

ACTUALIZACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA RED VIAL DE LA PROVINCIA
DE NEIRA

MARÍA ALEJANDRA CASTILLO LÓPEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2018

ACTUALIZACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN EN LA RED VIAL DE LA PROVINCIA
DE NEIRA

MARÍA ALEJANDRA CASTILLO LÓPEZ

TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PRÁCTICA CON PROYECCIÓN
EMPRESARIAL, REALIZADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE
TRANSPORTE Y VÍAS

Director

ING. ESP. DIEGO ANDRÉS SUÁREZ GÓMEZ

Codirector

ING. LEONARDO PLAZAS VERGEL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja Boyacá, Marzo 2018

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

Se autoriza su uso y reproducción indicando su origen.

Dedico este proyecto a Dios y a la Virgen. A mi mamá Martha Constanza López porque con su apoyo incondicional y amor motiva mi vida, a mi abuelita Sonia por cuidarme desde el cielo, a mis hermanas Cata, Lau y Eli porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta, a mi sobrino Santi por llenar mi vida de alegría, gracias por confiar en mí.

María Alejandra Castillo López

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios porque cada día bendice mi vida con la oportunidad de estar y disfrutar al lado de personas que sé que me aman. A mis padres y hermanas por darme esta oportunidad, por su apoyo y esfuerzo.

Gracias a mi universidad por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, al cuerpo de docentes de la escuela de Transporte y Vías por sus enseñanzas y entrega, al Ingeniero Gonzalo Pérez por todas sus anécdotas y sobredosis de conocimiento, al Ingeniero Fredy Guio por transmitir pasión por la carrera, al Ingeniero Diego Andrés Suárez por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda, agradecerle por su apoyo, a la Ingeniera Flor Ángela Cerquera por compartir su sabiduría.

A la Gobernación de Boyacá, por brindarme la oportunidad de hacer parte de su equipo de trabajo en el desarrollo de la práctica con proyección empresarial, al Ingeniero Diego Barón por su acompañamiento y orientación.

Y sin dejar atrás a todos mis amigos y compañeros de carrera, en especial a Javi, por su apoyo y ayuda, Juli, Yeison y Diego quienes me acompañaron en este proceso de aprendizaje, gracias por hacer parte de mi vida y por permitirme ser parte de la suya.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	12
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	12
1.1.1. Macanal.....	14
1.1.2. Santa María	16
1.1.3. San Luis de Gaceno	19
2. FUNDAMENTOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN.....	23
2.1 MARCO NORMATIVO.....	23
2.2 MARCO REFERENCIAL	25
2.2.1 Sistemas de información geográfica.....	27
2.2.2 Seguridad vial e Índice de Peligrosidad.....	29
3. METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN VIAL DEPARTAMENTAL (PVD).....	31
3.1 FASE 1: REVISIÓN MARCO CONCEPTUAL Y NORMATIVO	31
3.2 FASE 2: RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	31
3.3 FASE 3: PROCESAMIENTO	31
3.4 FASE 4: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN VIAL.....	33
3.5 FASE 5: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD	33
4. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL PROYECTO	37
5. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	39
5.1 ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN	39
5.2 CORRECCIÓN TOPOLÓGICA	40
5.3 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE FICHAS.....	40
5.4 MAPAS TEMÁTICOS	43
5.5 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD.....	43
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS.....	46
6.1 CORRECCIÓN TOPOLÓGICA	46
6.2 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS FICHAS PVD.....	47
6.3 MAPAS TEMÁTICOS	54
6.4 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD.....	54
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	62

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Ubicación de la zona de estudio	13
Ilustración 2. Uso y cobertura del suelo en Macanal	14
Ilustración 3. Vías del municipio de Macanal	15
Ilustración 4. Uso y cobertura del suelo en Santa María	17
Ilustración 5. Vías del municipio Santa María	18
Ilustración 6. Uso y cobertura del suelo en San Luis de Gaceno	20
Ilustración 7. Vías municipio de San Luis de Gaceno	21
Ilustración 8. Definición topología.....	29
Ilustración 9. Metodología para la actualización del plan vial departamental (PVD) ..	32
Ilustración 10. Reconocimiento de información	39
Ilustración 11. Mapa topológico de vías sin corrección	46
Ilustración 12. Superficie TIN con vías corregidas	47
Ilustración 13. Distribución de la red vial en la zona de estudio	49
Ilustración 14. Índice de peligrosidad zona de estudio	56

LISTA DE SIGLAS

CNA: Censo Nacional Agropecuario
CORPOCHIVOR: Corporación Autónoma Regional de Chivor
DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP: Departamento Nacional de Planeación
IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi
RUNAP: Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SGC: Servicio Geológico Colombiano
SINC: Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras
UPRA: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
UPAs: Unidad de Producción Agropecuarias

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principal producción agrícola por tipo de cultivo en Macanal	16
Cuadro 2. Principal producción agrícola por tipo de cultivo en Santa María ...	19
Cuadro 3. Principal producción agrícola por tipo de cultivo en San Luis de Gaceno	22
Cuadro 4. Red vial secundaria a cargo del departamento	24
Cuadro 5. Red vial secundaria a cargo del departamento	24
Cuadro 6. Distribución de la red nacional de carreteras	26
Cuadro 7. Distribución de la red vial del departamento	27
Cuadro 8. Red vial en la zona de estudio	27
Cuadro 9. Calificación de tipo de terreno	35
Cuadro 10. Calificación sitio crítico de inestabilidad	35
Cuadro 11. Calificación Instituciones Educativas	36
Cuadro 12. Información suministrada	37
Cuadro 12. Continuación Información suministrada	38
Cuadro 13. Identificación fichas del plan vial (PVD)	41
Cuadro 14. Calificación del índice de peligrosidad	44
Cuadro 14. Continuación calificación del índice de peligrosidad	45
Cuadro 15. Rango de sensibilidad del IP	45
Cuadro 16. Resumen red vial San Luis de Gaceno	48
Cuadro 17. Descripción vial zona de estudio	48
Cuadro 18. Red vial a cargo del departamento en la zona de estudio.....	49
Cuadro 19. Caracterización política zona de estudio	50
Cuadro 20. Calificación de la articulación por roles regionales San Luis de Gaceno	51
Cuadro 21. Calificación de la articulación por roles regionales San Luis de Gaceno	51
Cuadro 22. Calificación de la articulación por roles regionales San Luis de Gaceno	52
Cuadro 23. Eje estratégico Sisga – EL Secreto	53
Cuadro 25. Resultado Índice de Peligrosidad	55

INTRODUCCIÓN

El Plan Vial es un conjunto de acciones encaminadas a la generación de planes, diseños y operación de la infraestructura con el fin de orientar el desarrollo ordenado de la infraestructura vial, el tránsito y el transporte de una región.

Boyacá es uno de los departamentos con mayor población rural, el 60% de la población se establece en áreas no cercanas de las cabeceras municipales, por ende las vías terciarias y secundarias son factor dinamizador del desarrollo económico de la población. En consecuencia identificar la red vial de una región con el fin de mejorar el estado de las vías, promover la interconexión entre provincias, municipios y veredas incide en la existencia de corredores viales intermunicipales que favorezcan el desarrollo de actividades turísticas, de transporte de carga, de pasajeros, de intercambio comercial, entre otras.

En respuesta a lo anterior y a los requerimientos de la Resolución N°0001067 del 2015, bajo el convenio específico de cooperación N° 0060 de 2014 celebrado entre la Gobernación de Boyacá y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, se realiza el proceso de apoyo técnico en la actualización del Plan Vial de los municipios de Macanal, Santa María y San Luis de Gaceno de la provincia de Neira. Es de resaltar que el apoyo técnico consta básicamente del procesamiento de información actualizada proporcionada tanto por los municipios de estudio como por la Gobernación, por lo tanto no se realiza ninguna toma de información en vías de los municipios mencionados.

El proyecto que se presenta a continuación, tiene como objetivo principal realizar la actualización del plan vial departamental en los municipios Macanal, Santa María y San Luis de Gaceno de la provincia de Neira, mediante el uso de sistemas de información geográfico (SIG) que permitan identificar la configuración vial que presenta la zona. A través del procesamiento de información secundaria de bases de datos físicos y virtuales que faciliten el diligenciamiento y actualización de fichas técnicas del plan vial departamental (PVD) y la elaboración de la caracterización de la red vial secundaria y terciaria, donde se identifique el estado y categoría de la cada una de las vías por medio de mapas temáticos. Adicionalmente con el fin de realizar un aporte al proyecto se incluye la determinación de un índice de peligrosidad inicialmente de accidentes en función de variables señalización vertical, horizontal, daño de las superficies de rodadura, berma, tipo de terreno y sitio crítico de accidentalidad, establecidas en la caracterización de las vías por el SINC; sin embargo estas variables son remplazadas por sitio crítico de inestabilidad y tipo de terreno debido principalmente a falta de información.

Este documento se estructura en seis capítulos. El primer capítulo establece la localización de la zona de estudio y la descripción de las características de los municipios. El segundo capítulo describe fundamentos para la caracterización como la normatividad, metodologías y referencias existentes a tener en cuenta para la actualización de un PVD. El tercer capítulo refiere la metodología detallada para la actualización del PVD de los municipios de Macanal, Santa María y San Luis de Gaceno, con el apoyo de herramientas SIG. El cuarto capítulo precisa las fuentes de información para el desarrollo del proyecto.

El quinto capítulo presenta el procesamiento para la corrección topológica, la actualización de las fichas del PVD, la elaboración de mapas temáticos y determinación del índice de peligrosidad (IP). Como sexto capítulo se presenta el análisis de resultados obtenidos a partir del procesamiento de información. El último capítulo presenta las conclusiones obtenidos a partir de la realización del proyecto junto con las recomendaciones dadas.

.

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El departamento de Boyacá está situado en la región Centro Oriente del país, en la cordillera oriental de los Andes, su extensión es de 23.182 km² y representa el 2,03 % del territorio nacional¹. El área de localización del trabajo de grado se ubica en la provincia de Neira (conformada por seis municipios) cuya superficie es de 1.392,2 km² y representa el 6% del territorio departamental, específicamente en los municipios Macanal, Santa María y San Luis de Gaceno; juntos representan el 71 % del territorio provincial (Ilustración 1).

Boyacá tiene una población estimada de 1'279.955 habitantes² a 2017 y una densidad poblacional de 55,20 habitantes por km². Durante el periodo 2016 - 2019 se proyecta una tasa de crecimiento lenta de 0,32, que indica una población constante, es decir, que la diferencia neta entre los nacimientos, las muertes y la migración es cero, aun cuando se hayan producido cambios en alguna variable se han compensado con otras³. La provincia de Neira ocupa el noveno lugar de la población estimada a 2015 en el porcentaje de población por provincias del plan de desarrollo departamental 2016-2019 con 3,09 % de la población, en consecuencia en la zona objeto de estudio la población representa el 1.1 % de la población departamental.

Excluyendo a Tunja, Duitama y Sogamoso que concentran el 33 % de la población departamental y que tienen una distribución de la población donde el 92 % habita en la cabecera municipal y el 8 % en el resto, se tiene que el 40% de las personas habitan en cabeceras municipales y el 60 % en el resto, lo que permite identificar al departamento con características rurales⁴.

Aunque la dinámica de crecimiento poblacional de las provincias donde se agrupa el mayor porcentaje de habitantes departamental (Centro, Sugamuxi, Occidente) implique el aumento y dinamismo de diferentes servicios e infraestructura, concentre la producción industrial y de servicios y conlleve a consolidar a la población en el área urbana, en la zona objeto de estudio se conserva la tendencia rural de los habitantes, el 62 % de la población se ubica en zona rural y el 38 % en zona urbana.

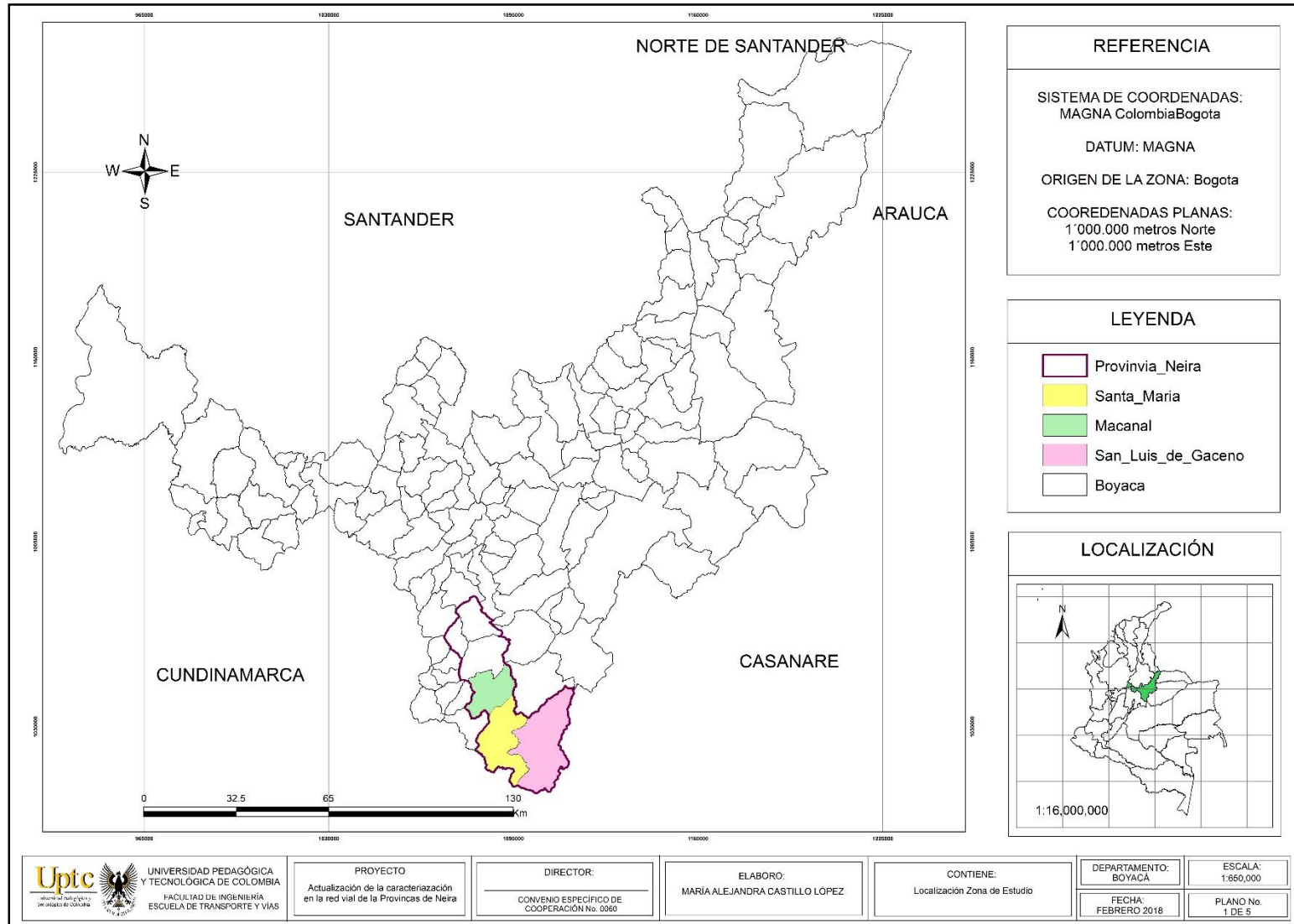
¹ Gobernación de Boyacá. Plan de Desarrollo 2016-2019 “Creemos en Boyacá”. p. 9

² Proyecciones de población por departamento para Colombia 2017. Actualizado en octubre de 2017. Disponible en <<https://www.datos.gov.co/Estadisticas-Nacionales/Estimacion-Poblacion-por-Departamento-2017/cg4z-y53z>>

³ Gobernación de Boyacá. Plan de Desarrollo 2016-2019 “Creemos en Boyacá”. p. 627

⁴ Ibíd., p. 630

Ilustración 1. Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Gobernación de Boyacá

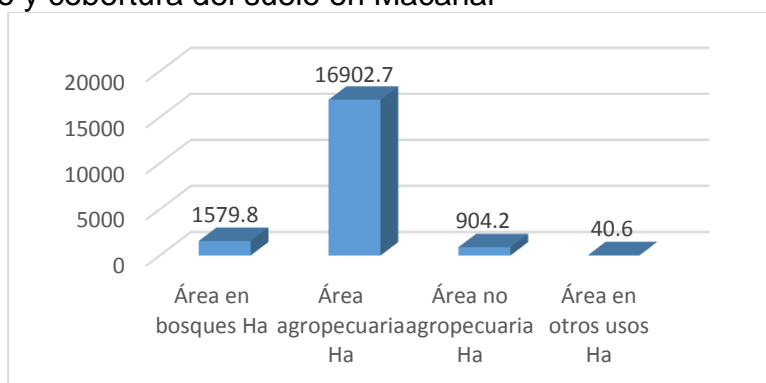
1.1.1. Macanal. Se ubica al suroriente del departamento sobre el valle de Tenza, la extensión del municipio es de 199,5 km² y el porcentaje del área municipal sobre el área departamental es de 0,9 %, se encuentra a una altitud media de 1.675 msnm; Macanal limita al oriente con Campohermoso, al occidente con Almeida, al norte con Garagoa y al sur con Santa María y Chivor⁵. El territorio municipal se divide en 21 veredas y dos centros poblados (Anexo B2).

Las dos vías principales de acceso al municipio son la vía alterna al llano que va desde el Sisga pasando por Guateque (ruta 5608) y luego de su paso por Macanal continua hacia Santa María y la que comunica desde Tunja pasando por Garagoa (ruta 61BY08). Las vías que están a cargo del departamento son cruce ruta 5608-Macanal-Los cedros-Quebrada Chorreón (ruta 56BY05), cruce ruta 5608-Macanal (ruta 56BY06), Macanal-Agua Blanca (ruta D1542501), Macanal-Vijagual (ruta D1542505), ilustración 3. Cuenta con 281 km aproximadamente de red vial⁶, el 70 % corresponde a red terciaria a cargo del municipio.

La población del municipio de Macanal es de 4.833 habitantes al año 2017 representa el 0,4 % de la población departamental; el 23 % (1.130 hab) se encuentra ubicado en zona urbana y el 77 % (3.703 hab) restante en zona rural, tiene una densidad poblacional de 24,23 habitantes por km² y el 56 % de la población es potencialmente activa (población entre 15 y 69 años).

