procesos ponderados en el problema y la solución de este por medio del desarrollo, evaluación y exposición. Se buscó generar la localización geográfica de los predios pertenecientes a la Comuna 02 ubicada en el área urbana de la ciudad de Santiago de Cali, además de ofrecer a los usuarios y prestadores de servicio, información alfanumérica del predio solicitado según el tipo de consulta empleada.

Finalmente, sobre el tema en la Universidad Santo Tomas se encuentra el estudio (Sotelo Durán, 2017) , *Sistema de información geográfica aplicado a la caracterización físico-mecánica, petrográfica y mineralógica de agregados para materiales de construcción*, en el que se desarrolló una búsqueda cartográfica de la canteras en la ciudad de Tunja en función de las propiedades de los materiales de construcción, evidenciando el alcance de los datos al superponer las capas de información; analizan las alternativas al impacto ambiental, la economía del uso del material llegando así al enriquecimiento de la base de datos sobre las canteras.

Así mismo, se encuentra el trabajo (Silva Castellanos, 2015), realizado en la ciudad de Duitama, con título: *Aplicación de sistemas de información geográfica como complemento a la investigación de la incidencia en la estabilidad y caracterización en las dos zonas de extracción minera*, en el que se describió a detalle las ilustraciones de planimetría y altimetría, como bases para generar estrategias de explotación que no afecten al medio ambiente, presentándolo como un procedimiento funcional del SIG en los proyectos de extracción minera

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Definición y Componentes de un Sistema de Información Geográfica.

Actualmente y a lo largo del tiempo se ha logrado evidenciar que la información geográfica es un componente de gran importancia para llevar a cabo actividades de toda índole, en donde los sistemas de información geográfica, SIG son la herramienta básica para el manejo y utilización de dicha información. (Olaya, 2009)

Antes de hablar de un sistema de información geográfica (SIG) es importante entender que es la geografía, la cual está compuesta por diferentes visiones entre las cuales está la visión ecológica que hace referencia al estudio de la relación hombre-medios, la visión cronológica, estudia la diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre y finalmente esta la visión sistémica, la encargada del estudio de las leyes que rigen las pautas de distribución espacial. siendo estas tres unificadas dan como resultado final que la geografía puede ser definida como la ciencia de la organización del territorio (resultado de múltiples interacciones entre la sociedad y el medio a través de la evolución histórica), siendo esta considerada como ciencia aplicada o ciencia aplicable. (Buzai & A., 2019)

Un sistema de información geográfica (SIG), a lo largo del tiempo ha sido definido de diferentes maneras, entre las cuales se resalta que es un sistema gestor de bases de datos, y posee todas las herramientas que poseen las bases de datos convencionales y herramientas específicas de gestión de base de datos ordenadas geográficamente. Adicionalmente se caracteriza por almacenar y relacionar datos de localización y posición con atributos alfanuméricos distribuidos en forma de capas o coberturas. De lo anterior se puede definir que un SIG es constituido por un conjunto de herramientas que se encargan actividades como lo son la recolección, el almacenamiento, la extracción, el análisis, y la visualización geográfica procedente del mundo real. (Burrough & McDonnell, 1986)

Dentro de las funcionalidades principales de un sistema de información geográfica (SIG), las cuales son se desarrollan desde un punto de vista técnico-metodológico, están las siguientes: permite llevar a cabo comparaciones entre escalas y perspectivas destacando su capacidad de representar varios lugares al mismo tiempo, posee una gran capacidad de cálculo, ya que, permite

diferenciar entre cambios cualitativos y cuantitativos, puede llegar a gestionar grandes cantidades de información a diferentes escalas y proyecciones, tiene la capacidad de integrar u/o agrupar espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables y dispone de una gran cantidad de herramientas informáticas que van desde simples cajas de herramientas hasta paquetes llave en mano y de esta forma poder admitir multiplicidad de aplicaciones y desarrollos etc. Debido a la gran variedad de aplicaciones de un sistema de información geográfica (SIG), como ya se mencionó estos son una herramienta indispensable para todas aquellas personas, empresas, entidades, organizaciones etc. que hacen uso de la información geográfica. (Bravo, 2000)

Los datos que un sistema de información geográfica (SIG) procesa, se dividen en dos grandes grupos que son los datos gráficos y los datos tabulados (tablas). Dentro de los datos gráficos se encuentran elementos como la cartografía y todo producto que se derive de la captación de imágenes desde una plataforma exterior, ya sea por medio de fotografías aéreas, ortofotos, imágenes satelitales etc. En cuanto a los datos tabulados que hace relación directamente a datos organizados por una estructura tabular, como censos, datos de campo, estadísticas, encuestas, proyecciones etc. Dichos grupos dentro del sistema normalmente se pueden relacionar por medio de apuntadores, los cuales son un dato común al mapa y a la base de datos como tal. (Bravo, 2000)

Según (Carmona & Monsalve, 1999) en su trabajo *Sistemas de Información Geográficos*, indican que Dentro de los componentes de un sistema de información geográfica (SIG), están los siguientes:

- Equipos (Hardware): son los elementos donde opera el SIG. Los programas que componen un SIG, se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos (servidores, computadores, tabletas etc.) ya sea trabajando conectado directamente a una red o de modo desconectado.
- Programas (software): Los programas SIG tienen la capacidad de proveer las funciones y herramientas necesarias para poder desarrollar las actividades básicas de este que de forma resumida es almacenar, analizar y desplegar información geográfica. Los programas están conformados por diferentes componentes que son las herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica, un sistema de manejo de base de datos, herramientas que se encarguen de las búsquedas geográficas, análisis y

visualización, interfaces graficas que facilitan el manejo del programa por parte del usuario.

- **Datos:** Es una de las partes más importantes de un sistema de información geográfica, estos se pueden llegar a ser tanto datos geográficos como datos tabulares. Cabe mencionar que el sistema de información geográfica integra el grupo de datos espaciales con otros recursos de datos.
- **Recurso Humano:** la tecnología de los SIG debe contar con personal que se encargue de llevar a cabo actividades como la operación, desarrollo y administración del sistema, adicional a esto también se encargan de establecer metodologías para aplicar e implantar a problemáticas de la vida real.
- **Procedimientos:** para la correcta operación de un SIG, se requiere de un plan bien diseñado, donde se resalte claramente las reglas del negocio, los cuales se reconocen como las practicas operativas características de cada organización.

En el campo de los SIG, existen programas (softwares) libres y privados, las aplicaciones libres han implementado en mayor grado los estándares a medida que estos se han definido, haciendo énfasis en la necesidad de utilizar dichos estándares a medida que estos se han definido, haciendo énfasis en la necesidad de utilizar dichos estándares y respetarlos a la hora de crear datos y aplicaciones que trabajen en esos datos, mientras que los programas privados han utilizado forma no estandarizadas y cerradas como una estrategia comercial, destacando que sus objetivos son contrarios a los que se implementan en el uso de estándares abiertos. (Olaya, 2009)

Dentro de los softwares privados esta ArcGIS, es considerado como uno de los más conocidos y completo, adicionalmente es un software de carácter no libre o privado desarrollado por la empresa Esri. Dentro de las aplicaciones de escritorio principales para profesionales de SIG están ArcMap y ArcGIS Pro, siendo estas de forma unificada parte de ArcGIS for Desktop. Cada aplicación cuenta con funciones únicas que se ajustan a sus necesidades. Con dicho software se pueden llegar a crear desde sencillos mapas web a modelos analíticos complejos. (Girona, 2017).

2.2.2 Minería.

El principal fin de la minería es obtener minerales (sustancia de origen natural, que posee una composición química propia y unas propiedades predecibles y constantes), materiales y

combustibles (los más importantes son los hidrocarburos solidos). Por otro lado, en cuanto a la economía, la minería es la actividad económica relacionada con la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre.

Existen cuatro tipos de minería que son los siguientes:

- Minería de superficie a cielo abierto, según estadísticas se logra evidenciar que en este grupo está la mayoría de minas de todo el mundo, donde se sitúan principalmente la mayoría de canteras.
- Minería Subterránea, este tipo de minería es caracterizada principalmente porque el acceso al depósito se da por medio de estructuras como túneles, galerías, inclinaciones o pozos etc.
- Minería por pozos de perforación, es utilizada en actividades como la recuperación de sustancias minerales y combustibles, por medio de pozos.
- Minería subacuática o por degradado.

2.2.3 Canteras.

Es un depósito de materiales que son extraídos de un macizo rocoso de buena calidad, los cuales pueden ser depósitos provenientes de la acumulación de materiales transportados y tienen un fin de aspecto industrial y ornamental; normalmente este tipo de extracción se realiza a cielo abierto, en excavaciones tridimensionales que pueden llegar a tener uno o varios niveles, dependen de aspectos como la disposición estructural del depósito y la topografía del lugar. Las canteras se clasifican en varios tipos y cada uno de estos difieren el uno del otro por el método de aprovechamiento; existen canteras en terrenos horizontales, en laderas o falda de un cerro, material de arrastre y subterráneas. Cabe mencionar que todas las clasificaciones cuentan con el mismo fin u objeto que es obtener materiales de construcción, en diferentes formas y disposiciones (triturados, no triturados, arcillas etc.), cumpliendo requisitos que dependen directamente del uso que se le quiere dar al material.

