

ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN VIAL Y CATASTRAL DE LA ZONA SUR
BAJA DE TUNJA UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ÁREA PRINCIPAL DE INGENIERÍA CIVIL DEL PROYECTO:
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ANGELICA RINCÓN VARGAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2018

ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN VIAL Y CATASTRAL DE LA ZONA SUR
BAJA DE TUNJA UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ANGELICA RINCÓN VARGAS

Proyecto de grado en modalidad de practica con proyección empresarial para
optar el título de Ingeniero Civil

Director:

DIEGO FERNANDO GUALDRÓN ALFONSO
Ingeniero Civil - Especialista en Ingeniería Ambiental

Codirector:

GLORIA ESPERANZA CATÓLICO GONZÁLEZ
Arquitecta

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2018

Nota de aceptación

Firma Director del proyecto

Firma Codirector del proyecto

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, Abril de 2018

La autoridad científica de la Facultad de ingeniería reside en ella misma, por lo tanto no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.

“Se autoriza su reproducción indicando necesariamente su origen”

Este trabajo lo quiero dedicar primeramente a Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mi madre Magdalena Vargas a quien no me alcanzan las palabras de gratitud y admiración que siento, por todo lo que has hecho para hacer de mí una persona de bien, mami sin ti no hubiera llegado hasta donde estoy.

A mi abuelo Santos y mis Tíos Publio, Ángel y Benny Vargas por su confianza y apoyo incondicional en todo momento, y por último a mi mejor amigo Elías Parra y a Deisy Vargas quienes no dudaron en darme ánimo en los momentos difíciles.

Ha sido un camino largo y de mucho esfuerzo, por eso gracias infinitas a todas las personas que contribuyeron de alguna manera en mi formación como ingeniera, este logro es dedicado a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos

A la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por abrir las puertas del conocimiento a esta increíble profesión.

Al Director del proyecto el Ing. Diego Fernando Gualdrón Alfonso docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, quien con su confianza, apoyo y dedicación hizo que fuera posible la culminación de este proyecto.

A la Codirectora, la Arq. Gloria Católico, los ingenieros Sandra Buitrago, Daniel Sánchez, Nancy Amaya y a la Oficina de Planeación de Tunja por haber facilitado las herramientas necesarias durante la realización del proyecto, gracias por la oportunidad brindada y los mejores deseos para que la georreferenciación de toda la ciudad sea un éxito.

Al grupo de pasantes de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con quienes se realizó este trabajo de manera conjunta y colaborativa, gracias porque sin su apoyo no hubiera sido posible haber recolectado la información necesaria para el proyecto.

A todas las personas que dieron su confianza y apoyo en mi formación como ingeniera civil, pero especialmente expreso mis profundos agradecimientos a Santiago Reyes, Pilar Córdoba, Angelica González, Julián Corredor y Jeisson Arias por su amistad, ayuda incondicional e increíbles momentos vividos, los quiero mucho y les deseo los mejores éxitos en su vida profesional.

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el fin de conocer el estado actual de la malla vial de Tunja brindando asistencia técnica a la Oficina de Planeación para recopilar información georreferenciada de las vías urbanas, anchos de sección transversal, señalización, daños y medidas de paramentos, siguiendo los lineamientos de la metodología expuesta en la Resolución 1067 de 2015 adoptada por el Ministerio de Transporte para reportar la información al Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras SINC.

Para la realización del inventario vial se utilizaron Receptores de Posicionamiento Global GPS con los cuales se georreferenció la información, un Software SIG para el procesamiento y análisis de datos que en este caso corresponde al ArcGIS 10.1, y un equipo de trabajo liderado por contratistas de la Oficina de Planeación. El siguiente trabajo se enfoca en las vías de la zona sur baja de Tunja realizando un análisis del uso del suelo encontrado y comparándolo con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja.

Inicialmente se expone lo establecido en la resolución 1067 de 2015 junto con la normatividad adicional que se debe tener en cuenta, los antecedentes de inventarios viales realizados en la ciudad y los conceptos teóricos indispensables para realizar el trabajo. Posteriormente se describe la metodología que se utilizó tanto para el trabajo de campo como el de oficina y por último se muestran los resultados encontrados. El producto final se entregó a la Oficina de Planeación con el fin de actualizar sus bases de datos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. ASPECTOS GENERALES.....	16
1.1 MARCO LEGAL	16
1.1.1 Ley 1228 de 2008.	16
1.1.2 Resolución 1067 de 2015.	16
1.1.3 Plan de ordenamiento territorial de Tunja POT.....	19
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	23
1.3 MARCO TEÓRICO	25
1.3.1 Sistema de posicionamiento global (GPS).....	25
1.3.2 Geodesia y Sistemas de Referencia.....	27
1.3.3 Sistema de Información Geográfica (SIG).	28
2. LOCALIZACIÓN.....	32
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
4. OBJETIVOS.....	34
4.1 OBJETIVO GENERAL	34
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
5. ALCANCE	35
6. METODOLOGÍA	36
6.1 FASE I. CAPACITACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	37
6.2 FASE II. RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO UTILIZANDO RECEPTOR DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS.....	39
6.2.1 Prueba piloto Ruta 55.	39

6.2.2 Sectorización optimizando tiempo y recursos.	40
6.2.3 Recolección de datos en campo.	41
6.3 FASE III. TRABAJO EN OFICINA Y ANÁLISIS DE DATOS	42
6.3.1 Procesamiento y organización de información recolectada en campo.....	42
6.3.2 Evaluación del uso del suelo según lo establecido en el POT y zonas de protección.	45
7. ESTRUCTURACIÓN BASE DE DATOS GEORREFERENCIADA	47
7.1 CAPA DE PARAMENTOS	47
7.2 USO DEL SUELO	49
8. RESULTADOS.....	52
8.1 SECCIÓN TRANSVERSAL	52
8.2 TIPO TERRENO	54
8.3 DAÑOS	56
8.3.1 Daños en pavimento flexible.	57
8.3.2 Daños en pavimento rígido.	58
8.3.3 Daños en afirmado.....	59
8.4 SEÑALIZACIÓN.....	61
8.5 INTERSECCIONES	64
8.6 USO DE SUELO	64
8.6.1. Uso predial.....	64
8.6.2 Suelos de protección según el Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja (POT).....	71
9. CONCLUSIONES	80
10. RECOMENDACIONES	81
11. BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capas exigidas por el SINC y tipo de geometría para cada una.....	17
Tabla 2. Capas exigidas por el SINC y tipo de geometría para cada una (Continuación).....	18
Tabla 3. Información secundaria suministrada por la alcaldía	37
Tabla 4. Capacitaciones recibidas por parte de los ingenieros contratistas de la Oficina de Planeación.	38
Tabla 5. Archivos creados en los GPS MobileMapper 10 y 50.	42
Tabla 6. Características capa paramentos.....	47
Tabla 7. Componente alfanumérico de la capa de paramentos.....	48
Tabla 8. Valores de los pixeles para análisis de uso de suelo	49
Tabla 9. Tipo de superficie de la zona sur baja de Tunja.....	52
Tabla 10. Anchos de calzada encontrados en la zona sur baja de Tunja.	53
Tabla 11. Tipo de terreno de la zona sur baja de Tunja.....	55
Tabla 12. Códigos de daños para cada capa según resolución 1067 de 2015.....	56
Tabla 13. Estado general de las vías de la zona sur baja de Tunja.....	61
Tabla 14. Números primos agregados a la capa PREDIAL.	65
Tabla 15. Matriz de los resultados de multiplicar el Raster de uso predial tomado en campo con el Raster del uso predial de la Alcaldía.	68
Tabla 16. Porcentaje de coincidencia entre el uso predial tomado en campo y el uso predial de la alcaldía	71
Tabla 17. Definiciones y uso de suelo que se le da a las áreas de protección según el POT.....	72
Tabla 18. Porcentaje de áreas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial encontrado en campo y el mapa del POT 01_Clasificación del suelo.	74
Tabla 19. Porcentaje de áreas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial en campo y el mapa del POT 06_Amenaza por inundación.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica del segmento espacial	25
Figura 2. Estaciones de control.....	26
Figura 3. Ejes de coordenadas cartesianas y polares	27
Figura 4. Componentes de un SIG	30
Figura 5. Localización zona sur baja de Tunja.....	32
Figura 6. Metodología utilizada.....	36
Figura 7. Escaner formato recolección de datos en campo para señalización	39
Figura 8. Escaner formato recolección de datos en campo para parámetros	40
Figura 9. Mapa utilizado en el trabajo de campo barrio Doña Eva – Jordán.....	41
Figura 10. Pantallazo pos-proceso de la información en el software MobileMapper Office 2.1.....	43
Figura 11. Escáner mapa usado para recolectar la información de uso predial en campo.....	46
Figura 12. Metadatos generados para el <i>Raster</i> comparación uso predial campo y alcaldía en el software ArcGIS.....	51
Figura 13. Distribución del tipo de superficie de la zona sur baja de Tunja.	53
Figura 14. Anchos de calzada de la zona sur baja de Tunja.....	54
Figura 15. Tipo de terreno de la zona sur baja de Tunja.....	55
Figura 16. Tipos de daños presentados en el pavimento flexible de la zona sur baja de Tunja.	57
Figura 17. Estado del pavimento flexible de la zona sur baja de Tunja	58
Figura 18. Estado del pavimento rígido de la zona sur baja de Tunja.	58
Figura 19. Tipos de daños presentados en el pavimento rígido de la zona sur baja de Tunja.....	59
Figura 20. Estado de las vías en afirmado de la zona sur baja de Tunja.....	60
Figura 21. Estado general de las vías de la zona sur baja de Tunja.....	60
Figura 22. Señalización horizontal de las vías de la zona sur baja de Tunja.	61

Figura 23. Tipos de señalización horizontal encontrada en la zona sur baja de Tunja.....	62
Figura 24. Señalización vertical de la zona sur baja de Tunja.	63
Figura 25. Tipos de señalización vertical encontrados en la zona sur baja de Tunja.....	63
Figura 26. Tipos de intersecciones vías zona Sur baja de Tunja.....	64
Figura 27. Herramienta de ArcGIS Polygon to Raster	66
Figura 28. Raster Uso Predial Alcaldía con números primos asignados a cada uso	66
Figura 29. Raster Uso Predial Campo con números primos asignados a cada uso	67
Figura 30. Resultado multiplicación Raster Uso Predial Alcaldía con Raster Uso Predial Campo	67
Figura 31. Herramienta de ArcGIS reclassify.....	69
Figura 32. Raster final comparación uso predial tomado en campo con el uso predial de la base de datos alcaldía.....	70
Figura 33. Usos del suelo para la zona sur baja de Tunja según el POT.	73
Figura 34. Zonas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial tomado en campo y las zonas de protección según el POT.	74
Figura 35. Lotes sin construir de la zona sur baja de Tunja que se encuentran dentro del uso de suelo urbano.....	76
Figura 36. Amenaza por inundación urbana y encharcamiento según el mapa 06 del POT.....	78
Figura 37. Áreas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial tomado en campo y las zonas con amenaza alta por inundación y encharcamiento según el POT.....	79
Figura 38. Comparación zona de expansión con el mapa 01 Clasificación del suelo del POT.	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Mapas temáticos vías zona sur baja de Tunja.....	86
Anexo B. Carta Spectra Presition.	98
Anexo C. Evidencia Fotográfica.....	99
Anexo D. Geodatabase zona sur baja de Tunja	CD

INDICE DE ACRÓNIMOS

GNSS: Global Navigation Satellite System o su traducción en español Sistema Global de Navegación por Satélite.

GPS: Global Positioning System cuya traducción es Sistema de Posicionamiento Global.

MAGNA SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

POT: Plan de Ordenamiento Territorial.

SINC: Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

INTRODUCCIÓN

Las vías son el eje principal de comunicación de diversos sectores de la sociedad que favorecen el desarrollo de actividades económicas, industriales, escolares, recreativas, entre otras que contribuyen al crecimiento y desarrollo urbanístico, por lo tanto las entidades territoriales están en la obligación de garantizar la movilidad y el mantenimiento de la malla vial lo cual hace indispensable una eficiente administración de recursos.

Es por eso que el conocimiento del estado actual de las vías es necesario para dirigir la inversión de recursos en el mejoramiento de las zonas que realmente lo necesitan, por lo tanto en el presente trabajo se realiza un inventario vial de la zona sur baja de Tunja utilizando información georreferenciada, con el fin de actualizar las bases de datos de la Oficina de Planeación y sus entidades adjuntas.

Adicionalmente se recolecta información concerniente al uso predial de la zona con el fin de analizar el cumplimiento de las normas urbanísticas establecidas dentro del POT mediante la evaluación del uso dado a las zonas de protección, ya que es evidente que existen construcciones dentro de las rondas de los ríos y zonas de amenaza que causan afectaciones al medio ambiente e inundaciones en épocas de invierno.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 MARCO LEGAL

1.1.1 Ley 1228 de 2008. Por medio de esta ley el Congreso de Colombia crea el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras SINC como un sistema de información público con toda la información de las carreteras a cargo de la nación, los departamentos, municipios y distritos, la cual conformará el inventario nacional de carreteras donde se registrará las vías existentes, proyectos nuevos y la información que determine la entidad administradora del sistema, es decir el Ministerio de Transporte.

También se establece que las entidades administradoras de la red vial adscritas al Ministerio de Transporte tales como departamentos, municipios y distritos, están obligadas a reportar la información verídica y actualizada al Ministerio en los términos y plazos establecidos, la omisión o retraso de la información incurrirá en sanciones disciplinarias para el representante legal de la entidad, por lo tanto es prioridad tanto para alcaldes como gobernadores registrar la información solicitada al Ministerio de Transporte.

Una vez puesto en marcha el SINC, éste será de obligatoria consulta para curadores urbanos y demás autoridades de planeación, ya que tendrá la información actualizada de todas las vías del país y es un insumo que contribuirá a una mejor toma de decisiones en cuanto a la red vial y las posibles intervenciones que se deben hacer.

1.1.2 Resolución 1067 de 2015. Mediante esta resolución se establece la Metodología General para Reportar la Información que conformará el Sistema

Integral Nacional de Información de Carreteras SINC, con el fin de que las entidades obligadas a reportar dicha información tengan claro su diligenciamiento.

Esta resolución clasifica las vías de dos maneras, la primera teniendo en cuenta si son de primer, segundo o tercer orden es decir arteriales, intermunicipales o veredales respectivamente, y una segunda clasificación corresponde a la entidad a cargo de la vía, es decir las vías de carácter nacional, departamental o municipal, ya que de esto depende el conocimiento de que vías debe reportar cada entidad.

La Metodología para reportar la información al SINC establece 18 capas que se deben entregar en formato ESRI Shapefile, Sistema de Referencia Espacial MAGNA_SIRGAS según lo establecido en la Resolución 068 de 2005, la información debe ser de tipo tridimensional puesto que cada punto debe contar con latitud, longitud y altura, las unidades de latitud y longitud deben estar en grados sexagesimales, las alturas en metros sobre el nivel del mar y los datos transferidos al SINC deben ser de tipo multi-parte es decir una vía puede estar conformada por uno o varios segmentos de línea. En cuanto a la precisión cartográfica, debe ser menor o igual a 1 metro y solo debe existir un eje único de vía correspondiente al archivo 01_TRAMOVIA, por lo que las demás capas tipo línea deben estar sobre éste eje.¹

Tabla 1. Capas exigidas por el SINC y tipo de geometría para cada una.

Archivo	Tipo de Geometría
01_TRAMOVIA	LineString
02_BERMA	LineString
03_SECCIONTRANSVERSAL	LineString
04_SEPARADOR	LineString

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015.

¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 6. Especificaciones de la Información.

Tabla 2. Capas exigidas por el SINC y tipo de geometría para cada una (Continuación)

Archivo	Tipo de Geometría
05_TIPOTERRENO	LineString
06_PUENTE	LineString
07_MURO	LineString
08_TUNEL	LineString
09_ESTACIONPESAJE	Point
10_INTERSECCION	Point
11_PEAJE	Point
12_SITIOCRITICOACCIDENTALIDAD	LineString
13_SITIOCRITICOINSETABILIDAD	LineString
14_SENALHORIZONTAL	LineString
15_SENALVERTICAL	Point
16_DANOFLEXIBLE	LineString
17_DANORIGIDO	LineString
18_DANOAFIRMADO	LineString

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015.

Para cada una de las capas enunciadas en la tabla 1 la resolución 1067 de 2015 establece la información que debe contener las tablas de atributos, designando el nombre que se le debe dar a cada campo, el tipo de dominio de cada atributo, es decir en formato texto o numérico, y los detalles adicionales que se deben tener en cuenta.

Por último la resolución 1067 de 2015 establece que el plazo para entregar la información actualizada al SINC es del 20 de diciembre de 2016, sin embargo mediante a resolución 5564 de 2016 se prorroga este plazo hasta el 30 de abril de 2018.

1.1.3 Plan de ordenamiento territorial de Tunja POT. El Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja está definido por el decreto 241 del 23 de septiembre de 2014, donde se compilan las disposiciones contenidas en los Acuerdos Municipales 0014 de 2001 correspondiente al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tunja, y 006 de 2014 que presenta la Modificación excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial adoptado en el acuerdo 014 de 2001, debido a que el 31 de diciembre de 2015 se cumplió la vigencia del POT a largo plazo y por lo tanto se hizo necesaria su actualización. En la actualidad la Oficina de Planeación de Tunja está adelantando mesas participativas donde expone a la ciudadanía el nuevo POT para que de ésta manera se realice su evaluación de una manera participativa.

- **Clasificación del Suelo.** El Plan de Ordenamiento territorial define el territorio del municipio de Tunja en: suelo urbano, suelo de expansión urbana, suelo rural y como categoría de éste, suelo suburbano ².
 - Suelo urbano: Lo constituyen áreas del territorio destinadas a usos urbanos, que cuentan con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación.
 - Suelo de expansión urbana: Lo constituye la porción del territorio municipal destinada a la expansión de la ciudad, que se habilitará para el uso urbano para los futuros desarrollos urbanísticos de la ciudad.
 - Suelo rural: Está constituido por terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.
 - Suelo suburbano: Es la porción del territorio municipal destinada a las áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las

² MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Título I Disposiciones Generales. Capítulo 2. Clasificación del Suelo.

formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las áreas de expansión urbana.

- Suelo de protección: Áreas localizadas dentro del suelo urbano, rural, suburbano y de expansión que por sus características geográficas, paisajísticas, ambientales y productivas, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructura para la provisión del sistema de servicios públicos domiciliarios, o de las áreas de amenaza y riesgo, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse y por lo tanto debe protegerse con el fin de mantener su uso indicado. Entre estos suelos se ubican áreas de conservación y protección ambiental, áreas para la producción agrícola, ganadera y de explotación de recursos naturales, áreas de protección de infraestructura para servicios públicos y áreas de amenaza alta.

- **Sistema de movilidad.** Está conformado por el subsistema vial que se refiere la infraestructura vial y a su concepción sistémica, recogiendo las características de la ciudad construida y los parámetros de diseño establecidos para los tratamientos de desarrollo, y el subsistema de transporte que está relacionado con la infraestructura de soporte del transporte motorizado y con las indicaciones funcionales en el uso de las vías por parte de los medios de transporte colectivo públicos y privados.³

- Malla vial regional: incluye las carreteras nacionales o regionales, las carreteras intermunicipales de tránsito reducido o complementario y los caminos veredales del Municipio. Se estructura por la doble calzada Bogotá – Sogamoso (ruta 55), la carretera central del norte (ruta nacional 62) y las demás carreteras intermunicipales.

³ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Título III Componente Urbano. Capítulo 2. Sistemas Generales. Artículos 50 – 56.

- Malla vial arterial (urbana): incluye las principales vías de la ciudad, las antiguas carreteras, las avenidas y las vías de conexión urbana, conectando los diversos sectores de la ciudad y la malla vial regional.
- Malla vial local: incluye las calles de acceso y circulación de escala local con las cuales se generan los trazados urbanos de toda la ciudad. Se conectan de manera directa, a las mallas viales regionales y arteriales.
- Red de movilidad no motorizada: corresponde a las ciclo rutas y senderos peatonales de la ciudad, se contempla en el sistema de espacio público construido.
- Nodos espaciales: se refiere a las glorietas e intersecciones viales a desnivel. Son elementos que articulan el funcionamiento vial y soportan su imagen como referente urbano.
- **Actividades urbanas.** Se relaciona con los comportamientos funcionales de las diversas piezas de la ciudad. Al respecto se definen⁴
 - Tejido residencial: áreas urbanas dedicadas primordialmente al uso residencial a las dotaciones que le sirven de soporte cotidiano y a algunos usos compatibles que no generan conflictos de tipo ambiental, enriquecen la vida urbana y equilibran la movilidad de la ciudad. Este tejido se localiza de manera aleatoria en toda la ciudad, cubriendo las demandas de los diversos grupos sociales en función de su economía.
 - Tejido medio: áreas urbanas en donde el uso residencial, las dotaciones de soporte y los usos de empleo, especialmente de servicios y comercio, mantiene cierto equilibrio en la ocupación del suelo. En términos de movilidad en promedio hay un empleo por vivienda. Este tejido se localiza en las franjas subcentrales o a lo largo de las arterias de mayor conectividad urbana.

⁴ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Título III Componente Urbano. Capítulo 3. Determinantes generales para las normas urbanísticas. Artículo 65. Actividades Urbanas.