La economía del municipio se basa en el sector primario como fuente de ingresos principales, compuesto por la ganadería y la agricultura, el 85 % de su área es para uso agropecuario (Ilustración 2), aunque por sus características climáticas, topográficas y de suelos, es un municipio con una vocación de uso forestal y de conservación, donde predomina la vocación por el uso pecuario y el área en pastos, también existe la minería y los bosques cultivados pero más con propósito protector.

Ilustración 2. Uso y cobertura del suelo en Macanal

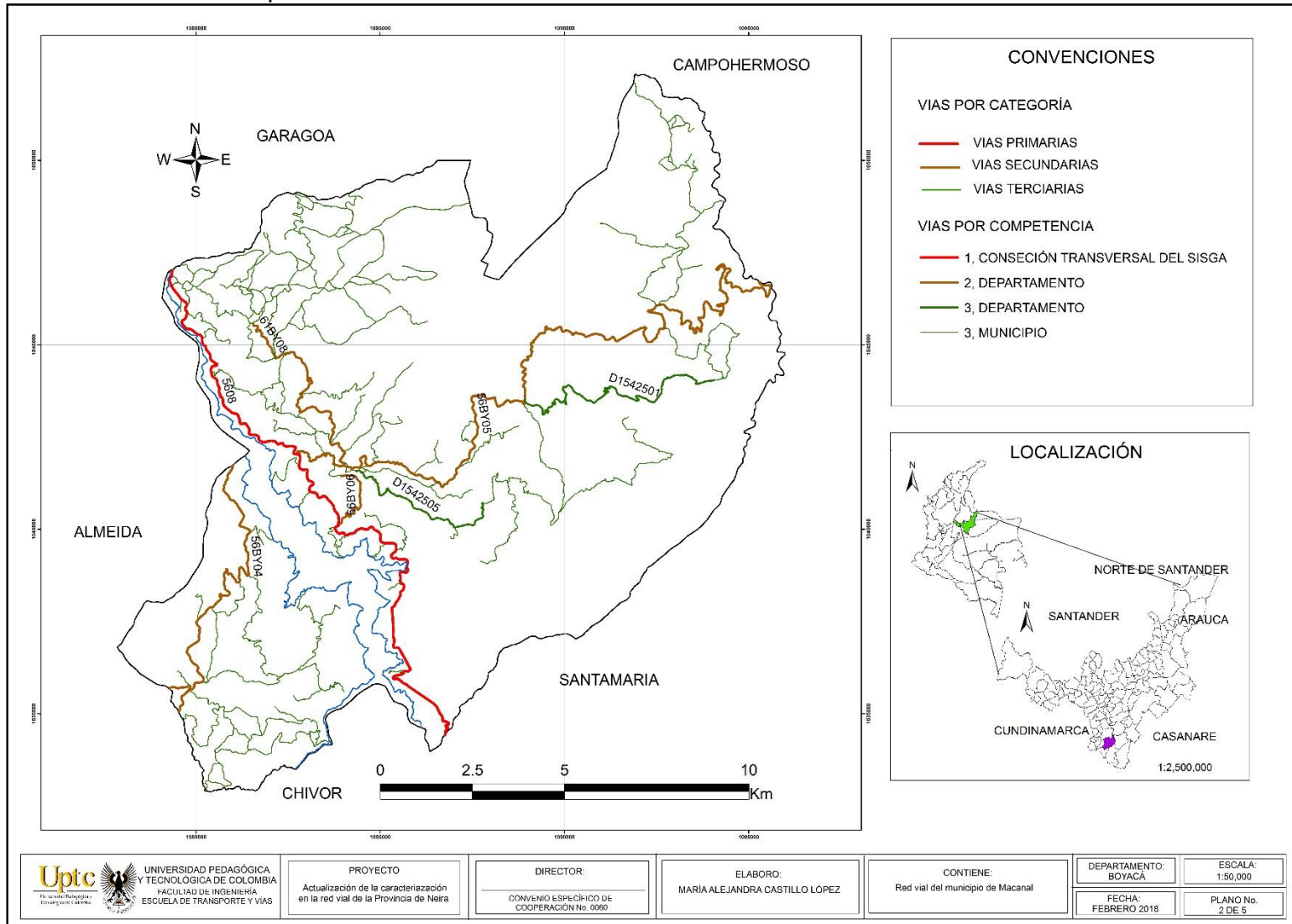


Fuente: Elaboración propia a partir del DANE - Censo Nacional Agropecuario 2014

⁵ Sitio oficial de Macanal en Boyacá. Nuestro municipio, información general [en línea] <http://www.macanal-boyaca.gov.co/index.shtml> [citado el 9 de enero de 2018].

⁶ Valor obtenido de la corrección topológica en ArcGIS versión 10.3.1, requiere validación.

Ilustración 3. Vías del municipio de Macanal



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Gobernación de Boyacá

El mayor uso agropecuario se destina a pastos y rastrojos (entre estos abarcan el 89 % del área agropecuaria) siguiendo la tendencia departamental; aunque el territorio presenta áreas potenciales para desarrollar la agricultura, la situación en el sector agrícola no tiene gran desarrollo, un ejemplo puntual son los cultivos de plantas forestales, pues de 513 ha de área sembradas se cosechan 100 ha con una producción de 998 ton, aquí la UPRA señala al territorio como apto para el desarrollo comercial de este tipo de cultivo. Las actividades agrícolas que generan mayor empleo se desarrollan en cada finca por los propietarios y/o tenedores de predios en unas pequeñas extensiones que en la mayoría de los casos son menores a 5 ha. De 19.950 ha que corresponden al municipio, el número de hectáreas utilizadas en uso agrícola es 1.885, la mayor proporción de uso del suelo en el municipio de Macanal es utilizado para uso pecuario seguido de producción agrícola. La producción agrícola por año es de 4.116 toneladas de los cultivos que mayor presencia tienen en el municipio, dentro de los que se encuentran cultivos de maíz, lulo, yuca y caña panelera, como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principal producción agrícola por tipo de cultivo en Macanal

Producción Agrícola	Cultivo	ha	Participación en Boyacá %	Producción (ton)	Participación en Boyacá	Rendimiento (ton/ha)
Cultivo transitorio	Yuca	303	1,4	2327	0,46	9,8
	Maíz Amarillo	202	0,7	317	0,67	3,1
Cultivo permanente	Lulo	358	18,5	404	17,41	1,4
	Caña panelera	219	0,8	1068	0,90	4,9

Fuente. Elaboración propia a partir del CNA 2014, Entrega 10 “área, rendimiento y producción agrícola del área cosechada en el 2013”

Los cultivos mencionados representan el 57 % del área para uso agrícola. Las hectáreas sembradas para el cultivo de caña panelera se cosecharon en su totalidad (219 ha), además es la más importante de los cultivos transitorio agroindustriales que se siembran en el municipio. El cultivo de lulo a diferencia de los demás mencionados tiene una participación destacable en el área cosechada y producida respecto al departamento, además el rendimiento es cercano al rendimiento departamental.

En la ganadería se caracteriza por ser tierras dedicadas a pastos (12.674,5 ha), predomina el ganado de doble utilidad (carne y leche) con 3.210 cabezas registradas de ganado bovina en 1.120 UPAs, también se desarrolla el ganado porcino, ovino, la avicultura y la actividad pesquera en menor proporción.

1.1.2. Santa María. Se encuentra ubicado al suroriente del departamento sobre la cordillera Oriental, tiene una extensión de 326,44 km² que representan 1,4 % del área, con una altura de 850 msnm, además, el 97 % de su superficie corresponde a área rural. El municipio limita por el norte con los municipios de Macanal y Campohermoso, por el oriente con San Luis de Gaceno, por el sur con el Departamento de Cundinamarca

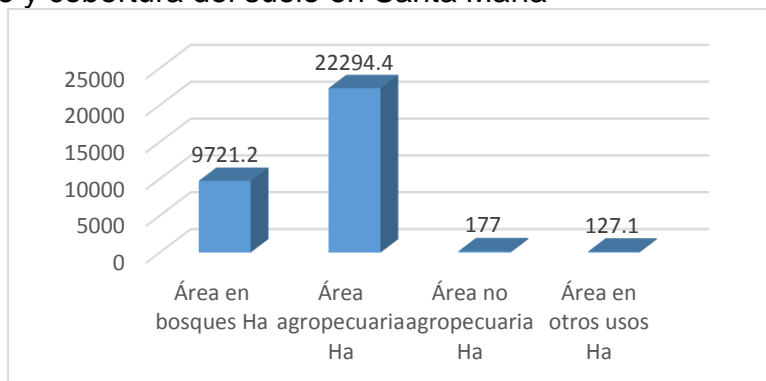
(municipio de Ubalá) y por el occidente con el municipio de Chivor⁷. El territorio municipal se divide en 20 veredas y tres centros poblados (Anexo B3).

El municipio de Santa María es atravesado por dos vías principales, una nacional (vía alterna al llano) y otra departamental vía a Mámbita (Cundinamarca), estas se comunican con vías secundarias y estas a la vez son intersectadas por vías terciarias que comunican a la población rural con el casco urbano. Las vías administradas por el departamento son: Santa María-Límites Cundinamarca hacia Mámbita (ruta 56BY09), Centran San Luis-Santa Cecilia (ruta 1569001) y Calichana-La hoyada (ruta 1569003) como se observa en la ilustración 5.

La población estimada para el municipio de Santa María a 2017 es de 3.850 habitantes representa el 0,3 % de la población departamental, el 59 % (2.253 hab) se encuentra ubicado en la cabecera y el 41 % (1.597 hab) en el resto, tiene una densidad poblacional de 11,79 habitantes por km² y el 59 % de la población es potencialmente activa (población entre 15 y 69 años), además no tiene presencia de población indígena.

La explotación agropecuaria es la más importante de la economía municipal, reflejada en el área destinada a este uso (22.294,4 ha que representan el 68%) como se indica en la ilustración 4. Se basa en las siguientes actividades productivas de pecuaria: la ganadería, representa el más alto porcentaje de la explotación en el sector rural (cerca de un 56%) que se desarrolla en 10.333 de pastos. Además de la producción de carne, la de leche es importante en este campo (en 2014, 19.155 litros diarios) ya que de ella se deriva la fabricación del queso (11,4 toneladas mensuales).

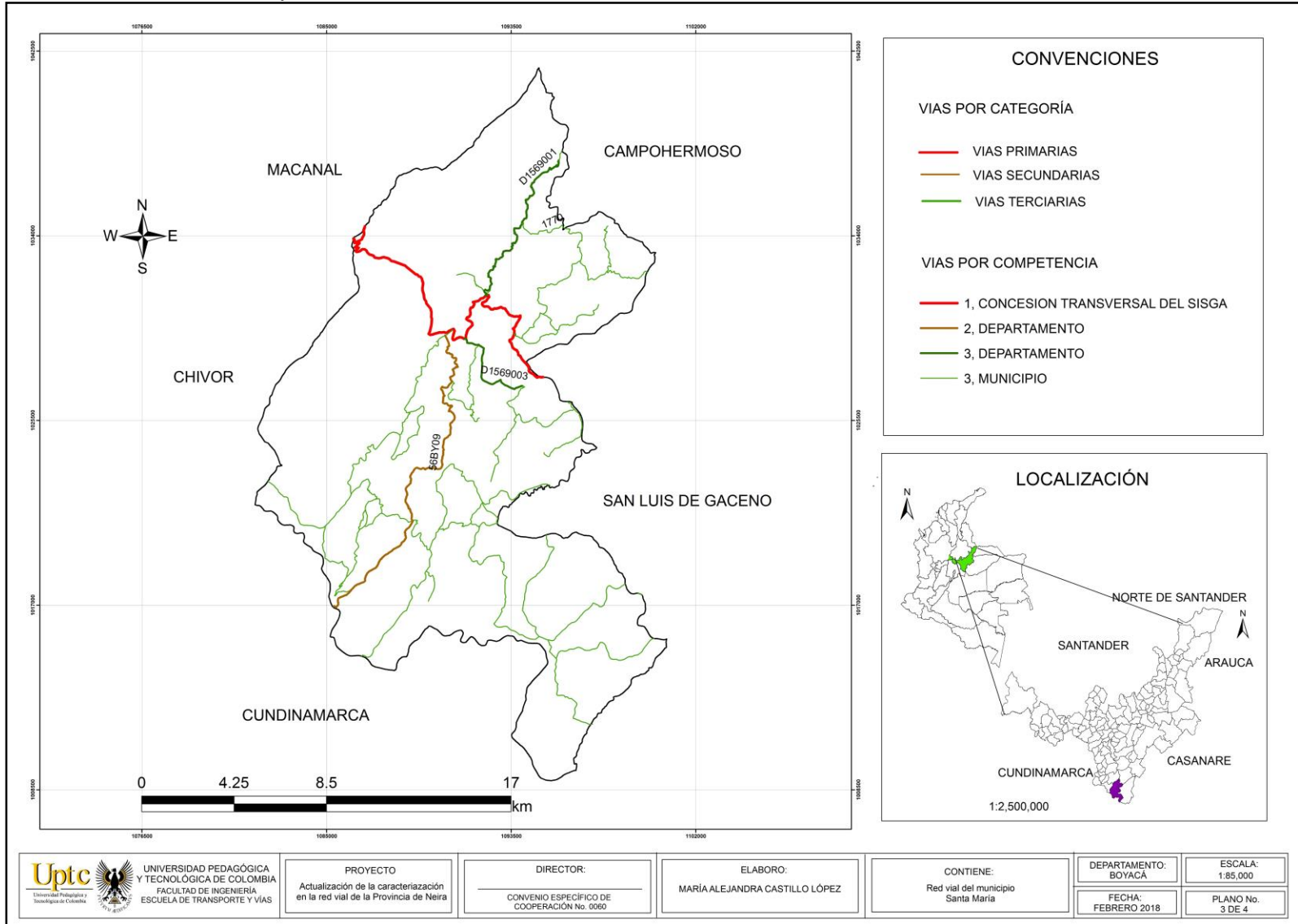
Ilustración 4. Uso y cobertura del suelo en Santa María



Fuente: Elaboración propia a partir del DANE - Censo Nacional Agropecuario 2014

⁷ Sitio oficial de Santa María en Boyacá. Nuestro municipio, información general [en línea] http://www.santamaria-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml [citado el 9 de enero de 2018]

Ilustración 5. Vías del municipio Santa María



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Gobernación de Boyacá

De 32.644 ha que corresponden al municipio, el número de hectáreas utilizadas en uso agrícola es de 5.846, el uso que predomina actualmente es el pecuario con 19.258 ha, y también bosques naturales con 4.076 ha destinadas. La agricultura, ofrece una gran variedad de productos como yuca, maíz, plátano, cítricos, cacao, café, estos cultivos representan cerca de un 20% del total de ingresos de las familias campesinas, la producción de estos productos se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Principal producción agrícola por tipo de cultivo en Santa María

Producción Agrícola	Cultivo	Ha	Participación en Boyacá	Producción (Ton)	Participación en Boyacá	Rendimiento (Ton/Ha)
Cultivo transitorio	Yuca	2505	11.8	17018	3.38	9.8
	Maíz Blanco	429	5.4	695	1.47	3.2
Cultivo permanente	Otro permanente	2192	6.7	637	6.69	0.3
	Banano	733	35.3	2180	35.34	3.5

Fuente. Elaboración propia a partir del CNA 2014, Entrega 10 "área, rendimiento y producción agrícola del área cosechada en el 2013"

Después de Otanche, es el segundo municipio con mayor área sembrada destinada al cultivo de yuca con 2.505 ha a nivel departamental y una productividad de 17.018 ton. El área sembrada de otros productos agroindustriales es de 2.559 ha, de las cuales son cosechadas 2.227 ha y tienen una producción de 647 ton. También resalta el área sembrada con cultivos de frutas (741 ha) donde se cosechan 634 ha con una producción de 2.202 ton; el 99 % de la participación corresponde a banano común (733 ha), a nivel departamental es el municipio con mayor área destinada a este producto, se cosechan 626 ha con una producción de 2.180 ton. El plátano con tan solo 11 ha sembradas ocupa el segundo lugar después de Puerto Boyacá a nivel departamental en área destinada a este uso, la vocación por este tipo de cultivo se mantiene a través del tiempo y ha sido uno de los productos más significativos para autoconsumo de la población.

1.1.3. San Luis de Gaceno. El municipio se localiza en la parte suroriental del departamento sobre las estribaciones de la cordillera Oriental, su superficie es de 458,5 km² y representa el 2 % del territorio departamental, se encuentra a una altura de 4.000 msnm, su topografía se caracteriza por ser quebrada, ligeramente montañosa e irrigada por un gran número de quebradas y ríos que descienden de la cordillera oriental. Limita por el norte con Páez y Campohermoso, al sur con el Departamento de Cundinamarca (municipios de Paratebuena y Medina), al oriente con Casanare (municipio de Sabanalarga) y al occidente con el Municipio de Santa María⁸. El territorio municipal se divide en 40 veredas y cinco centros poblados, aunque el IGAC tiene reconocido a tres (Anexo B mapa 1).

La malla vial del municipio está conformada en su mayoría por red terciaria, cuenta con una vía primaria que corresponde a la vía alterna al llano, ruta 5608; esta cubre al

⁸ Sitio oficial de San Luis de Gaceno en Boyacá. Nosotros, municipio, información general [en línea] <http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/tema/municipio> [citado el 9 de enero de 2018]

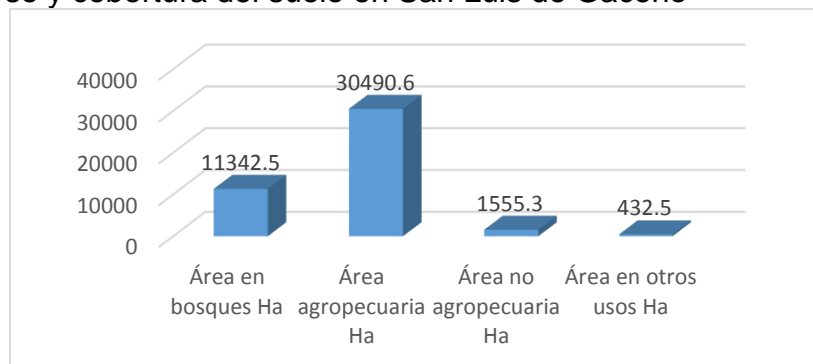
municipio en una longitud de 21 km aproximadamente y actualmente pertenece a la concesión Transversal del Sisga. Algunas de las vías terciarias están a cargo del departamento, el INVIAS y el municipio como se evidencia en la ilustración 7, el 67 % de la red vial terciaria del municipio es competencia del mismo y cuenta con 332 km aproximadamente⁹, las vías a cargo del departamento son La Unión-Guichirales (ruta 49503), San Luis-Puente La Mesa (ruta 49510), San Antonio-San Carlos-Puerto Rico (ruta D1566701), Guamal-Horizontes (ruta D1566702) y San Luis-Los Alpes (ruta D1566705).