Los principales materiales producidos en una cantera son las piedras para enchape (normalmente son lajas con caras un poco lisas y generalmente tienen una forma rectangular), materiales para triturados (el mayor uso de este tipo de material se da en la construcción y en la

industria del cemento), bloques o grandes bolos (son utilizados para la realización de enrocados en presas, lechos de protección agua arriba de un dique o presa, gaviones y otras estructuras relacionadas con protección), piedra para adoquinado (este material es utilizado para recubrir lugares de tráfico liviano como plazas, calles, parques, senderos peatonales etc.), arcilla (se utiliza para llevar a cabo la producción de adobe, tejas, tubos, porcelanas etc.). Todos estos materiales son usados en un gran porcentaje en el campo de la construcción, estos tienen una amplia gama de aplicaciones y según estadísticas se logra evidenciar que son los productos de mayor demanda. Dentro de los materiales con mayor demanda en el campo de la construcción están el rajón, la gravilla, la arena, el recebo, la arcilla y la piedra de enchape.

Dentro de los parámetros legales que deben tener los lugares que explotan material está el registro minero, este es un medio de autenticidad y publicidad de los contratos estatales y privados, que tiene por objeto principal la constitución, conservación, ejercicio y gravamen de los derechos a explorar y explotar minerales y materiales, emanados de títulos otorgados por el Estado o de títulos de propiedad privada del subsuelo. Únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional.

2.2.4 Explotación de los Materiales de Construcción.

La explotación de materiales de construcción es un negocio que se caracteriza principalmente por tres componentes básicos:

Económico: la minería como negocio es una actividad que exige de una gran demanda de dinero e inversiones.

Técnico: Dentro de un negocio corresponde principalmente al aspecto “saber hacer”

Propiedad de recurso: hace referencia directamente a la propiedad del material a beneficiar incluyendo todos los permisos de ley.

2.2.5 Materiales de Construcción y Minerales Industriales.

Mineral Industrial: Hace referencia a todo tipo de mineral, roca o cualquier otra sustancia de procedencia natural y que posee un valor económico. Dentro de este grupo de materiales no entran las menas metálicas, minerales energéticos y las gemas, según lo estipulado en el código de

minas se establecen como materiales industriales las arcillas en cualquier presentación y los materiales de construcción.

Materiales de Construcción: el código de minas define los materiales de construcción como todo producto pétreo explotado en minas y canteras, que generalmente son usados en la industria de la construcción, ya que, son útiles para la fabricación de elementos como el concreto, mortero, pavimento, obras de tierra etc. Adicionalmente también se considera entre este grupo de materiales los materiales de arrastre como los son las arenas, gravas y todo tipo de roca que yace en un cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos de origen aluvial.

Rocas Ornamentales: Se refiere a todas aquellas rocas que después de ser sometidas a un proceso de elaboración, se les puede dar diferentes funcionalidades y usos entre los cuales están los materiales de construcción, elementos de ornamentación, arte funerario y esculturas (objetos artísticos y variados). Adicionalmente este tipo de rocas cuentan con una característica principal y es que pueden llegar a conservar de manera íntegra su composición, textura y características físico-químicas originales. Las rocas más usuales de este tipo son el granito, mármoles, lajas, malaquita, lapislázuli etc.

Agregados: son todos aquellos materiales líticos (herramientas de piedra, con diferentes tipos de roca y minerales) debidamente fragmentados y clasificados, su principal uso en el campo de la construcción, es que es un elemento que hace parte del hormigón (asfáltico o hidráulico), donde es usado como sustancia para rellenar espacios o para ocupar volumen; adicionalmente este material es usado en otro tipo de prácticas ingenieriles como lo son los enrocados de presas, obras de contención de costas y márgenes de ríos y mares etc. por sus excelentes características físicas en cuanto a la manejabilidad del material para este tipo de actividades. Dentro del grupo de los agregados se encuentran las arenas, gravas y triturados.

Agregados Pétreos: hacen referencia los materiales de roca que son previamente fragmentados y clasificados para ser empleados en diferentes actividades, normalmente son ampliamente utilizados en el campo de la industria de la construcción, específicamente en la etapa estructural conocida como “obra negra”. Dentro de este grupo de materiales están las gravas, arenas, triturados y agregados livianos del concreto.

Triturados: Son productos de explotación de una cantera, entrando entre el grupo de agregados gruesos que son usados para la preparación de concreto reforzado y conformación de material base para la construcción de vías. Los materiales triturados se dividen en tres clasificaciones según el uso que se les da (los tres dependen principalmente de la dureza del material, variando el uso y medida).

El primero, se utiliza principalmente en la elaboración de concretos y bases de vías; tiene un diámetro aproximado de 2.5cm (1.0"). El segundo, tiene igual uso, pero es de un diámetro aproximado de 5.0cm (2.0"). El Tercero, en afirmados de pisos; tiene un diámetro aproximado de 10.0cm (3.5").

Los materiales de construcción deben cumplir con una serie de normas que se encuentran previamente establecidas en cada país según la utilización de cada uno de estos. En Colombia las normativas principales y más usadas son las siguientes: para el caso de los materiales de carreteras son las normas del INVIAS y las del IDU, y para el caso de concretos y otras utilidades están las normas INCONTEC. Dentro de estas normas se establece que las propiedades más importantes que den cumplir los materiales de construcción para ser utilizados son: la resistencia (compresión, tracción, corte, abrasión e impacto), adherencia y durabilidad; adicional a lo ya mencionado también se tiene en cuenta los índices de forma y granulometría especificada según el uso entre otras cosas.

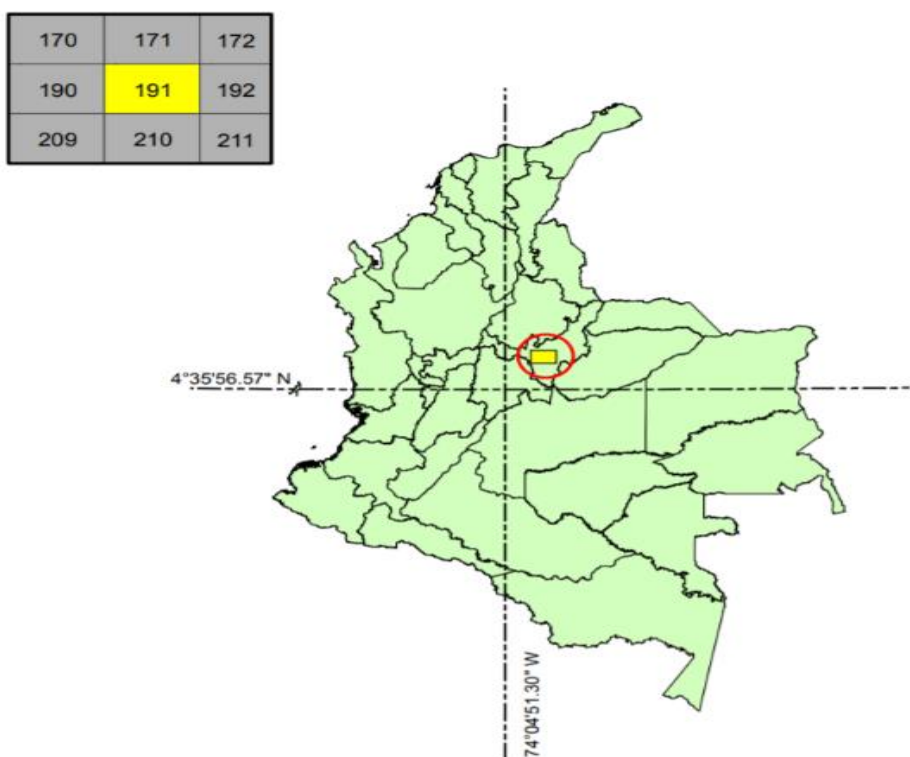
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO

3.1 Localización

El centro de recopilación de datos está en la ciudad de Tunja, la capital del departamento de Boyacá, ubicado en la provincia centro, sobre la cordillera oriental de los Andes. Cuenta con 200 desarrollos urbanísticos y 10 veredas en la parte rural, con una extensión total de 121.49 Km² a una altitud de la cabecera municipal de 2782 M.S.N.M (Alcaldía Mayor de Tunja, 2020)

Figura 1

Índice de localización del proyecto.