- Tejido central: corresponde a las áreas urbanas donde se concentran las actividades de alto nivel de atracción o centrales. En términos de movilidad son las áreas donde se resuelve el empleo de otras áreas de la ciudad, en promedio se localizan más de tres empleos por vivienda y actualmente coincide con el centro histórico y algunas extensiones adyacentes.
- Tejido especializado: son las áreas urbanas donde los usos especializados son el industrial, el dotacional, el comercial. Desde el punto de vista de movilidad son áreas dedicadas fundamentalmente a la localización del empleo o al desarrollo social, sin usos residenciales.
- **Tratamientos urbanísticos.** Definen las formas de actuar en las diversas partes de los suelos urbanos y de expansión, de acuerdo con la condición actual, las características físicas y funcionales, y los potenciales de afianzamiento o cambio relacionados con el modelo de ordenamiento. Se determinan cinco formas de tratamiento.⁵
 - Tratamiento de conservación: tiene como objetivo proteger el patrimonio urbanístico y arquitectónico de la ciudad, se refiere al tratamiento aplicado al Centro Histórico y a edificaciones singulares de especial relevancia urbanística o arquitectónica.
 - Tratamiento de consolidación: aplicado a unidades morfológicas en donde existe un correcto equilibrio entre las cualidades urbanísticas y ambientales y entre la adecuada disposición de densidades poblacionales y estándares urbanísticos. Tiene como objetivo garantizar la permanencia de las cualidades espaciales de ocupación, altura y volumetría, uso y función urbana y el aprovechamiento económico que sustenta su localización.
 - Tratamiento de renovación urbana: aplicado a unidades morfológicas donde se han perdido las cualidades espaciales, ambientales, de uso o de

⁵ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Título III Componente Urbano. Capítulo 3. Determinantes generales para las normas urbanísticas. Artículo 66. Tratamientos Urbanísticos.

- aprovechamiento económico, generando condiciones críticas de deterioro, habilidad y minusvalía en el costo del suelo. Tiene como objetivo definir las áreas de aplicación y las condiciones urbanísticas o de gestión necesarias para su intervención por medio de un proyecto urbanístico.
- Tratamiento de mejoramiento integral barrial: aplicado a unidades morfológicas originarias de tipo informal que no tiene condiciones urbanísticas para su integración al modelo territorial. Tiene como objetivo definir las áreas de aplicación y condiciones urbanísticas, normativas y de gestión necesarias para su intervención.
 - Tratamiento de desarrollo: aplicado a los terrenos urbanizables localizados en los suelos urbanos y de expansión, con el fin de garantizar su correcta inserción en el modelo de ordenamiento. Tiene como objetivo fijar parámetros de diseño urbano, cesiones obligatorias, cualidades del espacio público, las formas de división predial, condiciones de desarrollo de las infraestructuras urbanas y de servicios públicos, normas urbanísticas de ocupación y volumetría, y los estándares urbanísticos.

1.2 MARCO REFERENCIAL

Actualmente la Alcaldía de Tunja no cuenta con una base de datos completa de su malla vial, sin embargo como antecedente a este proyecto, se han realizado otros inventarios de las principales vías del casco urbano y rural de la ciudad, aunque es la primera vez que se recopila información georreferenciada completa de la zona sur baja de Tunja, bajo los lineamientos expuestos en la resolución 1067 de 2015.

Como primera medida en el año 2010 se elaboró un inventario de la infraestructura vial del casco urbano de Tunja en base de datos espaciales y utilizando un software ArcGIS (MEDRANO, Cristina; URIBE, Julie;, 2010), donde

las autoras evaluaron el estado de la red vial principal y secundaria de la ciudad por medio de tres metodologías, la del Instituto de Desarrollo Urbano IDU, la metodología de VIZIR y la del Instituto Nacional de Vías INVIAS. En dicho trabajo se georreferenció la información por medio de un receptor de posicionamiento global GPS, se procesaron y analizaron los datos obtenidos con ayuda del software ArcGIS y se realizó una comparación de las tres metodologías utilizadas para concluir cual es la que arroja mejores resultados.

Posteriormente en el año 2013 se retomó dicho trabajo y se realizó una actualización del estado de las vías de Tunja (AMAYA, Javier; GARAVITO, Cristian;, 2013), teniendo como base las metodologías del INVIAS y del IDU. Sin embargo no se georreferenció la información sino que simplemente se actualizó mediante formatos que se llenaron en visitas de campo.

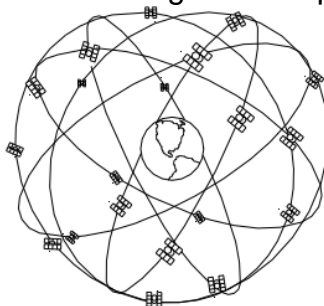
Finalmente el inventario más reciente es el realizado a las vías rurales en el año 2017 por (BUITRAGO, Sandra, 2017) y (SANCHEZ, Daniel, 2017) donde el objetivo principal fue la recolección y procesamiento de información a reportar al Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras (SINC), utilizando la metodología señalada por el Ministerio de Transporte en la resolución 1067 de 2015. Estos dos proyectos constituyen un insumo muy importante para el desarrollo del presente trabajo puesto que es la continuación de los mismos pero aplicado a vías urbanas, por lo que se trabaja con la metodología de la resolución 1067 de 2015, y se utilizan algunas herramientas de ArcGIS descritas por los autores como lo es la calibración de rutas y la segmentación dinámica que facilitan el procesamiento de la información en el Software. Cabe resaltar que el presente trabajo solo se enfoca en la zona sur baja de Tunja debido a que hace parte de otros tres proyectos similares donde se abarca toda la zona suroriental de la ciudad, y el objetivo de la Oficina de Planeación es en un futuro lograr tener la totalidad de las vías de la Tunja georreferenciadas.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Sistema de posicionamiento global (GPS). Es un sistema de posicionamiento por satélites desarrollado por los Estados Unidos y que proporciona información de posicionamiento, navegación y cronometría, respecto de un sistema de referencia mundial⁶. Este sistema se constituye por tres segmentos⁷:

- **Segmento espacial.** Son los satélites que orbitan la Tierra y conforman el Sistema Global de Navegación por Satélite GNSS, una constelación óptima consiste en 21 satélites operativos y 3 de repuesto. Cada uno envía dos señales de radio de baja potencia llamada L1 y L2. Cada señal se compone por tres componentes: un código pseudoaleatorio que identifica al satélite que transmite su señal, los datos de efemérides de satélite que proporcionan su ubicación en cualquier momento y un tercer componente que corresponde a los datos de almanaque que indica el estado del satélite, fecha y hora actuales. El tiempo de cada satélite es controlado por relojes atómicos a bordo que son indispensables para saber su posición exacta.

Figura 1. Representación gráfica del segmento espacial



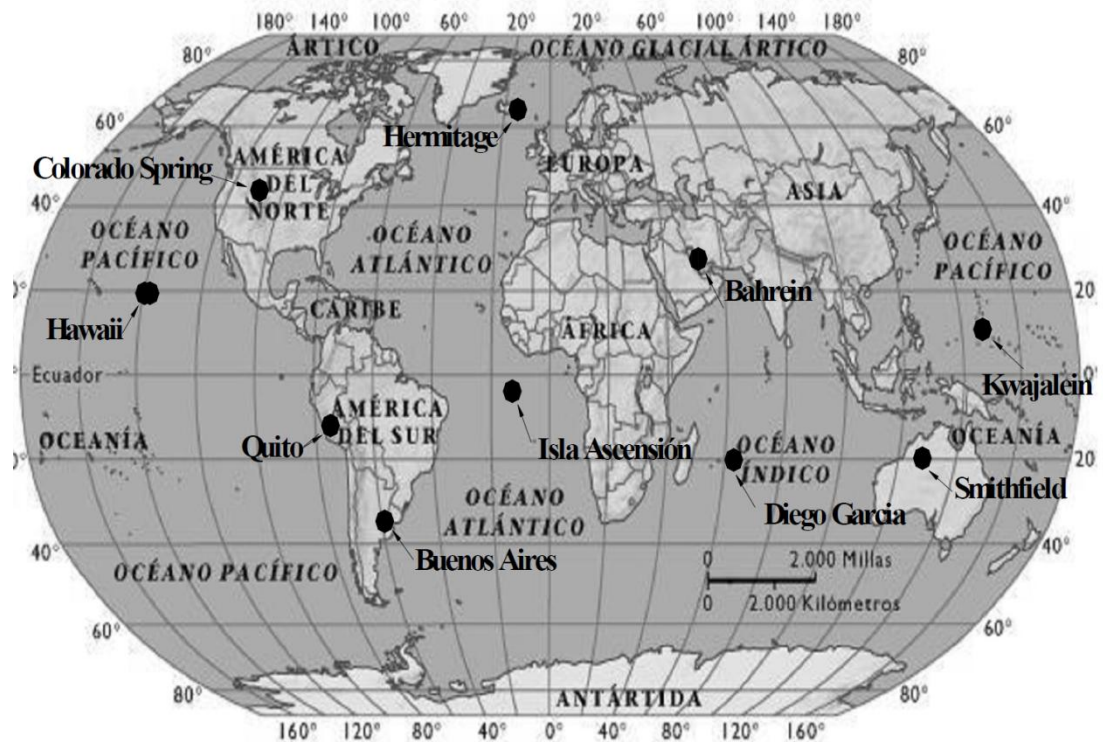
Fuente: HUERTA Eduardo, MANGIATERRA Aldo, NOGUERA Gustavo. GPS Posicionamiento Satelital. Pag. 15. Argentina. 2005.

⁶ GPS.GOV. Información oficial del Gobierno de los Estados Unidos relativa al Sistema de Posicionamiento Global y temas afines. <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>

⁷ INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/gps.aspx?dv=c1>

- **Segmento de control.** Es una serie de estaciones sobre la superficie terrestre que monitorea, analiza y actualiza los datos emitidos por la señal de cada satélite, además sincroniza los relojes de los mismos con el tiempo GPS. Las estaciones se ubican estratégicamente cercanas al plano ecuatorial y todas cuentan con receptores y relojes de muy alta precisión.

Figura 2. Estaciones de control



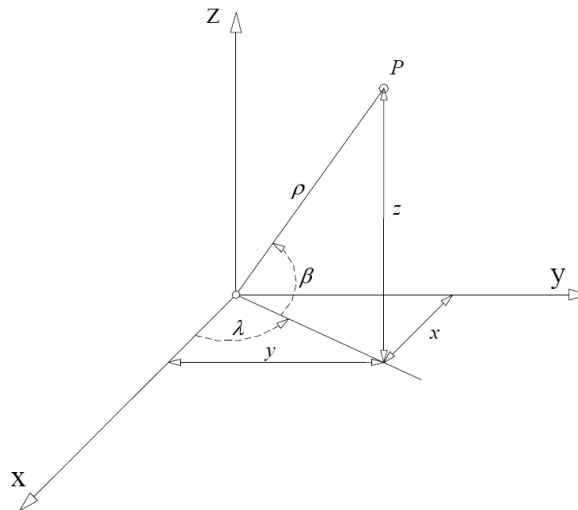
Fuente: HUERTA Eduardo, MANGIATERRA Aldo, NOGUERA Gustavo. GPS Posicionamiento Satelital. Pag. 20. Argentina. 2005.

- **Segmento usuario.** Son los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para el cálculo de su posicionamiento tomando como base la velocidad de la luz y el tiempo de viaje de la señal, de esta manera se obtienen las pseudodistancias entre cada satélite y el receptor en un tiempo determinado. El receptor debe recibir la señal de por lo menos 4 satélites para calcular las coordenadas X, Y, Z y el tiempo que tarda la señal.

1.3.2 Geodesia y Sistemas de Referencia. La geodesia es la ciencia encargada de la medición y representación cartográfica de la tierra, ampliamente aplicada a grandes obras de ingeniería, exploración geofísica, cartografía básica entre otros. Su objetivo es la determinación de formas, dimensiones y ubicación de un sector de la superficie terrestre además de cumplir un papel importante en la construcción de los sistemas de información geográficos GIS, ya que posibilitan la correlación de información de distinto origen gracias a su georreferenciación⁸.

Para realizar la medición de un punto es necesario determinar sus coordenadas espaciales definiendo un sistema de coordenadas, donde por lo menos dos ejes tienen una ubicación y orientación fija respecto de la Tierra. Se define así un **Sistema Geocéntrico de Referencia** cuyo origen es el centro de masa de la Tierra, con su eje Z apuntando al Polo Norte y su eje X pasando por la intersección del plano del Ecuador y del Meridiano de Greenwich. Las coordenadas pueden ser cartesianas ortogonales x, y, z o polares ρ, λ, β .

Figura 3. Ejes de coordenadas cartesianas y polares



Fuente: HUERTA Eduardo, MANGIATERRA Aldo, NOGUERA Gustavo. GPS Posicionamiento Satelital. Pag. 31. Argentina. 2005.

⁸ HUERTA Eduardo, MANGIATERRA Aldo, NOGUERA Gustavo. GPS Posicionamiento Satelital. Argentina. 2005.

También es importante tener en cuenta que para la medición de datos de altura, la Tierra está laminada por superficies equipotenciales o de nivel de las cuales la que mejor se ajusta al nivel del mar se denomina geoide. Por lo tanto las elevaciones se toman teniendo en cuenta dicho eje como referencia.

Por otra parte el elipsoide de revolución terrestre corresponde a una superficie geométrica de referencia cuya forma y dimensiones están dadas por dos semiejes, uno menor y otro mayor, mientras que su ubicación y orientación se obtiene ajustándolo al geoide. De esta manera cada sistema de referencia geodésico tendrá asociado un elipsoide que se conoce como Datum Geodésico, si éste es geocéntrico se conoce como *Datum Geodésico Geocéntrico o Global*, si es local se denomina *Datum Geodésico Local*.

- **Sistema de Referencia MAGNA-SIRGAS.** Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas SIRGAS está conformado por 180 estaciones geodésicas de alta precisión cuya distribución ofrece un cubrimiento continuo sobre el continente, dichas estaciones están vinculadas al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF) el cual realiza una corrección a las coordenadas debido a la dinámica terrestre. El Datum geodésico corresponde al elipsoide GRS80, orientado según los ejes de coordenadas del sistema de referencia SIRGAS. Por otra parte el Marco Nacional de Referencia MAGNA es una red de 70 estaciones GPS de cubrimiento nacional a cargo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, referidas al sistema SIRGAS, por tal motivo se denomina comúnmente MAGNA-SIRGAS.⁹

1.3.3 Sistema de Información Geográfica (SIG). Es un conjunto de herramientas que relaciona diferentes componentes para organizar, integrar, almacenar, manipular y analizar grandes cantidades de datos espaciales facilitando a los

⁹ RODRIGUEZ Sánchez, Laura. Tipos de Coordenadas Manejados en Colombia. Pág. 1-7. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2004.

usuarios la creación de consultas interactivas para examinar la información, editar datos, mapas y presentar resultados de todas estas operaciones.¹⁰

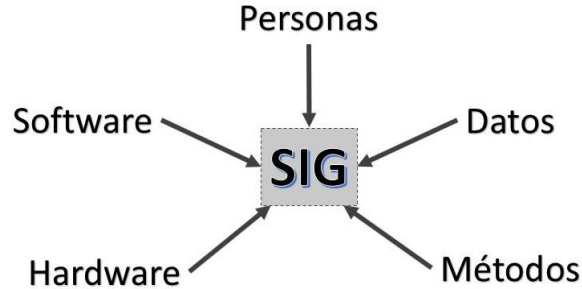
Los componentes del SIG son los siguientes¹¹:

- **Personas.** Es el componente más importante, ya que debe desarrollar los procedimientos definir las tareas que debe desarrollar el SIG.
- **Datos.** Es la materia prima de un SIG, pueden ser de tipo vectorial como puntos, líneas y polígonos, o estar en formato Raster como imágenes satelitales conformadas por pixeles. Los datos contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- **Métodos.** Son un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Hardware.** El SIG debe tener un ordenador como soporte físico para el procesamiento de la información.
- **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos y permita implementar los métodos.

¹⁰ IDECA. Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital. Sistema de Información Geográfica. <https://www.ideca.gov.co/es/sistema-de-informacion-geografica>

¹¹ OLAYA Víctor. Sistemas de Información Geográfica. Capítulo 1. Numeral 1.5 Componentes de un SIG. Pág. 15.

Figura 4. Componentes de un SIG



Fuente: Elaboración propia.

Las funciones básicas de un SIG son¹²:

- **Almacenamiento.** Para codificar y almacenar los diferentes fenómenos que aparecen en la superficie terrestre es necesario extraer los elementos esenciales y obviar aquellos no necesarios, desarrollando modelos adecuados para el manejo de la información.
- **Visualización.** Para realizar el análisis de la información es indispensable poder visualizarla de una manera clara, una de las formas prioritarias de presentación de datos es definiendo su proyección bidimensional mediante coordenadas cartesianas, aunque hoy en día existe un gran número de programas que se centran en la visualización de datos espaciales como complemento a los SIG.
- **Consultas.** Para la obtención de resultados es necesario realizar consultas sobre los datos y su distribución en el espacio, esto implica seleccionar el subconjunto de datos que se necesita, y presentarlo al usuario de forma útil, bien sea en tablas, gráficos o mapas. En un SIG las consultas se basan tanto en atributos temáticos como en propiedades espaciales las cuales pueden definirse mediante coordenadas o con ayuda de un mapa.

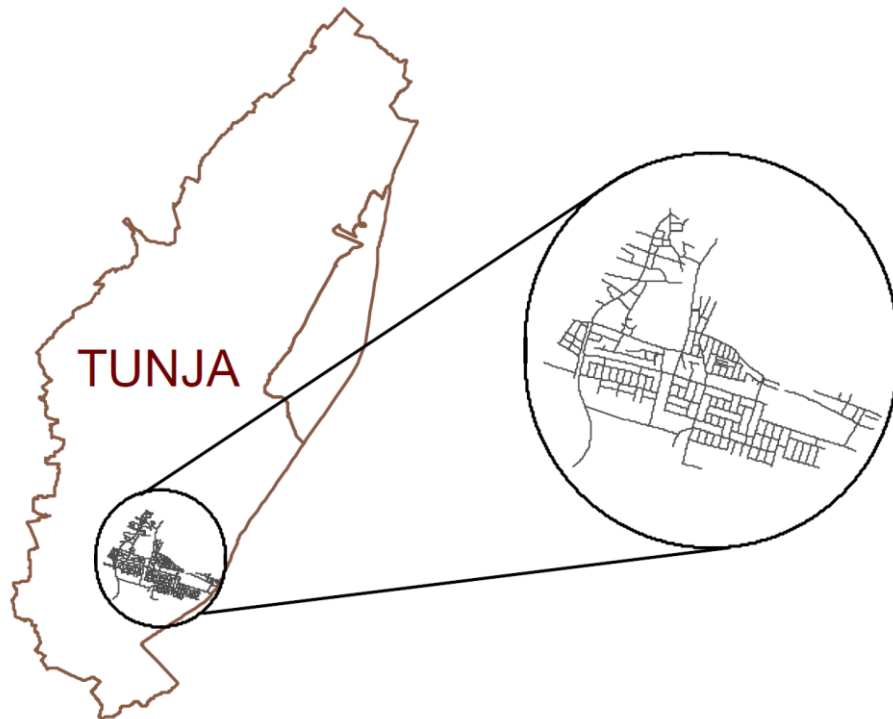
¹² SARRIA, Francisco Alonso. Sistema de Información Geográfica. Capítulo 2. Numeral 2.3. Utilización de un Sistema de Información Geográfica. Pág. 41.

- **Análisis.** Para desarrollar el análisis espacial y álgebra de mapas con el fin de verificar hipótesis acerca de la distribución espacial de variables y objetos, se requiere en ocasiones la utilización de programas de análisis estadísticos externos a los programas de SIG, o la búsqueda de implementación de modelos ya formulados con el conocimiento de expertos o a través de búsqueda bibliográfica. A partir de los resultados se puede en algunos casos, generar nuevas capas de información.
- **Toma de decisiones.** Un punto más allá de sofisticación de un SIG, sería su utilización para resolver problemas de toma de decisiones en planificación física, ordenación territorial, estudios de impacto ambiental, etc.
- **Modelización.** Las aplicaciones más elaboradas de los SIG son aquellas con la integración de modelos matemáticos de procesos naturales, dinámicos y espacialmente distribuidos, con fines científicos, de planificación u ordenación.

2. LOCALIZACIÓN

El área de estudio del proyecto es la ciudad de Tunja, capital del Departamento de Boyacá, se encuentra a 2782 msnm, registra 200 desarrollos urbanísticos con una extensión de 19.7661 Km² en la zona urbana así como 10 veredas con una extensión de 101.7258 Km² en el sector rural¹³. Específicamente se georreferenciaron 22.4 Km de vías correspondientes a la zona sur baja de Tunja que comprende los barrios Altos de Cooservicios, Urbanización Cooservicios, Santa Marta, Portal de Otoño, Sol de Oriente, Urbanización Bochica, Doña Eva, Urbanización Bachue, Ciudadela Sol de Oriente, El Jordán, Tunjuelito, Santiago de Tunja y Nazaret.

Figura 5. Localización zona sur baja de Tunja



Fuente: Google Maps.