Para el municipio se proyectan 4.891 habitantes¹⁰ a 2017 representa el 0,4 % de la población departamental, distribuidos 36 % (1.747 hab) en zona urbana y 64 % (3.144 hab) en zona rural, tiene una densidad poblacional de 10,67 habitantes por km² y el 55 % de la población es potencialmente activa (población entre 15 y 69 años).

El principal sector productivo en el municipio es el primario conformado por la agricultura, ganadería y minería. En el pecuario se destaca la explotación bovina como actividad más importante en la generación de ingresos de la población, hay registro de 30.855 cabezas de ganado bovino y después de Puerto Boyacá es el municipio con mayor número de cabezas a nivel departamental, como complementario se tienen explotaciones porcícola, avícola, piscícola, equina y algunas especies menores, de igual manera la explotación está orientada a la producción de carne y leche (38.245 litros/día), es decir, doble propósito.

De 45.850 ha que corresponden al municipio, el área utilizada en uso agrícola es de 2.735 ha puesto que el volumen de comercialización sea muy escaso debido a los bajos precios y dificultad en el transporte. El uso que predomina actualmente son praderas con pastos mejorados para la explotación bovina con 9268.6 ha y el uso pecuario con 30.675 ha. El 67 % del área municipal corresponde a uso agropecuario y junto con el área en bosques representan el 92 % del área municipal (Ilustración 6).

Ilustración 6. Uso y cobertura del suelo en San Luis de Gaceno

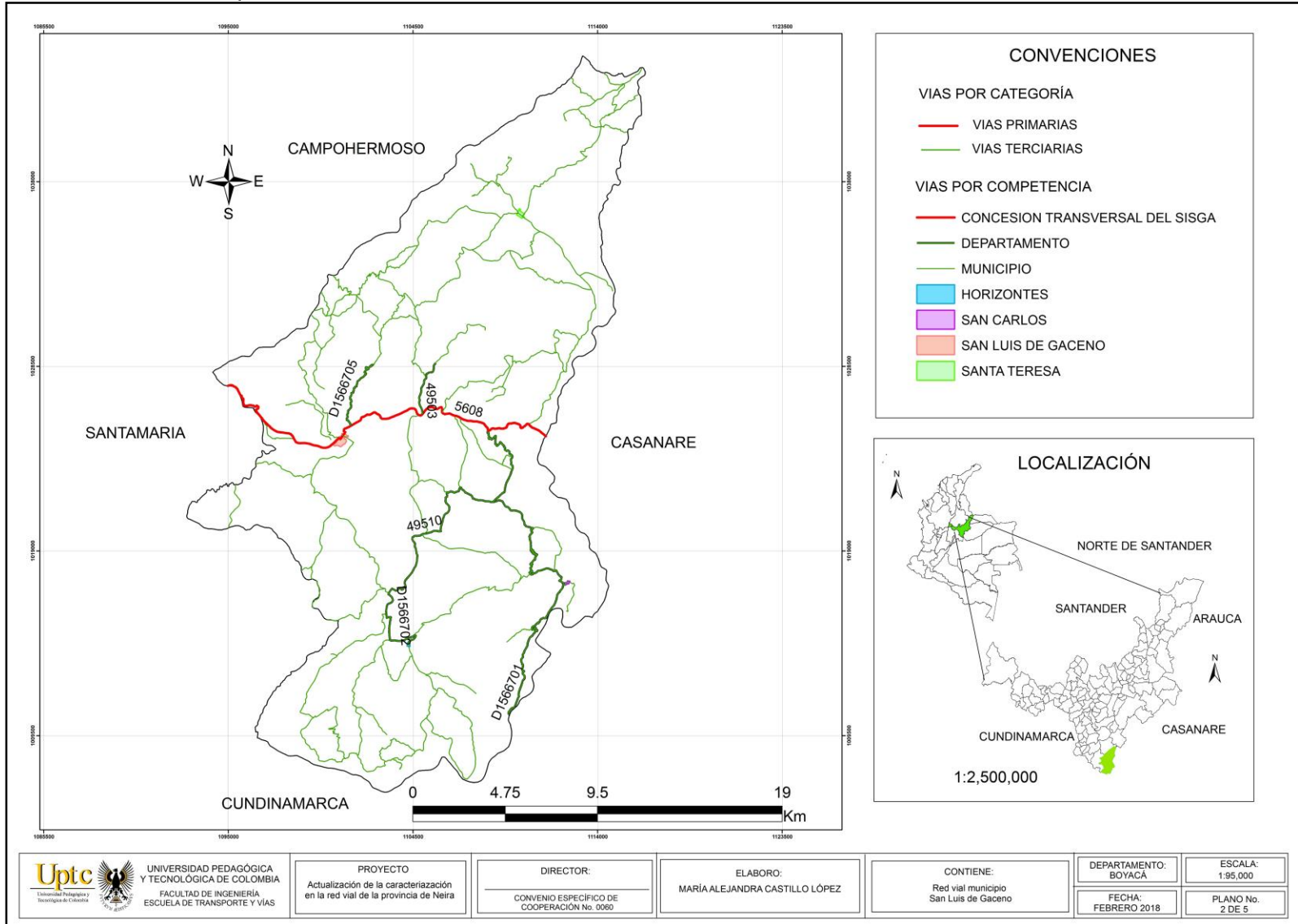


Fuente: Elaboración propia a partir del DANE - Censo Nacional Agropecuario 2014

⁹ Valor obtenido de la corrección topológica en ArcGIS versión 10.3.1, requiere validación.

¹⁰ Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Proyecciones de la población. Disponible en <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Ilustración 7. Vías municipio de San Luis de Gaceno



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Gobernación de Boyacá

Dentro de la agricultura destacan el maíz, la yuca, el plátano y algunos cítricos, el denominador común es la carencia de recursos financieros y técnicas apropiadas de explotación, que inciden en la baja producción y productividad de estos cultivos. La producción de los productos mencionados se indica en el cuadro 3.

Cuadro 3. Principal producción agrícola por tipo de cultivo en San Luis de Gaceno

Producción Agrícola	Cultivo	Ha	Participación en Boyacá	Producción (Ton)	Participación en Boyacá	Rendimiento (Ton/Ha)
Cultivo transitorio	Yuca	1320	6.2	12940	2.57	9.8
	Maíz Blanco	253	3.2	339	0.72	3.2
Cultivo permanente	Plátano	280	5.9	1330	6.23	4.9
	Naranja	193	6.1	1416	6.13	7.4

Fuente. Elaboración propia a partir del CNA 2014, Entrega 10 "área, rendimiento y producción agrícola del área cosechada en el 2013"

El principal cultivo es la yuca, después de Santa María es el tercer municipio con mayor área sembrada (1.320 ha) en el departamento, cosecha su totalidad y registra una producción de 12.940 ton. También se siembran 254 ha destinadas a cultivos de frutas, con 223 ha cosechadas y una producción de 1.600 ton, el 79 % corresponde al cultivo de cítricos con 200 ha sembradas, todas cosechadas y una producción de 1.475 ton, aunque estas áreas están sembrados en huertas pequeñas e intercaladas con otros cultivos; el cultivo de papaya con 5 ha sembradas, todas cosechadas y una producción de 79 ton lo ubica en el segundo municipio del departamento con mayor área destinada a este cultivo.

La participación del área cosechada de yuca y plátano a nivel departamental son significativos, aunque para el primero la producción en comparación con la departamento es poca, para el segunda es del 6,23 %, por lo que estos tipos de productos junto con los cítricos tienen potencial de desarrollo.

2. FUNDAMENTOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN

2.1 MARCO NORMATIVO

La ley 105 de 1993¹¹ rige la red nacional de carreteras y establece los criterios básicos para su administración y gestión, en su aplicación el INVIAS descentralizó a los departamentos y municipios los kilómetros de vía que tenía a su cargo después de que el Fondo Nacional de Caminos Vecinales le entregó la responsabilidad de la red terciaria. Adicionalmente la ley 1228 de 2008¹² establece la categorización de las vías (reglamentada en la Resolución 1240 de 2013) que conforman el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras SINC en tres grupos y define que los departamentos deben mantener actualizado el inventario vial de la red que tiene a su cargo. Dentro de los grupos se mencionan las vías intermunicipales (de segundo orden) y las veredales (de tercer orden), categorías que corresponden a carreteras a cargo de los departamentos, los distritos especiales y los municipios (son estas las vías que se identifican para realizar la actualización del plan vial en los municipios de interés). Además crea el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras SINC como un sistema público de información único nacional conformado por toda la información correspondiente a carreteras (carreteras existentes identificadas por su categoría, ubicación, especificaciones, extensión, puentes, poblaciones que sirven, estado de las mismas, entre otras) que conforma el inventario nacional de carreteras¹³.

El CONPES 3840 de 2007¹⁴ fortalece la competitividad departamental a través de la implementación de procesos y herramientas de gestión vial que principalmente se orientan a el inventario, mejoramiento y mantenimiento de vías además de fortalecer las instituciones gubernamentales para que ejerzan sus competencias a nivel vial. El 82 % de la red vial nacional está constituida por red departamental y municipal, razón por la cual se plantea el programa “Plan Vial Regional - PVR” a partir de lineamientos técnicos, económicos y administrativos buscando que las entidades territoriales puedan desarrollar metodologías apropiadas de mejoramiento, rehabilitación y conservación de vías, para implementar en la red vial a su cargo, proyectos sostenibles y que brinden condiciones adecuadas de transitabilidad y conectividad¹⁵.

En el Decreto N° 001895 del 2008 “Red vial a cargo del departamento de Boyacá” se clasifica la red de carreteras a cargo del departamento de Boyacá en dos categorías, red secundaria, que permite la integración de las principales zonas de producción y consumo,

¹¹ Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte y se redistribuyen competencias y recursos entre la nación y las entidades territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones.

¹² Por la cual se determinan las franjas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión, para las carreteras del sistema vial nacional, se crea el Sistema Vial Nacional de Información de Carreteras y se dictan otras disposiciones.

¹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0001067 (23, abril, 2015). Por la cual se modifica la resolución 1860 de 2013 y se dictan otras disposiciones. Bogotá DC 47

¹⁴ Política para el mejoramiento de la gestión vial departamental a través de la implementación del “Plan Vial Regional”

¹⁵ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. CONPES 3840 (3, agosto, 2015). Importancia estratégica del programa vías para la equidad. Bogotá, D. C., 2015.

comunican cabeceras municipales entre sí y con las capitales y red terciaria, que comunican las cabeceras municipales y sus veredas; a partir de este se establece la longitud de vía registrada en los municipios objeto de estudio a 2008 en los cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Red vial secundaria a cargo del departamento

RED VÍAL SECUNDARIA					
Código vía	Nombre vía	Municipio	Total Pavimentado	Total Afirmado	Total Longitud
56BY05	Cruce ruta 5608-Macanal-Los cedros-Quebrada chorreón	Macanal	2.00	40.20	42.20
56BY08	Garagoa – Macana			23.70	23.70
56BY06	Cruce ruta 5608-Macanal		2.60		2.60
56BY09	Santa María-Limites Cundinamarca hacia Mambita	Santa María		20.00	20.00
Total Departamento			637.90	179.80	2435.90
Participación Zona de estudio			1%	33%	4%

Fuente. Elaboración propia a partir de decreto N° 001895 del 2008 “Red vial a cargo del departamento de Boyacá”

Cuadro 5. Red vial secundaria a cargo del departamento

RED VIAL TERCIARIA				
Código vía	Nombre vía	Municipio	Total Afirmado	Total Longitud
D1566701	San Antonio-San Carlos-Puerto rico	San Luis de Gaceno	4.90	4.90
49510	San Luis-Puente la mesa		8.30	8.30
49503	La unión guichirales		2.85	2.85
D1566702	La Y horizontes		19.10	19.10
D1566705	Central al secreto los Alpes		1.70	1.70
D1542501	Macanal-Agua blanca	Macanal	9.00	9.00
D1542505	Macanal-Vijagual		5.70	5.70
D1569001	Centran san Luis-Santa Cecilia	Santa María	8.80	8.80
D1569003	Calichana-La hoyada		3.20	3.20
Total			63.55	63.55
Total Departamento			2705.63	3273.98
Participación Zona de estudio			2%	2%

Fuente. Elaboración propia a partir de decreto N° 001895 del 2008 “Red vial a cargo del departamento de Boyacá”

El CONPES 3857 de 2016 establece un esquema de gestión de apoyo basado en cinco elementos con el fin de formular los lineamientos para la gestión de la red vial, en respuesta a la carencia de política para mantener y conservar la red vial regional en buen estado. Dentro de los elementos establece la elaboración y actualización de inventarios de la red vial terciaria, una metodología para la priorización de tramos viales, soluciones

técnicas, criterios de cofinanciación y por último prácticas en los procesos de contratación; la partida para una buena planificación y gestión vial es el inventario vial, una herramienta indispensable la cual debe implementarse en el sistema de información geográfica SINC con el objeto de que sea de fácil actualización, cumpliendo con los lineamientos de la Resolución 1860 de 2013; cabe resaltar que el departamento de Boyacá presenta la mayor longitud estimada por km de red terciaria a nivel nacional y la mayor parte de estas longitudes son competencia de los municipios. También en este documento se describe como se debe elaborar el inventario de la red vial terciaria y la recolección de información primaria, no solo con lineamientos del Ministerio de Transporte, sino también del Departamento Nacional de Planeación DNP.

2.2 MARCO REFERENCIAL

El transporte es una actividad básica desde el punto de vista económico y social, ya que su función principal es el traslado de personas, bienes y servicios, es allí cuando surge la conectividad como cualidad de la existencia de vínculos entre territorios y actividades que se interrelacionan, tiene como misión el aseguramiento de la accesibilidad y comunicación entre los diferentes centros de provisión de materias primas e insumos, de producción y distribución de bienes, servicios, información y personas. En este contexto los ámbitos de la conectividad han sido definidos en función de los objetivos económicos y sociales esenciales de cada país, esto permite entender la relación de la conectividad con las grandes dimensiones del desarrollo nacional y de las exigencias que éstos plantean en todos los planos de las políticas de desarrollo y de crecimiento económico¹⁶.

En lo que a la infraestructura de transporte se refiere, los beneficios que derivan dada sus características son esenciales, puesto que se admite que una adecuada dotación de infraestructura aumenta la eficiencia del sistema productivo y mejora la competitividad de la economía, además el crecimiento económico de las distintas regiones de un país constituye uno de los ejes centrales para la toma de decisiones de los gobiernos.

Los sistemas de gestión tienen como base la mejora continua de los procesos para lograr que unos objetivos se cumplan, aplicado a la red vial, se plantean procesos enfocados a proveer elementos de infraestructura carretera que ofrezcan economía, seguridad, comodidad y capacidad adecuados para la circulación con el objetivo de priorizar acciones y poder contar con un mayor número de km en buen estado. Para esto, es necesario detallar la información de características de la infraestructura física además de las necesidades de los usuarios; al ser un tipo de información de carácter espacial y tener la necesidad de asociar diferentes atributos a representaciones gráficas (mapas) de las vías, es pertinente el manejo de la información a través de sistemas de información geográficos (SIG). Para realizar una buena planificación y gestión vial es indispensable contar con una herramienta de este tipo, la cual debe implementarse en un sistema integral nacional de información de carreteras. Además para obtener el conocimiento que se requiere dentro de la política de gestión, es necesaria la ejecución de un inventario vial que determine, en principio, la extensión real de la red en cada municipio y sus

¹⁶ Analistas económicos de Andalucía. El Transporte: Importancia económica y social :

características geométricas, topográficas y funcionales. Esta información, unida a las características del entorno de cada vía, brindará los insumos necesarios para la toma de decisiones respecto a la estrategia de rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de las vías¹⁷.

El Plan Vial Departamental, es una herramienta de planificación que presenta técnicamente el estado, de la red vial departamental y la propuesta de mejoramiento a las situaciones encontradas, constituye el principal instrumento para la gestión vial del Gobierno Departamental. El plan vial del departamento de Boyacá corresponde a un programa que pretende fortalecer la red vial secundaria y terciaria del departamento, el cual está orientado a facilitar dentro de un marco regional y nacional la competitividad e integración de los municipios y departamentos a través de la implementación de procesos y herramientas de gestión vial para realizar el mantenimiento y mejoramiento de vías y el fortalecimiento institucional del gobierno departamental para ejercer sus competencias en materia vial teniendo en cuenta una buena planificación, con el fin de lograr el desarrollo y progreso de las regiones y en consecuencia que sus habitantes tengan un nivel alto de vida. La red vial a cargo del departamento está conformada por: vías que comunican cabeceras municipales entre sí, vías que comunican cabeceras municipales con la red vial Nacional y las vías de orden terciario. Todas estas vías requieren un nivel de servicio con vías siempre transitables. Dentro de estos se realiza la Metodología de Inventarios Viales, que tienen el objetivo de determinar el patrimonio vial departamental, condiciones físicas y de operación, permite visualizar al mismo tiempo en un mapa, la ubicación de la red vial en conjunto con sus características¹⁸.

El Departamento de Boyacá en cuanto a su desarrollo productivo, históricamente se ha caracterizado por su vocación agropecuaria, minera y turística, con una alta expectativa de crecimiento; pero tiene la imperante necesidad de ser impulsada a través de la implantación de una infraestructura de transporte, logística y comunicación eficiente, adecuada, segura, que incentive y atraiga la inversión en tecnología e innovación de los actores de la función productiva, teniendo beneficios comunes para la población boyacense¹⁹.