Fuente: Alcaldía Tunja

Extensión de la zona de estudio

Left: 1061097.755 m

Top: 1116426.000 m

Right: 1099309.000 m

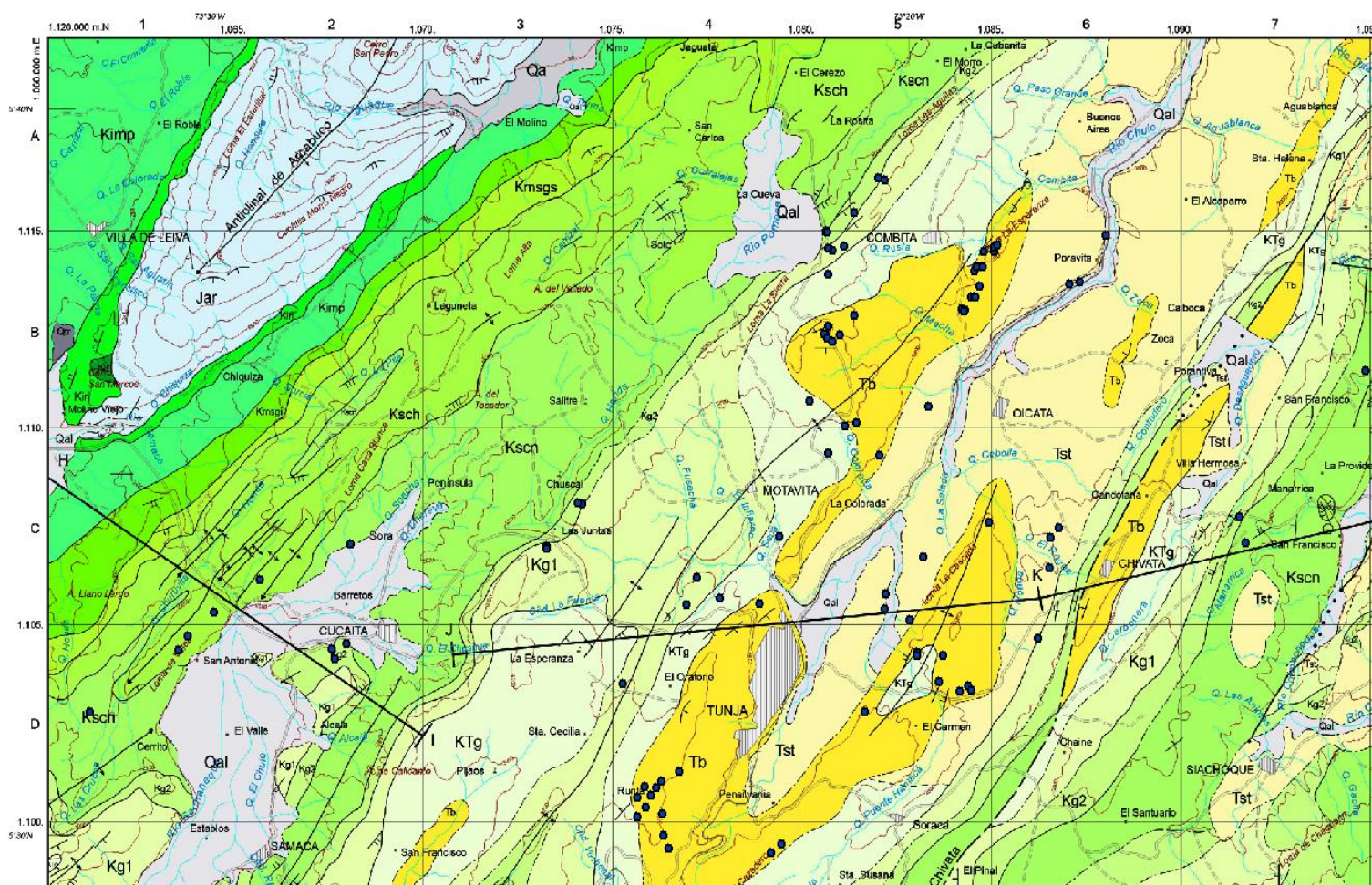
Bottom: 1076397.000m

Este municipio limita con Motavita y Combita al norte, Soracá Oicatá, Chivatá, y Boyacá al oriente, Ventaquemada al sur y Samacá, Cucaita y Sora al occidente. Contando con un registro de datos en el estudio de todos sus lindantes a excepción de Ventaquemada. (Municipios de Colombia, 2020).

3.2 Geología

Figura 2

Plancha 191 Geología de Tunja Boyacá.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano – SGC. Antes INGEOMINAS

3.2.1 Leyenda Geológica

A partir de la plancha 191, correspondiente a la geología del municipio de Tunja Boyacá, obtenida del Servicio Geológico Colombiano – SGC (INGEOMINAS, 1998), a continuación, se hace una breve descripción de la eras y formaciones que hacen parte de este.

3.2.1.1 Cuaternario

Aluvión (Qal), Abanicos Aluviales (Qa), Taludes (Qta), Travertino (Qtr)

3.2.1.2 Terciario

Formación Tilata (Tst): Gravas, arenas, arcillas, esporádicas capas de lignito; Andesitas (Ta); Formación Concentración (Tp): Areniscas conglomeráticas de cuarzo, areniscas de cuarzo, arcillas grises – verdosas; Formación Picacho (Tp): Areniscas conglomeráticas y conglomerados de chert y de cuarzo. Formación Socha Superior (Tss); Formación Bogotá (Tb); Formación Socha Inferior (Tsi): Areniscas de cuarzo, nivel intermedio de arcillas grises, verdosas, rojizas.

3.2.1.3 Cretáceo

Formación Guaduas (KTg): Lodolitas prevalecientes, niveles de areniscas cuarzosas, capas de carbón. Formación Labor y Tierna (Kg1); Formación Plaeners (Kg2); Formación Conejo (Kscn): Niveles de shales grises oscuros prevalecientes y niveles de areniscas cuarzosas; Grupo Churuvita (Ksch); Formación San Gil Superior (Kmsgs); Formación San Gil Inferior (Kmsgi); Formación Paja (Kimp); Formación Ritoque (Kir): Limolitas y lodolitas grises, calizas subordinadas; Formación Rosablanca (Kir) Formación Tibasosa Arenisca cuarzosa, con intercalaciones de shales más frecuentes hacia el techo.

3.2.1.4 Jurásico

Formación Arcabuco (Jar): Areniscas cuarzosas blanco-amarillentas con niveles intercalados de shales rojos.

3.2.1.5 Paleozoico

Formación Cuche (Cc): Areniscas de cuarzo y argilitas rojo-violetas y amarillo crema.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico en que se fundamenta la investigación es de carácter teórico-práctico, aplicado a una problemática en el sector comercial, específicamente en el campo minero, en los puntos donde se extraen materiales para la construcción. Así mismo según los objetos de la investigación se desarrolla de forma secuencial un análisis descriptivo, explicativo, finalizando con la aplicación de todo lo obtenido en un aplicativo útil para la sociedad.

El instrumento principal para desarrollar el proyecto es un software de sistema de información geográfica SIG, además las fuentes utilizadas (tesis, libros, revistas, artículos, noticias, estadísticas, bases de datos, entre otras), para el análisis de la información se maneja una cartografía base de la zona de la plataforma del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2020).

Teniendo en cuenta las fases de desarrollo del proyecto, para su ejecución se propone un método de investigación de tipo mixto (cualitativo y cuantitativo), al utilizar las fortalezas de su combinación, implica un proceso de inicial de recolección, uno de análisis de los resultados, de forma que si se vinculan datos tanto cuantitativos como cualitativos posibilitan la creación del sistema de información geográfica, para que este de garantías económicas y se logre mejorar las expectativas de los propietarios de los lugares de explotación minera.

Para el desarrollo de la investigación se lleva a cabo una serie de actividades, que forman un proceso, el cual tiene como finalidad la ejecución efectiva del proyecto, este se efectúa de la siguiente forma: I) Fase preliminar, con la propuesta principal del proyecto de investigación, en la que se delimita y da el enfoque pertinente. II) Con esta fase se da cumplimiento al primer objetivo, mediante una exhaustiva búsqueda bibliográfica, para recopilar toda la información acerca de los establecimientos que entran dentro de la delimitación del proyecto. Adicional, se diseñan unas encuestas cuyo propósito es el de actualizar datos, bajo el programa ArcGIS online, teniendo en cuenta diferentes aspectos interactivos entre el encuestador y el encuestado.

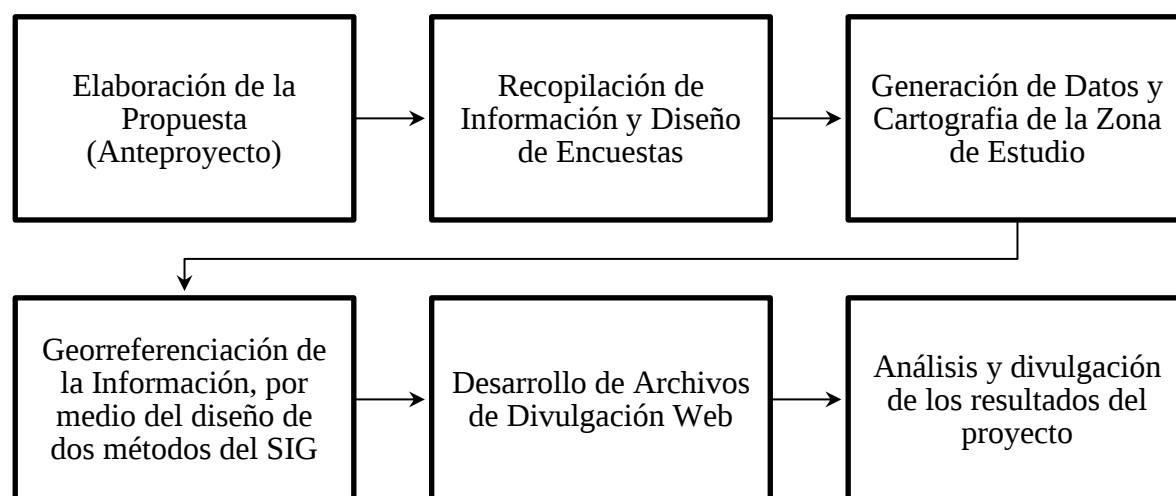
III) Fase que da cuenta del desarrollo del segundo objetivo, al contar con la información necesaria, se organiza cronológicamente y por atributos, de manera que sea fácil de entender. IV) Fase que continua con el segundo objetivo, con el diseño del SIG, se parte de la información

organizada, se elabora el aplicativo con la geolocalización de cada uno de los puntos de estudio con sus respectivos atributos, de tal manera que dinamice el mercado tanto del lado de los productores como de los consumidores. V) Última fase que finiquita el tercer objetivo, con la divulgación de la plataforma SIG a través de la web. Finalmente se desarrolla la fase VI), en esta se analizan y divulgan los resultados de todo el proyecto.

A continuación, se describe de forma gráfica cada una de las fases desarrolladas en el proceso investigativo:

Figura 3

Descripción gráfica de la metodología.