¹³ ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA. Sitio web Tunja en equipo. <http://www.tunja-boyaca.gov.co/presentacion.shtml>

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tunja es la capital del Departamento de Boyacá, cuenta con aproximadamente 190.000 habitantes y es considerada como una de las ciudades universitarias más importantes del país, esto implica un gran flujo de estudiantes que sumado a las diferentes actividades comerciales, industriales, turísticas, recreativas y demás que realiza su población, genera la necesidad de contar con un buen sistema de movilidad que garantice el adecuado desarrollo del municipio. Sin embargo para tomar cualquier tipo de decisión por parte de las entidades competentes es indispensable contar con bases de datos actualizadas que permitan tener una visión clara de la realidad y de las problemáticas territoriales que se presentan.

Por tal motivo la Oficina de Planeación requiere actualizar sus bases de datos con la información vial y los parámetros de la ciudad teniendo en cuenta también la obligatoriedad del municipio de reportar la información de sus vías al Ministerio de Transporte para conformar el Sistema Integral Nacional de Carreteras SINC bajo la metodología expuesta en la resolución 1067 de 2015.

Por consiguiente surge el siguiente interrogante ¿Cómo realizar una recopilación de información georreferenciada del estado actual de la malla vial y los parámetros de la zona sur baja de Tunja mediante GPS y con ayuda de un Software SIG?

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Brindar asistencia técnica en la recopilación de información georreferenciada en la zona sur baja de la ciudad de Tunja siguiendo lineamientos nacionales con destino a la actualización del POT.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamientos detallados utilizando receptores del Sistema de Posicionamiento Global en la zona sur baja de Tunja conforme a la metodología de la Resolución 1067 de 2015 incluyendo la toma de datos de paramentos.
- Estructurar una base de datos georreferenciada de la malla vial y de la información catastral según lo requerido por la Oficina de Planeación de Tunja utilizando los lineamientos establecida en la Resolución 1067 de 2015.
- Evaluar el uso del suelo en los barrios de la zona sur baja de Tunja según lo establecido en el POT y las zonas de protección.

5. ALCANCE

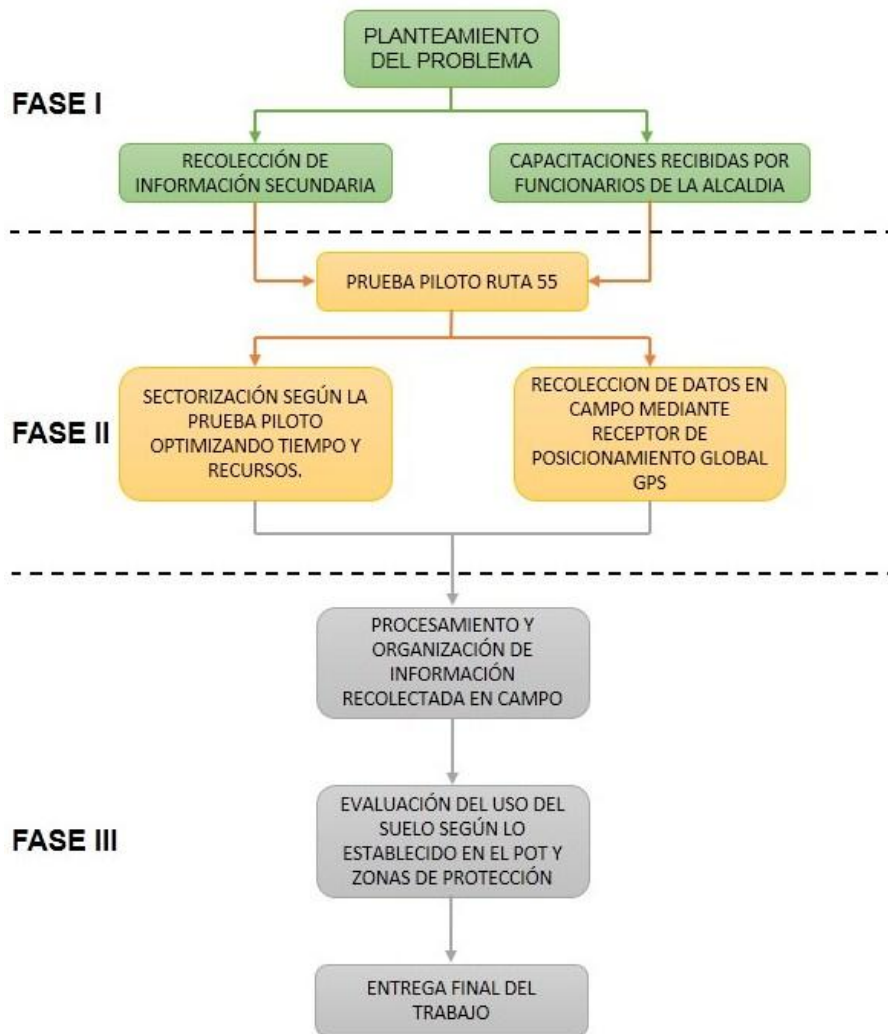
La georreferenciación de la zona sur baja de Tunja se ejecutó de manera conjunta con otros tres proyectos donde los resultados obtenidos conforman una base de datos del área suroriental de la ciudad. El objetivo principal de la Oficina de Planeación es georreferenciar la totalidad de las vías urbanas del municipio, por lo que aunque el presente trabajo solo abarca una zona específica, en la actualidad la recolección de información se sigue desarrollando.

Cabe destacar que la utilización de los SIG hace posible dar solución a problemas territoriales como la ubicación de zonas en conflicto donde se da un uso inadecuado de las áreas protegidas y zonas inundables. Por lo tanto la metodología utilizada en el presente estudio para evaluar el cumplimiento de las normas urbanísticas establecidas en el POT en cuanto a las zonas de protección, se puede utilizar a la hora de analizar la situación actual de la totalidad del municipio ya que al ubicar con exactitud las áreas que no cumplen, se facilita la toma de decisiones ya sea por medio de la implementación de estrategias de reubicación, o la realización de obras de mitigación que impidan el deterioro de los recursos hídricos de la ciudad.

6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó una metodología que se divide en 3 fases principales, la fase I de capacitación y recopilación de información secundaria, la fase II de recolección de datos en campo utilizando receptor de sistema de posicionamiento global GPS y la fase III corresponde al trabajo en oficina y análisis de datos. A continuación se describen cada una de las fases.

Figura 6. Metodología utilizada.



Fuente: Elaboración propia.

6.1 FASE I. CAPACITACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

En ésta fase se planteó inicialmente el problema de la falta de información del estado actual de la malla vial de la ciudad y la necesidad de conocer la información de parámetros de cada calle para actualizar las bases de datos del municipio. Ante dicha necesidad la Oficina de Planeación de Tunja decidió realizar un inventario vial de la ciudad utilizando un receptor de posicionamiento global GPS y con ayuda del Software ArcGIS para el procesamiento y entrega final de la información recolectada.

Posteriormente se realizó la recopilación de información secundaria la cual fue suministrada por la alcaldía y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 3. Información secundaria suministrada por la alcaldía

Nombre	Contenido	Tipo de archivo
Malla Vial Proyectada	El trazado de la malla vial de la ciudad de Tunja con información de la nomenclatura actual y la propuesta.	Shapefile – tipo línea
Barrios	Es un archivo que contiene los polígonos de cada uno de los barrios de la ciudad con su respectivo nombre.	Shapefile – tipo polígono
Predial	Archivo que contiene los polígonos de cada uno de los predios de la ciudad con información de código predial, código de la manzana, nombre del propietario, dirección y matrícula inmobiliaria.	Shapefile – tipo polígono
Ortofoto	Imagen que muestra la fotografía aérea de la ciudad de Tunja con un tamaño del pixel es de 11cm.	Imagen TIFF
Base de datos uso de suelo y estrato	Base de datos en formato Excel que contiene los códigos prediales de la ciudad relacionados con el uso del suelo y estrato de cada uno.	Excel
Shapefiles POT	Archivo con los polígonos de los mapas anexos al POT.	Shapefiles – tipo polígono

Fuente: Elaboración propia.

La información secundaria fue fundamental para la planeación de las salidas de campo y la complementación de la información primaria recopilada, de esta manera se busca que el inventario vial sea lo más detallado posible, ya que es un insumo muy importante para la Alcaldía de Tunja.

Adicionalmente se recibieron capacitaciones por parte de los ingenieros contratistas encargados del inventario vial, en dichas capacitaciones se recibió información acerca del manejo del GPS Mobile Mapper 10 y Mobile Mapper 50 así como el procesamiento de los datos en el software ArcGIS.

Tabla 4. Capacitaciones recibidas por parte de los ingenieros contratistas de la Oficina de Planeación.

Fecha	Tipo de capacitación	Objetivo Alcanzado
15 Agosto 2017	Uso del GPS para trabajo en campo	Conocer el uso del GPS para la toma de datos en campo tanto del Mobile Mapper 10 como el Mobile Mapper 50, la información que se debe georreferenciar y la metodología a seguir para optimizar el trabajo de campo.
16 – 18 Agosto 2017	Trabajo de campo	Aplicar los conocimientos adquiridos en el manejo del GPS y adquirir destrezas para la toma de información en campo, esto se hizo mediante la realización de la prueba piloto donde se georreferenció la ruta 55.
22 – 25 Agosto 2017	Trabajo de oficina	Aprender el procesamiento de los datos tomados en campo en el software ArcGIS para dejar cada una de las capas como lo exige la resolución 1067 de 2015. Los datos utilizados fueron los recopilados en la prueba piloto de la ruta 55.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 FASE II. RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO UTILIZANDO RECEPTOR DE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

6.2.1 Prueba piloto Ruta 55. Para saber con certeza la metodología a seguir durante la recolección de datos en campo con el Receptor de Posicionamiento Global GPS, se realizó una prueba piloto donde se georreferenció la Ruta 55 desde los límites intermunicipales en la vía a Samacá, tomando la Avenida Colón, la Avenida Oriental, la Avenida Norte hasta los límites intermunicipales con Soracá. Durante esta prueba se midieron los anchos de calzadas, separadores, se georreferenció la señalización tanto vertical como horizontal y se tomaron los daños existentes en la vía, tal como lo exige la resolución 1067 de 2015. Adicionalmente se midieron anchos de cunetas, andenes y antejardines para conformar la capa de paramentos que exige la alcaldía.

Se utilizaron dos equipos GPS, el Mobile Mapper 10 y el Mobile Mapper 50, con el fin de adquirir habilidad en la utilización de los equipos en campo, adicionalmente después de la realización de ésta prueba piloto, se vio la necesidad de usar unas bitácoras de campo donde se registran los anchos medidos y la señalización encontrada, esto con el fin de agilizar la recolección de datos.

Figura 7. Escaner formato recolección de datos en campo para señalización

Fecha	Ubicación (sector, uso suelo)	Observaciones	Estado Señalización			
			Bueno	Malo	Visible	No Visible
8-Nov-17	CL 4C intersección Av circunvalar	38 Paso max total permitido señal deteriorada (descolorida) L1 EO		X	X	
		99 Paradero lado I sent EO	X		X	
		99 Paradero lado I sent EO	X		X	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Escaner formato recolección de datos en campo para paramentos

Fecha	Ubicación (Dirección)	PARAMENTOS - SECCION TRANSVERSAL						
		LADO	SENTIDO	CALZADA	BERMA	CUNETA	ANDEN	ANTEJARDIN
7 - Noviembre - 2017	KR 3B	1	S-N	3.90	-	-	-	-
		2	S-N	3.90	-	-	1.10	-
	KR 3C	1	S-N	3.90	-	-	1.10	-
		2	S-N	3.90	-	-	-	-
	KR 3D	1	S-N	4.30	-	-	-	-
		2	S-N	4.30	-	-	1.10	-
	KR 3D	1	S-N	2.50	-	-	1.0	-
		2	S-N	2.50	-	-	1.0	-
	KR 3D	1	S-N	2.90	-	-	1.0	-
		2	S-N	2.90	-	-	-	-
	KR 3B	1	S-N	2.90	-	-	-	-
		2	S-N	2.90	-	-	1.20	-
	KR 3	1	S-N	8.00	-	-	1.0	-
		2	S-N	8.00	-	-	-	-
	KR 3	1	S-N	5.20	-	-	1.0	-
		2	S-N	5.20	-	-	1.40	-
KR 2B	2	S-N	3.70	-	-	1.20	-	
	1	S-N	3.70	-	-	0.70	-	
KR 2A	1	S-N	8.00	-	-	1.30	-	
	2	S-N	8.00	-	-	-	-	
KR 2B	1	S-N	4.00	-	-	1.00	-	
	2	S-N	4.00	-	-	1.00	-	

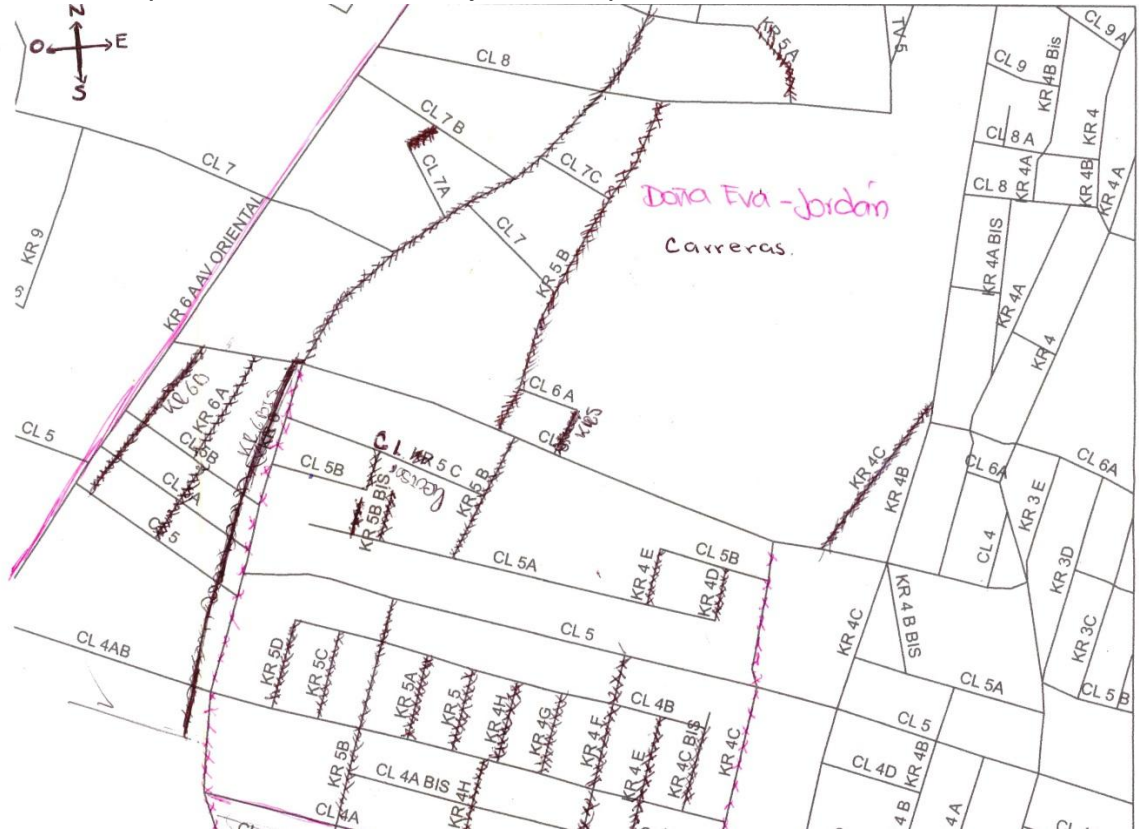
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Sectorización optimizando tiempo y recursos. Después de realizar la prueba piloto se vio la necesidad de planear la ruta a seguir en los barrios para asegurar la recolección de información de todas las calles. Antes de ir a campo se verifica las calles existentes en la zona a levantar con ayuda del Shapefile "Malla vial proyectada"¹⁴ suministrado por la alcaldía, se imprimen mapas que contengan

¹⁴ El Shapefile "MallaVialProyectada" contiene información de las vías de la ciudad de Tunja con información de la nomenclatura actual y la propuesta.

la nomenclatura de las calles, y se estima aproximadamente la zona y los barrios que se deben georreferenciar en un día de trabajo de campo.

Figura 9. Mapa utilizado en el trabajo de campo barrio Doña Eva – Jordán.



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Recolección de datos en campo. Para la recolección de datos en campo se conformaron 2 equipos de trabajo cada uno con 3 personas y un equipo receptor de Sistema de Posicionamiento Global. Con el GPS MobileMapper 10 se georreferenciaron las calles, mientras que con el MobileMapper 50 las carreras, cada uno de los GPS son de precisión submétrica, los datos fueron tomados con dimensiones de longitud, latitud y altura tal como lo exige la Resolución 1067 de 2015, el sistema de referencia utilizado fue WGS 1984, se configuró cada GPS para que el tiempo de promediado fuera de 30 segundos y la toma de los vértices de trazo para el caso de la capa tipo línea se hiciera en un intervalo de cinco metros de distancia.

La recolección de datos se realizó tomando la capa 01_TRAMOVIA como *LineString* y el resto de las capas como tipo *Point*, ya que la Resolución 1067 de 2015 exige que todas las capas sean puestas en un eje único correspondiente al 01_TRAMOVIA, por lo tanto es más eficiente tomar los datos de las capas diferentes al TRAMOVIA como tipo punto y en oficina convertirlos a tipo línea. Los archivos creados en cada uno de los GPS fueron los siguientes.

Tabla 5. Archivos creados en los GPS MobileMapper 10 y 50.

Nombre	Tipo de Geometría
01_TRAMOVIA	LineString
02_BERMA	Point
03_SECCIONTRANSVERSAL	Point
04_SEPARADOR	Point
06_PUENTE	Point
10_INTERSECCION	Point
14_SENALHORIZONTAL	Point
15_SENALVERTICAL	Point
16_DANOFLEXIBLE	Point
17_DANORIGIDO	Point
18_DANOAFIRMADO	Point
20_PARAMENTOS	Point

Fuente: Elaboración propia.

Para cada capa se registró la información que exige la Resolución 1067 de 2015 y en los paramentos se tomaron los anchos de cuneta, andén y antejardín de cada una de las vías georreferenciadas, ya que es la información que es solicitada en la alcaldía.

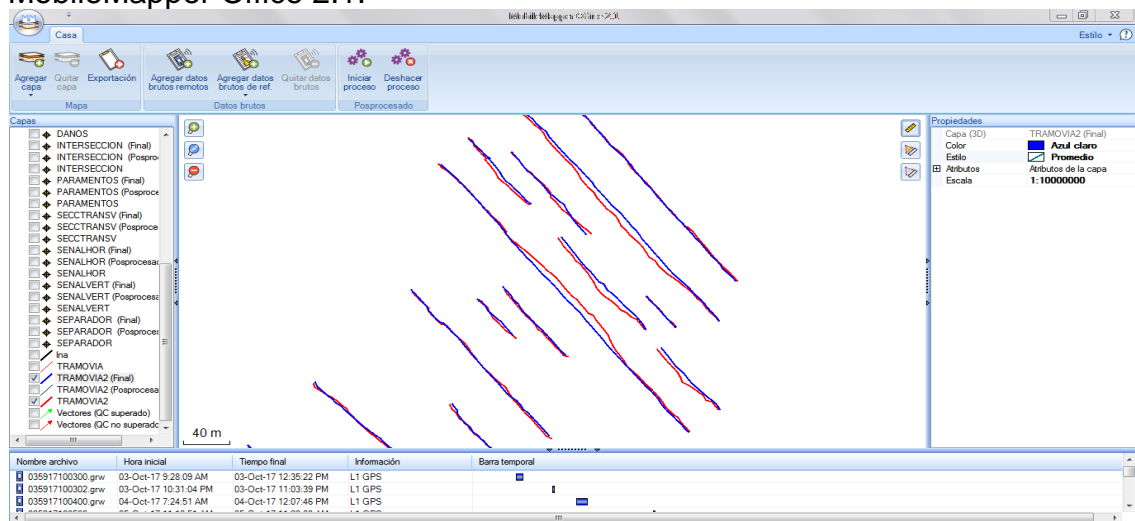
6.3 FASE III. TRABAJO EN OFICINA Y ANÁLISIS DE DATOS

6.3.1 Procesamiento y organización de información recolectada en campo.

Luego de la recolección de la información en el trabajo de campo se procede a procesar y organizar cada una de las capas con ayuda del Software ArcGIS.

- **Pos-proceso.** Inicialmente se realiza el pos-proceso de la información recolectada con el GPS MobileMapper 10 utilizando el software MobileMapper Office 2.1 el cual hace una corrección de posición utilizando una estación de referencia en este caso TUNA perteneciente al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Figura 10. Pantallazo pos-proceso de la información en el software MobileMapper Office 2.1.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10 se observa la corrección hecha en el software MobileMapper Office 2.1 de la capa 01_TRAMOVIA tomada con el GPS MobileMapper 10, la línea roja representa la información tomada en campo, y la línea azul la capa pos-procesada. Como se observa es indispensable realizar este pos-proceso debido a que hace una corrección significativa de la información.

En el caso de los datos tomados con el GPS MobileMapper 50, no se realizó pos-proceso debido a que el software en ocasiones anteriores presentó un error en la precisión de la información, por lo tanto la empresa *Spectra Precision Trimble Navigation Ltd* proveedor del GPS MobileMapper 50 emitió una carta (Anexo B) donde notificaba a los usuarios que el equipo presentaba

algunas fallas en la opción del pos-proceso, por lo tanto se recomendaba utilizar un filtro menor a 1 metro para obtener la precisión requerida.