Colombia suma 204.855 km de carreteras con un porcentaje pavimentado inferior al 7% y en dobles calzadas 1.475 km, el panorama nacional de la infraestructura²⁰ de carreteras se establece en el cuadro 6.

Cuadro 6. Distribución de la red nacional de carreteras

Red de Carreteras	Longitud (Km)	%
Primarias INVIAS	11.194	5,46
Concesionadas ANI	6.240	3,05

¹⁷ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. CONPES 3840 (3, agosto, 2015). Importancia estratégica del programa vías para la equidad. Bogotá, D. C., 2015.

¹⁸ Plan vial departamental.

¹⁹ Gobernación de Boyacá. Plan de Desarrollo 2016-2019 “Creemos en Boyacá”. p. 435

²⁰ *Ibid.*, p. 437

Cuadro 6. Continuación distribución de la red nacional de carreteras

Red de Carreteras	Longitud (Km)	%
Secundarias y Terciarias departamentales	59.096	28,85
Secundarias y Terciarias municipios	100.748	49,18
Secundarias y Terciarias INVIAS	27.577	13,46
Total	204.855	100

Fuente. Elaboración a partir de Cifras del sector transporte

La red vial secundaria está administrada por el Departamento de Boyacá a través de la Gobernación, comprende las vías que permiten la conectividad interdepartamental entre las cabeceras municipales y la red nacional de carretas. La red vial terciaria, corresponde al grupo de vías que cumple la función de la intercomunicación municipal. El departamento se encuentra comunicado con una extensa red vial que ofrece cobertura a un alto porcentaje del territorio especialmente en el área rural²¹., con una longitud aproximada de 9.350 km, de acuerdo a las categorías que se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Distribución de la red vial del departamento

Categoría	Superficie de Rodadura (km)			LonTotal (km)	%
	Pavimento	Afirmado	Tierra		
Primaria – nacional		1007.82		1007.82	10.99
Secundaria - departamental	695.13	1634.72	8.68	2355.74	25.68
Terciaria – departamental	3.50	3160.47		3196.97	34.86
Terciaria – nacional		2611.89		2611.89	28.48
Total	695.13	8414.9	8.68	9171.81	

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

En la provincia de Neira la longitud de red vial secundaria es de 134.4 km de vía y la terciaria es de 146.95 km de vía, la cual es administrada por el departamento. Se presenta en el cuadro 8 el resumen de la red secundaria y terciaria a cargo del departamento en la provincia de Neira de los municipios de interés:

Cuadro 8. Red vial en la zona de estudio

Categoría	Municipio			Longitud Total (km)	%
	Macanal	Santa María	San Luis de Gaceno		
Segundo	42.84	17.87	-	60.71	9.79
Tercero	148.65	142.01	103.88	394.54	90.2
Total	191.49	159.88	103.88	437.38	100

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

2.2.1 Sistemas de información geográfica. Los Sistemas de información geográfica SIG constituyen el conjunto de procedimientos diseñados para capturar, administrar, manipular, transformar, analizar, modelar y graficar información que tiene referencia en

²¹ Ibíd., p. 440

el espacio; son un conjunto de herramientas que integran y relacionan diversos componentes: usuarios, hardware, software y procesos que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz, estas características lo convierten en un sistema flexible donde la información asociada es actualizable y acumulable²².

Los SIG funcionan como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales, señalando un objeto se conoce sus atributos e inversamente se puede saber su localización en la cartografía. La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva. Las tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales; el método más utilizado es la digitalización, a partir de un mapa impreso, con información tomada en campo o por medio de imágenes orto-rectificadas (implica la búsqueda de datos geográficos directamente en imágenes aéreas), se transfiere a un medio digital con capacidades de georreferenciación.

A partir de la digitalización de información, se generan archivos tipo “Shapefile”, los cuales se define como un formato de datos no topológicos donde se puede guardar información geográfica representada como puntos, líneas, polígonos y dBASE, almacenando atributos característicos de la superficie analizada²³

La plataforma expresa la importancia que un profesional en transporte implemente herramientas de precisión para la ayuda en la planificación y administración de infraestructura dentro de un contexto ingenieril, como se puede realizar con un Sistema Información Geográfica (SIG), mejorando las inversiones y atendiendo a la actualización constante de datos georreferenciados²⁴.

Topología. Es el análisis de relaciones espaciales en objetos tales como la adyacencia, contigüidad, conectividad, inclusión, entre otros (Ilustración 8). Mediante esta se puede modelar el comportamiento integral de diferentes tipos de datos (puntos, líneas y

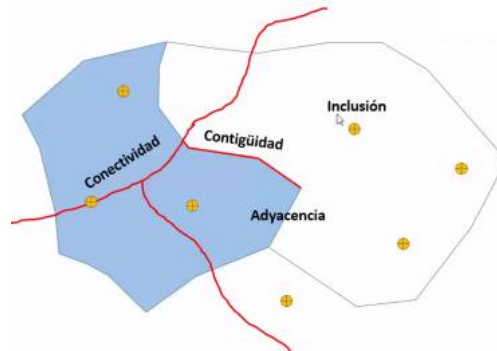
²² UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sedes: Bogotá, Facultad: facultad de ciencias, Investigación: grupos de investigación, ECOLMOD, Información interés. Que es un SIG [en línea], 23 de noviembre de 2013 [revisado 13 diciembre 2017]. Disponible en Internet <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/ecolmod/informacion-de-interes/que-es-un-sig>.

²³ ARCGIS FOR DESKTOP. Que es un shapefile. [En línea]. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm> [citado el 2 de octubre de 2017]

²⁴ (ESRI (2016, 10 de Agosto) Roads and Highways. Build a smarter, safer infrastructure).

polígonos). En las geodatabases, la topología define cómo las entidades comparten una geometría coincidente.

Ilustración 8. Definición topología



Fuente. Rodolfo Franco (2 de abril de 2016) Tutorial ARCGIS Cap.20-01 Topología Introducción. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=19dN38vvPoE>

Corrección topológica. Un error topológico hace referencia a identificar relaciones espaciales en objetos, que causen errores dentro de una geodatabase, a través de la definición de condiciones o reglas.

Los errores topológicos se pueden corregir mediante la herramienta “Corregir error topológico”, la cual permite seleccionar un error y elegir entre diversas correcciones predefinidas para ese tipo de error, también para obtener más información acerca de la regla que se infringe o para marcar el error como una excepción.

Para corregir los errores una vez que se descubren se puede seleccionar el error en el mapa o seleccionar el error con la herramienta inspector de errores (el contenido de esta ventana permite ver los errores en una tabla), así se informa cuál regla se infringió y la clase de entidad involucrada, además identifica los errores en una lista modificable que se actualiza a medida que se corrige el error²⁵.

2.2.2 Seguridad vial e Índice de Peligrosidad. La seguridad vial es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y normas de conducta, bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito²⁶.

Para el análisis de peligrosidad de vías rurales también se puede aplicar el análisis espacial de accidentes de tráfico en áreas urbanas, pues presenta una orientación con el aporte de nuevos elementos y factores que determinan variables espaciotemporales, que

²⁵ARCGIS FOR DESKTOP. Corrección topológica en ArcGis. [En línea]. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/editing-topology/fixing-topology-errors.htm> [citado el 14 de diciembre de 2017]

²⁶ MEDIADRIVE. Seguridad vial. Cultura vial [en línea], 23 de noviembre de 2013 [revisado 24 Enero 2017]. Disponible en Internet: <http://culturavial.com/seguridad-vial/que-es-seguridad-vial.html>.

sustenten la definición de patrones territoriales de ocurrencia en el área urbana, que son base para efectuar programaciones de intervenciones orientadas a prevenir y disminuir los niveles de accidentalidad, así como a mejorar los índices de seguridad vial y movilidad²⁷.

La seguridad de una carretera depende de una gran cantidad de factores, entre los que se destacan, las características geométricas, el tránsito, la señalización, el estado del pavimento y la carretera en general. Los accidentes son asociados al conductor, al peatón y al mal estado técnico del vehículo y en la mayoría de los casos, no se valora la influencia de los factores relacionados con la carretera a pesar de que está demostrado que las medidas técnicas relacionadas con mejoras a la vía y regulaciones al tránsito, pueden disminuir la accidentalidad²⁸.

La metodología iRAP (International Road Assessment Programme) corresponde a una serie de clasificaciones por estrellas (Star Rating Score SRS) para medir el riesgo de la infraestructura. Se efectúa con base a factores de riesgo que asigna a cada atributo evaluado con categorías, estos atributos corresponden a características influyentes de cada sección que se obtienen a partir de levantamiento en video y foto, es decir, la inspección de la infraestructura de carreteras; el factor de riesgo refleja el cambio en el riesgo entre las categorías, tipo de accidente y usuario. Esta metodología se basa en investigaciones y variables de datos de campo para determinar la probabilidad de que ocurra un accidente y su severidad. Entre 1 y 5 estrellas se otorgan dependiendo del nivel de seguridad que es "incorporado" a la vía, así, las carreteras más seguras (de 4 y 5 estrellas) tienen atributos de seguridad vial apropiados para el tráfico como señalización en buen estado, condiciones del pavimento óptimas, entre otras, y las carreteras menos seguras (1 y 2 estrellas) no tienen atributos de seguridad vial apropiados²⁹.

No se pudo aplicar este enfoque debido a la falta de información registrada sobre accidentalidad en la zona de estudio, aunque la Agencia Nacional de Seguridad Vial tiene un registro nacional de accidentes de tránsito, los valores no tienen relevancia, además la capa de señalización no contiene atributos y la capa de daños a la superficie de rodadura no tiene registro en los municipios de interés. Teniendo en cuenta lo anterior se aplican criterios de inestabilidad geológica y aspectos funcionales y estructurales de vías (información que se encuentra georeferenciada de acuerdo con lo establecido en el SINCR).

²⁷ CERQUERA ESCOBAR, Flor Ángela. Análisis espacial de los accidentes de tráfico en Bogotá D. C. Fundamentos de investigación. En: Perspectiva geográfica. Volumen 18 No. 1 (Enero, 2013); p. ISSN 0123 – 3769.

²⁸ CUEVAS COLUNGA, Ana Cecilia. Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal. En: Secretaria de comunicaciones y transporte, Instituto mexicano del transporte. Publicación técnica No. 345 (2011); p. ISSN 0188 – 7297.

²⁹ HURTADO BELTRAN, Antonio. SERNA RODRIGUEZ, Margarita. Aplicación de la metodología iRAP y el software ViDA – iRAP en un tramo de autopista en México. En: Revista infraestructura vial. No. 29 (Junio, 2015); p. ISSN 2215 – 3705.

3. METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN VIAL DEPARTAMENTAL (PVD)

En la ilustración 9 se presenta el diagrama de flujo elaborado para la metodología del Plan Vial, en el cual se resumen las actividades propuestas en cada fase y los resultados a partir del desarrollo de las mismas. La metodología propuesta se describe en las siguientes fases:

3.1 FASE 1: REVISIÓN MARCO CONCEPTUAL Y NORMATIVO

Corresponde a la apropiación de conocimiento de toda la normatividad y manuales de procedimiento que regula la actualización del plan vial. En esta fase se indaga sobre el contenido de las diferentes normas y manuales propuestos tanto a nivel nacional como departamental. Se encuentra que la estrategia de implementar los planes de actualización vial se desarrolla en los CONPES y es a partir de estos que surgen resoluciones y metodologías enmarcadas dentro de la ley colombiana.

3.2 FASE 2: RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

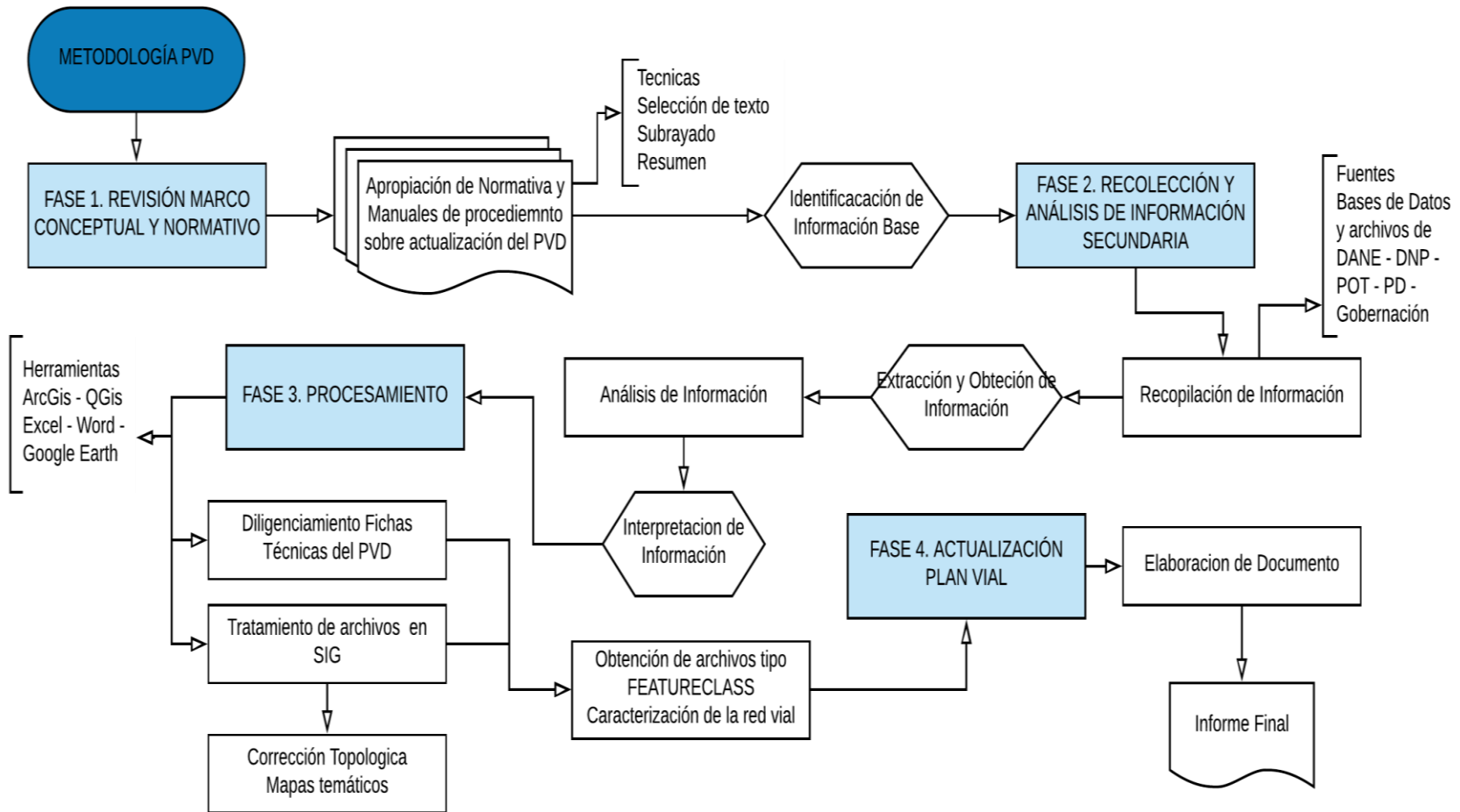
Se debe tener presente que en esta fase se parte de información proporcionada por la Gobernación, la cual se examina y se le realiza un proceso de verificación en ArcGis y Excel. Respecto a la información adicional consultada, se realiza una búsqueda en libros, tesis, artículos, documentos y bases de datos sobre las variables necesarias para la actualización de las fichas del plan vial y la elaboración de los mapas temáticos mediante navegación en servidores web, indagación en biblioteca estudiantil y solicitud de información a municipios de manera física y virtual, con el fin de localizar la información necesaria para el desarrollo del trabajo. El análisis de información es el proceso de depuración y organización de información, mediante el cual la información se identifica y clasifica con ayuda de herramientas computacionales. También se reconoce el contexto en el que se encuentran los municipios mediante una caracterización orientada a la problemática vial.

Se hace énfasis en que no se realiza trabajo de toma de información en las vías de los municipios de estudio, debido a que este ítem no fue contemplado en el convenio establecido con la Gobernación, por lo tanto, se parte de información suministrada por cada uno de los organismos mencionados para ejecutar la actualización; así mismo la información generada a partir de esta tiene el mismo nivel de precisión, confiabilidad y calidad.

3.3 FASE 3: PROCESAMIENTO

Es el proceso por el cual se transforma la información recopilada de modo que resulte comprensible para su interpretación, es decir, que los datos y variables son ordenados para presentarse.

Ilustración 9. Metodología para la actualización del plan vial departamental (PVD)



Fuente. Elaboración propia

- Tratamiento de archivos en SIG: comprende la corrección topológica y la elaboración de mapas temáticos. Estos procedimientos se logran desarrollar mediante el uso de herramientas de los siguientes programas: ArcGis, QGis y Google Earth; los archivos tipo shapefile se modifican con el fin de obtenerlos en las condiciones requeridas. La corrección topológica se realiza al archivo tipo shapefile que contiene las vías del departamento con base a imágenes satelitales de Google Earth e imagen ráster de la zona de estudio.
- Diligenciamiento fichas plan vial departamental (PVD): se efectúa la actualización de la información requerida en las fichas con base a la información recopilada en la fase anterior, en estas se diligencia información faltante, se valida la existente y se agrega nueva mediante el uso de Excel.

3.4 FASE 4: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN VIAL.

Una vez culminado el tratamiento de información se obtienen los archivos tipo FEATURECLASS visualizados en los mapas temáticos generados para los municipios de la zona de estudio y las fichas del PVD. Se presenta una caracterización general, física, social demográfica, económica y espacial, esta caracterización se orienta a reconocer la problemática de los municipios relacionada con la conexión vial existente y las deficiencias que presenta para los fines de desarrollo territorial

Adicionalmente con el fin de alcanzar los objetivos propuestos se precisa la adición de la siguiente fase.

3.5 FASE 5: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

El índice de peligrosidad (IP) es un indicador de inseguridad donde convergen determinadas variables que afectan directamente la vía y que inciden probablemente en la generación de un accidente vial. Se plantea con el propósito de visualizar zonas de concentración de peligros que pueden influir en la ocurrencia del accidente con base en el cruce de información georefenciada de señalización vertical y horizontal, accidentalidad, estado de superficie y daños a la superficie de rodadura, sin embargo esta información no existe o no tiene registro en la zona de estudio, por lo que se replantean las variables a analizar.