Fuente: Autoras

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

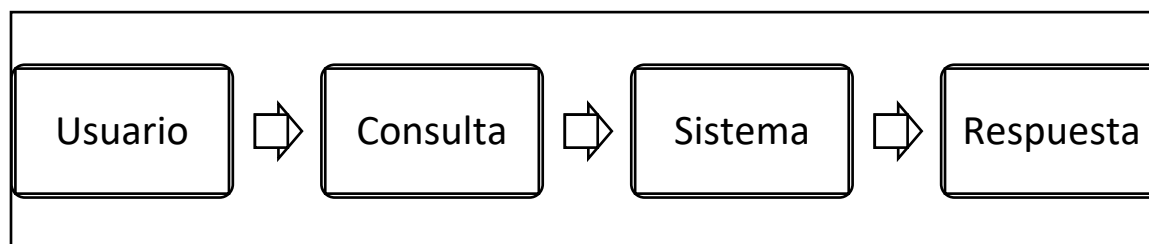
5.1 Descripción del SIG

El sistema del proyecto se diseña para ser retroalimentado con la variedad de datos recopilados. Partiendo de los atributos iniciales que son seleccionados en el estudio se complementa con actividades que crean una cadena de información, que puede ser divulgada a través de enlaces que fácilmente son compartidos, visualizados y editados desde dispositivos móviles y laptops; por otro lado, el usuario también tiene la posibilidad de interactuar con el sistema, teniendo en cuenta la necesidad de este y los requerimientos del archivo.

El entorno operativo del sistema, está compuesto de 4 etapas que funcionan de forma secuencial; cabe mencionar que una vez el sistema realiza la actividad que el usuario le indica, este genera información en diferentes formatos, dando respuesta a las necesidades planteadas por el usuario.

Figura 4

Entorno operativo del SIG.



Fuente: Autoras

5.2 Implementación del SIG

5.2.1 Recopilación de datos.

Se consolida la información existente de canteras y areneras cercanas a la ciudad de Tunja, dentro de una base de datos alfanumérica, mediante un modelo lógico de datos, a partir de la fuente y los atributos que brinda, en la tabla 1, se sintetiza así:

Tabla 1.*Descripción de fuentes de información.*

Fuente Oficial	Actualización de Datos	Cantidad	Atributos*
Tesis Inventario y caracterización de materiales de construcción de las canteras existentes en la ciudad de Tunja y sus alrededores.	Registro minero Actual	25	Coordenada este, Coordenada norte, Municipio, Localización, Vereda, Nombre de propietario, Tipo de material, Forma de entrega, Tratamiento, Disposición, Área, Tipo de explotación Desprendimiento, Formación Geológica, Estado de vía de acceso
Corpoboyacá Licencias Ambientales Archivo shape	Registro físico de licencias ambientales	59	Coordenada este, Coordenada norte, Longitud, Latitud, Municipio, Vereda, Nombre del propietario, Tipo de material, Estado, Registro minero, Área, Perímetro, Descripción Formación

*Nota: La descripción de cada atributo se encuentra en el diccionario de datos geográficos en el hipervínculo Anexo 2 y la tabulación de total en el hipervínculo Anexo 1. Fuente: Autoras

5.2.1.1 Descripción de Atributos

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los atributos que fueron implementados y utilizados durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 2.*Descripción de atributos de la base de datos.*

Descripción del Tema	Canteras Cercanas A La Ciudad De Tunja, Boyacá	
	Código EPSG: 3116 MAGNA_Colombia_Bogota	
Feature Class	Shapefile	
Geometría	Point	
CAMPO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Nombre	String	Nombre legítimo de la cantera

Coord_Este	String	Describe la posición en el sentido Este
Coord_Nort	String	Describe la posición en el sentido Norte
Longitud	String	Coordenadas angulares de este u oeste
Latitud	String	Coordenadas angulares de norte o sur
Municipio	String	Indica el municipio al que pertenece la cantera
Localización	String	Describe el punto donde se encuentra ubicada la cantera
Vereda	String	Identifica la vereda donde está la cantera
Nombre_emp	String	Nombre del propietario de la cantera
Contacto	String	Medio por el cual se puede contactar con la cantera
Tipo Material	String	Establece el material explotado en la cantera
Forma de entrega	String	Indica la forma que la cantera entrega el material
Tratamiento	String	Proceso que se practica para la manipulación del material
Disposición	String	Presenta como la cantera maneja su material y como lo almacena
Estado	String	Condición de vigencia de la cantera en la actualidad
Reg_minero	String	Cumplimiento del registro minero por el código
Area_ha	String	Extensión superficial con la que cuenta cada cantera
Perim_km	String	Longitud de la línea de contorno de la cantera
Fecha_revi	Date	Fecha de revisión técnica por Corpoboyacá
Nom_tecnic	String	Nombre del profesional encargado de realizar la revisión y evaluación de la cantera
Expediente	String	Condición que certifica y toma registro de la revisión
Tipo de Explotación	String	Caracteriza la manera de explotación del material
Frentes de Explotación	Double	Número de entradas de explotación de la cantera
Desprendimiento	String	Incluye las observaciones de como extraen el material
Formación Geológica	String	Dato de la formación que se está explotando
Descripción Formación	Double	Describe el contenido del material que se extrae
Estado Vías de Acceso	String	Refleja las condiciones de la vía para llegar a la cantera (bueno, regular, malo)

Fuente: Autoras

Una vez estructurada y organizada la información, se complementa con lo encontrado en el estudio Inventario y caracterización de materiales de construcción de las canteras existentes en la ciudad de Tunja y sus alrededores, de (Cadena & Castellanos, 2002) identificando en él, cuales atributos necesitan actualizarse. Además de propiciar nueva información, la encuesta se convierte en una herramienta o alternativa para renovar los datos a futuro o en cualquier momento.

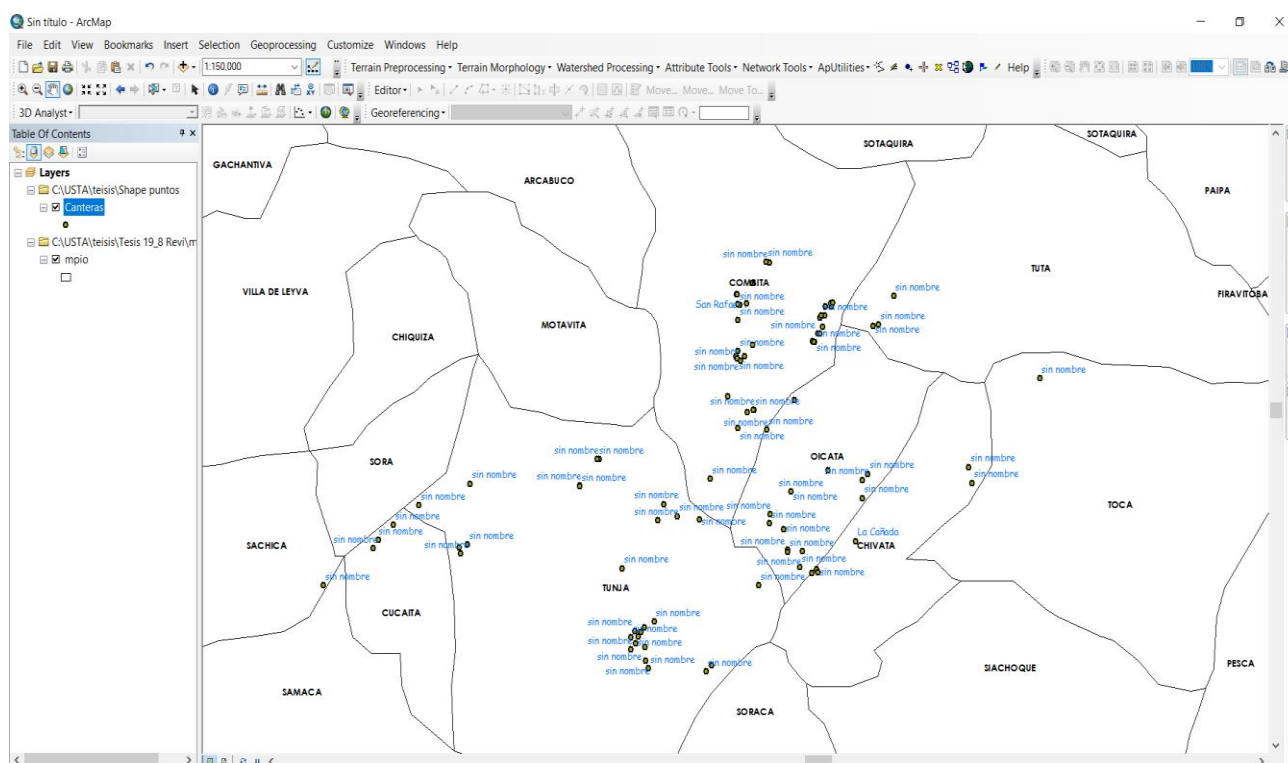
5.2.2 Implementación del SIG.

Primer método: ArcGIS

El diseño y organización de la base de datos, se realiza con la agrupación dentro de un modelo del software ArcGIS con el que se hace la validación, en un tratamiento de información vectorial (shapofile) se extraen geoestadísticas de atributos evaluables, es decir, se implementó un modelo de arquitectura de capas, las cuales poseen atributos, pretendiendo que la información llegue a los usuarios de forma gráfica. Cabe resaltar, que los productos generados por el GIS son mapas automatizados en que se tuvo en cuenta, que en estos se representa la realidad de la zona de estudio de manera simbólica y como proyección se utilizó MAGNA_Colombia_Bogotá.

Figura 5

Visualización de la Base de Datos en ArcGIS



Fuente: Autoras

Segundo método: ArcGIS Online (Survey 123)

Como se observa en la figura 6, la opción para actualizados los datos por los usuarios puede hacerse mediante la aplicación Survey 123; en ella, se toma cada uno de los atributos anteriormente establecidos y se transforman en preguntas dentro de un formato de encuesta de manera que el beneficiario está en libertad de brindar la información que quiera que el público conozca.

Figura 6

Encuesta en la plataforma ArcGIS (Survey 123).