- **Proyección de coordenadas.** Posterior al pos-proceso de los datos se realizó una proyección de coordenadas del sistema WGS 1984 al sistema MAGNA Colombia Bogotá que es el exigido por el Ministerio de Transporte.¹⁵ Dicha proyección se realizó a cada una de las capas mediante el software ArcGIS.
- **Calibración de ruta.** Mediante la herramienta *Route Editing* activada por medio del *editor* de ArcGIS, se realizó una calibración de la capa 01_TRAMOVIA con el fin de asignar valores de medida a lo largo de la polilínea utilizando los puntos inicial y final, es decir un abscisado. Para dicha calibración es necesario conocer la longitud de cada vía ya que es un dato de entrada para utilizar la herramienta.
- **Conversión de puntos a líneas.** La resolución 1067 de 2015 exige que la mayoría de las capas estén en formato *LineString*¹⁶, por lo tanto se debe convertir las capas que se tomaron como tipo punto a polilíneas, para ello se utilizó la herramienta *Locate Features Along Routes* la cual localiza las características de una ruta en este caso la capa 01_TRAMOVIA, interceptando los puntos de otra capa a lo largo de la polilínea. De esta manera se obtiene un archivo tipo tabla con la información de la capa interceptada y adicionando una columna donde está la abscisa correspondientes a cada punto.

Dicha tabla se exporta en formato DBase a Excel para organizar la información según los atributos que exige la Resolución 1067 de 2015, adicionando dos columnas donde se especifique la abscisa inicial y final para cada dato.

¹⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 6. Numeral 6.3.1. Sistema de Referencia Espacial.

¹⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 6. Numeral 6.3.3. Tipos de Geometría.

Posteriormente se exporta el libro de Excel a ArcGIS, y con la herramienta *Display Route Events* se dibuja la capa con base en una ruta de referencia que en este caso corresponde al 01_TRAMOVIA donde se utiliza el abcisado para localizar la nueva capa justo sobre éste eje. De esta manera se obtiene una segmentación dinámica muy útil para analizar la información recolectada, ya que por ejemplo para la capa 03_SECCIONTRANSVERSAL se obtiene segmentos de línea donde se diferencian los anchos de sección encontrados en una misma vía, o los diferentes tipos de superficie.

- **Capa de paramentos.** Para la capa 20_PARAMENTO se realizaron unas paralelas de la capa 01_TRAMOVIA con el fin de independizar la información de los dos lados de la vía. Cada línea de paramento contiene la información obtenida en campo, es decir los anchos de cuneta, andén, antejardín, la mitad del ancho de la calzada, y la mitad del separador teniendo en cuenta que para cada vía se debe dividir la calzada y el separador para los dos lados.

Todos estos datos se compilan en un atributo llamado PARAMENTO que corresponde a la sumatoria de los anchos ya descritos. Adicionalmente se incluyeron los atributos de estrato y uso predial¹⁷ para cada segmento, con el fin de complementar la información obtenida en campo.

6.3.2 Evaluación del uso del suelo según lo establecido en el POT y zonas de protección. Para esta evaluación inicialmente se registraron durante el trabajo de campo y con ayuda de unos mapas impresos, los predios cuyo uso es diferente al residencial.¹⁸ Posteriormente se adicionó esta información a la capa predial, junto con los datos de uso predial y estrato, lo cual fue esencial para realizar la comparación de lo encontrado en campo y lo registrado en la Alcaldía.

¹⁷ Los datos de estrato y uso predial fueron suministrados por la alcaldía en un archivo Excel organizados según el código predial.

¹⁸ Los mapas impresos contenían los polígonos de cada predio los cuales se obtuvieron del Shapefile “predial” suministrado por la alcaldía de Tunja.

Adicionalmente se revisaron los diferentes mapas incluidos en el Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja¹⁹, con el fin de verificar el uso de suelo según lo establecido en la normatividad.

Figura 11. Escáner mapa usado para recolectar la información de uso predial en campo.



Fuente: Elaboración propia

¹⁹ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja con las modificaciones realizadas mediante el Acuerdo 016 de 2014.

7. ESTRUCTURACIÓN BASE DE DATOS GEORREFERENCIADA

La estructuración de la base de datos georreferenciada se realizó siguiendo los lineamientos de la resolución 1067 de 2015. Sin embargo las capas que se levantaron y que no están contenidas dentro de la resolución se organizaron de la siguiente manera:

7.1 CAPA DE PARAMENTOS

Esta capa es de tipo *LineString* se dispone en líneas paralelas a la capa 01_TRAMOVIA que se deben segmentar por cada predio y el abcisado se realiza de sur a norte y de oriente a occidente. Se deben crear un shapefile para cada lado con las siguientes características:

Tabla 6. Características capa paramentos

Nombre	Tipo de geometría	Sistema de coordenadas	Lado	Sentido
20_PARAMENTO_L1_PAR	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Derecho	Sur a Norte y Oriente a Occidente
20_PARAMENTO_L2_IMPAR	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Izquierdo	Sur a Norte y Oriente a Occidente

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los atributos de la capa en la Tabla 7 se describe el componente alfanumérico que debe llevar cada Shapefile de paramentos. Esta capa se adiciona a la geodatabase de la zona sur baja de Tunja (Anexo D), junto con la información exigida por la resolución 1067 de 2015.

Tabla 7. Componente alfanumérico de la capa de paramentos

Nombre del atributo	Tipo	Detalles
CODIGO VIA	Texto	Nomenclatura actual de las vías según el Shapefile “Malla Vial Proyectada” Oficina de Planeación de Tunja.
CODIGO ENT	Texto	Nomenclatura propuesta para las vías según el Shapefile “Malla Vial Proyectada” Oficina de Planeación de Tunja.
FECHA	Texto	Fecha de captura del dato en formato AAAA-MM-DD
NOMBRE	Texto	Nombre de la vía
BARRIO	Texto	Nombre del barrio al que pertenece la vía
SECTOR	Texto	Nombre del sector
PRINI	Numérico	Kilómetro inicial
DISTPRINI	Numérico	Metros después del kilómetro inicial
PRFIN	Numérico	Kilómetro final
DISTPRFIN	Numérico	Metros después del kilómetro final
LONGITUD	Numérico	Longitud tridimensional de la línea en metros
ANCHOSEP	Numérico	Mitad del ancho del separador de la vía en caso de que exista en metros
ANHOCAL	Numérico	Mitad del ancho de la calzada en metros
ANHOBERMA	Numérico	Ancho de la berma en metros
ANCHOCUNET	Numérico	Ancho de la cuneta en metros
ANCHOANDEN	Numérico	Ancho del andén en metros
ANCHOANTEJ	Numérico	Ancho del antejardín en metros
PARAMENTO	Numérico	Sumatoria de ANCHOSEP + ANHOCAL + ANHOBERMA + ANHOCUNET + ANCHOANDEN + ANCHOANTEJ
ESTRATO	Numérico	Estrato de los predios al lado de la vía según las bases de datos de la alcaldía
USO_PREDIA	Texto	Abreviatura uso de los predios al lado de la vía: LO – Lote, RE – Residencial, PC – Predio comercial, PS – Predio de servicios, PI – Predio industrial, EP – Empresa pública, PF – Entidad financiera, MI – Mixto.
OBSERVACION	Texto	Observaciones que se deseen reportar
DEPARTAM	Numérico	Código DANE del departamento
MUNICIPIO	Numérico	Código DANE del municipio

Fuente. Elaboración propia

7.2 USO DEL SUELO

El análisis de uso de suelo se realizó con archivos en formato *Raster* con el fin de utilizar la herramienta *Map Algebra* de ArcGIS para obtener los resultados. El tamaño de la celda es de 1 metro, el sistema de coordenadas es MAGNA Colombia Bogotá y los valores de los pixeles comprenden números primos según lo que se especifica en la Tabla 8. La categoría representa si el *Raster* es un resultado final o un archivo inicial para realizar el análisis.

Tabla 8. Valores de los pixeles para análisis de uso de suelo zona sur baja de Tunja

Nombre	Descripción	Categoría	Detalles de los pixeles
Amenaza de inundación	Raster que se obtiene a partir del mapa "05_Amenaza por inundación Urbana" comprendido dentro del POT de Tunja (Decreto 241 de 2014)	Inicial	2 – Amenaza alta de inundación 3 – Amenaza media de inundación 5 – Amenaza baja de inundación
Clasificación del suelo urbano	Raster que se obtiene a partir del mapa 01_Clasificación del suelo Urbano, comprendido dentro del POT de Tunja (Decreto 241 de 2014)	Inicial	2 – Corredor vial sub-urbano 3 – Corredor vial sub-urbano industrial 5 – Suelo urbano 7 – Protección
Uso predial alcaldía	Raster que contiene la información de los usos prediales de la base de datos de la alcaldía	inicial	2 – Predio de servicios (PS) 5 – Lote (LO) 7 – Predio comercial (PC) 11 – Residencial (RE)

Fuente. Elaboración propia

Tabla 8. Valores de los pixeles para el análisis de uso de suelo zona sur baja de Tunja (continuación)

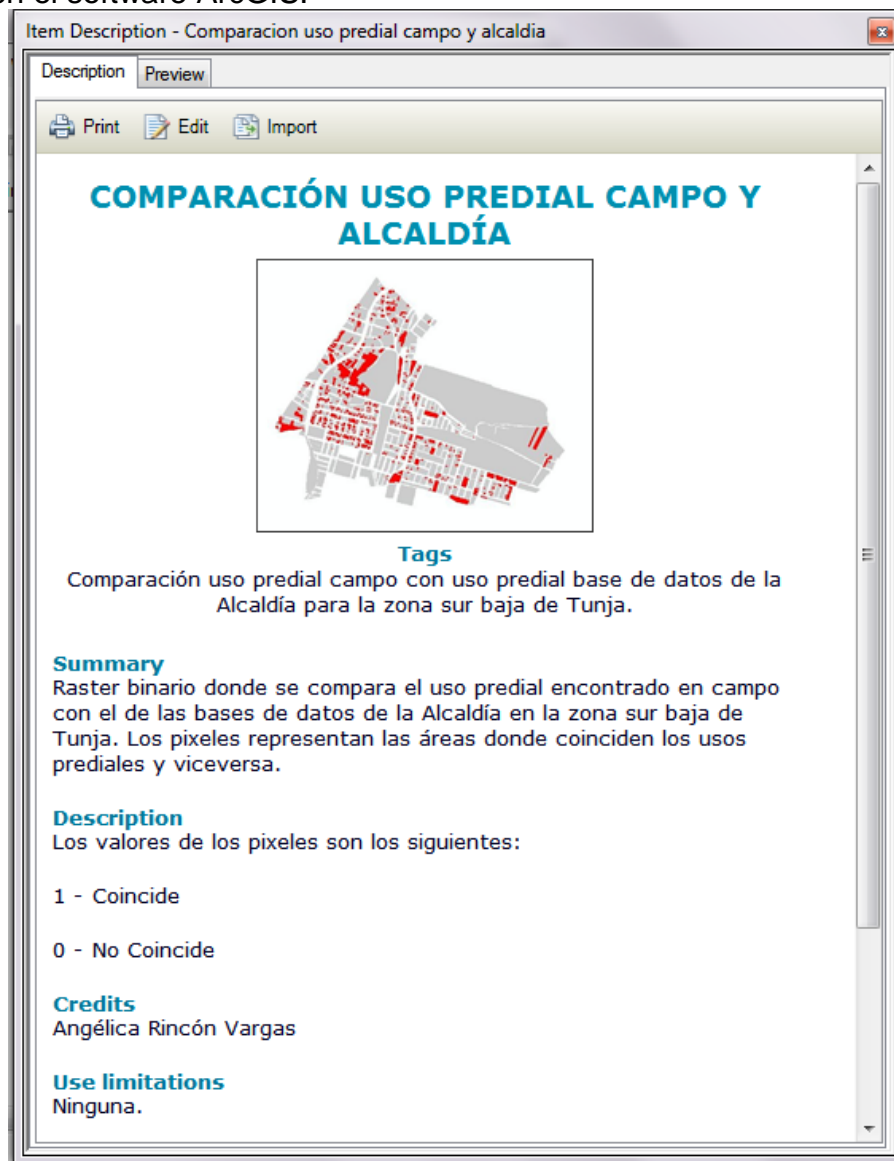
Nombre	Descripción	Categoría	Detalles de los pixeles
Uso predial campo	Raster que contiene los usos prediales encontrados en campo	Inicial	13 – Comercial 17 – Industrial (talleres de mecánica, ornamentación y carpinterías pequeñas) 19 – Educativo 23 – Parques 29 – Lotes 31 – Residencial 37 – CAI 41 – Antena 43 – Pozo proactiva 47 – Iglesia 53 – Parqueadero 59 – Salud
Comparación con suelos de protección	Raster binario que describe la comparación entre el uso predial tomado en campo y los suelos de protección del Raster Clasificación del suelo urbano	Final	0 – Áreas de conflicto 1 – Áreas que coincide
Comparación uso predial campo y alcaldía	Raster binario que describe la comparación entre el uso predial encontrado en campo y el uso predial de la base de datos de la alcaldía.	Final	0 – No coincide 1 – Coincide
Comparación zonas de inundación	Raster binario que describe la comparación entre el uso predial encontrado en campo y las zonas con amenaza alta de inundación.	Final	0 – Áreas de conflicto 1 – Áreas que coincide
Lotes habitables	Raster binario que describe los predios que se encuentran sin ningún tipo de construcción y que no están sobre suelos de protección, ni con amenaza alta de inundación o erosión, es decir los lotes habitables.	Final	0 – Zonas ya construidas o no habitables 1 – Lotes habitables

Fuente. Elaboración propia

Para llegar a los *Raster* finales que describen las comparaciones realizadas en cuanto al uso del suelo, se utilizaron las herramientas de ArcGIS *Map Algebra* y

Reclassify, cuyo procedimiento se especifica en el capítulo de resultados. Los *Raster* mencionados en la Tabla 8 se adicionan a la geodatabase de la zona sur baja de Tunja (Anexo D). Adicionalmente para cada uno de los *Shapefiles* y *Raster* que conforman la geodatabase se generaron metadatos con el fin de que los usuarios puedan visualizar la descripción de cada capa directamente desde el software ArcGIS (ver Figura 12)

Figura 12. Metadatos generados para el *Raster* comparación uso predial campo y alcaldía en el software ArcGIS.



Fuente. Elaboración propia

8. RESULTADOS

8.1 SECCIÓN TRANSVERSAL

En total se georreferenciaron 22,419 Km de vía correspondiente a los barrios Altos de Cooservicios, Urbanización Cooservicios, Santa Marta, Portal de Otoño, Sol de Oriente, Urbanización Bochica, Doña Eva, Urbanización Bachue, Ciudadela Sol de Oriente, El Jordán, Tunjuelito, Santiago de Tunja y Nazaret. Para especificar el tipo de superficie encontrada la resolución 1067 de 2015²⁰ establece cinco clasificaciones: 1-Destapado, 2-Afirmado, 3-Pavimento Asfáltico, 4-Tratamiento Superficial, 5-Pavimento Rígido, dentro de las calles georreferenciadas se encontraron vías en adoquín, por lo tanto se agrega a la clasificación el numeral 6-Pavimento Articulado.

Tabla 9. Tipo de superficie de la zona sur baja de Tunja.

TIPO DE SUPERFICIE	LONGITUD (Km)	PORCENTAJE (%)
DESTAPADO	0,87	3,91%
AFIRMADO	2,16	9,67%
PAVIMENTO ASFALTICO	16,21	72,34%
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	0,01	0,04%
PAVIMENTO RÍGIDO	3,08	13,75%
PAVIMENTO ARTICULADO	0,06	0,29%
TOTAL	22,41	100,00%

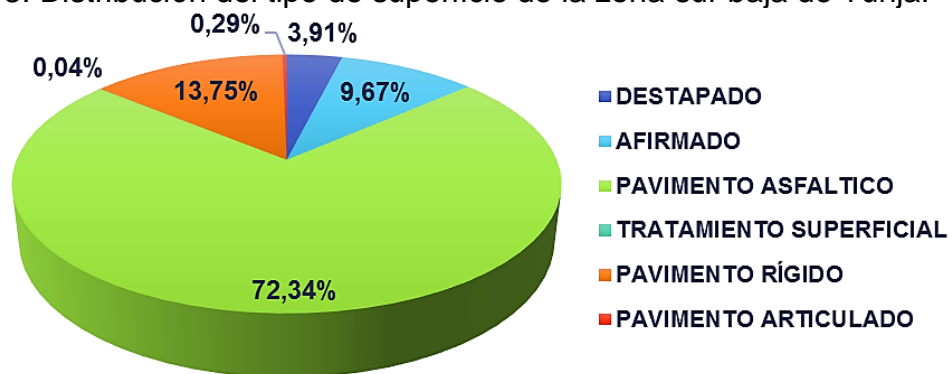
Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la Tabla 9 el 72,34% de las vías se encuentran en pavimento asfáltico y el 13,75% en pavimento rígido, lo que es concordante teniendo en cuenta que son vías urbanas. Sin embargo hay 3,91% de vías en destapado y 9,67% de vías en afirmado, lo que puede implicar malestar en la comunidad debido a que al estar sin pavimentar aumentan la cantidad de partículas

²⁰ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 5. Numeral 5.1.3. 03_SECCIONTRANSVERSAL.

contaminantes levantadas al pasar los vehículos por dichas calles disminuyendo así la calidad de vida de las personas, sin embargo la mayor parte de éstas vías se encuentran junto a predios que aún no han sido habitados o están al lado de la vía férrea, lo que puede justificar el hecho de que se encuentren sin pavimentar. El 0,29% de vías en pavimento articulado corresponde a pasos peatonales en adoquín. En el Anexo A. Mapa 3 tipos de superficie vías zona sur baja de Tunja, se observa el tipo de superficie para cada vía.

Figura 13. Distribución del tipo de superficie de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los anchos de calzada se encontró que varían desde los 0,80 m hasta 13,60 m, la mayoría de las vías miden entre 3,00 y 8,90 m que es lo más común para vías que dividen manzanas. Dentro de la zona Sur Baja no se hallaron avenidas, sin embargo algunas vías tenían separador por lo que se caracterizan como de doble calzada²¹. En la Tabla 10 se especifica los anchos de vía hallados.

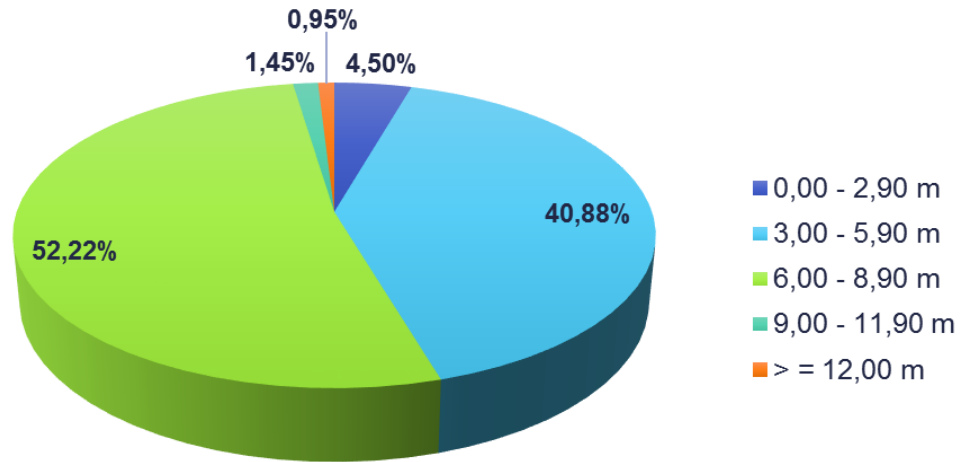
Tabla 10. Anchos de calzada encontrados en la zona sur baja de Tunja.

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD (Km)	PORCENTAJE (%)
0,00 - 2,90 m	1,01	4,50%
3,00 - 5,90 m	9,17	40,88%
6,00 - 8,90 m	11,71	52,22%
9,00 - 11,90 m	0,33	1,45%
> = 12,00 m	0,21	0,95%
TOTAL	22,42	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

²¹ Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras la sección transversal típica en vías de doble calzada tiene separador. Figura 5.1a pág. 148.

Figura 14. Anchos de calzada de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo A. Mapa 4 anchos de calzada vías zona sur baja de Tunja se observa los anchos de calzada correspondientes a cada vía georreferenciada, así como la ubicación de los separadores y puentes en esta zona.

8.2 TIPO TERRENO

La capa 05_TIPOTERRENO se creó con base en la capa 01_TRAMOVÍA la cual se convirtió a puntos y con la información de elevación de cada punto se hicieron perfiles longitudinales para posteriormente calcular la pendiente del terreno mediante la siguiente ecuación:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} * 100$$

Donde: m es la pendiente longitudinal del terreno en porcentaje.
 Y_1 y Y_2 son las alturas de los puntos inicial y final respectivamente.
 X_1 y X_2 son las distancias longitudinales de los puntos inicial y final respectivamente.

Adicionalmente se clasificó cada tramo de vía en los cuatro tipos de terreno descritos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras²², plano para pendientes menores al 3,00%, ondulado de 3,00% - 6,00%, montañoso de 6,00% - 8,00% y escarpado para pendientes superiores al 8,00%.