Para definir las variables se tiene en cuenta la información disponible (capas establecidas de acuerdo al SINC). En este contexto el IP se determina para las vías a cargo del departamento, teniendo en cuenta las variables tipo de terreno, sitios críticos de inestabilidad y sedes educativas; la inestabilidad del terreno en las vías puede ocasionar daños superficiales y estructurales a la superficie de rodadura, interferir sobre la vía afectando la seguridad y obstaculizar la calzada en algunos casos, perturba en general las condiciones de circulación; las instituciones educativas son sitios generadores de viajes que reúnen individuos en determinadas condiciones; el tipo de terreno condiciona principalmente el diseño de una vía.

A cada variable se le asigna un puntaje en función del peligro o gravedad que representan, así, en el caso de tipo terreno, un terreno montañoso tendrá un valor mayor que un terreno plano por las pendientes que presenta, para el caso de la inestabilidad, el hundimiento tiene el mayor valor otorgado porque genera desniveles en la vía. También se tiene presente la frecuencia con que ocurre la variable, es decir, la cantidad de veces que se registra. Se realiza un análisis seleccionando segmentos de 1.000 metros. A partir de las variables mencionadas anteriormente se obtiene el IP de acuerdo con un rango de sensibilidad que se obtiene para los diferentes tramos de vías analizados, este grado de sensibilidad se calcula asignando una calificación a los diferentes atributos que involucraran dichas variables. Cabe indicar que se evalúan 14,19 km de vía en la zona de estudio. A continuación se describe la calificación empleada de acuerdo al tipo de variable:

- **Tipo de terreno.** La incidencia del tipo de terreno en el incremento o reducción de la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales es un asunto inexplorado con nulos registros documentales, en el entendido que un amplio número de estudios se centran en describir los efectos del entorno (condición climática, tipo de área, estado de la señalización y demás) sobre el comportamiento del conductor pero sin abarcar específicamente lo concerniente a las características del relieve. La calificación más alta (cuadro 9) se le asignó al tipo de terreno en el que predominan valores máximos de pendiente longitudinal y transversal atendiendo a las siguientes consideraciones: Una carretera emplazada en un terreno escarpado presenta una topografía abrupta que sumada a factores ambientales resulta en un condicionamiento de las especificaciones geométricas ofrecidas a los usuarios, dejando de cumplir con el criterio de armonía puesto que no se garantizan recorridos fáciles, exentos de sorpresas, las cuales agudizan la fatiga visual provocan distracciones y a su vez derivan en un factor de riesgo. Adicionalmente en terrenos escarpados se requieren excesivos movimientos de tierra que resultan en trazados con restricciones visuales enmarcadas por tangentes cortas y radios de curvatura reducida, además en rampas de descenso se requiere de una mayor distancia de parada (al incluir el factor de pendiente con signo negativo el divisor de la expresión de cálculo es menor y por ende el resultado es una magnitud mayor comparada con una rampa de ascenso), complementario a lo anterior en el recorrido de descenso se obliga a los conductores a efectuar una maniobra sostenida de frenado, lo cual es una contravención a las normas básicas de seguridad puesto que el accionar frecuentemente el mando de frenado resulta en un sobrecalentamiento excesivo del sistema (pastillas tambores y zapatas) y por ende se pierde su efectividad. Las características ambientales de terrenos escarpados son singulares: por situarse a una mayor altitud sobre el nivel del mar presentan un clima de atmosfera fría debajo de la cual tiene lugar el fenómeno meteorológico de la neblina que afecta las condiciones de visibilidad. Cuando se concibieron trazados en terrenos escarpados y montañosos se apeló al cumplimiento de la compensación de volúmenes, por ende dichos trazados integran secciones a media ladera y en caso de pérdida del control del vehículo estos van a parar al fondo de los abismos.

Cuadro 9. Calificación de tipo de terreno

Tipo de terreno	ESCARPADO [E]	MONTAÑOSO [M]	ONDULADO [O]
Calificación	3	2	1

Fuente. Elaboración propia

- **Sitio crítico de inestabilidad.** La escala de calificación (cuadro10) para el caso de los sitios críticos de estabilidad se definió en función de siete condiciones a saber: Hundimiento, cambio de forma-hundimiento, detrito, erosión, erosión-detrito, abultamiento y grietas. La mayor calificación se le asignó a las dos primeras condiciones enunciadas anteriormente dado que se trata del defecto superficial que goza de mayor percepción por parte del usuario de la infraestructura, consiste en un desplazamiento vertical de la calzada que conduce a desestabilizar el vehículo a su paso por esta anomalía, dando lugar a un incremento en la probabilidad de ocurrencia de un accidente. En el fondo de la escala de valoración se encuentran una condición que desde el punto de vista técnico presenta consecuencias más graves a nivel macro de afectación, no obstante poseen menor probabilidad de ocurrencia en el tiempo y a nivel espacial exhiben estadísticas exiguas comparadas con la cantidad de detritos, erosiones y hundimientos, el abultamiento reviste menor gravedad pues se puede advertir con mayor antelación en comparación con el hundimiento que se mimetiza con la superficie de rodadura.

Cuadro 10. Calificación sitio crítico de inestabilidad

Tipo de Inestabilidad	Abreviación	Calificación
HUNDIMIENTO	H	4
DETRITO	D	3
EROSIÓN	E	3
EROSIÓN - DETRITO	ED	3
ABULTAMIENTO	A	2
GRIETAS	G	1
CAMBIO DE FORMA - HUNDIMIENTO	CF	4

Fuente. Elaboración propia

- **Sedes educativas.** La calificación asignada (cuadro 11) al factor por presencia de equipamientos colectivos de educación se definió advirtiendo un principio básico: la probabilidad de ocurrencia de un accidente por atropello se incrementa al existir interacción entre las corrientes vehicular y peatonal. En presencia de maniobras de cruce por parte de los peatones o circulación de estos por las zonas que integran la corona se produce una sensible afectación a los patrones de comportamiento habitual de los conductores, especialmente cuando no se cuenta con una adecuada señalización que permita advertir la proximidad al centro educativo y adoptar los correctivos que requiere el caso en particular.

Cuadro 11. Calificación Instituciones Educativas

Número de Instituciones Educativas	Calificación
0	0
1	1
2	2

Fuente. Elaboración propia

De forma complementaria se añade un ítem de calificación que penaliza el sitio crítico de inestabilidad, en función del número o cantidad de inestabilidades detectadas a lo largo de la unidad definida como tramo, es decir, a mayor número de defectos por unidad de longitud, mayor sensibilidad a la ocurrencia de accidentes; así, si un segmento reporta dos veces una inestabilidad, su calificación tendrá el doble de puntaje. Finalmente un segmento se califica como la sumatoria de los puntajes obtenidos de cada variable evaluada.

4. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL PROYECTO

La recopilación de información se logra a partir del reconocimiento de la misma, es esencial saber cómo localizar la información, por lo cual se debe conocer tanto las fuentes de información que contienen los datos, los organismos que la generan u organizan y la forma en que se tiene acceso, además de los procedimientos correspondientes para su obtención.

La información recolectada para el desarrollo del trabajo se presenta a continuación, esta fue proporcionada principalmente por la gobernación, además de contar con el apoyo de la alcaldía de los municipios objeto de estudio. También se consulta la base de datos abiertos para el público de entidades nacionales y departamentales como la del DANE, DNP, CORPOCHIVOR, IGAC, UPRA, SGC, Ministerio de Transporte, RUNAP, entre otras. El cuadro 12 registra la Información proporcionada y consultada.

Cuadro 12. Información suministrada

Institución fuente de información	Información	Formato	Variables
Gobernación de Boyacá	Formulación Plan Vial Departamental	Excel	Fichas del Plan vial departamental
	Red terciaria en jurisdicción del dpto. de Boyacá INVIAS	Excel	Vías caracterizadas por nombre, longitud y competencia
	Sedes educativas 2012	Shp	Sedes educativas
	Centros de salud Colombia		Centros de salud
	Parques naturales nacionales		Parques naturales nacionales
	Boyacá		Límite del dpto. de Boyacá
	Provincias		Provincias del dpto.
	Municipios		Municipios del dpto.
	INVIAS red principal		Vías primarias
	Archivo SINC		Puente
	Archivo SINC		Muro
	Archivo SINC		Sitio crítico inestabilidad
	Archivo SINC		Sección transversal
	Archivo SINC		Tramo vía
	Archivo SINC		Superficie
	Archivo SINC		Tipo terreno
	Archivo SINC		Cunetas
	Archivo SINC		Alcantarillas
	Colombia		Límite del país
	Rural		
Hipsometría	Curvas de nivel		
Hidrografía	Hidrografía del Dpto.		
Geología	Formaciones y eras geológicas		

Cuadro 12. Continuación Información suministrada

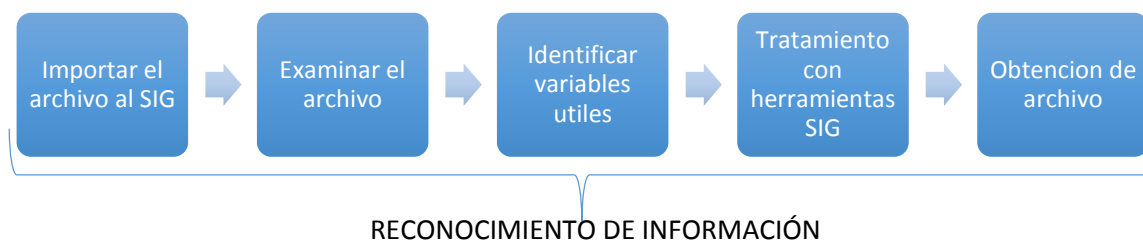
Institución fuente de información	Información	Formato	VARIABLES
Gobernación de Boyacá	Fallas geológicas	Shp	
	Pliegues		
Municipio de Macanal	Zonas de riesgo municipal	Excel	Valor de estimación y rango del riesgo en función de la probabilidad de ocurrencia
Municipio de Santa María	Zonas de riesgo municipal	Excel	Valor de estimación y rango del riesgo en función de la probabilidad de ocurrencia
	Vías en zonas de riesgo		Vía que cruza por zona de riesgo con su respectiva longitud
	Mapa de amenazas y riesgos rurales	Dwg	Ubicación de zonas de inundación, incendios, derrumbes, tormentas, fallas geológicas
Municipio de San Luis de Gaceno	Descripción de las vías terciarias diferenciadas por competencia	Excel	Vías identificadas por nombre, código, competencia, categoría, longitud, estado, tipo de pavimento y ancho de calzada promedio
	Mapa base topográfica con información de vías y ríos	Dwg	Localización de las Vías
	Zonas de riesgo municipal	Excel	Probabilidad de ocurrencia del riesgo y vulnerabilidad de amenazas
	Vías en zonas de riesgo		Vía que cruza por zona de riesgo con su respectiva longitud
Corpochivor	Amenazas rurales	Shp	Zonas inestables, potencialmente inestables y con baja potencialidad
	Usos del suelo		Área de protección para restauración, preservación, uso sostenible, paramo
	Precipitación		Precipitación media multianual (1981 – 2010)

Fuente. Elaboración propia

5. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El tratamiento inicial de la información integrada se desarrolla a partir de la revisión inicial de la información en cada una de las capas o archivos tipo shapefile, el procedimiento general de la generación de información en el contexto necesario se ejecuta con las etapas de la ilustración 10.

Ilustración 10. Reconocimiento de información



Fuente. Elaboración propia.

Como se esquematiza, para poder interpretar la información es necesario efectuar el reconocimiento de cada archivo específico; como la mayoría de archivos en formato shapefile con que se cuenta provienen del DANE, se hace indispensable identificar la nomenclatura de las capas y de sus atributos para reconocer la información obtenida.

5.1 ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN

Una vez se obtiene el archivo en el sistema de información geográfico, inicia el procedimiento de adaptar la información; dicho proceso consiste en examinar y explorar el archivo, identificando atributos, variables, contenido y características espaciales para extraer la información georeferenciada ubicada en la zona de estudio, con el apoyo de herramientas de selección y geo procesamiento. Con la selección de entidades se identifican un subconjunto de éstas en el mapa, para ver sus atributos y editarlas, con el fin de depurar información. También se recortan capas utilizando una de las entidades de otra clase como molde, para crear nuevas capas que contienen el subconjunto geográfico requerido; se empalman capas del mismo tipo para generar una nueva con los atributos de las dos. Para definir las proyecciones de una capa se tiene el sistema de coordenadas que se le asigna al espacio de trabajo (para el caso Sistema proyectado MAGNA Colombia Bogotá) y un sistema interno que tienen las capas por defecto en el que fueron digitalizadas, como se tienen datos que no comparten el mismo sistema de coordenadas que el área de trabajo, se aplica una transformación geográfica. Estas transformaciones geográficas convierten las coordenadas de un sistema a otro, así, se acopla el sistema de referencia de los diferentes datos manipulados.

Las superficies pueden representarse mediante líneas de curva de nivel, conjuntos de puntos, TIN y rásteres. Se genera un raster para crear un modelo digital de elevación que utiliza como tipo de entidad de entrada las curvas de nivel y genera una morfología generalizada de la superficie.

Una superficie de red irregular de triángulos (TIN), corresponde a datos geográficos digitales basados en vectores, se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos) para crear una red irregular de triángulos cuya superficie no se desvíe del ráster de entrada en más de una tolerancia Z^{30} especificada. Se crea una superficie TIN a partir de otra superficie funcional (el ráster) con el fin de agregar entidades adicionales (como vías) al modelo de superficie y tener una mejor visualización de este, que ahora es un modelo 3D.

5.2 CORRECCIÓN TOPOLÓGICA

La corrección es necesaria debido a que al generar el archivo shapefile de las vías con base en la cartografía para el departamento, se cometieron errores como tomar caminos de ingreso a fincas como vías o no darle conectividad a éstas.

Inicialmente se verifica la geometría de las vías y se elimina las vías que no existen o no corresponden, como laderas de montaña, caminos a fincas y ríos con base a imágenes satelitales de Google Earth, Bing Maps y raster de una parte de la zona de estudio, en el complemento OpenLayer Plugin del software QGis 2.14.20.

Una vez finaliza la verificación de geometría, se aprueba la topología en ArcGis. Para su ejecución primero se realiza una edición en la entidad dentro del ArCatalogo creando una Geodatabase que contiene las vías y define las reglas topológicas³¹ (para polilínea), seguido, en el ArcMap se valida la topología, esto conlleva a realizar verificaciones de las entidades para identificar violaciones a las reglas, el Inspector de errores muestra una tabla informando cuáles reglas se infringieron y una vez que se edita o corrige la entidad se vuelve a validar la topología; además de verificar si hay errores de topología, implica una serie de tareas de procesamiento espacial para identificar las entidades compartidas y mantener la coincidencia entre las entidades adyacentes. Finalmente se realiza la corrección de la coordenada Z (altura) de esta capa a través de la superficie TIN de la zona generada anteriormente.

5.3 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE FICHAS

La descripción de cada ficha se presenta en el cuadro 13.

³⁰ El nivel de sensibilidad en altura z es una diferencia entre el modelo tin y el raster original, un valor bajo de z representa que el perfil de altitud del tin es muy similar al perfil que genera el modelo raster, además de generar más triángulos para obtener una superficie más sensible y fina.

³¹ Las reglas topológicas permiten definir las relaciones entre las entidades de la misma clase o subtipo de entidad.

Cuadro 13. Identificación fichas del plan vial (PVD)

FICHA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN REQUERIDA	TRATAMIENTO
1	RED VIAL EN EL DEPARTAMENTO	Contiene toda descripción la red vial departamental sin discriminar competencia	Nombre de la vía, competencia, categoría, estado, longitud, tipo de pavimento y ancho calzada promedio	Actualización y verificación
2	RED VIAL DEPARTAMENTAL	Red vial a cargo del departamento	Código de la vía, con esta se modifican los demás campos	Verificación
3	CONECTIVIDAD VIAL DE RED SECUNDARIA	Vías que se conectan a las vías departamentales	Código de la vía, los demás campos se actualizan por defecto	Verificación y validación
12	RELACIÓN COSTO DEL VIAJE Y PRECIO DE LOS PRODUCTOS QUE CIRCULAN POR LAS VÍAS	Costo por tonelada/ km de la vía	Producto relevante, precio del producto	Diligenciamiento
13	DIVISIÓN POLÍTICA	División política	Cantidad de veredas, corregimientos, centro poblados, instituciones educativas, instituciones de salud, resguardos indígenas, caseríos e inspecciones de policía	Actualización y verificación
14	ZONA DE RIESGO A NIVEL MUNICIPAL	Tipo de riesgos	Probabilidad de ocurrencia y vulnerabilidad del riesgo	Actualización y verificación
15	VÍAS EN ZONAS DE RIESGO	Incidencia de la red vial en zonas de riesgo	Identificación de la vía, si pasa o no por la zona de riesgo y la longitud	Diligenciamiento
16	AREAS PROTEGIDAS DEL DEPARTAMENTO	Áreas protegidas	Nombre y categoría del área protegida	Actualización y verificación
17	VÍAS EN ZONAS PROTEGIDAS	Incidencia de la red vial en zonas protegidas	Identificación de la vía, si pasa o no por la zona de protección y la longitud	Diligenciamiento
19	FUNCIONES Y ROLES DE LOS CENTROS URBANOS JERARQUIZADOS	Rol dentro del sistema urbano, regional, departamental	Calificación del rol	Diligenciamiento

Cuadro 13. Continuación identificación fichas del plan vial (PVD)

20	ZONAS TURÍSTICAS	Identificación de los sitios turísticos	Nombre e importancia del sitio turístico y modo de acceso	Actualización y verificación
21	VÍAS QUE CONECTAN LAS VIAS TURÍSTICAS	Incidencia de la red vial en zonas turísticas	Código de la vía que conecta el sitio turístico	Actualización y verificación
22	ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN PRODUCTIVA	Vocación socio económica local determina por las actividades de diversos aspectos	Productos predominantes del municipio por sector productivo, producción, tipo de mercado	Actualización
26	ÁREAS DE DESARROLLO DE EJES VIALES DEL DEPARTAMENTO	Vías que se conectan al eje con información de todos los modos de transporte para obtener un indicador	Eje vial del departamento, tramos que lo conforman y vías que se conectan con el	Diligenciamiento
28	DOTACIONES DE INFRAESTRUCTURA	Dotaciones de infraestructura	Cantidad de centros educativos que la vía conecta	Diligenciamiento
29	PRIORIZACIÓN DE TRAMOS Y FACTORES DE AJUSTE	Priorización con base en indicadores técnicos, económicos, sociales y estratégicos	Se actualiza por defecto con el diligenciamiento de otras fichas	Verificación y validación

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

5.4 MAPAS TEMÁTICOS

Los mapas temáticos se elaboran para poder visualizar diferentes aspectos de la zona de estudio de forma eficiente, ordenada y sencilla. Se logra a partir de la representación cartográfica de diferentes datos, variables y características en un espacio de trabajo que se manipula con herramientas de dibujo, simbología, para realizar el mapa se cambia la vista del espacio de trabajo por la de “Layout” y a través de diferentes modificaciones de propiedades en este espacio se obtiene el mapa. Con la información suministrada se elaboran los siguientes mapas temáticos.