The screenshot displays the ArcGIS Survey123 web interface. The main content area shows a survey form titled "Encuesta Agregados Pétreos Ciudad Tunja". The form includes a title, a description, and several questions with input fields. The right sidebar shows various question types like "Texto de una sola línea", "Una única opción", "Calificación", etc.

Encuesta Agregados Pétreos Ciudad Tunja

La presente encuesta se realiza con el fin de llevar a cabo un trabajo de grado, donde se realizará una geolocalización de canteras y areneras cercanas a la ciudad Tunja y con ello generar una aplicativo donde se visualice la localización de cada punto y determinados atributos que se obtendrán con la realización de esta encuesta.

1 INFORMACIÓN PRELIMINAR
En esta sección de realizaran preguntas básicas para el desarrollo de la encuesta

2 Nombre de la cantera o arenera*
Nombre y apellidos completos
Introduzca 100 caracteres como máximo

3 Nombre del titular del establecimiento*
No tiene nombre: Sin Nombre
Sin Nombre

4 Dirección o Localización del establecimiento*
Dirección o descripción de una ruta (Ej: Km ____ Tunja-____)

Agregar **Editar** **Apariencia** **Ajustes**

Texto de una sola línea
Una única opción
Varias opciones
Calificación
Número
Tiempo
Imagen
Mapa
Correo Electrónico
Firma
Grupo
Texto de varias líneas
Cuadrícula de opción única
Menú desplegable
Likert
Fecha
Fecha/Hora
Carga de archivos
Clasificación
Sitio web
Nota
Página

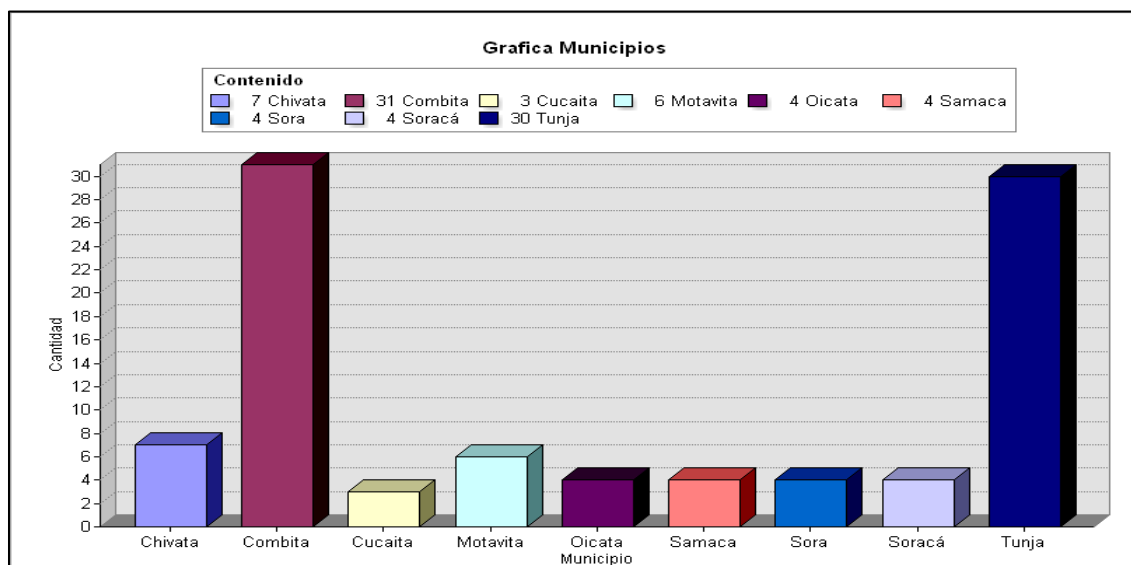
Fuente: Autoras

Análisis de geoestadísticas

Con la información recopilada en la base de datos, con la tabla de atributos en el software ArcGIS estructurada, se hace un análisis detallado de los atributos contables con un primer análisis del atributo de municipio, el segundo con el atributo de material explotado y el tercero con el atributo del estado del establecimiento (activa o inactiva).

Figura 7.

Análisis de los municipios con mayor explotación de canteras y areneras

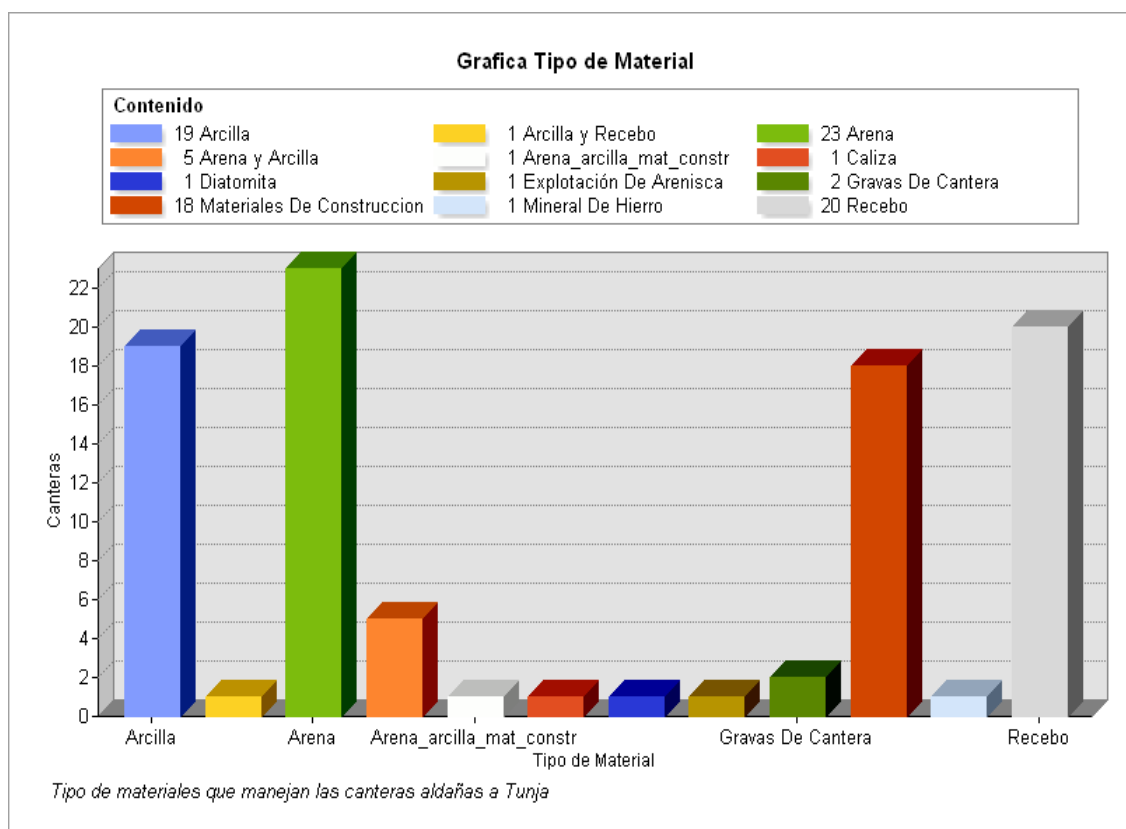


Fuente: Autoras

Los resultados obtenidos que se evidencian en la figura 7, indican que el municipio con mayor número de canteras donde se explota material es Cómbita, ya que representa el 31%, seguido de Tunja con un 30% de la totalidad de estos, siendo estos los que predominan por encima de los municipios de Soracá, Samaca, Sora, Oicata, Cucaita, Motavita y Chivata.

Figura 8.

Caracterización del material de explotación en las canteras y areneras de los alrededores de Tunja.

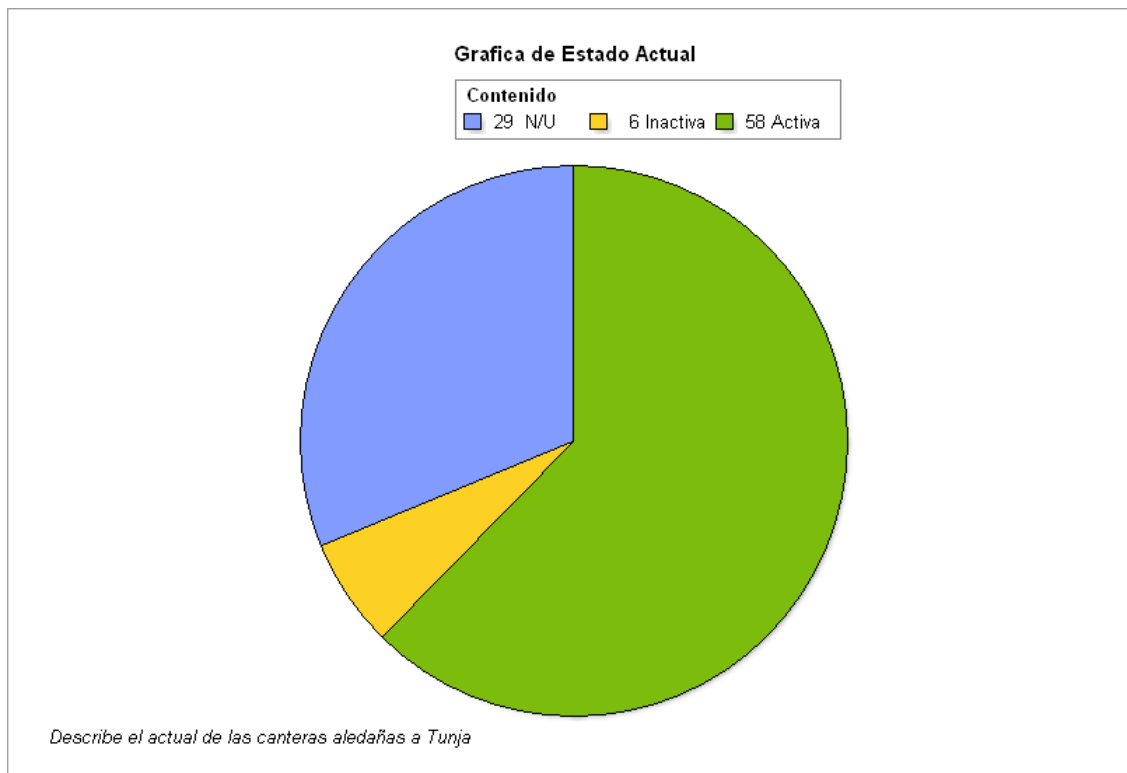


Fuente: Autores

Se puede apreciar en la figura 8, que el objeto de análisis es cuantificar el tipo de material que se explota en los diferentes establecimientos (canteras y areneras). Como se puede observar los materiales con mayor demanda de explotación son la arena con un 22%, el recebo con un 20% y la arcilla con un 19%, coincidiendo en que dichos materiales son los más utilizados en el campo de la construcción. Adicional a esto, también se evidencia que en varios lugares se explotan combinaciones como lo es la arcilla-recebo, arena-arcilla, arena-arcilla-recebo, siendo estos poco comunes, pues se presentan bajas cantidades de establecimientos de explotación.