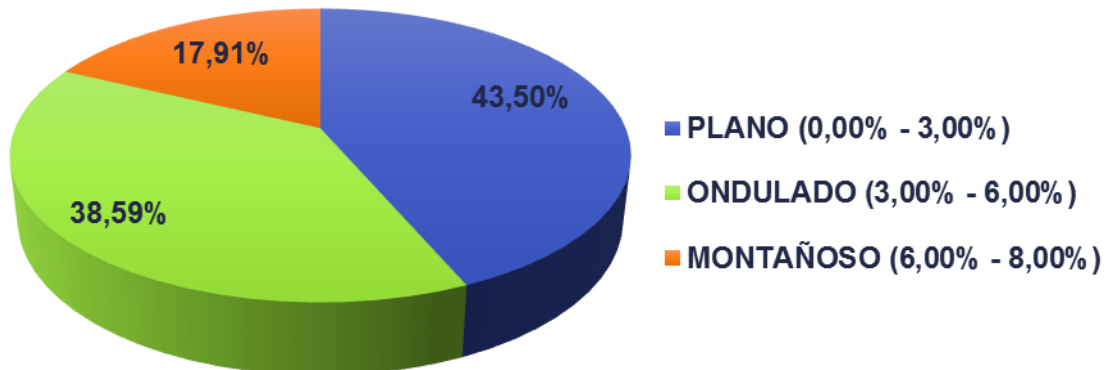
Tabla 11. Tipo de terreno de la zona sur baja de Tunja.

TIPO DE TERRENO	LONGITUD (Km)	PORCENTAJE (%)
PLANO (0,00% - 3,00%)	9,75	43,50%
ONDULADO (3,00% - 6,00%)	8,65	38,59%
MONTAÑOSO (6,00% - 8,00%)	4,02	17,91%
TOTAL	22,42	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las vías de la zona sur baja de Tunja presentan tipos de terreno Planos y Ondulados, por lo tanto se puede considerar que la zona es principalmente plana.

Figura 15. Tipo de terreno de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo A. Mapa 5 tipo terreno vías zona sur baja de Tunja se puede observar la distribución de pendientes para cada vía georreferenciada. Las pendientes más altas se encuentran en las vías que llegan a la Avenida Oriental.

²² INTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 1.2. Clasificación de carreteras. 1.2.2. Según el tipo de terreno.

8.3 DAÑOS

La resolución 1067 de 2015 establece que se deben crear 3 capas de daños: 16_DANOFLEXIBLE, 17_DANORÍGIDO, 19_DANO AFIRMADO. Adicionalmente se debe crear un atributo denominado CODDANO donde se asigna un código a cada daño dependiendo de su tipo.

Tabla 12. Códigos de los daños para cada capa según resolución 1067 de 2015.

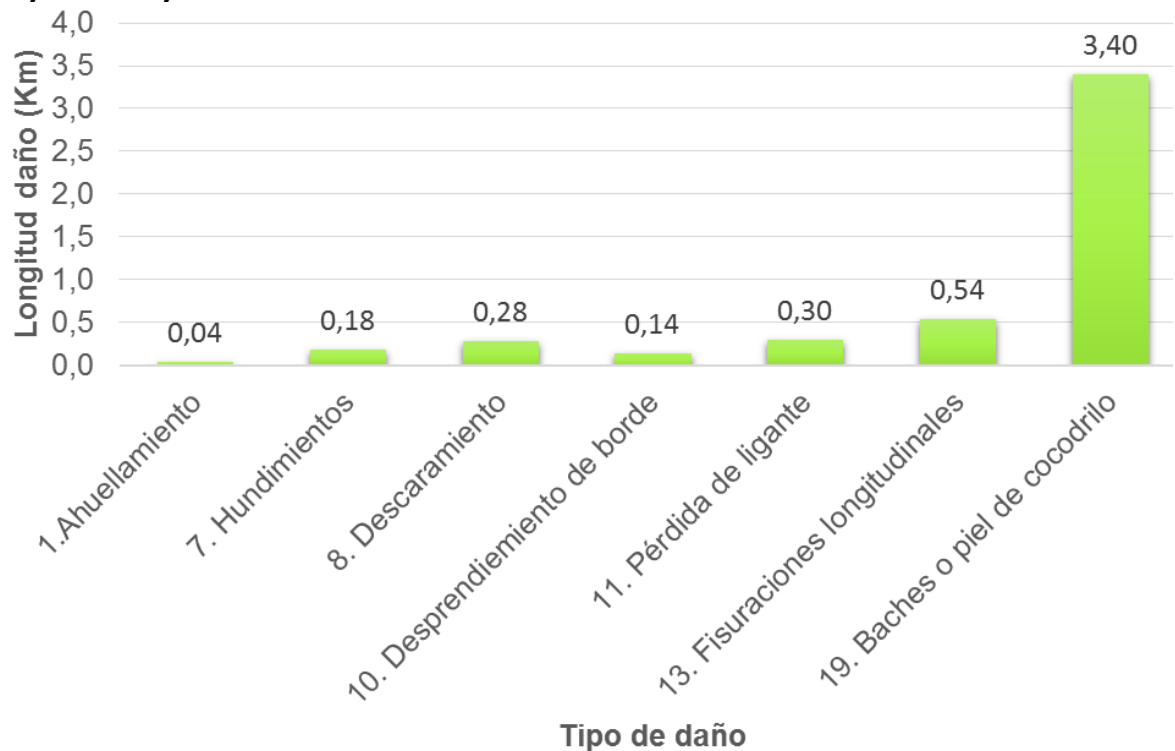
DAÑO FLEXIBLE	DAÑO RÍGIDO	DAÑO AFIRMADO
1. Ahuellamiento promedio (mm)	1. Grietas de esquina (m)	1. Baches
2. Asentamiento transversal (mm)	2. Grietas longitudinales (m)	2. Áreas erosionadas
3. Asentamiento transversal (m ²)	3. Grietas transversales (m)	3. Ondulaciones o rizados
4. Abultamientos (m ²)	4. Grietas en los extremos de los pasadores (m)	4. Ahuellamiento
5. Desplazamiento de borde (m ²)	5. Grietas en bloque o fracturación múltiple (m ²)	
6. Deformaciones en media luna (m ²)	6. Grietas en pozos o sumideros (m ²)	
7. Depresiones o hundimientos (m ²)	7. Separación de juntas longitudinales (m)	
8. Descaramiento (m ²)	8. Daños en juntas deterioro del sello (m)	
9. Desprendimientos ojo de pescado (m ²)	9. Desportillamiento de juntas(m ²)	
10. Desprendimiento de borde (m ²)	10. Deterioro superficial descaramiento (m ²)	
11. Pérdida de ligante (m ²)	11. Deterioro superficial desintegración (m ²)	
12. Pérdida de agregados (m ²)	12. Deterioro superficial baches (m ²)	
13. Fisuras longitudinales (m ²)	13. Deterioro superficial pulimiento (m ²)	
14. Fisuras transversales (m ²)	14. Deterioro superficial escalonamiento de juntas (unidad ⁹)	
15. Fisuras media luna (m ²)	15. Deterioro superficial levantamiento localizado (m).	
16. Fisuras de junta (m ²)	16. Deterioro superficial parches (m ²).	
17. Fisuras parabólicas (m ²)	17. Hundimientos y asentamientos	
18. Fisuras en bloque (m ²)	18. Fisuración por retracción o tipo malla (m ²)	
19. Fisuras piel de cocodrilo (m ²)	19. Fisuración por durabilidad (m ²)	
19. baches (m ²)	20. bombeo (m)	
20. Otros daños cabezas duras (m ²)	21. Ondulaciones (m ²)	
21. Pulimiento (m ²)	22. descensos de berma (m)	
22. Exudación (m ²)	23. Separación entre la berma y el pavimento (m)	
23. Afloramiento (m ²)		
24. Surcos (m ²)		

Fuente: Elaboración propia.

Hay que resaltar que la resolución 1067 de 2015 no establece la gravedad de los daos, por lo tanto se tomaron los datos de las vías que presentaron daños pero no se realizó una evaluación de la gravedad de los mismos.

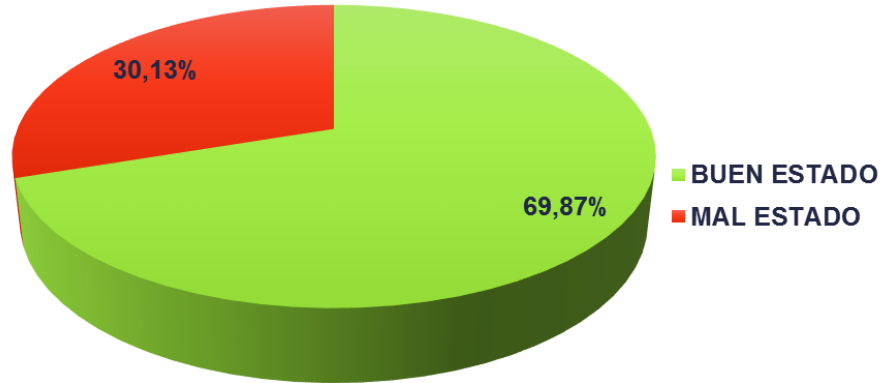
8.3.1 Daños en pavimento flexible. En total son 16,21 Km de vías en pavimento asfáltico, de los cuales el 68,87% se encuentran en buen estado mientras que el 30,13% está en mal estado. Dentro de los daños encontrados están 1-Ahuellamiento, 7-Hundimientos, 8-Descaramiento, 10-Desprendimiento de borde, 11-Pérdida de ligante, 13-Fisuraciones longitudinales, 19-Baches o piel de cocodrilo. La mayoría de los daños son de tipo baches o piel de cocodrilo como se ve en la Figura 16.

Figura 16. Tipos de daños presentados en el pavimento flexible de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Estado del pavimento flexible de la zona sur baja de Tunja

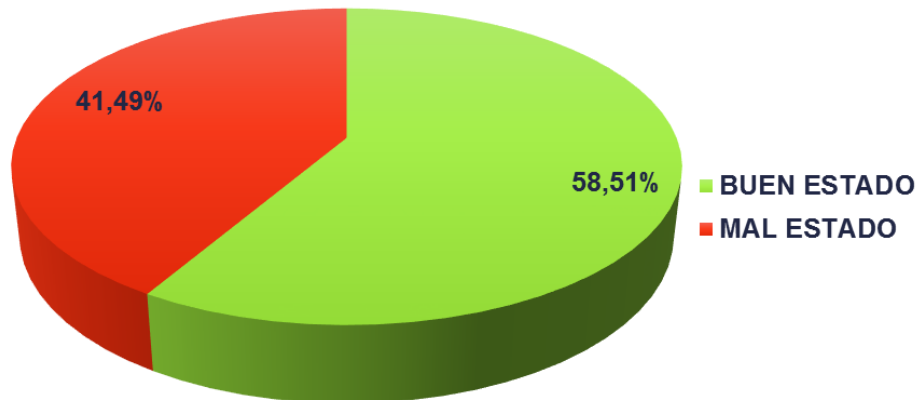


Fuente: Elaboración propia.

El 30,13% de vías que presentan daños corresponde solo a 4,89 Km, por lo tanto se puede decir que las vías en pavimento flexible de la zona sur baja de Tunja están en buen estado, además cabe resaltar que la mayor parte de las vías de esta zona son en pavimento flexible, por lo tanto haciendo un balance general se puede decir que se presentan pocos daños.

8.3.2 Daños en pavimento rígido. Para el caso del pavimento rígido son 3,08 Km en este tipo de superficie, el 41,49% del pavimento está en mal estado presentándose daños de tipo: 5-Grietas en bloque, 11-Desintegración, 12-Baches, 14-Escalonamiento de juntas, 18-Fisuración tipo malla, 19-Fisuración por durabilidad.

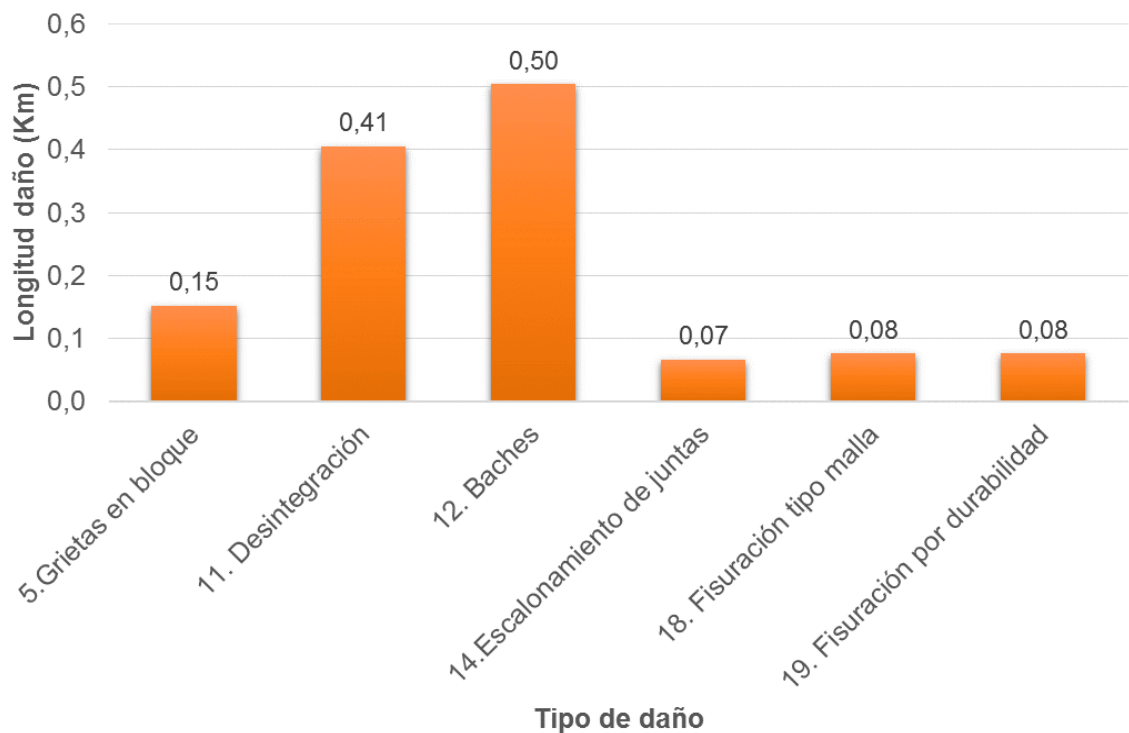
Figura 18. Estado del pavimento rígido de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de los daños son desintegración y baches como se observa en la Figura 19, aunque solamente 3,08 Km de la zona sur baja están en pavimento rígido, el 41,49% corresponde a 1,28 Km que es un poco menos de la mitad, por lo tanto el pavimento rígido de la zona sur baja no se puede decir que está en buen estado, sin embargo constituye una mínima parte en comparación al total de las vías georreferenciadas.

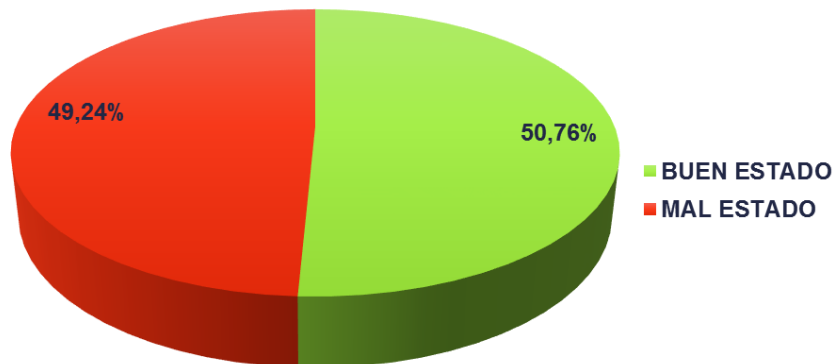
Figura 19. Tipos de daños presentados en el pavimento rígido de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

8.3.3 Daños en afirmado. El 49,24% de éstas vías se encuentran en mal estado, ya que presentan áreas erosionadas, las vías en afirmado constituyen 2,16 Km de los cuales 1,07 Km están en mal estado (ver Figura 20). Estas vías generan inconformidad a la comunidad debido a que al ser un área urbana la población espera que la totalidad de la malla vial esté pavimentada, sin embargo también son una mínima parte en comparación a la totalidad de kilómetros de vía georreferenciados.

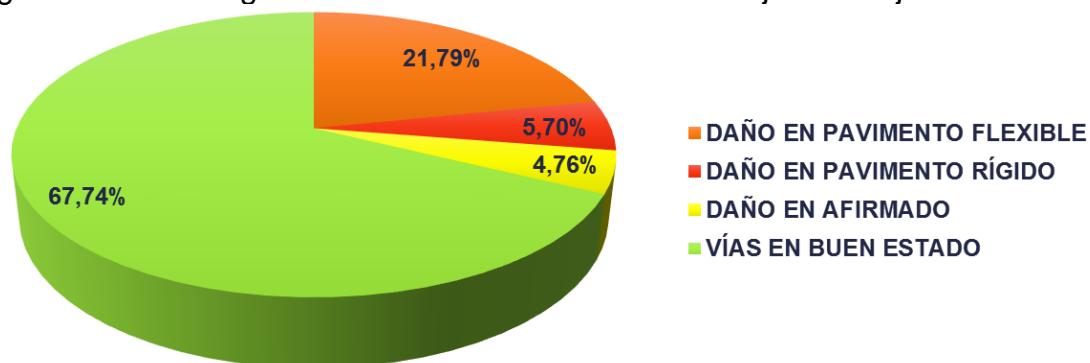
Figura 20. Estado de las vías en afirmado de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar un balance general de los daños encontrados en las vías de la zona sur baja de Tunja, se encontró que el 67,74% se encuentran en buen estado como se observa en la Figura 21. El mayor porcentaje de daños se presenta en el pavimento flexible con 21,79%, por lo tanto para mejorar el estado de la malla vial de esta zona se recomienda intervenir los daños en pavimento asfáltico antes de realizar la pavimentación de las vías en afirmado o destapado. En general la malla vial de la zona no necesita muchas intervenciones, por lo tanto se podría evaluar casos puntuales donde la comunidad no está conforme o revisar otras zonas de la ciudad que necesiten más recursos para el arreglo de sus vías. Por último en la Tabla 13 se especifican los kilómetros de vía de la zona sur baja que presentan daños.

Figura 21. Estado general de las vías de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Estado general de las vías de la zona sur baja de Tunja

TIPO DE DAÑO PRESENTADO EN LAS VÍAS	LONGITUD (Km)	PORCENTAJE (%)
DAÑO EN PAVIMENTO FLEXIBLE	4,89	21,79%
DAÑO EN PAVIMENTO RÍGIDO	1,28	5,70%
DAÑO EN AFIRMADO	1,07	4,76%
VÍAS EN BUEN ESTADO	15,18	67,74%
TOTAL VIAS GEORREFERENCIADAS	22,42	100,00%

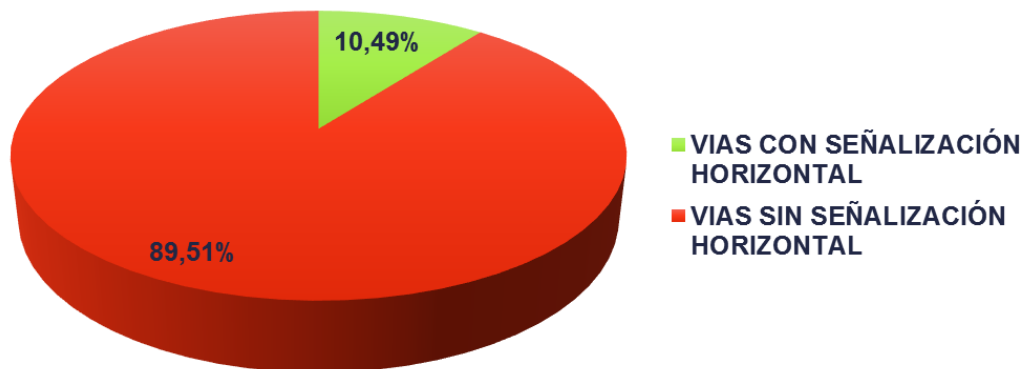
Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo A. Mapa 6 daños en vías de la zona sur baja de Tunja, se pueden observar específicamente cuales vías de la zona presentan daños.