- Localización zona de estudio
- División política
- Red vial
- Red vial a cargo del municipio
- Usos del suelo
- Zonas de riesgo: Amenazas rurales
- Red vial secundaria y terciaria en zonas de riesgo
- Zonas turísticas
- Red vial secundaria y terciaria en zonas turísticas
- Geología
- Hidrografía

Cabe indicar que la Gobernación no cuenta con información ordenada de los mapas mencionados en Sistemas de Información Geográfica.

5.5 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

Con el archivo de las variables a analizar importadas en ArcGIS, se procede a segmentar en tramos de 1.000 m las vías dispuestas en la zona de estudio en el software, este proceso se efectúa para la red vial en competencia del departamento. En el cuadro 14 se registra cada uno de los puntos donde se encuentran las variables sitio crítico de inestabilidad, tipo de terreno y sedes educativas, a éstas se le asigna el puntaje establecido en la metodología (numeral 3.5), se muestra un ejemplo de cálculo de cómo se obtuvo la calificación del IP:

- Vía Garagoa – Macanal (Tramo k4+000)

$$\text{Calificación IP} = \text{PTP} + \text{PIE} + \text{PI}$$

Donde

PTP: puntaje tipo de terreno

PIE: puntaje instituciones educativas

PI: puntaje sitio crítico de inestabilidad

Remplazando se tiene

$$\text{Calificación IP (k4 + 000)} = 2 + 0 + 3 = 5$$

Cuadro 14. Calificación del índice de peligrosidad

Mpio	Nombre vía	Variable	Sitio crítico de inestabilidad			Ins. Educativas	Tipo de terreno		Calificación
		Ubicación	Tipo	# de Sitios	Puntaje	#	Terreno	Puntaje	
Macanal	Garagoa-Macanal	K4 +000	D	1	3	0	M	2	5
		K5 +000	D	2	6	0	M	2	8
		K6 +000	D	1	3	0	M	2	5
		K10 +000	G	2	2	0	M	2	4
	Macanal-Vijagual	K2 +000	CF	1	4	0	M	2	6
		K3 +000	CF	1	4	0	M	2	6
	Macanal-Agua Blanca	K4 +000	ED	1	3	0	M	2	5
	Cruce ruta 5608-Macanal Los cedros-Quebrada Chorreón	K2 +000				2	M	2	4
		K7 +000	E	1	3	0	M	2	5
		K8 +000	H	1	4	0	M	2	6
		K12 +000	H	1	4	0	M	2	6
			D	1	3				
			G	1	1				
		K13 +000	H	1	4	0	M	2	10
			D	1	3				
		K14 +000	H	1	4	0	M	2	12
			D	2	6				
		K16 +000	E	1	3	0	M	2	5
K17 +000		E	1	3	0	M	2	5	
K18 +000		E	1	3	0	M	2	5	
K21 +000	H	1	4	0	M	2	6		
K22 +000	E	1	3	0	M	2	5		
Santa María	Central San Luis-Santa Cecilia	K1 +000	E	2	6	0	M	2	12
			H	1	4				
		K2 +000	ED	1	3	0	M	2	12
			E	1	3				
			H	1	4				
		K3 +000	E	1	3	0	M	2	5
		K4 +000	D	1	3	0	M	2	5
		K5 +000	D	1	3	0	M	2	5
	K6 +000	D	1	3	0	M	2	5	
	Santa María-Límites Cundinamarca hacia Mámbita	K0 +000	D	1	3	0	M	2	5
		K1 +000	H	2	8	0	M	2	10
		K4 +000	H	1	4	0	M	2	6
			E	2	6	0	E	3	12
D		1	3						

Cuadro 14. Continuación calificación del índice de peligrosidad

Mpio	Nombre vía	Variable	Sitio crítico de inestabilidad			Ins. Educativas	Tipo de terreno		Calificación
		Ubicación	Tipo	# de Sitios	Puntaje	#	Terreno	Puntaje	
Santa María	Santa María-Límites Cundinamarca hacia Mámbita	K8 +400	A	1	2	0	E	3	9
		K10 +500	A	1	2	0	M	2	4
		K11 +500	H	1	4	0	M	2	6
		K13 +500	A	2	4	0	M	2	6
	Calichana-La hoyada	K0 +000	E	4	12	0	M	2	14
			E	2	6	1	M	2	16
			H	1	4				
		K2 +000	ED	1	3	0	M	2	17
			H	3	12				
		K3 +000	E	1	3	0	M	2	10
H	2		8						
San Luis de Gaceno	San Luis - Los Alpes	K8 +000	D	1	3	0	M	2	5
	San Antonio-San Carlos-Puerto Rico	K9 +000	E	1	3	0	M	2	9
			H	1	4				
Puente La Mesa-Guamal-Horizontes	K4 +000				1	M	2	3	

Fuente. Elaboración propia

A partir de las calificaciones obtenidas se establece un rango de sensibilidad en el cuadro 15 para definir el índice de peligrosidad en cada tramo evaluado.

Cuadro 15. Rango de sensibilidad del IP

Índice de peligrosidad	ALTO	MEDIO	BAJO
Rango	0-6	6-12	12-18

Fuente. Elaboración propia

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS

Los resultados de cada una de las etapas culminadas con sus respectivos análisis se establecen a continuación

6.1 CORRECCIÓN TOPOLÓGICA

Se obtiene la malla vial de la zona de estudio sin violaciones de las relaciones espaciales, es decir, las vías existentes en la zona de estudio articuladas de forma idónea y correcta, corrección topológica se encuentra en el anexo B5. Se presenta la superficie TIN generada dando una perspectiva real de la configuración de las vías.

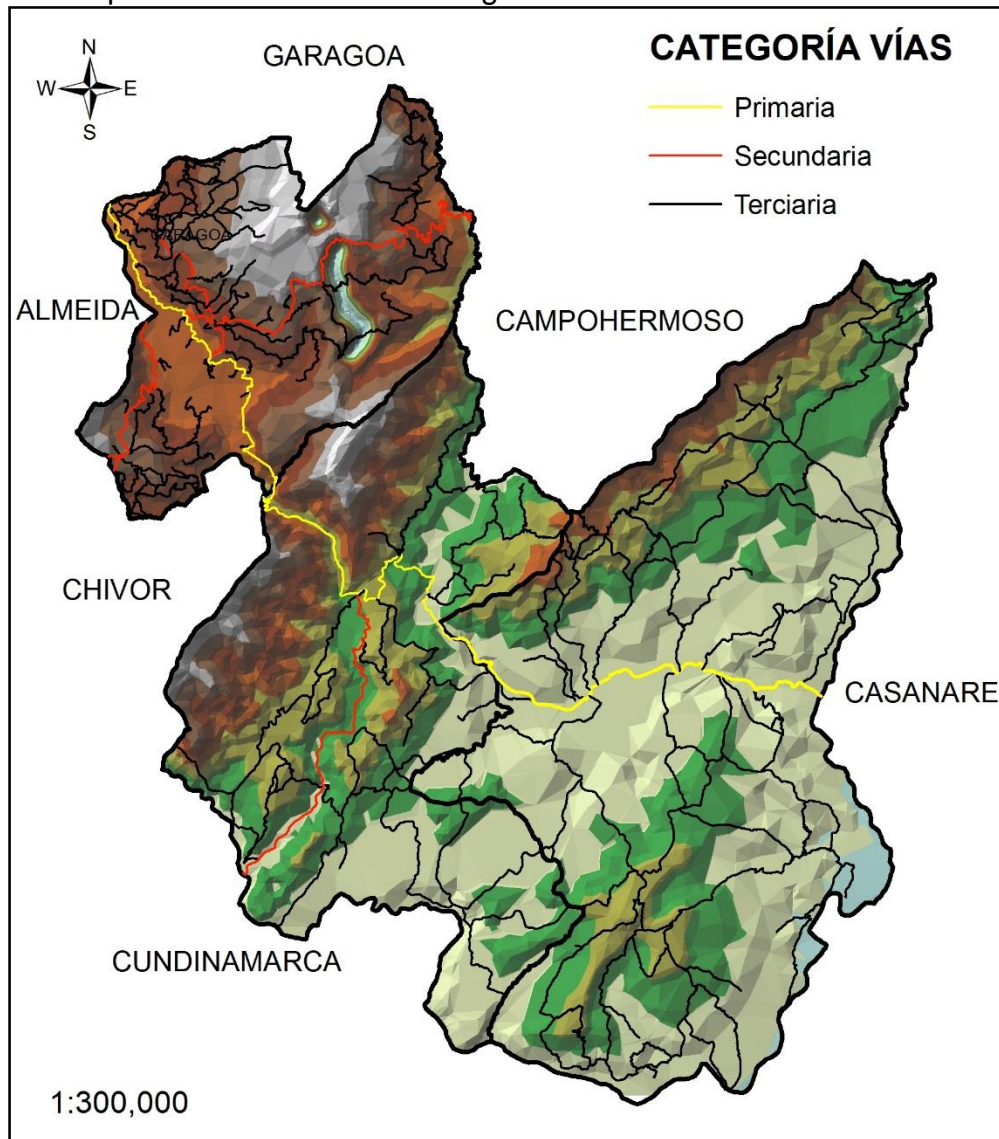
Como se puede observar la superficie corresponde a un terreno montañoso para el municipio de Macanal, en las zonas más altas hay ausencia de vías y en la parte baja se encuentra el embalse del Chivor y se da paso a la carretera Transversal del Sisga (amarillo), esta misma configuración se presenta en el municipio de Santa María y para el municipio de San Luis de Gaceno se establecen elevaciones por debajo de los 1.900 msnm, las menores de la zona en general es un terreno montañoso con bajas elevaciones.

Ilustración 11. Mapa topológico de vías sin corrección



Fuente. Elaboración propia a partir del software ArcGIS for Desktop, versión 10.3.1

Ilustración 12. Superficie TIN con vías corregidas



Fuente. Elaboración propia a partir del software ArcGIS for Desktop, versión 10.3.1

6.2 VALIDACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS FICHAS PVD

La finalidad de esta actividad es la caracterización en el ámbito vial, poblacional, económico y productivo de la zona de estudio a través del consolidado de las fichas expuestas anteriormente que se encuentran en el anexo A, para el diligenciamiento de algunas de las fichas se usan datos descritos en el numeral 1. Se mencionan a continuación las fichas más relevantes.

Ficha 1. Red Vial. Precisa las vías secundarias y terciarias en competencia del departamento, el INVIAS, y el municipio para la zona de estudio según corresponda, con sus características respectivas, dentro de las que se menciona, código, nombre, longitud, tipo de superficie y estado de la superficie (anexo A ficha 1). Cabe resaltar que San Luis

de Gaceno fue el único municipio que reportó vías sin registrar, motivo por el cual se presenta independientemente en el cuadro 16.

Según los resultados del cuadro 16, el 68% de las vías en este municipio están a cargo del mismo y a su vez, el 70% de estas se encuentran sin registrar; 30% está a cargo del departamento y el 2% restante del INVIAS. Solo el 1% se encuentra pavimentado, la mayoría de vías son de afirmado y están en regular de estado.

Cuadro 16. Resumen red vial San Luis de Gaceno

TIPO DE SUPERFICIE COMPETENCIA/ESTADO	PAVIMENTO		AFIRMADO		TIERRA		LONGITUD TOTAL (Km)
	bueno		bueno	regular	malo	regular	
DEPARTAMENTO	1.0			41.15			42.15
INVIAS				2.9			2.9
MPIO REGISTRADAS	0.2			7.5	18.8	1.5	28
MPIO SIN REGISTRAR	0.2	9.8		12.4		28.3	14.7
ESTADO TOTAL (km)	1.4	9.8		63.95	18.8	29.8	14.7
TIPO DE SUPERFICIE	1.4			92.55		44.5	138.55

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

El cuadro 17 presenta los km de vía según competencia y categoría para la zona de estudio.

Cuadro 17. Descripción vial zona de estudio

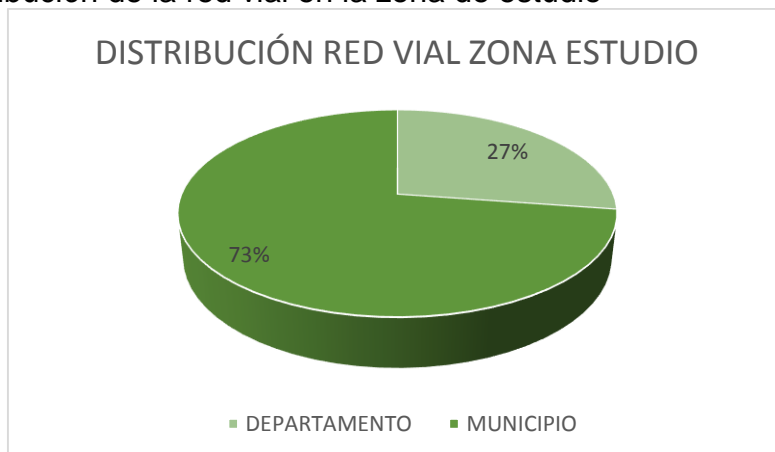
ORDEN	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO LONGITUD (Km)	MUNICIPIO LONGITUD (Km)	LONGITUD TOTAL (km)
SEGUNDO	SANTA MARIA	17.873		17.873
TERCERO		15.307	126.7	142.007
SEGUNDO	MACANAL	42.847		42.847
TERCERO		14.149	131.5	145.649
TERCERO	SAN LUIS DE GACENO	42.15	93.5	135.65
TOTAL (Km)		132.326	351.7	484.026

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

De la actualización se precisa que los municipios de Macanal y Santa María presentan variaciones pequeñas en la longitud total de vías terciarias y secundarias respecto a los registrados de la Gobernación. Por su parte San Luis de Gaceno continua sin registro de vías secundarias y en cuanto a vías terciarias presenta un aumento de 31.77 km.

De acuerdo con el cuadro 16 se elabora la ilustración 13, en la cual se evidencia que el 73% de las vías son competencia del municipio, y el 27 % restante está a cargo del departamento, en concordancia con la red vial existente en la zona de estudio, pues más del 80% de esta corresponde a vías de tercer orden. Se precisa que el análisis abarca las vías registradas.

Ilustración 13. Distribución de la red vial en la zona de estudio



Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

Ficha 2. Red vial departamental. Esta ficha se actualiza con la ficha 1, contiene toda la red vial en competencia del departamento identificadas con el código, nombre, longitud, estado y superficie. Se verifican las vías a cargo del departamento en la zona de estudio, los resultados se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18. Red vial a cargo del departamento en la zona de estudio

CÓDIGO DE LA VÍA	NOMBRE DE LA VÍA	MUNICIPIOS		LONGITUD (km)	ESTADO GENERAL DEL TRAMO	SUPERFICIE DE VÍA PREDOMINANTE
		DESDE	HASTA			
49510	PUENTE LA MESA - GUAMAL	SAN LUIS DE GACENO	SAN LUIS DE GACENO	17.00	REGULAR	AFIRMADO
56BY05	CRUCE RUTA 5608 - MACANAL LOS CEDROS - QUEBRADA CH	MACANAL	CAMPOHERMOSO	40.33	REGULAR	AFIRMADO
56BY06	CRUCE RUTA 5608 - MACANAL	MACANAL	MACANAL	2.51	MALO	AFIRMADO
56BY09	SANTA MARÍA - LIMITES CUNDINAMARCA HACIA MÁMBITA	SANTA MARÍA	SANTA MARÍA	17.87	REGULAR	AFIRMADO
D1542501	MACANAL - AGUA BLANCA	MACANAL	MACANAL	8.95	REGULAR	AFIRMADO
D1542505	MACANAL - VIJAGUAL	MACANAL	MACANAL	5.20	BUENO	AFIRMADO
D1566701	SAN ANTONIO - SAN CARLOS - PUERTO RICO	SAN LUIS DE GACENO	SAN LUIS DE GACENO	9.00	REGULAR	AFIRMADO
D1566705	SAN LUIS - LOS ALPES	SAN LUIS DE GACENO	SAN LUIS DE GACENO	8.30	REGULAR	AFIRMADO
D1569001	CENTRAL SAN LUIS - SANTA CECILIA	SANTA MARÍA	SANTA MARÍA	9.57	REGULAR	AFIRMADO

Cuadro 18. Continuación Red vial a cargo del departamento en la zona de estudio

CÓDIGO DE LA VÍA	NOMBRE DE LA VÍA	MUNICIPIOS		LONGITUD (km)	ESTADO GENERAL DEL TRAMO	SUPERFICIE DE VÍA PREDOMINANTE
		DESDE	HASTA			
D1569003	CALICHANA - LA HOYADA	SANTA MARÍA	SANTA MARÍA	5.74	REGULAR	AFIRMADO
49503	LA UNIÓN-GUICHIRALES	SAN LUIS DE GACENO	SAN LUIS DE GACENO	2.85	REGULAR	AFIRMADO
D1566702	GUAMAL-HORIZONTES	SAN LUIS DE GACENO	SAN LUIS DE GACENO	5.00	REGULAR	AFIRMADO

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

Ficha 3. Conectividad. Se verifica la conectividad de cada una de las vías departamentales con el resto de vías con las que cuenta el departamento.

Ficha 13. División política. Esta ficha se diligencia debido a que no contiene información, se realiza con el propósito de caracterizar políticamente cada uno de los municipios de interés, los resultados se indican en el cuadro 19.