Figura 9.

Análisis del número de canteras que se encuentran activas actualmente.



Fuente: Autoras

Teniendo en cuenta la información obtenida de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), se identificaron los lugares de explotación que están regidos por un permiso minero y de estos cuales actualmente se encuentran activos e inactivos. De la totalidad de establecimientos donde se explota material el 58% de estos se encuentran laborando de forma activa y un 6% salen registrados como inactivos en la actualidad. Cabe mencionar que el 29% restante de estos lugares estudiados no cuentan con información de esta índole y por ellos se representa con N/U, que significa que no hay datos.

5.2.3 Divulgación de datos

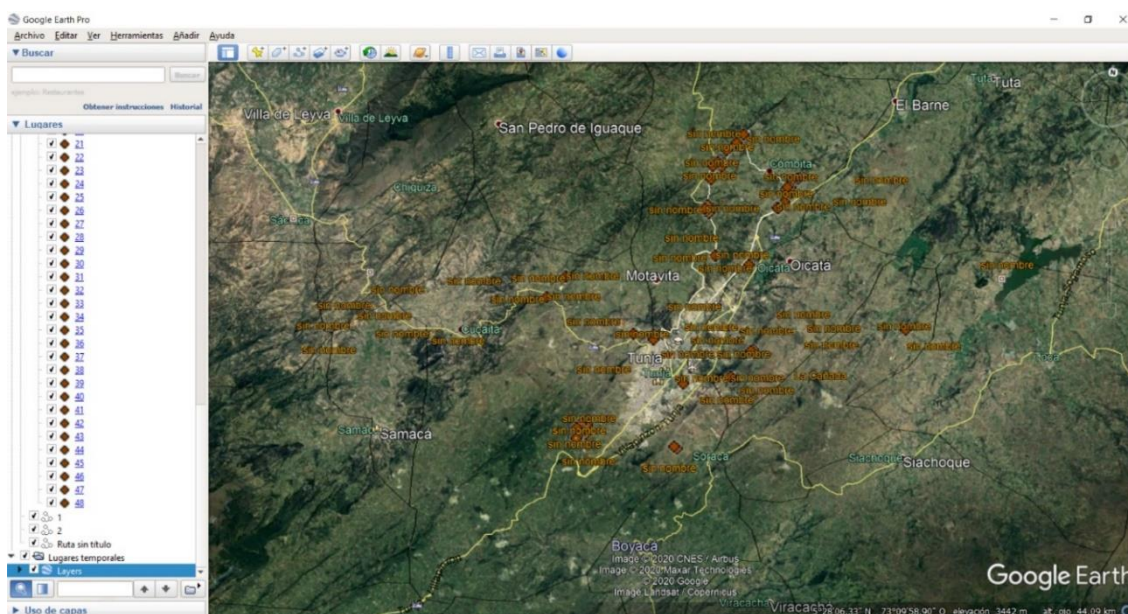
Primer método: Google Earth Web y Google Maps

Después de tener la información se transforma kmz, cargado a Google Earth Web

y para su publicación se carga en Google Maps, con el fin de que los usuarios lo puedan proyectar tanto en una laptop o dispositivo móvil. En el cual se tendrá una vista previa básica, donde al pulsar la cantera y despliega los atributos que esta contenga.

Figura 10.

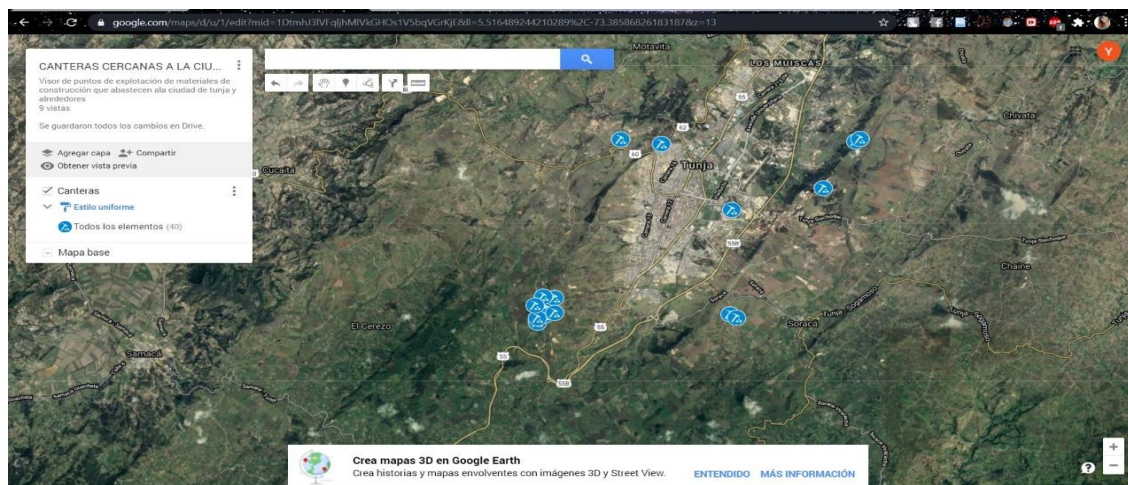
Vista de las canteras en Google Earth.



Fuente Autoras

Figura 11.

Vista aplicativo Google Maps.



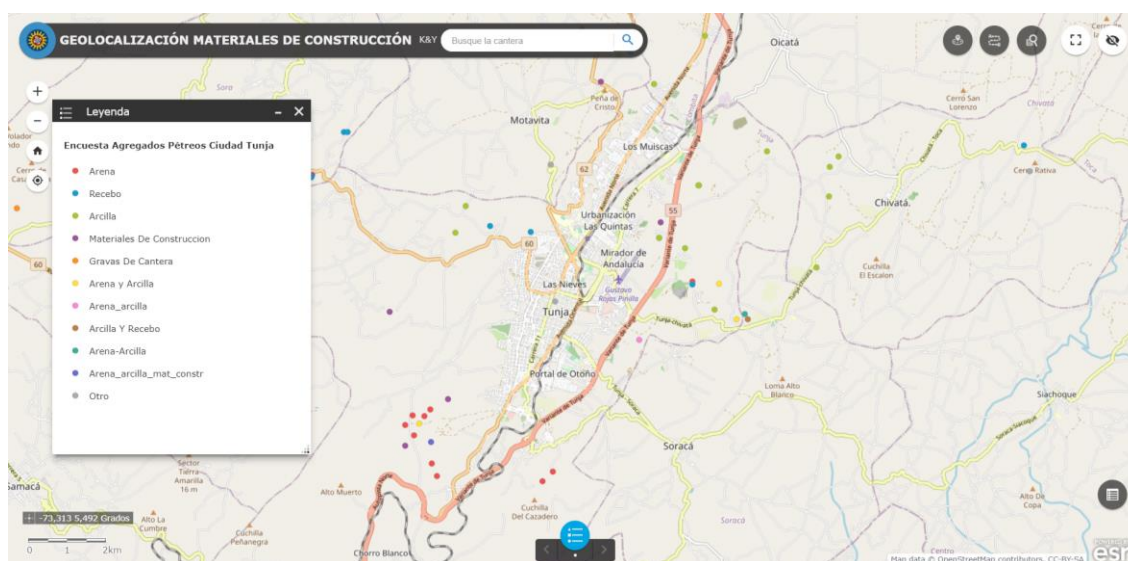
Fuente: Autoras

Segundo método: ArcGIS Web (Web appbuilder)

Cuenta con una serie de alternativas innovadoras, con las que se puede crear y desarrollar procesos para el servicio de la sociedad; uno de estos es la herramienta web appbuilder (crear aplicación web), esta permite crear aplicaciones configurables, es decir, no exige de desarrollo o programación ArcGIS Online (Survey 123).

Figura 12.

Visualización del aplicativo ArcGIS Web

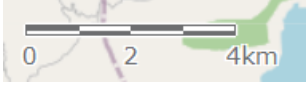


Fuente Autoras

Este aplicativo maneja diferentes herramientas acopladas a las necesidades de búsqueda las cuales se describirán en la siguiente tabla

Tabla 3.

Descripcion de Widged

Descripcion de Widged (ArcGIS Web AppBuilder)		
Icono	Nombre	Descripción
	Barra de escala	Se toma una escala grafica dada como una recta graduada en la que se muestra la relación que hay entre la longitud en el mapa y la real.