8.4 SEÑALIZACIÓN

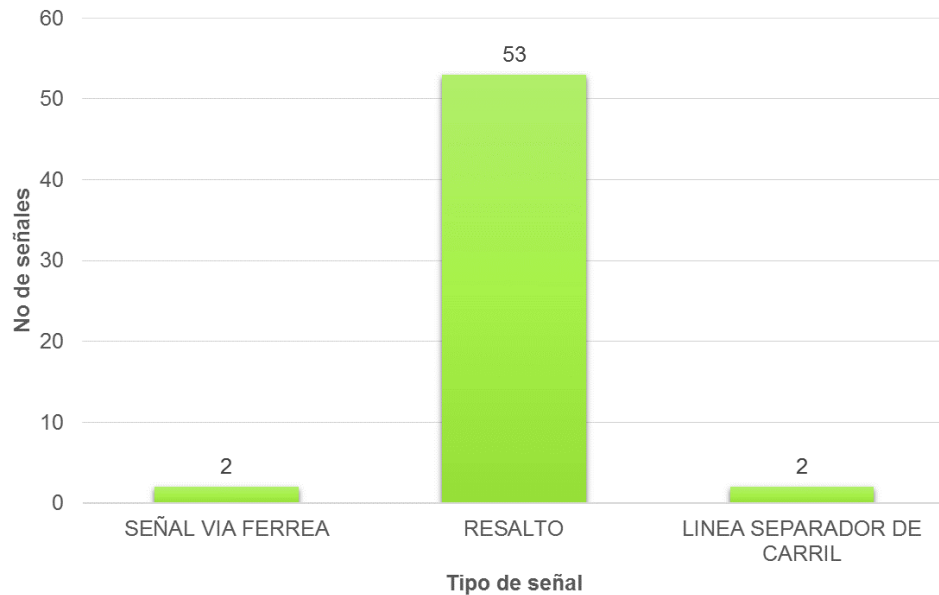
En total se georreferenciaron 162 vías de las cuales tan solo el 10,49% tienen señalización horizontal, que en su mayoría corresponde a resaltos como se observa en la Figura 23. En general para una zona con poco flujo vehicular se puede considerar que no es tan necesario la señalización horizontal, pero en la zona sur baja de Tunja existen vías con gran afluencia de vehículos como el caso de las que conectan los distintos barrios con la avenida oriental, por lo tanto hay que considerar que algunas vías necesitan mayor señalización para otorgar mayor seguridad al peatón.

Figura 22. Señalización horizontal de las vías de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Tipos de señalización horizontal encontrada en la zona sur baja de Tunja.



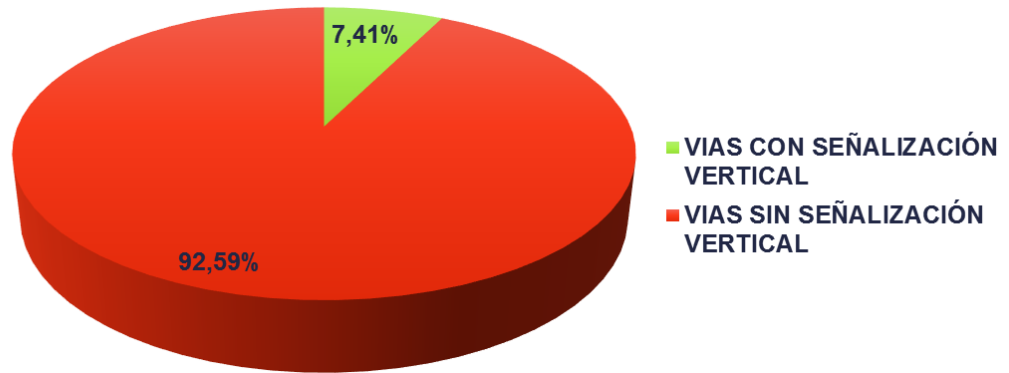
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la señalización vertical la resolución 1067 de 2015 establece unos códigos según el tipo de señal²³, se encontró que tan solo el 7,41% de las vías georreferenciadas tienen señalización vertical. En la Figura 25 se observa que la mayoría de las señales encontradas corresponden a PARE y Paradero, sin embargo dentro de la señalización horizontal se encontraron 53 resaltos los cuales según el manual de señalización debería haber una señal vertical para advertir al conductor de la proximidad del resalto²⁴, pero solamente se hallaron 5 señales verticales preventivas de resalto, por lo tanto se deduce que es necesario realizar una revisión más detallada por parte de las entidades territoriales para que se evalúe la falta de señalización tanto vertical como horizontal en la zona sur baja de Tunja, ya que aunque son barrios principalmente residenciales, en algunas vías se presenta un considerable flujo vehicular que hace necesario una buena señalización en las vías.

²³ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 5. Numeral 5.1.15. 15_SENALVERTICAL.

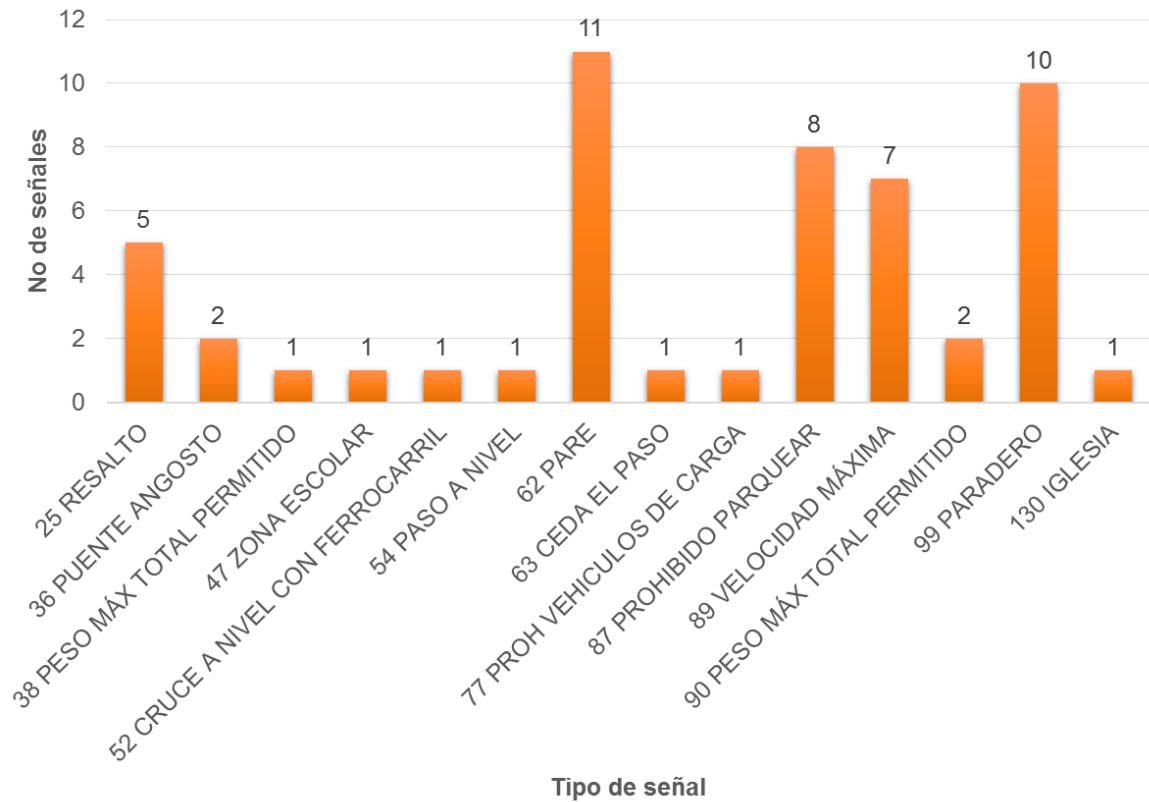
²⁴ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de Señalización Vial. 2004. Capítulo 2. Numeral 2.2.5. Clasificación y criterio para el uso de señales preventivas. SP-25. Resalto.

Figura 24. Señalización vertical de la zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Tipos de señalización vertical encontrados en la zona sur baja de Tunja.



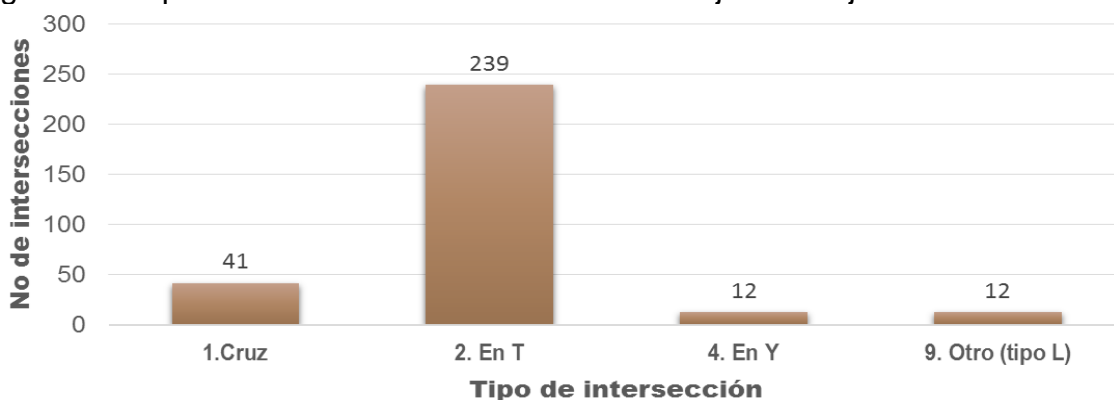
Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo A. Mapa 7 señalización vías zona sur baja de Tunja, se puede observar la ubicación de la señalización tanto vertical como horizontal.

8.5 INTERSECCIONES

La resolución 1067 de 2015 establece que las intersecciones se tomen como puntos y se les dé un atributo donde se especifique el tipo de intersección²⁵, que puede ser 1-Cruz, 2- En T, 3- En T con canalizaciones, 4- En Y, 5-Ortogonal, 6- Glorietas, 7-Tipo trompeta, 8-Tipo trébol, 9- Otro. Para el caso de la zona sur baja solo se encontraron 4 tipos de intersecciones como se observa en la Figura 26, donde la mayoría corresponde a intersecciones tipo T. En total se georreferenciaron 304 puntos correspondientes a ésta capa los cuales se pueden observar con más detalle en el *Anexo A. Mapa 8 intersecciones vías zona sur baja de Tunja*.

Figura 26. Tipos de intersecciones vías zona sur baja de Tunja.



Fuente: Elaboración propia.

8.6 USO DE SUELO

8.6.1. Uso predial. Inicialmente se realizó una evaluación del uso predial donde se comparó la información registrada en la base de datos de la alcaldía y la encontrada en campo. Para esto se utilizó la capa PREDIAL²⁶ que contiene los

²⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 5. Numeral 5.1.10. 10_INTERSECCIONES.

²⁶ Esta capa se obtuvo realizando un recorte al shapefile “predial” suministrado por la alcaldía, para analizar solamente la zona sur baja de Tunja.

polígonos de cada uno de los predios de la zona sur baja de Tunja. A esta capa se le adicionaron atributos con la información de estrato y uso predial obtenida de la base de datos de la alcaldía, así como los datos que se recopilamos en campo.

Para realizar el análisis primero se agregó a la tabla de atributos de la capa PREDIAL dos columnas donde se asignaron un número primo a cada tipo de clasificación de uso predial de cada polígono, según lo que se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Números primos agregados a la capa PREDIAL.

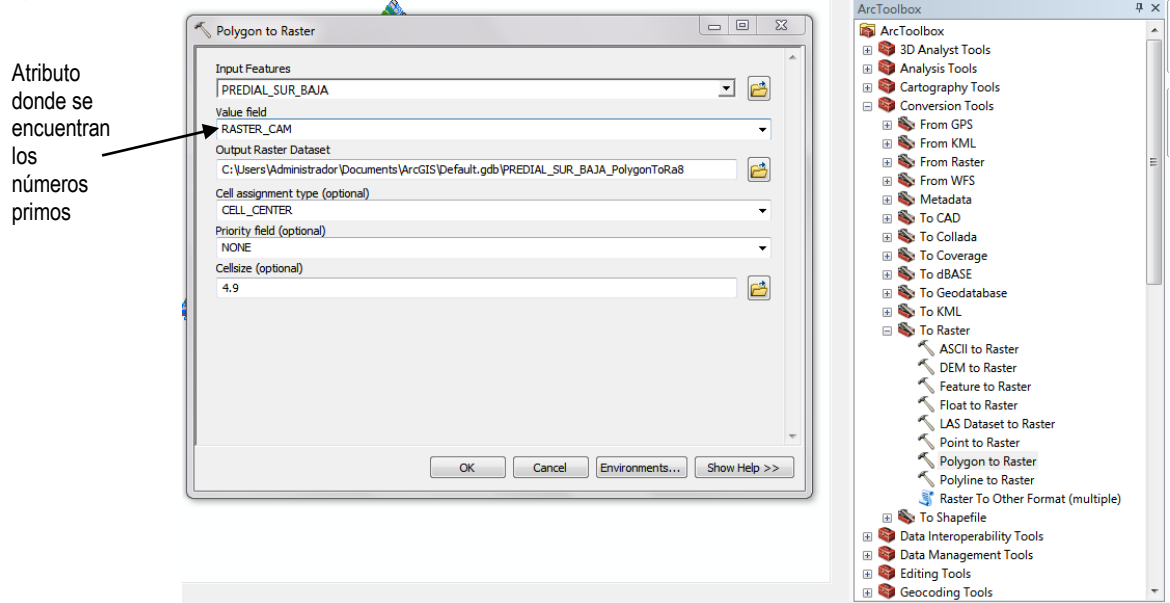
USO PREDIAL DE LA BASE DE DATOS ALCALDÍA	No. PRIMO	USO PREDIAL OBTENIDO EN CAMPO	No. PRIMO
Predio de Servicios (PS)	2	Comercial	13
Lote (LO)	5	Industrial*	17
Predio Comercial (PC)	7	Educativo	19
Residencial (RE)	11	Parques	23
		Lotes	29
		Residencial	31
		CAI	37
		Antena	41
		Pozo proactiva	43
		Iglesia	47
		Parqueadero	53
		Salud	59

*Predios donde hay talleres de mecánica, ornamentación y carpinterías pequeñas.

Fuente: Elaboración propia

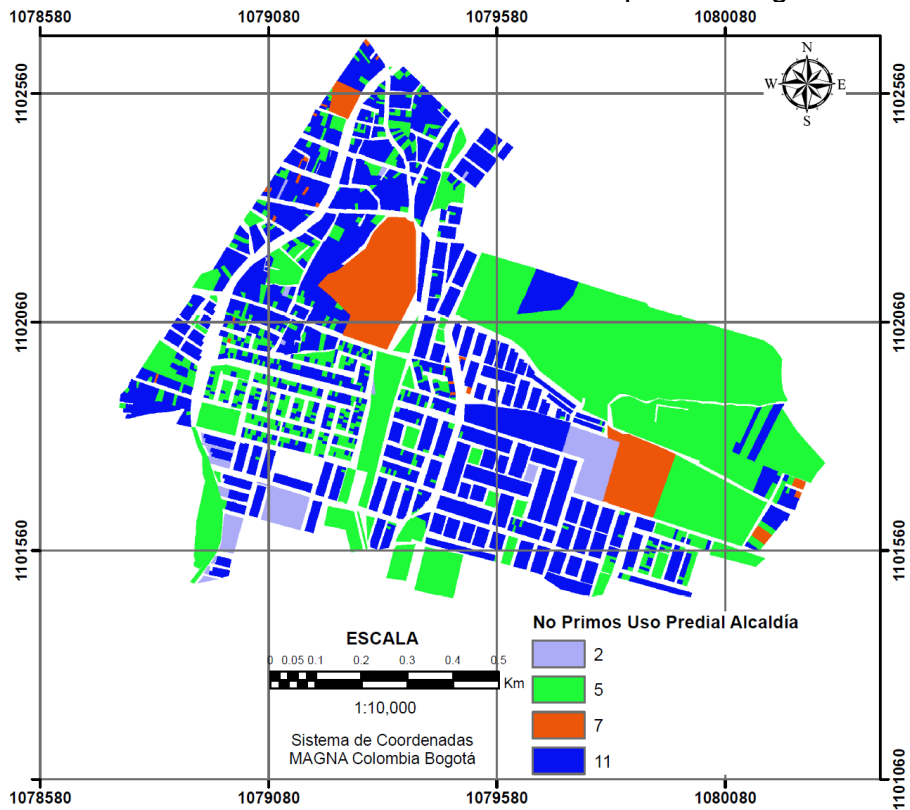
Posteriormente mediante la herramienta de ArcGIS que se encuentra en el *ArcToolbox* → *Conversion Tools* → *To Raster* → *Polygon to Raster*, se convirtió el Shapefile PREDIAL a Raster, tomando como base los números primos del uso predial de la base de datos de la alcaldía y los obtenidos en campo, por lo tanto el resultado final fueron dos Raster distintos.

Figura 27. Herramienta de ArcGIS Polygon to Raster



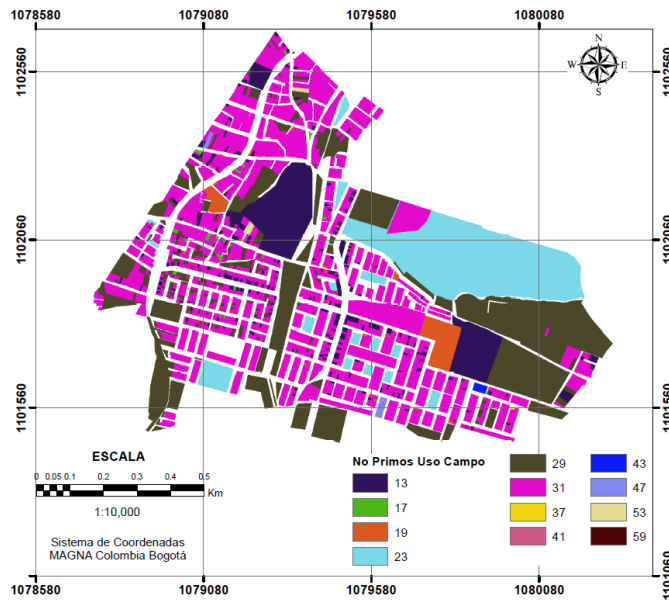
Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Raster Uso Predial Alcaldía con números primos asignados a cada uso



Fuente: Elaboración propia

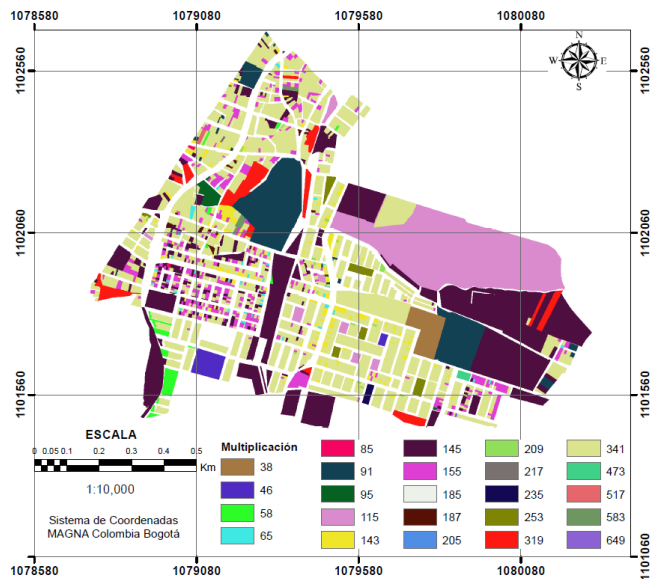
Figura 29. Raster Uso Predial Campo con números primos asignados a cada uso



Fuente: Elaboración propia

Después de obtener los dos Raster, se utiliza la herramienta *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Map Algebra* → *Raster Calculator* para multiplicar el Raster de uso predial alcaldía con el Raster uso predial campo.

Figura 30. Resultado multiplicación Raster Uso Predial Alcaldía con Raster Uso Predial Campo



Fuente: Elaboración propia

A partir del resultado de dicha multiplicación se puede evaluar cuáles son los predios cuyo uso del suelo tomado en campo coincide con la base de datos de la alcaldía. Para esto, se crea una matriz en Excel con el resultado de la multiplicación descrita anteriormente (Tabla 15) y se verifican los números donde coincide el uso predial tomado en campo con el uso predial de la alcaldía. Por ejemplo para el caso del número 38 corresponde al uso EDUCATIVO cruzado con el Predio de Servicios PS, es decir que se puede afirmar que en el Raster de la multiplicación los pixeles con número 38 son aquellos que coinciden los usos prediales tomados en campo con los de la alcaldía. Caso contrario para el número 65 que corresponde al cruce entre el uso COMERCIAL con el LOTE LO, donde evidentemente lo que en la alcaldía está registrado como Lote, en campo se encontró que es un predio comercial.

Tabla 15. Matriz de los resultados de multiplicar el Raster de uso predial tomado en campo con el Raster del uso predial de la Alcaldía.