Cuadro 19. Caracterización política zona de estudio

MUNICIPIO	ÁREA Km ²	CANTIDAD DE VEREDAS	CANTIDAD DE CORREGIMIENT	CANTIDAD DE CENTROS POBLADOS	CANTIDAD DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS	CANTIDAD DE INSTITUCIONES DE SALUD	CANTIDAD DE RESGUARDOS INDÍGENAS	CANTIDAD DE CASERIOS.	CANTIDAD DE INSPECCIONES DE PÓLICIA
MACANAL	199.5	21	0	2	24	1	0	0	1
SAN LUIS DE GACENO	458.5	40	0	5	29	4	0	0	0
SANTA MARÍA	326.44	20	0	3	21	1	0	0	0

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

Ficha 19. Funciones y roles del centro urbano jerarquizados. Esta ficha se diligenció por completo para la zona de estudio. El rol del sistema urbano de cada municipio expresa la vocación socio-económica local, determinada por las actividades de diversos aspectos, que muestran el potencial predominante de la comunidad en términos funcionales de servicios que responden a necesidades básicas de la sociedad.

Los valores asignados en la calificación de las articulaciones por roles regionales se realizan en función del cuadro 1 que se encuentra en la respectiva ficha (Anexo A ficha 19). A modo de ejemplo se muestra la calificación realizada para el municipio de San Luis de Gaceno en el cuadro 20.

Cuadro 20. Calificación de la articulación por roles regionales San Luis de Gaceno

ROL	Numero de Servicios	Calificación
De apoyo a la producción	4	0.8
De servicios urbanos/yo rurales	4	0.8
Centro turístico y/o cultural	1	0.6
Centro de intercambio de bienes y servicios	3	0.6
Servicios financieros	2	0.6
Servicios sociales	11	1
Servicios educativos	4	0.8

Fuente. Elaboración propia a partir de datos abiertos de entidades de servicio en San Luis de Gaceno. Disponible en <<https://www.datos.gov.co/d/kgv2-pimu/visualization>>.

El cuadro 21 establece la calificación de los roles para cada uno de los municipios. La identificación de estos se presenta a continuación: producción agrícola (PA), producción ganadera (PG), producción pesquera (PP), producción avícola (PA), servicios urbanos rurales (SUR), centro turístico y/o cultural (CTC), intercambio de bienes y servicios (IBS), servicios financieros (SF), servicios sociales (SS), servicios educativos (SE), actividades industriales (AI). La casilla de roles regionales (RR) corresponde a la sumatoria de todos los roles, respecto a este valor se clasifica al municipio teniendo en cuenta el cuadro 2 que se encuentra en la respectiva ficha (Anexo A ficha 19).

Cuadro 21. Calificación de la articulación por roles regionales San Luis de Gaceno

MUNICIPIO	ROL DENTRO DEL SISTEMA URBANO, REGIONAL, DEPARTAMENTAL												CALIFICACIÓN	
	PA	PG	PP	PA	SUR	CTC	IBS	SF	SS	SE	AI	RR		
MACANAL	1.0			1	0.6	1.0	0.6	0.6	1.0	0.6	0.6	7	0.60	MALA
SAN LUIS DE GACENO	1.0	1.0	1.0		0.8	0.6	0.6	0.6	1.0	0.8	0.8	8	0.80	REGULAR
SANTA MARÍA	1.0	1.0	1.0		0.6	1.0	0.6	0.6	1.0	0.6	0.6	8	0.80	REGULAR

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

Ficha 22. Áreas de especialización productiva. Para esta ficha se actualiza la información en cada casilla de acuerdo con el Censo Nacional Agropecuario 2014 como se establece en el cuadro 22. La calificación obedece al tipo de mercado que se tiene (cuadro 1 Anexo B ficha 22), los valores encontrados antes de la actualización no tenían validez pues no se presentaban de acuerdo con la metodología del plan vial establecida por el Ministerio de Transporte.

Cuadro 22. Calificación de la articulación por roles regionales San Luis de Gaceno

MUNICIPIO	SECTOR PRODUCTIVO	PRODUCTOS PREDOMINANTES DEL MUNICIPIO	PRODUCCIÓN AL AÑO		TIPO DE MERCADO AL QUE SE DESTINAN LOS PRODUCTOS		
			CANTIDAD	UNIDAD	TIPO	CALIFICACIÓN	PROMEDIO
Macanal	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	6050	Tonela da	NACIONAL	0.8	0.72
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN GANADERA	3288	Litros/día	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCION CERDOS CEBADOS	107	Cabezas	LOCAL	0.6	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN AVÍCOLA	9672	Aves	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN GANADERA	3210	Cabezas	LOCAL	0.6	
San Luis De Gaceno	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	17603	Tonela da	NACIONAL	0.8	0.80
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN GANADERA	38245	Litros/día	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN PESQUERA	151443	Kilogra mo	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN AVÍCOLA	10467	Aves	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN GANADERA	30855	Cabezas	NACIONAL	0.8	
Santa María	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	24435	Tonela da	NACIONAL	0.8	0.80
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN GANADERA	19155	Litros/día	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN PESQUERA	16750	Kilogra mo	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN AVÍCOLA	5097	Aves	NACIONAL	0.8	
	AGROPECUARIA	PRODUCCIÓN GANADERA	8915	Cabezas	NACIONAL	0.8	

Fuente. Elaboración a partir de fichas del plan vial departamental

Ficha 26. Áreas de desarrollo ejes viales. En esta ficha se establece el principal eje de desarrollo que integra las vías nacionales y departamentales de la zona de estudio. El cuadro 23 muestra un resumen del eje vial identificado, que corresponde al eje Sisga - El Secreto.

La zona de estudio es atravesada por la vía Guateque - Agua Clara (ruta 5608) y a su vez ésta se integra a la vía Choconta - Guateque (ruta 5607), vías de primer orden; estas vías se conectan directamente con la vía Briceño – Tunja – Sogamoso BTS (ruta 5501). Los ejes departamentales que se identifican son 12, la mayoría corresponde a vías de tercer orden y se conectan a la Transversal del Sisga (ruta 5608) que actualmente está en concesión; aunque no se tiene conocimiento de la red municipal que se une a las vías departamentales se genera un factor de conectividad en base a la longitud de las diferentes vías que se integran al eje.

Cuadro 23. Eje estratégico Sisga – EL Secreto

LONGITUD DEL EJE VÍA(km) A	TRAMOS QUE CONFORMAN EL EJE				RED VIAL NACIONAL QUE SE CONECTA AL EJE				RED VIAL DEPARTAMENTAL QUE SE CONECTA AL EJE				CONECTIVIDAD		INDICADOR DEL EJE P
	CÓDIGO B	JERARQUÍA C	TRAMO D	LONGITUD (km) E	CÓDIGO F	TRAMO G	LONGITUD (km) H	LONGITUD TOTAL (km) I	CÓDIGO J	TRAMO K	LONGITUD (km) L	LONGITUD TOTAL (km) M	CALIFICACIÓN DE CONECTIVIDAD DEL EJE N	NORMALIZACIÓN DE CALIFICACIÓN DE CONECTIVIDAD O	
86.85	5608	NACIONAL	GUATEQUE - AGUA CLARA	80.40	5501	ANI - BRICEÑO - TUNJA (BTS)	61	112	56BY05	CRUCE RUTA 5608 - MACANAL LOS CEDROS - QUEBRADA CH	40.33	168.79	3.23	0.44	0.44
									56BY06	CRUCE RUTA 5608 - MACANAL	2.51				
									56BY09	SANTA MARIA - LIMITES CUNDINAMARCA HACIA MÁMBITA	17.87				
									D1569003	CALICHANA - LA HOYADA	5.74				
									D1569001	CENTRAL SAN LUIS - SANTA CECILIA	9.57				
									D1566705	SAN LUIS - LOS ALPES	8.30				
									49503	LA UNION GUICHIRALES	2.85				
									49510	PUENTE LA MESA - GUAMAL	17.00				
									D1542505	MACANAL - VIJAGUAL	5.20				
									D1542501	MACANAL - AGUA BLANCA	8.95				

Fuente. Ficha 26 del plan vial departamental

$$\text{Calificación de Conectividad del eje (Columna N)} = \frac{\text{Columna I} + \text{Columna M}}{\text{Columna A}}$$

6.3 MAPAS TEMÁTICOS

Un mapa es por excelencia una representación gráfica, por ende a nivel visual es más dicente que lo que a los ojos de una interpretación textual pueda llegar a ser. Se precisa la elaboración de un paquete documental compuesto por dieciséis láminas, que abarcan capas temáticas dentro de las que se encuentran: red vial secundaria y terciaria, sitios turísticos, zonas de riesgo, usos del suelo, geología, hidrografía e índice de peligrosidad y la combinación de estas.

Para permitir una mejor apreciación por parte del lector dichos mapas temáticos se encuentran agrupados en el anexo B.

6.4 ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

En cuanto al índice de peligrosidad se logró determinar los tramos de vía con sensibilidad alta, media y baja, para todos y cada uno de los municipios de interés. En el rango bajo se ubican los tramos más seguros, en el medio los tramos no tan seguros y en alto los tramos menos seguros. El cuadro 25 muestra el consolidado de los valores de sensibilidad obtenidos para la totalidad de las vías consideradas.

La ilustración 14 y el cuadro 24 exhiben la distribución de los sitios identificados como posibles ubicaciones de ocurrencia de siniestros viales, en función de la sensibilidad y los municipios contemplados en el proceso de caracterización.

Cuadro 24. Resumen índice de peligrosidad en la zona de estudio

Cantidad de sitios por sensibilidad					
MUNICIPIO	ALTO	MEDIO	BAJO	TOTAL	TOTAL (%)
MACANAL	1	7	10	18	47
SANTA MARIA	6	5	6	17	45
SAN LUIS DE GACENO		1	2	3	8
TOTAL	7	13	18	38	100

Fuente. Elaboración propia

En total se registran 7 tramos con un índice de peligrosidad alto, en general para la zona predomina un índice bajo (con 18 sitios localizados), por lo cual, la alerta de intervención en este contexto se encuentra a un nivel minúsculo. Con el fin de esquematizar los resultados obtenidos se genera un mapa, que facilita la visualización del impacto del índice (Anexo B16).

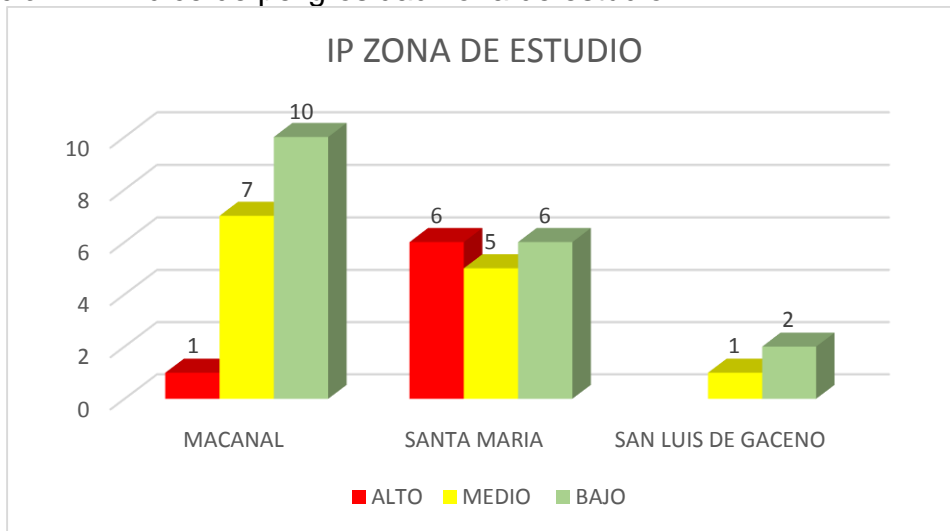
Cuadro 25. Resultado Índice de Peligrosidad

Municipio	VARIABLE		Calificación	IP
	Vía	Ubicación		
Macanal	Garagoa-Macanal	K4 +000	5	BAJO
		K5 +000	8	MEDIO
		K6 +000	5	BAJO
		K10 +000	4	BAJO
	Macanal-Vijagual	K2 +000	6	MEDIO
		K3 +000	6	MEDIO
	Macanal-Agua Blanca	K4 +000	5	BAJO
	Cruce ruta 5608-Macanal Los cedros-Quebrada Chorreón	K2 +000	4	BAJO
		K7 +000	5	BAJO
		K8 +000	6	MEDIO
		K12 +000	6	MEDIO
		K13 +000	10	MEDIO
		K14 +000	12	ALTO
		K16 +000	5	BAJO
		K17 +000	5	BAJO
K18 +000		5	BAJO	
K21 +000	6	MEDIO		
K22 +000	5	BAJO		

Municipio	VARIABLE		Calificación	IP
	Vía	Ubicación		
Santa María	Central San Luis- Santa Cecilia	K1 +000	12	ALTO
		K2 +000	12	ALTO
		K3 +000	5	BAJO
		K4 +000	5	BAJO
		K5 +000	5	BAJO
		K6 +000	5	BAJO
	Santa María-Límites Cundinamarca hacia Mámbita	K0 +000	5	BAJO
		K1 +000	10	MEDIO
		K4 +000	6	MEDIO
		K7 +400	12	ALTO
		K8 +400	9	MEDIO
		K10 +500	4	BAJO
	Calichana-La Hoyada	K11 +000	6	MEDIO
		K13 +500	6	MEDIO
		K0 +000	14	ALTO
K1 +000		16	ALTO	
San Luis de Gaceno	San Luis - Los Alpes San Antonio- San Carlos-Pto Rico Puente La Mesa	K2 +000	17	ALTO
		K3 +000	10	MEDIO
		K8 +000	5	BAJO
San Luis de Gaceno	San Antonio- San Carlos-Pto Rico Puente La Mesa	K9 +000	9	MEDIO
		K4 +000	3	BAJO

Fuente. Elaboración propia

Ilustración 14. Índice de peligrosidad zona de estudio



Fuente. Elaboración propia

El mayor valor obtenido es de 17 puntos en el km2 + 000 de la vía Calichana-La Hoyada (ruta D156900) y el menor de 3 puntos en el km4 + 000 de la vía Puente La Mesa-Guamal-Horizontes (ruta 49510). Aunque en la zona de estudio hay un gran número de instituciones educativas, no todas están georreferenciadas, además en general el terreno es montañoso, por lo que la principal variable que determina la afectación del índice es sitio crítico de inestabilidad. Como se evidencia el municipio que presenta mayor número de zonas con índice alto (color rojo) es Santa María, de los 38 tramos evaluados el 47% presenta un índice bajo, 34% un índice medio y el 18% restante un índice alto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La red vial secundaria y terciaria en la zona de estudio según la base de datos consolidada es 484.03 km de los cuales el 13% corresponde a vías de segundo orden y el 87% restante a vías de tercer orden, en consecuencia las intervenciones de infraestructura vial en esta zona de la provincia de Neira deben estar orientadas al desarrollo de vías rurales. A partir de la corrección topológica se encuentra que la mayoría de red vial se encuentra sin identificación en sistemas de información geográfica, además los km identificados mediante corrección topológica son 840.94, lo que significa que el 42 % de la red vial no se encuentra inventariada.
- Aplicando el análisis anterior de forma individual para los municipios, se tiene que, en Macanal falta inventariar el 33 % de la red vial (aproximadamente 92 km), en Santa María falta inventariar el 22 % de la red vial (aproximadamente 44 km) y en San Luis de Gaceno falta inventariar 62 % de la red vial (aproximadamente 220 km), la condición más desfavorable la presenta el último municipio descrito, por ende, la prioridad en cuanto a identificación de vías la tiene este municipio.
- Las vías rurales de Santa María son todas vías en afirmado, además de las 20 veredas del municipio, 16 tienen algún tipo de vía, aunque la mayoría no cumple con condiciones mínimas para la circulación vehicular, además de estar condicionadas por la época de verano; en Macanal se tiene comunicación de todas las veredas con el casco urbano, aunque solo el 1% de las vías rurales se encuentran pavimentadas; en San Luis de Gaceno más del 50% de las vías se encuentran sin registrar, el 67 % de las vías está en afirmado regular y 32 % en tierra. Teniendo en cuenta lo anterior la mayor parte de infraestructura vial se encuentra en estado regular incidiendo en las posibilidades de desarrollo y el bienestar de las personas de la provincia.
- La calificación obtenida de las funciones y roles de los municipios en la zona de estudio es mala para Macanal y regular para San Luis de Gaceno y Santa María, lo que significa una baja participación en sectores sociales, agrícolas, industriales y turísticos a nivel departamental.
- El sector agrícola es significativo en la zona de estudio en cuanto a áreas de producción aunque la producción agrícola de los municipios no destaque a nivel departamental, es necesario impulsar el desarrollo de este sector con el fin de mejorar el dinamismo de la zona.
- Con la información obtenida, al analizar los niveles de actividad económica productiva y comercial, social, cultural, de la zona de interés se encuentra que se ubica en una zona estancada, donde las actividades económicas y productivas han alcanzaron un determinado nivel de desarrollo, los rendimientos productivos están en el promedio o por debajo de los estándares departamentales, y la integración a los mercados es limitada por el bajo desarrollo de su infraestructura vial y productiva.