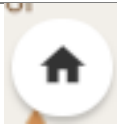
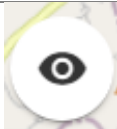
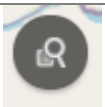
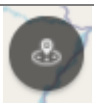
	Búsqueda	Presta servicios de geocodificación o capas de entidades como fuentes de búsqueda
	Control deslizante de zoom	Botones que ajustan la vista
	Coordenada	Coordenadas del mapa actual en el orden de visualización de Longitud / Latitud (X, Y)
	Encabezado	Se muestra el logotipo de la universidad como fuente y el nombre del aplicativo
	Inicio	Cuando ya se modificó el aplicativo, se regresa a la pantalla inicial
	Mapa de vista general	Extensión actual del mapa en el contexto de un área más grande y se actualiza cada vez que se cambia la extensión del mapa
	Mi ubicación	Permite a la red detectar su ubicación física y amplía el mapa hasta ella.
	Pantalla completa	Amplia la vista a la totalidad de la pantalla
	Pantalla de presentación	Presenta el logo propio de la base de datos con la descripción de la funcionalidad del aplicativo y un botón para aceptar y continuar
☐		
		

	Tabla de atributos	Muestra una vista de tabla de atributos de capas operativas
	Consulta	Permite recuperar información de sus datos de origen ejecutando una consulta predefinida.
	Indicaciones	Ofrece un método rápido y eficiente de calcular indicaciones basadas en giros entre dos o más ubicaciones
	Cerca de mí	Busca entidades en una zona de influencia (50m) de una ubicación definida, además se visualiza información de los puntos
	Leyenda	Despliega una visualización de los atributos destacados (Tipo de material)

Fuente: Autoras

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de las posibilidades se logró el diseño del SIG, de canteras de la ciudad de Tunja, Boyacá y sus alrededores, seleccionando caracteres que cumplan con el objetivo de mostrar la oferta de cada lugar de explotación, a través de una aplicación de fácil acceso a los actores del mercado de materiales para la construcción.

Del total de las características se filtraron tres variables cuantificables para determinar el tipo de explotación de manera sectorizada, tomando los atributos de municipio, tipo de material explotado y estado del establecimiento (activa o inactiva).

Dado a los resultados evaluados, se puede inferir que la ciudad cuenta con un significativo potencial de explotación minera en el futuro porque, no solo se evidencia que hay explotación para muchos años más, un 30%, sino que el atributo municipio identifica a Cómbita, con el 31% de canteras, por lo que puede ser proveedora de materiales de construcción para la capital boyacense y la región.

Con relación a lo anterior hoy en día, el gobierno nacional ha tomado el sector de la construcción como una estrategia para jalonar la economía que está en crisis, Tunja y sus alrededores se presentan como potenciales proveedores, ya que cuenta con los materiales con mayor demanda de explotación, la arena con un 22%, el recebo con un 20% y la arcilla con un 19%. Como estos son los utilizados en esta actividad, son ventajas que se pueden aprovechar para que la producción esté a las circunstancias, es decir, que la aplicación facilite y ayude a al crecimiento del comercio de la región.

Sobre el estado actual de las canteras, es importante identificar cuáles están activas y cuáles no, de esta manera, el comprador al consultar el SIG, puede estar ahorrando costos de transporte y tiempo, ya que no se dirigirá a hacia ese 6% que no están produciendo en la actualidad.

Por otra parte, el SIG logró abarcar una amplia cobertura de la zona de estudio mostrando detalles espaciales y geográficos, que permitieron la generación de productos con información portable de fácil acceso y manejo para los usuarios. Adicional a esto, se deja la plataforma para ser actualizada, se hace la divulgación web, de manera que tanto los dueños de las canteras como los compradores logren conocerla y utilizarla, por medio del link del aplicativo como una tendencia

moderna de divulgación.

Los aplicativos que se divulgan a través de los links manejan toda la información recolectada, el primero operado en la plataforma de Google Maps este será permanente e inalterable salvo por las Autoras de la tesis, contará con las herramientas básicas que la plataforma ofrece. Mientras el segundo, generado por la extensión AppBuilder de ArcGIS Web permite al usuario tener facilidad al encontrar el punto con más herramientas, por rango de búsqueda, por el atributo, categoriza el tipo de material de explotación por colores y otros elementos que facilitan interactuar al momento de necesitar el servicio. Adicionalmente, esta aplicación está conectada con la encuesta en Suurvey 123 que permite actualizar e ingresar datos por parte del propietario de la cantera.

Por último, se recomienda permitir que futuros proyectos o investigaciones de la facultad puedan alimentar, utilizar y manipular los datos recolectados, porque no, con datos de proveedores de otros insumos, además de poder ampliar el rango de información de un nivel local al departamental.

A partir de las herramientas desarrolladas, se pueden generar proyectos que abarquen otros campos como el cálculo de movimientos de tierras, evaluación de impacto en regiones susceptibles a sismos y la generación de rutas de explotación para la obtención de materiales de excelente calidad, siendo estos de gran importancia tanto para el sector productivo como para el desarrollo de la investigación.

Es importante dejar el precedente de la desconfianza de los dueños de las canteras a dar la información pertinente, se resistieron, muchos de ellos porque no están operando legalmente, al no contar con un registro minero o con licencias ambientales. Motivo suficiente para recomendar que se realice un censo para identificarlos y se acojan a la normatividad establecida para que por un lado no estén haciendo daño ambiental, cumplan con los protocolos de seguridad y asuman las responsabilidades respectivas.

7. GLOSARIO

A continuación, se presenta un glosario de términos que se realizó con el fin de facilitar la búsqueda de terminología presente en el proyecto y se encuentra ordenado de forma alfabética. Los conceptos incluidos en este fueron obtenidos en diferentes fuentes documentales, las cuales son descritas a continuación:

- Libro de J. Domínguez Bravo titulado “Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de donde se tomaron conceptos relacionados con la funcionalidad de los sistemas y aspectos cartográficos, como lo son escala, cartografía, geografía, mapa etc. (Bravo, 2000).
- Informe denominado “cuadernillo de altiplanimetría” de la universidad Nacional de Colombia, elaborado con diferentes documentos de profesores, de donde se tomaron conceptos relacionados con la topografía, planimetría, geometría, medición de altitudes etc. (Mejía Gutiérrez, Ospina Jaramillo, Sierra Londoño, & Zapata Ocampo, 2007).
- Tesis denominada “Planificador GIS Multimodal de Rutas”, elaborada por Hugo Ivan Calfin Quintana (Calfin Quintana, 2015) y el Glosario de Términos Georreferenciados, de donde se tomaron conceptos relacionados con sistemas de información georeferencial, como lo son coordenada, nodo, raster, vector, dato etc. (SIE, 2010)
- Diccionario de la lengua española, de donde se tomaron conceptos generales relacionados con la terminología del proyecto (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, s.f.)
- Diccionario de términos SIG realizado por Rafael Gonzáles Aguayo, de donde se tomaron conceptos relacionados con los sistemas SIG (González Aguayo, 2000)
- Libro de Ricardo N. Alonso denominado “Diccionario minero: Glosario de voces utilizadas por los mineros de Iberoamérica” (Alonso, 1995) y el glosario de términos del grupo de México “Southern Copper”, de donde se obtuvieron conceptos relacionados con la minería (Southern Copper , 2018).

A

Acarreo: Hace referencia a los materiales generados de la destrucción de rocas y minerales, que son transportados por el agua, hielo o viento.

Afloramiento: En el campo de la ingeniería se entiende como una forma de depósito mineral que sobresale en la superficie terrestre.

Agregado: Es la mezcla entre dos o más compuestos minerales.

Altimetría: Está constituida por los métodos que proyectan los puntos, sobre la superficie terrestre, en plano vertical, mediante un proceso conocido como nivelación y básicamente sirve para determinar las diferencias de elevación (distancia vertical) entre los puntos de la tierra.

Área: Hace referencia a una superficie que se encuentra delimitada por una serie de puntos, un sinónimo de esta es superficie dentro de la terminología de SIG.

Atributos: En contexto GIS, atributos se refiere a aquellos datos alfanuméricos pertenecientes y conectados a un determinado objeto geográfico, que generalmente se almacenan en forma de tablas. La conexión de estas tablas alfanuméricas con los objetos geográficos suele ser a través de un campo común con forma de identificador.

B

Banco: es muy usada en el campo de la minería, específicamente en las explotaciones de canteras, donde se define como una veta sólida de mineral con dos caras a la vista (horizontal y vertical).

Base de Datos: Conjunto de información interrelacionada, almacenada digitalmente. La base de datos de un SIG incluye datos sobre la localización y los atributos de los elementos geográficos que han sido codificados como tabla, la redundancia de datos se elimina.

Base de Datos Raster: Base de datos que almacena la información espacial referida a un matriz de celdas (grid o raster).

Borrasca: En términos generales es el término que indica que una mina es improductiva.

C

Cantera: Es una explotación a cielo abierto, donde se extraen minerales como piedra, greda, áridos y cualquier sustancia no metalífera.

Cartografía: Ciencia que se encarga del estudio de los mapas.

Calera: Hace referencia al tipo de cantera donde se extrae la roca que se utiliza para hacer la cal.

Coordenadas: Son las líneas que se emplean para establecer o determinar la posición de un punto y de los planos o ejes vinculados a ellas.

Corte y Relleno: Es un método de excavación empleado para material y mineral en un escalón y su reemplazo con material de desecho o relevés provenientes de una concentradora.

Curva de Nivel: Isolinea que conecta puntos situados a la misma altitud, respecto de un nivel de referencia.

Curva Hipsométrica: Curva relacionada con la altura principal de un área.

D

Dato: Información que se encuentra disponible de forma adecuada para ser utilizada en diferentes acciones.

Datum: Punto de referencia para la determinación de coordenadas.

Deposito: Se conoce como un cuerpo mineralizado que se ha delimitado físicamente con suficiente perforación, excavación de zanjas y/o trabajos subterráneos y que se ha encontrado contiene una ley promedio suficiente de metal o metales para garantizar la exploración y/o los gastos de desarrollo.