	Uso predial base de datos Alcaldía	Predio de Servicios	Lote	Predio Comercial	Residencia
		PS	LO	PC	RE
Uso predial tomado en campo	No primo	2	5	7	11
COMERCIAL	13	26	65	91*	143
INDUSTRIAL	17	34	85	119*	187
EDUCATIVO	19	38*	95	133	209
PARQUES	23	46*	115*	161	253
LOTES	29	58*	145*	203	319
RESIDENCIAL	31	62	155	217	341*
CAI	37	74*	185	259	407
ANTENA	41	82*	205	287	451
POZO PROACTIVA	43	86*	215	301	473
IGLESIA	47	94*	235	329	517
PARQUEADERO	53	106	265*	371*	583
SALUD	59	118*	295	413	649

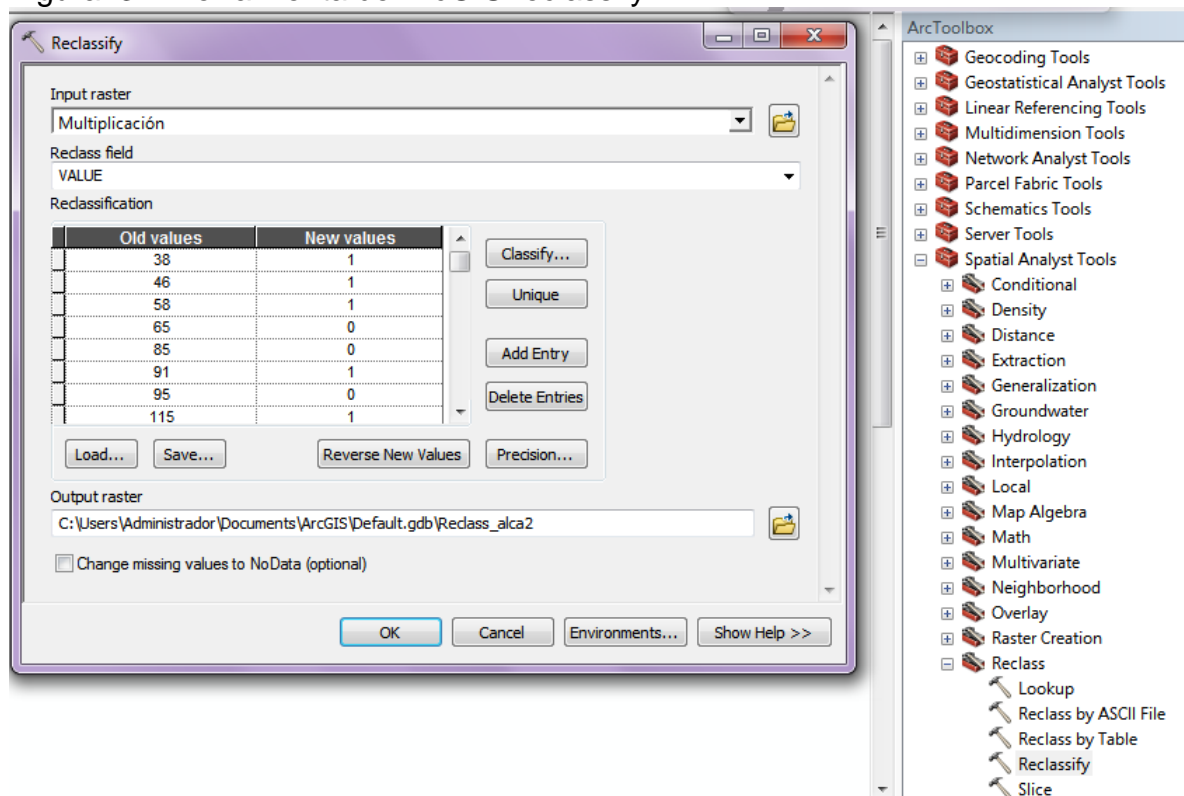
*Números donde coincide los usos tomados en campo con los de base de datos de la alcaldía.

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del número 119 correspondiente al cruce entre el uso INDUSTRIAL con el Predio Comercial PC, se tomó como si estuviera correcto debido a que la clasificación de uso INDUSTRIAL tomada en campo se le dio a los talleres de mecánica, ornamentación y carpinterías que principalmente son pequeñas, por lo tanto se puede decir que son un tipo de predios comerciales, ya que no constituyen industrias como tal.

Para poder ver los resultados de la comparación de una mejor forma, se utilizó la herramienta de ArcGIS ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify, donde al cargar el Raster obtenido de la multiplicación se puede clasificar cada tipo de pixel asignándole un nuevo valor, en este caso se le dio un valor de 1 a los números cuyos usos prediales de campo y de la base de datos de la alcaldía coinciden (Tabla 15) y un valor de 0 para aquellos que no coinciden.

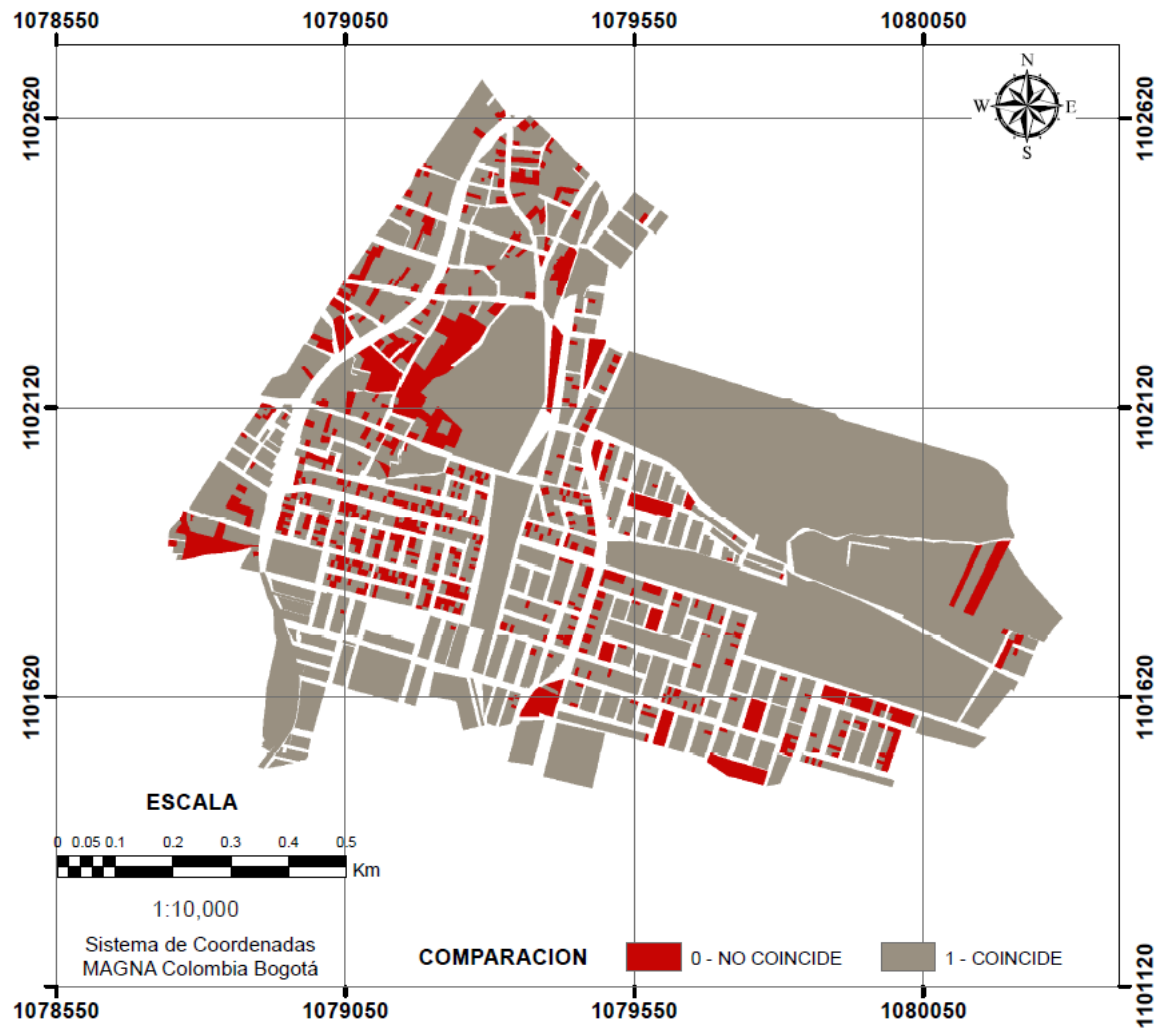
Figura 31. Herramienta de ArcGIS reclassify



Fuente: Elaboración propia

Como resultado final se obtiene un nuevo Raster donde solo existen dos clasificaciones, los predios cuyo uso predial tomado en campo coincide con la base de datos de la alcaldía, y aquellos donde hay un conflicto entre las dos clasificaciones (ver Figura 32). Posteriormente mediante la herramienta *ArcToolbox* → *Conversion Tools* → *From Raster* → *Raster to Polygon* se vuelve a convertir el Raster ya reclasificado en polígono para poder ver exactamente el valor del área de las zonas que presentan conflictos.

Figura 32. Raster final comparación uso predial tomado en campo con el uso predial de la base de datos alcaldía.



Fuente: Elaboración propia

Al realizar la revisión de las zonas que presentan conflictos, se encontró que el 86,76% de los predios coincide el uso predial tomado en campo con la base de datos de la alcaldía. Sin embargo se observó un porcentaje del 13,24% de inconsistencias tan solo para la zona sur baja de Tunja, por lo tanto es necesario realizar una actualización de dicha información con el fin de tener una mayor certeza de los usos prediales, ya que el éxito de las decisiones tomadas al utilizar este tipo de información recae en la importancia de que los datos sean una representación confiable de la realidad, por lo tanto teniendo en cuenta que sólo se hizo el análisis de aproximadamente un 10% de la ciudad es necesario que las entidades competentes presten atención en la actualización de dicha información.

Tabla 16. Porcentaje de coincidencia entre el uso predial tomado en campo y el uso predial de la alcaldía

USO PREDIAL	AREA TOTAL (m ²)	PORCENTAJE (%)
NO COINCIDE	101997,085	13,24%
COINCIDE	668631,334	86,76%
TOTAL	770628,419	100,00%

Fuente: Elaboración propia

8.6.2 Suelos de protección según el Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja (POT). Según el POT los suelos de protección en áreas urbanas corresponden a áreas forestales como rondas de los ríos, humedales, quebradas y pozos, estaciones de bombeo de pozos profundos, áreas de amenaza alta por erosión hídrica superficial y subsuperficial y áreas de amenaza alta por inundación y encharcamiento²⁷. Para realizar la comparación con el uso predial encontrado en campo correspondiente a la zona sur baja de Tunja, se utilizaron los mapas anexos al POT *01_Clasificación del Suelo* que contiene la información de la ronda de los ríos, la ronda de la vía férrea y las áreas de amenaza por erosión urbana

²⁷ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja. Capítulo 2 Clasificación del suelo. Art. 29 suelos de protección.

alta, y el mapa *05_Amenaza por inundación urbano y encharcamiento* de donde se obtiene las áreas con amenaza alta por inundación.

Para obtener las zonas de conflicto entre el uso del suelo establecido en el POT con el uso predial encontrado en campo se utilizó la misma metodología descrita anteriormente convirtiendo los Shapefiles a Raster para facilitar el análisis. Adicionalmente el POT establece los usos que se le debe dar a los suelos de protección²⁸, lo cual se describe en la Tabla 17.

Tabla 17. Definiciones y uso de suelo que se le da a las áreas de protección según el POT.

Tipo de uso	Definición	Uso para suelos de protección
Uso principal	Es el uso deseable que coincide con la función específica de la zona y que ofrece las mayores ventajas.	Conservación de suelos y protección, restauración de la vegetación adecuada para la protección de los mismos.
Uso compatible	Aquellos que no se oponen al principal y concuerdan con la potencialidad, productividad y protección del suelo.	Recreación pasiva o contemplativa
Uso condicionado	Presenta algún grado de incompatibilidad con el uso principal y ciertos riesgos ambientales controlables por la autoridad ambiental o por el municipio.	Captación de aguas o incorporación de vertimientos limitados a tramos específicos, construcción de infraestructura de apoyo para actividades de recreación, puentes y obras de adecuación.
Uso prohibido	Aquellos incompatibles con el uso principal y que entrañan graves riesgos de tipo ecológico y social.	Usos agropecuarios, industriales, urbanos y suburbanos, loteo y construcción de viviendas, minería, disposición de residuos sólidos, tala, caza y rocería de la vegetación.

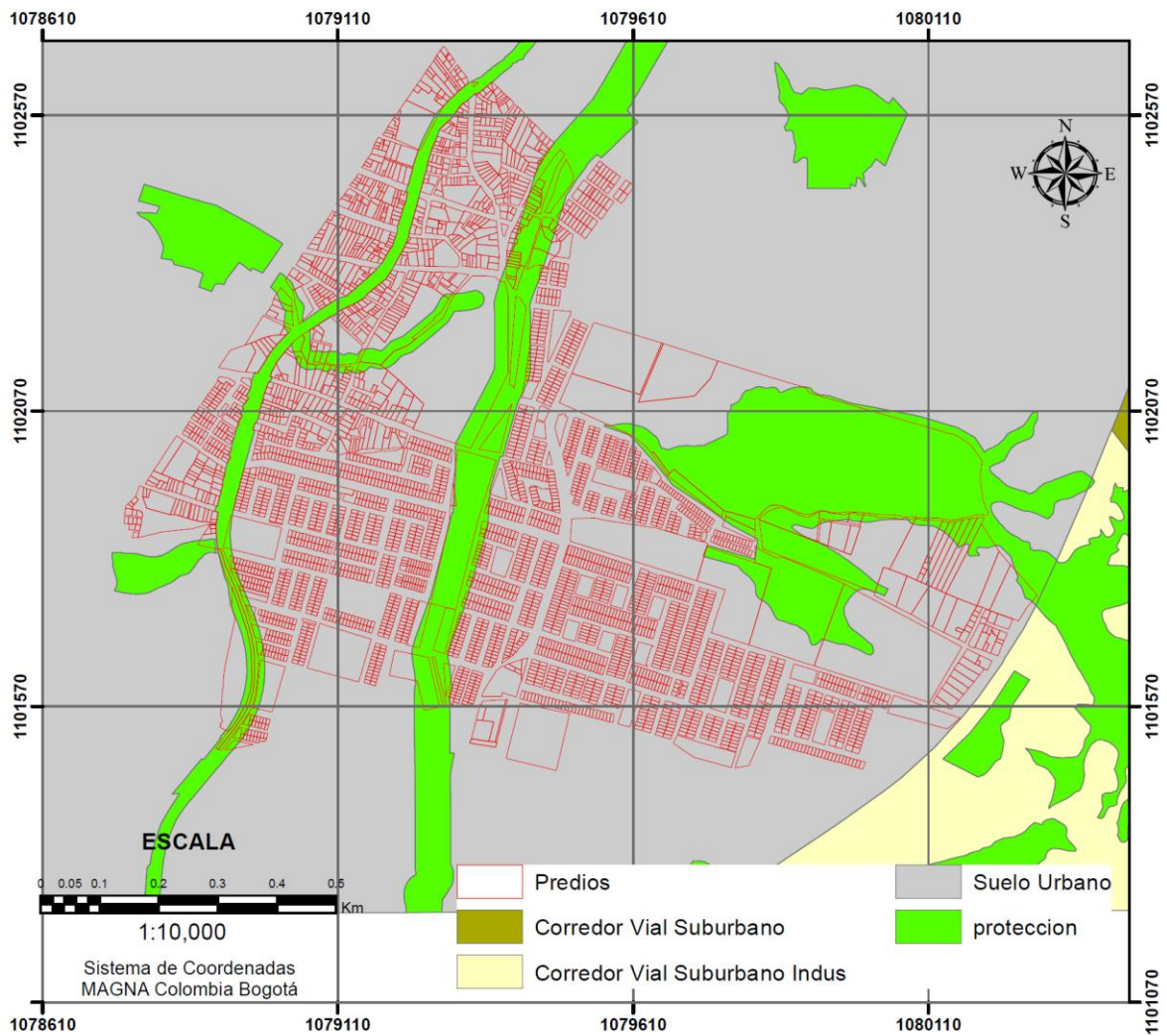
Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto los únicos usos prediales que se pueden permitir en las zonas de protección son los correspondientes a Lotes, Parques y el Pozo de Proactiva. Con

²⁸ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja. Capítulo 2 Clasificación del suelo. Art. 29 suelos de protección. Parágrafos 2 y 3.

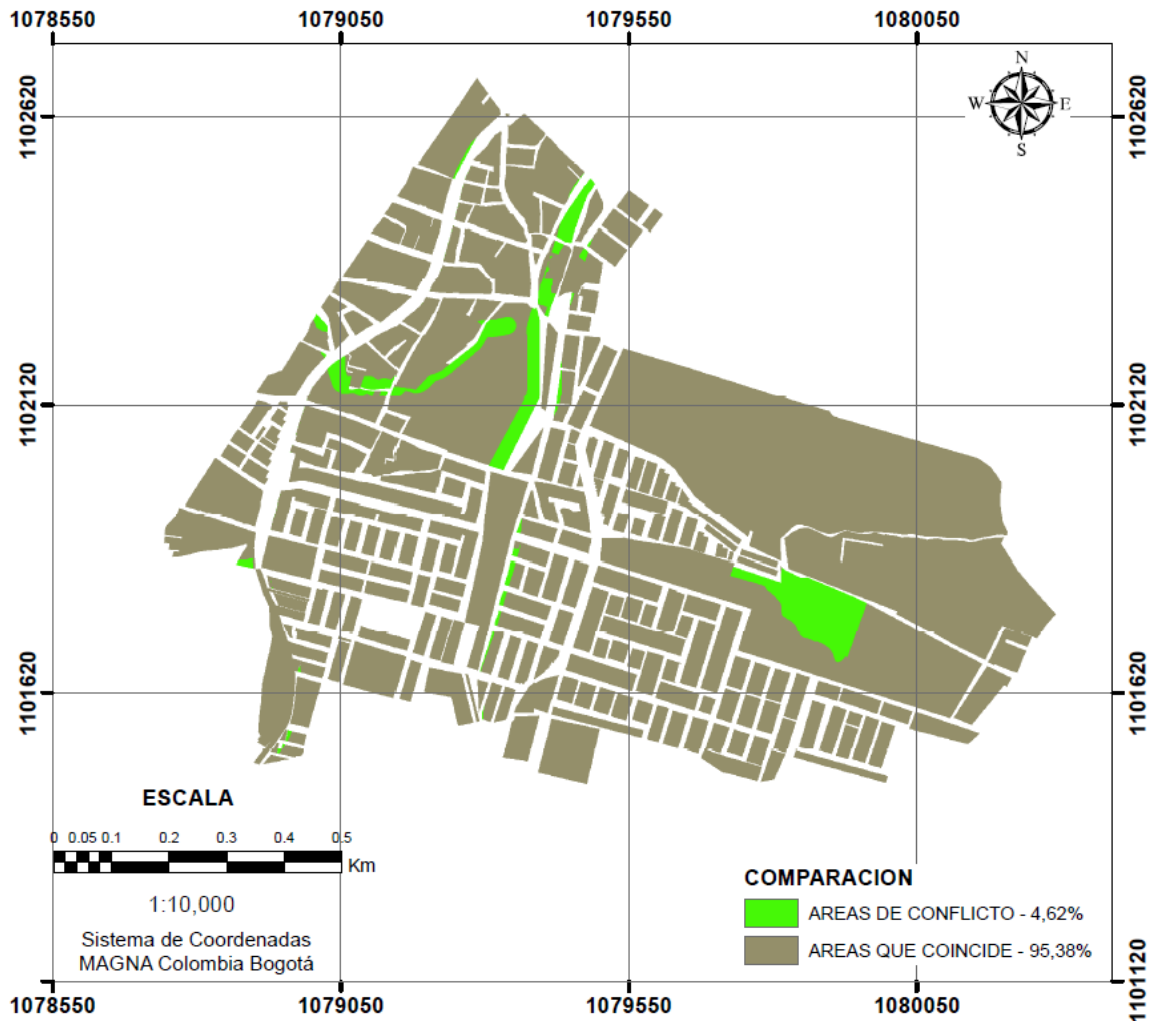
base en ésta información se realizó el modelamiento en ArcGIS donde se obtuvieron las zonas que presentan conflicto (Ver Figura 34) teniendo en cuenta el mapa 01_ *Clasificación del Suelo* del POT.

Figura 33. Usos del suelo para la zona sur baja de Tunja según el POT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Zonas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial tomado en campo y las zonas de protección según el POT.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Porcentaje de áreas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial encontrado en campo y el mapa del POT 01_Clasificación del suelo.

COMPARACIÓN	AREA TOTAL (m ²)	PORCENTAJE (%)
AREAS DE CONFLICTO	35577,43	4,62%
AREAS QUE COINCIDE	735050,98	95,38%
TOTAL	770628,41	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 34 se encuentra que el 4,62% de los predios de la zona sur baja de Tunja presentan un uso diferente a lo establecido en el POT para las áreas de

protección. Este resultado demuestra una problemática actual donde existen construcciones que se desarrollan en la ronda de los ríos lo cual afecta de manera considerable a los habitantes del municipio de Tunja, ya que es evidente que una de las causas para que se presente inundaciones en los barrios de la zona norte de la ciudad se debe a la urbanización de las áreas que conforman la ronda de los ríos La Vega y Jordán. Según el POT se establece que dentro de las estrategias territoriales, el municipio debe realizar la recuperación de los ríos Jordán y La Vega mediante la protección de su nacimiento, saneamiento ambiental de su cauce y conformación de su ronda como espacio público ambiental²⁹, por lo tanto es inminente crear políticas e invertir recursos en la reubicación de las viviendas que se encuentran dentro de los suelos de protección.