E

Escala: Medida de la relación de magnitud entre una distancia medida sobre el mapa y la correspondiente distancia medida sobre el terreno.

Extracción: Es el proceso donde se lleva a cabo actividades como el molido fino del mineral, para posteriormente extraer dichos minerales.

F

Fotogrametría: Procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías aéreas.

G

Geodatabases: Es una colección de datasets geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común.

Geomática: Disciplina que se ocupa de la obtención, almacenamiento, análisis y

explotación de la información geográfica.

Geoprocesamiento: Manipulación y análisis de datos referenciados geográficamente.

GIS: (Geographic Information System) Es una herramienta que tiene la capacidad de combinar información gráfica y alfanumérica para obtener una información derivada del espacio.

H

Hardware: Conjunto de componentes electrónicos, tarjetas, partes físicas y periféricos que forman parte de un ordenador.

Hectárea: Se comprende como el área del terreno y por sus unidades equivale a 10.000 metros cuadrados o 2.471 acres.

I

Información: Es denomina a un conjunto de datos.

Isoline: Cualquier trazado resultante de la intersección de un plano horizontal con una superficie estadística.

K

Kkg: Unidad utilizada en el campo de la minería que se denomina como miles de kilogramos.

Kt: Unidad utilizada en el campo de la minería que se denomina como miles de toneladas.

L

Latitud: Distancia angular, medida sobre un arco de meridiano que hay entre un punto de la superficie terrestre y el ecuador (latitud 0°).

Longitud: Distancia angular, medida sobre un arco de paralelo, que hay entre un punto de la superficie terrestre y un meridiano tomado como base u origen, normalmente, hoy el Greenwich.

M

Mapa: Representación gráfica de relaciones y formas espaciales.

Mapa Base: Mapa que contiene gran variedad de elementos utilizables para referenciar una localización.

Mapa Isométrico: Mapa en el cual se hace uso de las isolíneas para representar la superficie.

Mapa Topográfico: Representación precisa de la localización, forma, clase y dimensiones

de los accidentes de la superficie terrestre.

Matriz: Herramienta utilizada en el campo de la minería para dar forma al material en base a la forma de la herramienta misma.

Minas: Es conocida como una fuente de material que es roca en minerales, estas se pueden encontrar tanto en la superficie como en el subsuelo.

Mineralización: Es un depósito de roca, el cual está compuesto por uno o más minerales, para los cuales no se ha denominado la economía de la recuperación.

N

Nodo: Espacio donde confluyen parte de las conexiones de otros espacios reales o abstractos que comparten sus mismas características y que a su vez también son nodos.

P

Punto: Objeto representado como un par de coordenadas X, Y, con un área y longitud igual a cero.

Perfil: Grafico que muestra un corte del terreno a lo largo de una dirección específica.

Pilar: Bloque de mineral sólido u otra roca que se deja en el lugar para soportar estructuralmente la chimenea, las paredes o el techo de una mina.

R

Ráster: Es conocido como una matriz de celdas organizadas en filas y columnas en donde cada una de las celdas contiene un valor que representa información.

Reserva: Es una parte o fracción del depósito mineral que puede ser utilizado para extraer o producir de manera económica y legal.

Roca: Masa que está compuesta por combinaciones de minerales.

Roca Madre: Es la que rodea el depósito mineral.

S

Sistema de Georreferencia: sistemas de coordenadas con el cual puede identificarse la localización de un punto sobre la superficie de la tierra.

Software: Programas, procedimientos y reglas para la ejecución de un proceso específico en un sistema operativo.

Superficie: Representación de información geográfica como un conjunto continuo de datos

en el que los elementos del mapa no son discretos.

T

Topografía: Técnica de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.

V

Vector: se conoce gráficamente como líneas o arcos, que se encuentran definidos por un punto de inicio y un punto de fin, y puntos donde se cruzan varios arcos.

Voladura: Técnica usada para romper el mineral en una mina subterráneo o a cielo abierto.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcaldía Mayor de Tunja. (2020). Gov.co. Obtenido de Geografía: <http://www.tunja-boyaca.gov.co/municipio/geografia>
- Alonso, R. N. (1995). *Diccionario minero: Glosario de voces utilizadas por los mineros de Iberoamérica*. Madrid: CSIC.
- Bravo, J. D. (2000). *Breve Introducción a la Cartografía y a los sistemas de información geográfica (SIG)*. Madrid (Spain): CIEMAT.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1986). *Principles of geographical information systems*. Estados Unidos: OXFORD UNIVERSITY PRESS.
- Buzai, G. D., & A., B. C. (2019). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geografica. Aportes de la geografía para la elaboración del diagnóstico. *Universidad Nacional de Luján*, 23.
- Cadena, A. R., & Castellanos, C. J. (2002). *Inventario y caracterización de materiales de construcción de las canteras existentes en la ciudad de Tunja y sus alrededores*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC.
- Calfin Quintana, H. I. (2015). *Planificador GIS multimodal de rutas*. Chile: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO .
- Cámara de Comercio. (2019). *Boyaca en cifras*. Fundación Centro de Desarrollo Tecnológico para la Sostenibilidad .
- Cárdenas, J. (2014). *Desarrollo e implementación de un sistema de información geográfica aplicado en la comuna 02 para estructurar y administrar la base de datos de la subdirección de catastro en el municipio de Santiago de Cali*. Manizalez: Universidad de Manizalez.
- Carmona, A. d., & Monsalve, J. J. (1999). *Sistemas de Informcación Geográficos*. España.
- Chasco, C. (2003). *Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Chasco, Y. C. (2013). *Universidad Politecnica de Valencia* .
- García, J., & Giraldo, D. (2013). *Caracterización de la canteras productoras de agregados pétreos en Cali y Yumbo*. Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura.
- Girona, U. (08 de Mayo de 2017). *UNIGIS Girona*. Obtenido de UNIGIS Girona: <https://www.unigis.es/software-sig/>

- González Aguayo, R. (2000). *Diccionario de Términos SIG*. Córdoba: FCNyM.
- Herrera, J. (2007). *Diseños de explotaciones de catera*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- IGAC. (2020). Obtenido de <https://www.igac.gov.co/>
- INGEOMINAS. (1998). *INGEOMINAS*. Obtenido de Geología de la plancha 191 Tunja: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010010024364/mapa/pdf/0101243641300005.pdf>
- Lozano, M. C., & González, C. A. (2017). *Caracterización mineralógica, porosimétrica y estructural de agregados pétreos en canteras del río Guatiquía, margen izquierda de la ciudad de Villavicencio*. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia.
- Mejía Gutiérrez, A. B., Ospina Jaramillo, F., Sierra Londoño, J. A., & Zapata Ocampo, O. J. (2007). *Cuaderno de Altiplametría*. Medellín : Universidad Nacional.
- Ministerio de Minas y Energía, - UPTC. (2013). *Explotación de materiales de construcción*. Bogotá D.C: Departamento de Planeación Nacional.
- Municipios de Colombia. (4 de Agosto de 2020). *EL MUNICIPIO DE TUNJA*. Obtenido de EL MUNICIPIO DE TUNJA: <https://www.municipio.com.co/municipio-tunja.html>
- Olaya, V. (2009). *Sistemas de información geográfica libres y geodatos libres como elementos de desarrollo*.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es>
- Sánchez, J. J. (2007). Algunas aproximaciones del problema de financiamiento de Pymes en Colombia. *Scientia et Technica*, 34.
- SIE. (2010). *GLOSARIO DE TERMINOS GEOREFERENCIADOS* . Obtenido de GLOSARIO DE TERMINOS GEOREFERENCIADOS : http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_geo_es.pdf
- Silva Castellanos, D. F. (2015). *Aplicación de sistemas de información geográfica como complemento a la investigación de la incidencia en la estabilidad y caracterización en las dos zonas de extracción minera*. Bogotá: Universidad Santo Tomas.
- Sotelo Durán, D. E. (2017). *Sistema De Información Geográfica Aplicado A La Caracterización Físico-Mecánica, Petrográfica Y Mineralógica De Agregados Para Materiales De Construcción*. Bogotá: Universidad Santo Tomas.
- Southern Copper . (2018). *Southern Copper (Grupo Mexico)*. Obtenido de Southern Copper

- (Grupo Mexico): <http://www.southernperu.com/ESP/opinte/Pages/PGGlosario.aspx>
- Tierno, N. R. (2013). *Universidad Politecnica de Valencia*.
- Torres, W. (2015). *Implementación de un sistema de información geográfica en la unidad de análisis del departamento de seguridad de naciones unidas para Colombia*. Bogotá D.C: Universidad Distrital, Francisco José de Caldas.
- Villalta, I. V., & Pérez, J. M. (2006). *Un Sistemas de Informacion Geográfica aplicado al comercio en la ciudad de Sevilla*. Sevilla: GeoFocus.
- Zapata, M. V., Martínez, C., & González, C. (1999). Implementación de un Sistema de Información Geográfica, SIG, en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali. *Ingeniería e investigación No. 42*, 25 - 29.

9. APÉNDICES Y ANEXOS

Anexo 1. Base de datos

[Ver Excel de Base de Datos](#)

Anexo 2. Diccionario de datos geográficos

[Ver Excel de Diccionario de datos geográficos](#)

Anexo 3. Enlaces de divulgación

Enlace de aplicativo Google Maps

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1DtmhJ3lVFqljhMlVkgHOS1V5bqVGrKjE&usp=sharing>

Enlace de aplicativo ArcGIS Online

<https://usantoto.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=f29d67ce94d443b685f7bb9bfbbb807c>

Enlace de encuesta de actualización de datos el aplicativo ArcGIS Online

<https://arcg.is/1TCOWO>