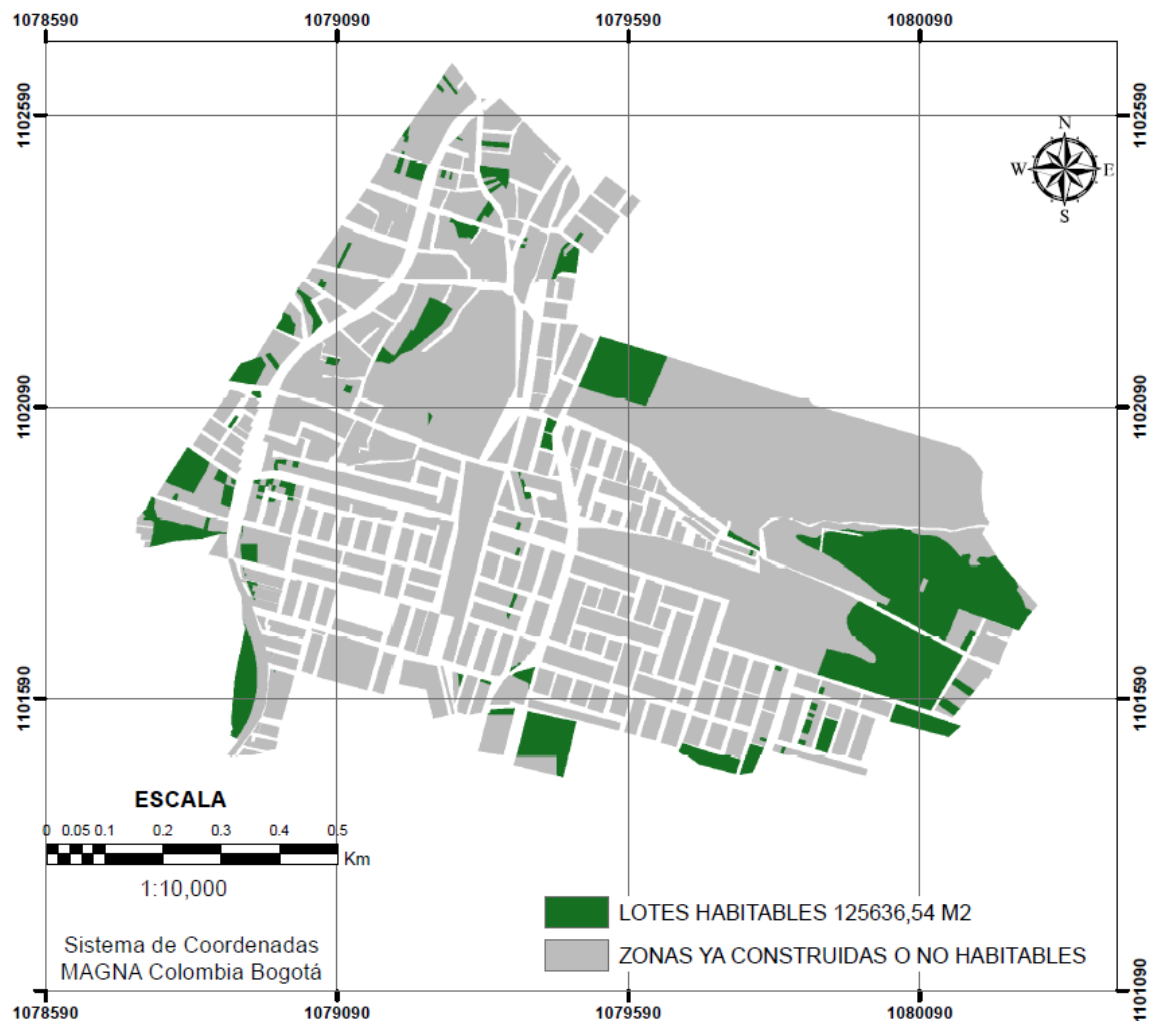
Hay que tener en cuenta que por múltiples razones la comunidad siempre se va a oponer a la reubicación de sus viviendas, por lo tanto es necesario adelantar jornadas de capacitación donde se explique a la población las consecuencias que tiene el hecho que sus casas se encuentren dentro de los suelos de protección, sin embargo una posible estrategia para lograr que las comunidades contribuyan en la recuperación de la ronda de los ríos sería buscar que la reubicación se haga en zonas lo más cercano posible a su actual lugar de residencia, por lo tanto en la Figura 35 se muestra un mapa de los lotes de la zona sur baja de Tunja que actualmente se encuentran sin construir, y que podrían ser utilizados para la reubicación de las viviendas correspondientes a esta zona, obviamente las entidades territoriales deben realizar una evaluación de la viabilidad de este tipo de soluciones, pero lo importante es que se cauce el menor impacto social posible a los habitantes afectados.

Cabe resaltar que para que las entidades territoriales puedan adelantar acciones para la recuperación de la ronda de los ríos Jordán y La Vega es necesario contar

²⁹ MUNICIPIO DE TUNJA. Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja. Art 20. Estrategias territoriales.

con información del uso predial actualizado de la totalidad de la ciudad, sin embargo mediante el presente proyecto se busca exponer una alternativa que permita analizar la información recolectada con ayuda de un software SIG y que puede ser utilizada más adelante para establecer con exactitud las áreas construidas que se encuentran en la ronda de los ríos y las posibles soluciones de reubicación que se pueden adelantar.

Figura 35. Lotes sin construir de la zona sur baja de Tunja que se encuentran dentro del uso de suelo urbano.



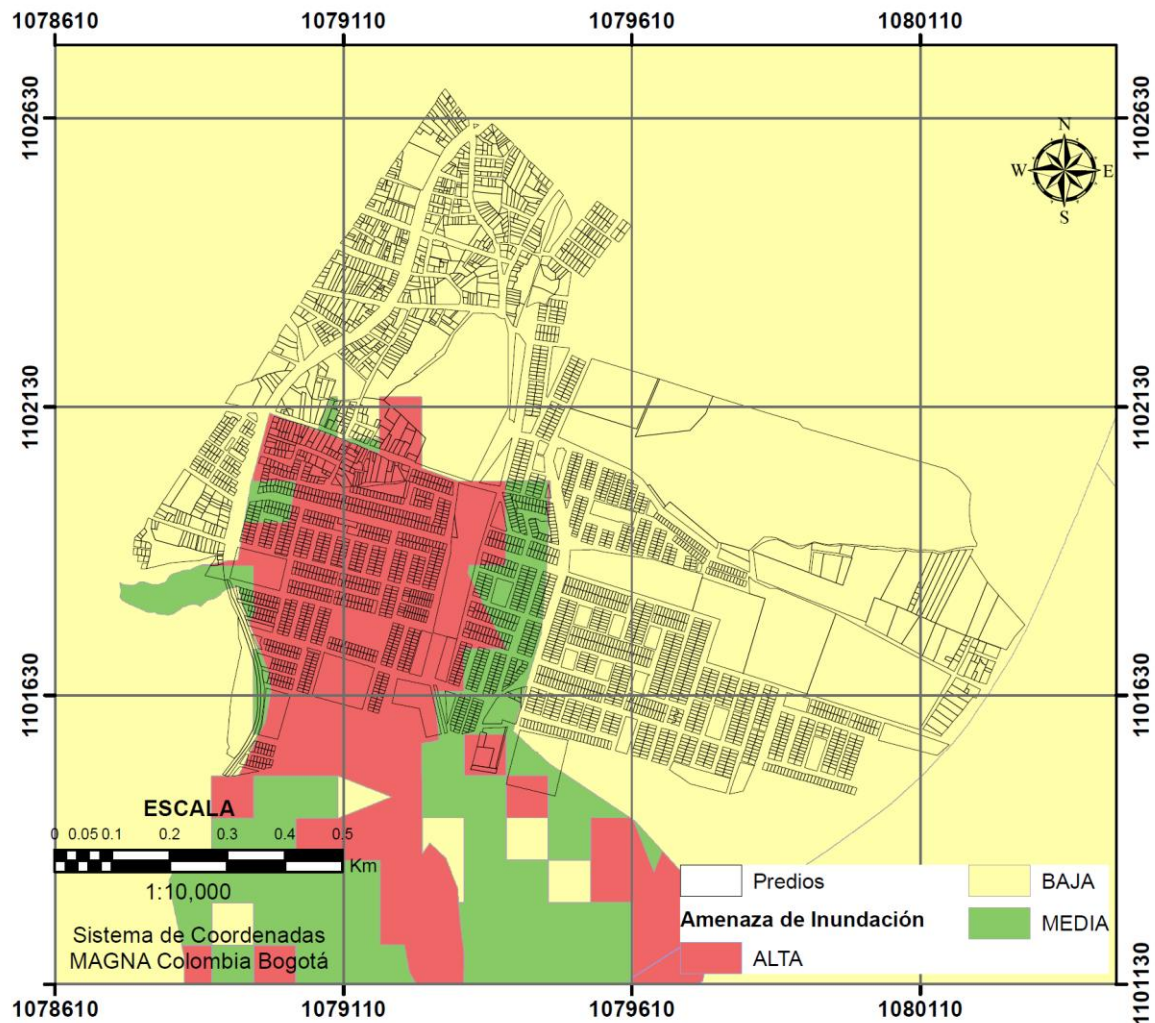
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las zonas con amenaza alta por inundación y encharcamiento urbano, se realizó la comparación según el *mapa 05 del POT* (ver Figura 36). Se encontró que 9,83% del área total correspondiente a la zona sur baja de Tunja presenta conflicto entre el uso de suelo encontrado en campo y los suelos con amenaza por inundación y encharcamiento, este porcentaje corresponde a predios que tiene algún tipo de construcción y que se encuentran dentro de las zonas con amenaza alta (ver Figura 37).

Al observar la Figura 37 se encuentra que las áreas con amenaza alta de inundación corresponden a los barrios Ciudadela Sol de Oriente, Doña Eva, Urbanización Bochica y algunos predios de la Urbanización Bachue. Es algo preocupante ya que si existen barrios completos en dichas zonas se debe a que en su momento la administración municipal otorgó los permisos necesarios para su construcción. Como el POT establece que las zonas con amenaza alta de inundación también pertenecen a los suelos de protección, es necesario evaluar la posibilidad de reubicar a estas poblaciones, sin embargo dado que las inundaciones se presentan principalmente en la zona norte de la ciudad es posible que mediante la construcción de jarillones u otras obras de ingeniería se evite una posible inundación de los barrios de la zona sur baja de Tunja, todo depende de la evaluación que se realice a las diferentes alternativas de solución para escoger la que mejor convenga.

Hay que resaltar que al comparar el mapa *01_Clasificación del suelo* del POT con la zona destinada a la expansión urbana (ver Figura 38), se presenta una contradicción debido a que dicha zona está determinada en su mayoría por suelos de protección, lo que hace que se pueda generar afectaciones futuras, ya que si no se tiene claro los suelos aptos para el crecimiento urbano, se van a seguir presentando construcciones dentro de zonas restringidas, por lo tanto es necesario que las entidades territoriales replanteen este tipo de problemáticas para dar una solución que garantice una adecuada planificación territorial.

Figura 36. Amenaza por inundación urbana y encharcamiento según el mapa 06 del POT.



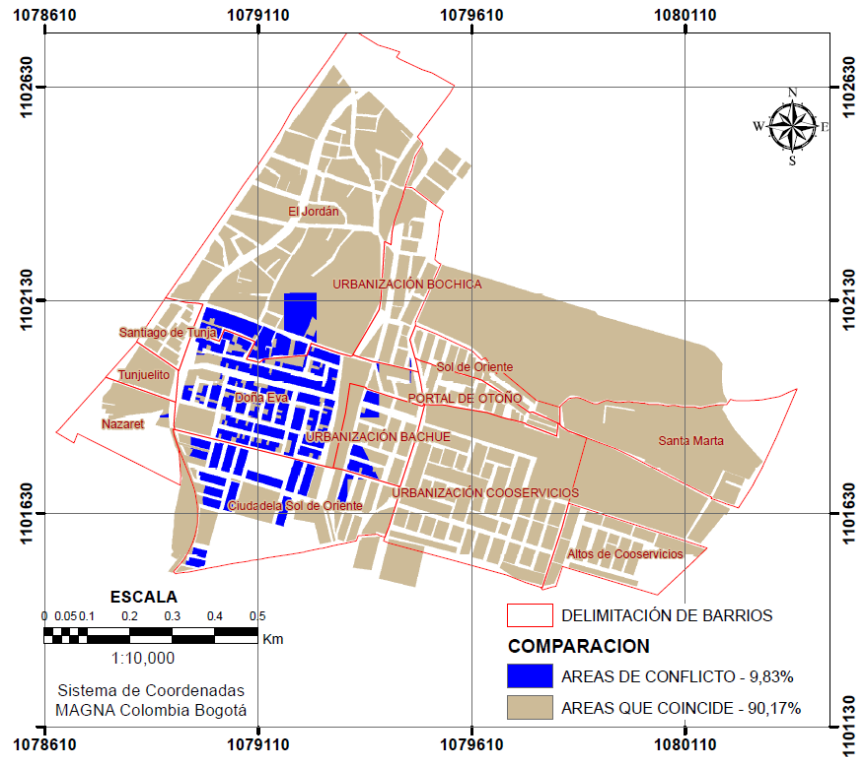
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Porcentaje de áreas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial encontrado en campo y el mapa del POT 06_Amenaza por inundación.

COMPARACIÓN	AREA TOTAL (m ²)	PORCENTAJE (%)
AREAS DE CONFLICTO	75732,067	9,83%
AREAS QUE COINCIDE	694896,343	90,17%
TOTAL	770628,41	100,00%

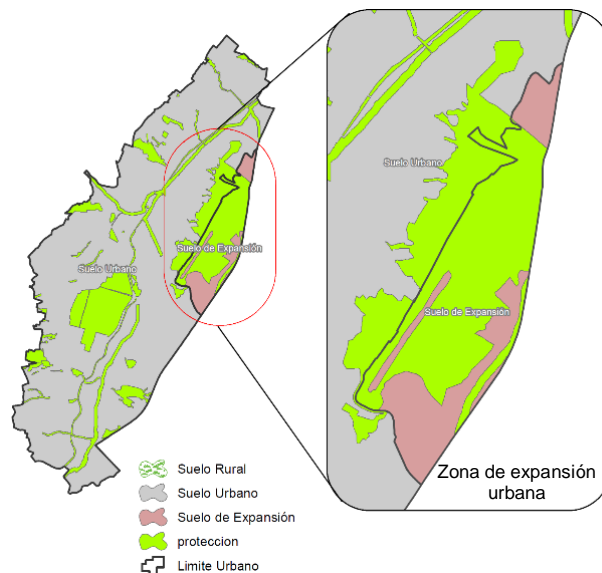
Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Áreas de conflicto producto de la comparación entre el uso predial tomado en campo y las zonas con amenaza alta por inundación y encharcamiento según el POT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Comparación zona de expansión con el mapa 01 Clasificación del suelo del POT.



Fuente: Elaboración propia.

9. CONCLUSIONES

- La georreferenciación de información actualizada de la malla vial y uso predial de la zona sur baja de Tunja permite a las entidades territoriales conocer la ubicación de daños, falta de señalización, vías sin nomenclatura y usos inadecuados del suelo, para facilitar el análisis de la situación actual que encamine la inversión de recursos a la solución efectiva de dichas problemáticas.
- Al realizar la comparación entre el uso predial encontrado en campo y la base de datos de la alcaldía, se evidenció que el 13% de la información de la zona sur baja de Tunja no coincide, por lo tanto es indispensable la actualización de los usos prediales en toda la ciudad, ya que de esto depende el acierto en la definición de zonas industriales, comerciales, residenciales, equipamientos, usos mixtos, entre otros que deben estar establecidas dentro del POT.
- Con la evaluación del uso del suelo de la zona sur baja de Tunja según las áreas de protección establecidas en el POT, se identificaron barrios como Ciudadela Sol de Oriente, Doña Eva y Urbanización Bochica que están contruidos sobre suelos inundables, así como usos residenciales y comerciales dentro de la ronda del río Jordán, lo que hace necesario plantear estrategias de reubicación u obras de mitigación que eviten inundaciones en épocas de invierno y la contaminación de los recursos hídricos del municipio.
- Mediante el análisis de los mapas establecidos dentro del POT se determinó que la zona de expansión urbana de Tunja se encuentra sobre suelos de protección, por lo tanto se presenta una contradicción que puede generar afectaciones a futuro, lo que hace indispensable reevaluar la ubicación de dicha zona con el fin de evitar nuevas construcciones sobre suelos no aptos.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Oficina de Planeación de Tunja continuar con la georreferenciación de las vías de la ciudad, ya que la utilización de dicha información permite crear un sistema SIG que analice diferentes problemáticas ofreciendo la realización de modelos que permiten generar soluciones óptimas con ayuda de Software especializados.
- Es necesario que la Alcaldía de Tunja realice una actualización de la base de datos del uso predial que se tiene en la ciudad, debido a que se encontraron inconsistencias entre la información ya registrada y la hallada en campo, lo que puede generar ciertos conflictos a la hora de hacer cumplir los usos que se le debe dar al suelo según el Plan de Ordenamiento Territorial.
- Es importante que la Alcaldía de Tunja tome medidas en cuanto al incumplimiento de los usos permitidos en los suelos de protección generando estrategias de mitigación para garantizar la preservación del medio ambiente, pero ante todo la recuperación de rondas de los ríos y áreas inundables.

11. BIBLIOGRAFÍA

AMAYA, Javier; GARAVITO, Cristian; Inventario del estado de la red vial principal y secundaria del casco urbano de Tunja [Libro]. - Tunja : Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2013.

BOSQUE, Joaquín; GARCIA, Rosa C. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial [Publicación periódica] // Anales de Geografía de la Universidad Complutense. - 2000. - págs. 49-67.

BUITRAGO, Sandra Apoyo técnico en la elaboración del reporte de información para el SINC en Tunja [Libro]. - Tunja : Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017.

DA SILVA, Cristian; CARDOZO, Osvaldo Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso de suelo residencial en Resistencia (Argentina) [Publicación periódica] // Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica . - 2015. - págs. 23-40.

DE PIETRI, Diana; DIETRICH, Patricia; MAYO, Patricia Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina [Publicación periódica]. - Argentina : Rev Panam Salud Publica, 2011. - 377-87 : Vol. 30(4).

GPS.GOV Información oficial del Gobierno de los Estados Unidos relativa al Sistema de Posicionamiento Global y temas afines. [En línea]. - 23 de Enero de 2018. - <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>.

GUTIERREZ O, Jair; URREGO E, Gleidy Los Sistemas de Información Geográfica y los Planes de Ordenamiento Territorial en Colombia [Publicación periódica] // Perspectiva Geográfica. - 2011. - págs. 247-266.

HUERTA, Eduardo; MANGIATERRA, Aldo; NOGUERA, Gustavo; GPS Posicionamiento Satelital [Libro]. - Argentina : [s.n.], 2005. - pág. 15.

IDECA Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital. Sistema de Información Geográfica [En línea]. - 24 de Enero de 2018. - <https://www.ideca.gov.co/es/sistema-de-informacion-geografica>.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México [En línea]. - 23 de Enero de 2018.
- <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/gps.aspx?dv=c1>.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS Manual de Diseño Geométrico de Carreteras [Libro]. - 2008.

MEDRANO, Cristina; URIBE, Julie; Inventario de infraestructura vial del casco urbano de Tunja en base de datos espaciales [Libro]. - Tunja : Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2010.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Manual de Señalización Vial [Libro]. - 2004.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Resolución 1067 de 2015. Metodología General para Reportar la Información que conformara el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras - SINC [Libro]. - 2015.

MUNICIPIO DE TUNJA Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial [Libro]. - Tunja : [s.n.], 2014.

MUNICIPIO DE TUNJA Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial [Libro]. - Tunja : [s.n.], 2014.

OLAYA, Victor Sistemas de Información Geográfica [Libro]. - 2014.

RAMIREZ, Adán; CRUZ, Artemio; MORALES, Nicolás; MONTERROSO, Alejandro El ordenamiento ecológico territorial instrumento de política ambiental para el desarrollo local [Publicación periódica]. - Mexico : Estudios Sociales, 2016. - 71-99 : Vol. 48.

RODRIGEZ Sánchez, Laura Tipos de Coordenadas Manejadas en Colombia [Libro]. - [s.l.] : Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004. - págs. 1-7.

SANCHEZ, Daniel Evaluación y actualización de la información vial de Tunja utilizando herramientas de la geomática [Libro]. - Tunja : Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017.

SIARRA, Francisco Alonso Sistema de Información Geográfica [Libro]. - pág. 41.

ANEXOS

Anexo A. Mapas temáticos vías zona sur baja de Tunja

Anexo B. Carta Spectra Precision.



Westminster, 14 de febrero de 2017

A QUIEN INTERESE

Spectra Precision una división de Trimble Navigation Ltd., empresa especialista en el desarrollo y fabricación de sistemas de posicionamiento aéreo, marino y terrestre, hace del conocimiento de los interesados que el pasado 25 de Enero del 2017 fue publicado un boletín donde se notifica a todos los usuarios de Mobile Mapper Post Proceso opción para los MM50 queda detenida hasta generar una nueva versión que corrija problemas de precisión de la misma.

Dicho problema no afecta a los equipos como MM120 y Promark 120 que pueden continuar usando el MobileMapper Office 4.8 para procesar sus datos hasta el lanzamiento del nuevo software de oficina para corregir los problemas con MM50.

También en recientes consultas se estima que esta misma semana se estará liberando la nueva versión para corregir este problema.

Por lo anterior eximimos a Geosystem Ingeniería S.A.S de cualquier atraso en la entrega de los MM50 con dicha aplicación y esperamos a la brevedad resolver el problema para no ocasionar mas atrasos.

También adjuntamos el Boletín original enviado por nuestra fabrica y gente de servicio.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink that reads "Miguel Rodríguez Sáenz". The signature is written in a cursive style.

Miguel Rodríguez Sáenz

Latin America Customer Manager

Spectra Precision/ Trimble Geospatial

Mobil: +1-408-368-0722 or +506-8846-5808

Office: +1-303-635-8899 or +506-2263-2120

Miguel_rodriguez@spectraprecision.com

Anexo C. Evidencia Fotográfica



Toma de ancho de carril – Prueba piloto.



Toma de medidas señal horizontal



Toma de medidas andén



Daño en pavimento rígido



Daño en pavimento flexible



Vía en afirmado