- El municipio de San Luis de Gaceno; mantiene un flujo intenso de relaciones comerciales y de bienes y servicios entre el departamento de Boyacá y Casanare, cumple el rol de centro de apoyo a la producción brindando servicios de acopio, constituye un centro financiero en el sector agrícola. Por las características del municipio y los servicios que brinda, constituye el centro dinamizador de la zona de estudio.
- El índice de peligrosidad es un indicador flexible que se adapta a información disponible georeferenciada, constituye una forma aproximada para valorar el impacto que tiene la combinación de factores comunes a todos los municipios, considerados en el desarrollo del presente proyecto, tales como: tipo de terreno, inestabilidad y presencia de sedes educativas y su incidencia sobre el potencial de ocurrencia de accidentes de tránsito. Su aplicación proporciona tramos, que resaltan sitios específicos donde se presenta una confluencia de factores que posiblemente puede incidir en un lugar y circunstancias determinadas y generar una siniestralidad vial. En síntesis es un método simplificado para localizar sitios con eventos que pueden influir en la accidentalidad, útil cuando no se dispone de una base de datos con información detallada sobre accidentes.
- El Plan Vial Departamental es un mecanismo de asignación óptimo de recursos públicos mediante la selección de sectores prioritarios en materia de intervención vial, las diferentes características que se actualizan en éste, son el fundamento para la formulación de indicadores que posicionan la zona de estudio a nivel departamental según su importancia y dinamismo, sin embargo como el análisis desarrollado abarca algunos municipios, la priorización de la red vial no se precisa al no contar con demás información pertinente a otros municipios. Finalmente cuando la Gobernación consolide las fichas de cada uno de los municipios se tendrá la priorización de toda la red vial.
- Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) fueron de vital importancia en la ejecución del presente trabajo, dadas las ventajas que ofrecen en cuanto a la facilidad para realizar análisis comparativos que son imposibles empleando estructuras de datos convencionales, su salida gráfica, sumado a funciones de cartografía temática, estadísticas y sistema de soporte de decisión. La conformación de sistemas de gestión de carreteras por medio de SIG se ha generalizado en la última década dando como resultado la creación de mapas temáticos interactivos que contienen información de la red vial, un ejemplo claro corresponde a la plataforma ofrecida por que apunta a contar Colombia con un sistema de gestión equivalente con la entrada y operación del SINC.
- Las características predominantes en los municipios de interés corresponden al conjunto de factores que se mencionan: el relieve predominante es determinado por un terreno montañoso, suelos con uso en bosques y territorio agrícola, y un clima de alta precipitación; lo anterior conduce a un patrón acelerado de deterioro de la infraestructura del transporte y sus facilidades conexas. Desde el punto de vista del tipo de terreno, es válido precisar que carreteras concebidas en geografías montañosas tienen asociadas dificultades de índole técnica, dado que su materialización implica considerables movimientos de tierra y estos a su vez modifican condiciones hidrológicas del sector al transformar las características originales relacionadas con la pendiente transversal y longitudinal del terreno.

- La Gobernación de Boyacá debe continuar con las labores formuladas en la metodología del plan vial departamental, pues hasta ahora se concreta una fase inicial de este, en donde se hace un reconocimiento vial inicial del departamento, para poder corroborar en campo la diferente información obtenida, ya que a partir de esta se asigna presupuesto y se priorizan vías, con el objeto de aplicar técnicas de mantenimiento. También es indispensable plantear soluciones que permitan obtener la codificación de vías que no encuentran registradas, o apoyar a los municipios para que puedan desarrollar esta categorización a la mayor parte de vías dispuestas en la región, pues es una tendencia departamental.

BIBLIOGRAFÍA

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).2002. Summary Report for 2002 Geographic Information Systems in Transportation Symposium.

ARCGIS FOR DESKTOP. Corrección topológica en ArcGis. [En línea]. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/editing-topology/fixing-topology-errors.htm> [citado el 14 de diciembre de 2017]

ARCGIS FOR DESKTOP. La topología en ArcGis. [En línea]. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-in-arcgis.htm>.

ARCGIS FOR DESKTOP. Que es un shapefile. [En línea]. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm> [citado el 2 de octubre de 2017]

BOYACÁ, ASAMBLEA DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. Ordenanza número 007 de 2016. Por la cual se adopta el plan departamental de desarrollo de Boyacá- Creemos en Boyacá, tierra de paz y libertad-2016-19; Anexo 1, Diagnóstico general de Boyacá. Diario Oficial. Tunja, 31 de mayo de 2016

BOYACA. ASAMBLEA DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. Decreto 001895 (05, noviembre, 2008). Por la cual se la red vial a cargo del Departamento de Boyacá. Tunja.

CERQUERA ESCOBAR, Flor Ángela. Análisis espacial de los accidentes de tráfico en Bogotá D. C. Fundamentos de investigación. En: Perspectiva geográfica. Volumen 18 No. 1 (Enero, 2013); p. ISSN 0123 – 3769.

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1228 (16, julio, 2008). Por la cual se determinan las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión, para las carreteras del sistema vial nacional, se crea el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 47.052 de julio 16 de 2008

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Ley 105 (30, Diciembre, 1993). Por el cual se dicta disposiciones básicas sobre el transporte y se redistribuyen competencias y recursos entre la nación y las entidades territoriales, se reglamenta la planeación del sector transporte. Bogotá D. C., 1993.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0001067 (23, abril, 2015). Por la cual se modifica la resolución 1860 de 2013 y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2015.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Metodología para la elaboración de planes viales municipales: Versión 2, Bogotá D.C., 2012, 131 p.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE. Metodología para el desarrollo de planes

viales departamentales. Bogotá D.C., 2013, 48 p.

CUEVAS COLUNGA, Ana Cecilia. Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal. En: Secretaría de comunicaciones y transporte, Instituto mexicano del transporte. Publicación técnica No. 345 (2011); p. ISSN 0188 – 7297.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DE BOYACÁ. (2, agosto, 2017). Planes de ordenamiento territorial [En línea]. Disponible en: <http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=887>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. CONPES 3857 (25, abril, 2016). Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria. Bogotá, D. C., 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. CONPES 3840 (3, agosto, 2015). Importancia estratégica del programa vías para la equidad. Bogotá, D. C., 2015.

HURTADO BELTRAN, Antonio. SERNA RODRIGUEZ, Margarita. Aplicación de la metodología iRAP y el software ViDA – iRAP en un tramo de autopista en México. En: Revista infraestructura vial. No. 29 (Junio, 2015); p. ISSN 2215 – 3705.

MACANAL, CONSEJO MUNICIPAL DE MACANAL. Acuerdo número 011 de 2016. Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo municipal- Nuestro compromiso es macanal-2016-19. Macanal, 6 de julio de 2016.

SAN LUIS DE GACENO, CONSEJO MUNICIPAL DE SAN LUIS DE GACENO. Acuerdo número 013 de 2016. Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo municipal- Sanluisenses, todos por la prosperidad-2016-19. Santa María, 9 de junio de 2016.

SANTA MARÍA, CONSEJO MUNICIPAL DE SANTA MARÍA. Acuerdo número 008 de 2016. Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo municipal- Santa María merece progreso con responsabilidad y gestión-2016-19. Santa María, 3 de marzo de 2016.

Sitio oficial de Macanal en Boyacá. Nuestro municipio, información general [en línea] <http://www.macanal-boyaca.gov.co/index.shtml> [citado el 9 de enero de 2018].

Sitio oficial de San Luis de Gaceno en Boyacá. Nosotros, municipio, información general [en línea] <http://www.sanluisdegaceno-boyaca.gov.co/tema/municipio> [citado el 9 de enero de 2018]

Sitio oficial de Santa María en Boyacá. Nuestro municipio, información general [en línea] http://www.santamaria-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml [citado el 9 de enero de 2018]

ANEXOS

ANEXO A. FICHAS PLAN DEPARTAMENTAL PVD: contiene base de datos en Excel. Se listan las fichas modificadas en el desarrollo del proyecto.

Ficha N°1 Red Vial
Ficha N°3 Conectividad
Ficha N°12 Relación costo TON-Km
Ficha N°13 División política
Ficha N°14 Zonas de riesgo municipal
Ficha N°15 Vías en zonas de riesgo
Ficha N°16 Áreas protegidas
Ficha N°19 Funciones y Roles del municipio
Ficha N°20 Zonas turísticas
Ficha N°21 Vías en zonas turísticas
Ficha N°22 Áreas de Especialización productiva diferenciadas por su nivel de dinamismo
Ficha N°26 Áreas de desarrollo ejes viales del departamento
Ficha N°28 Dotaciones de infraestructura
Ficha N°29 Priorización de tramos y factores de ajuste

ANEXO B. MAPAS TEMÁTICOS: contiene mapas en formato Pdf. Estos mapas se pueden visualizar una vez finalizado el anexo C.

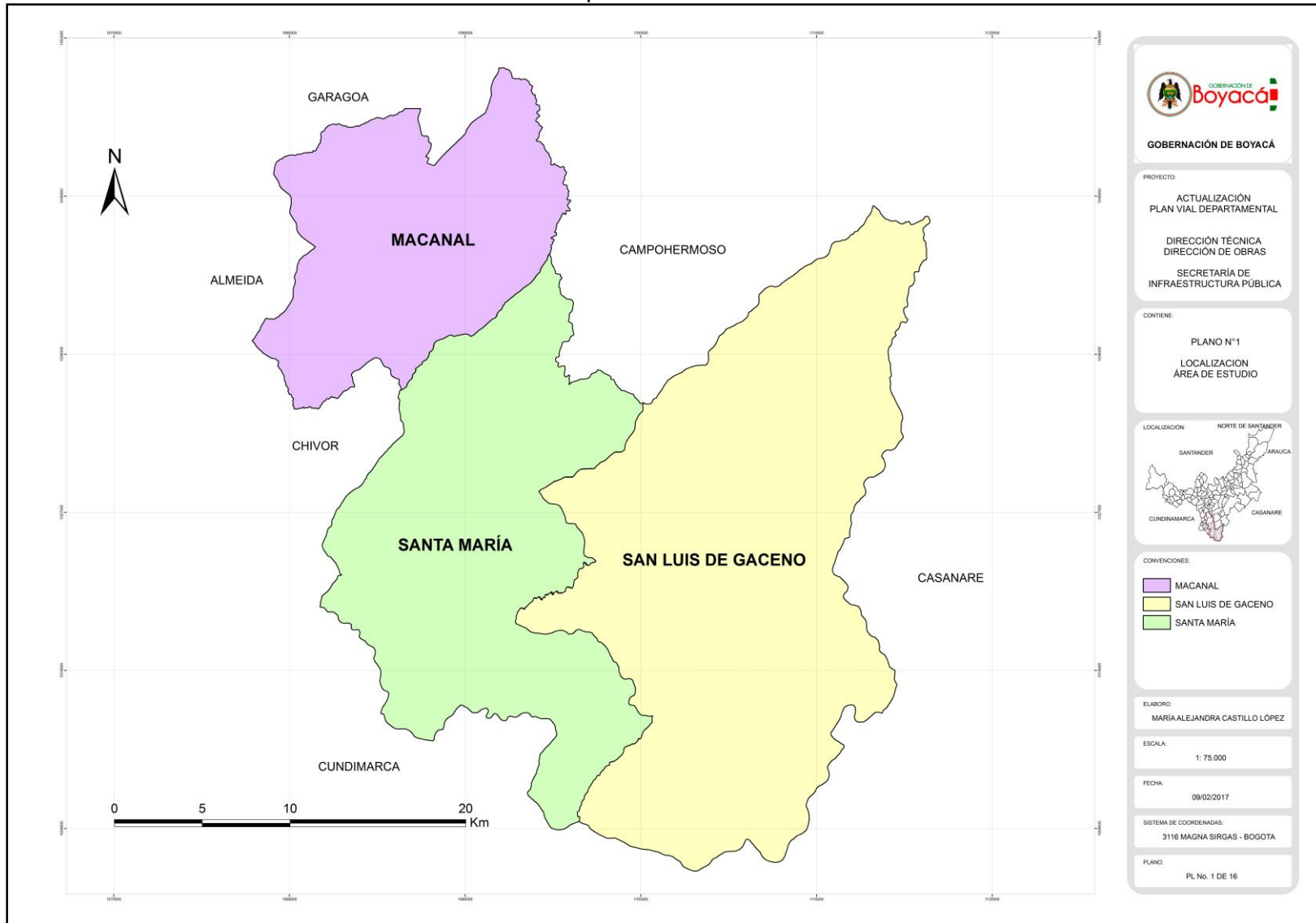
1. Mapa N°1 Localización zona de estudio
2. Mapa N°2 División política de Macanal
3. Mapa N°3 División política de Santa María
4. Mapa N°4 División política de San Luis de Gaceno
5. Mapa N°5 Red Vial zona de estudio
6. Mapa N°6 Red Vial a cargo del departamento
7. Mapa N°7 Vulnerabilidad climática
8. Mapa N°8 Usos del suelo
9. Mapa N°9 Zonas de riesgo: Amenazas rurales
10. Mapa N°10 Red vial secundaria y terciaria en zonas de riesgo
11. Mapa N°11 Hidrografía
12. Mapa N°12 Geología
13. Mapa N°13 Pluviosidad
14. Mapa N°14 Sitios turísticos
15. Mapa N° 15 Red vial a cargo del departamento y sitios turísticos
16. Mapa N° 16 Índice de peligrosidad

ANEXO C. SHAPEFILES

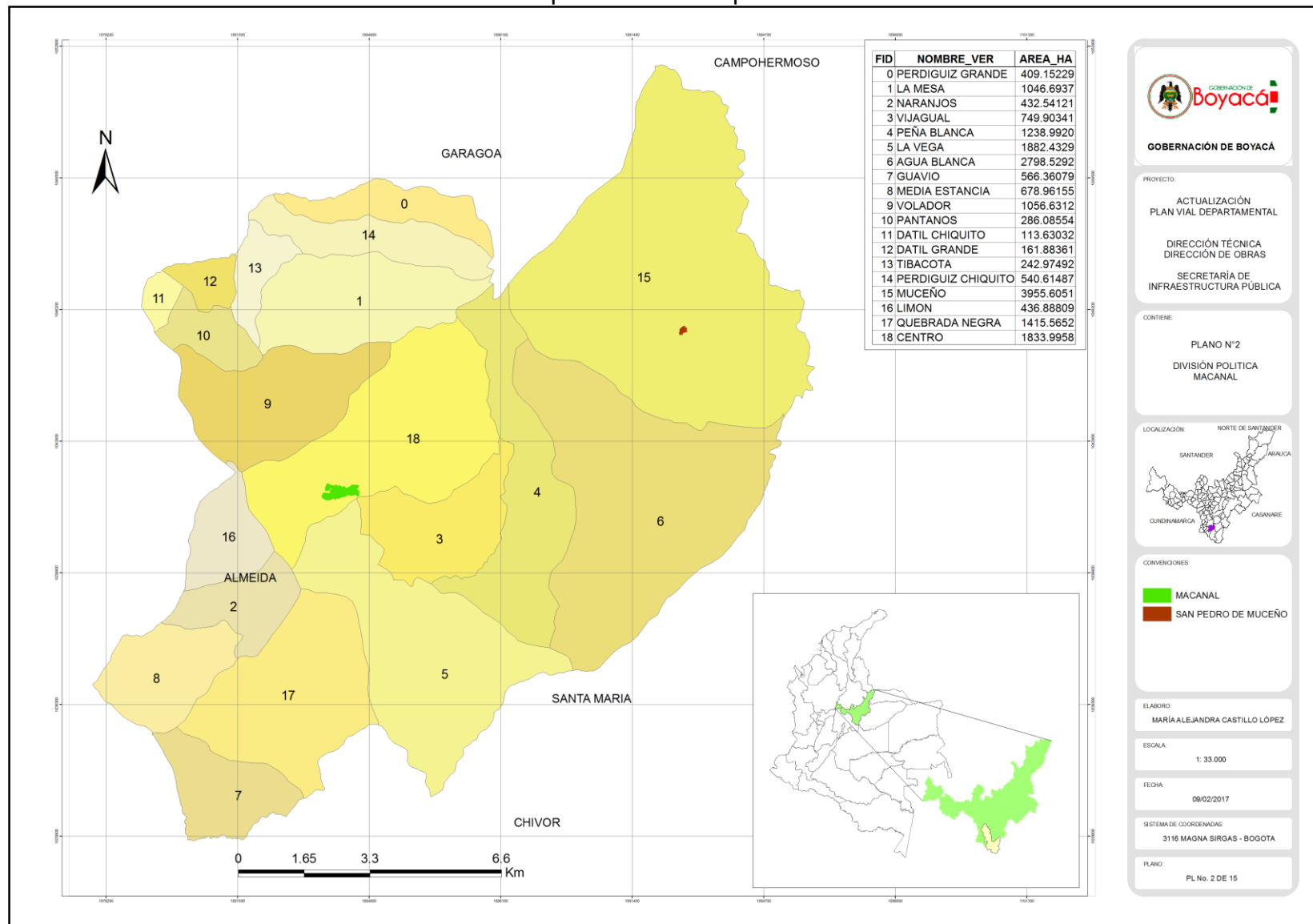
1. Amenazas_Rurales.shp
2. Centro_Poblado_Macana.shp
3. Centro_Poblado_San_Luis.shp
4. Centro_Poblado_Santa_Maria.shp
5. Colombia.shp
6. Curvas_de_Nivel.shp
7. Geologia.shp
8. Hidrologia.shp
9. INDICE DE PELIGROSIDAD.shp
10. Limites.shp
11. Macanal.shp
12. Municipios.shp
13. Pluviosidad.shp
14. Provincia_de_Neira.shp
15. San_Luis_de_Gaceno.shp
16. Santa_Mearia.shp
17. Sede_educativas_2012.shp
18. Sitios_Turisticos_M.shp
19. Sitios_Turisticos_SLG_SM.shp
20. Tramos_Santa.shp
21. TRAMO_VIA_Macanal.shp
22. TRAMO_VIA_San_Luis.shp
23. Usos_suelo.shp
24. Veredas_Macanal.shp
25. Veredas_San_Luis.shp
26. Veredas_Santa_Maria.shp
27. Vias_Dpto.shp
28. Vias_Dpto_Macanal.shp
29. Vias_Dpto_San_Luis.shp
30. Vias_Dpto_Santa_Marias.shp
31. Vias_inicial.shp
32. Vias_m_3d.shp
33. Vias_Macana_3D.shp
34. Vias_slg_3d.shp
35. vías_sta_m_3d.shp
36. Vul_Climatica.shp
37. Vulnerabilidad_Climatica.shp
38. Zona_Estudio.shp

ANEXO D. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: contiene documentos consultados, se presenta en forma digital.

ANEXO B1 Mapa N°1 Localización zona de estudio



ANEXO B2 Mapa N°2 División política de Macanal



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

ACTUALIZACIÓN
PLAN VIAL DEPARTAMENTAL

DIRECCIÓN TÉCNICA
DIRECCIÓN DE OBRAS

SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

CONTIENE:

PLANO N°2
DIVISIÓN POLÍTICA
MACANAL

LOCALIZACIÓN: NORTE DE SANTANDER



CONVENCIONES:

- MACANAL
- SAN PEDRO DE MUCEÑO

ELABORO:
MARÍA ALEJANDRA CASTILLO LÓPEZ

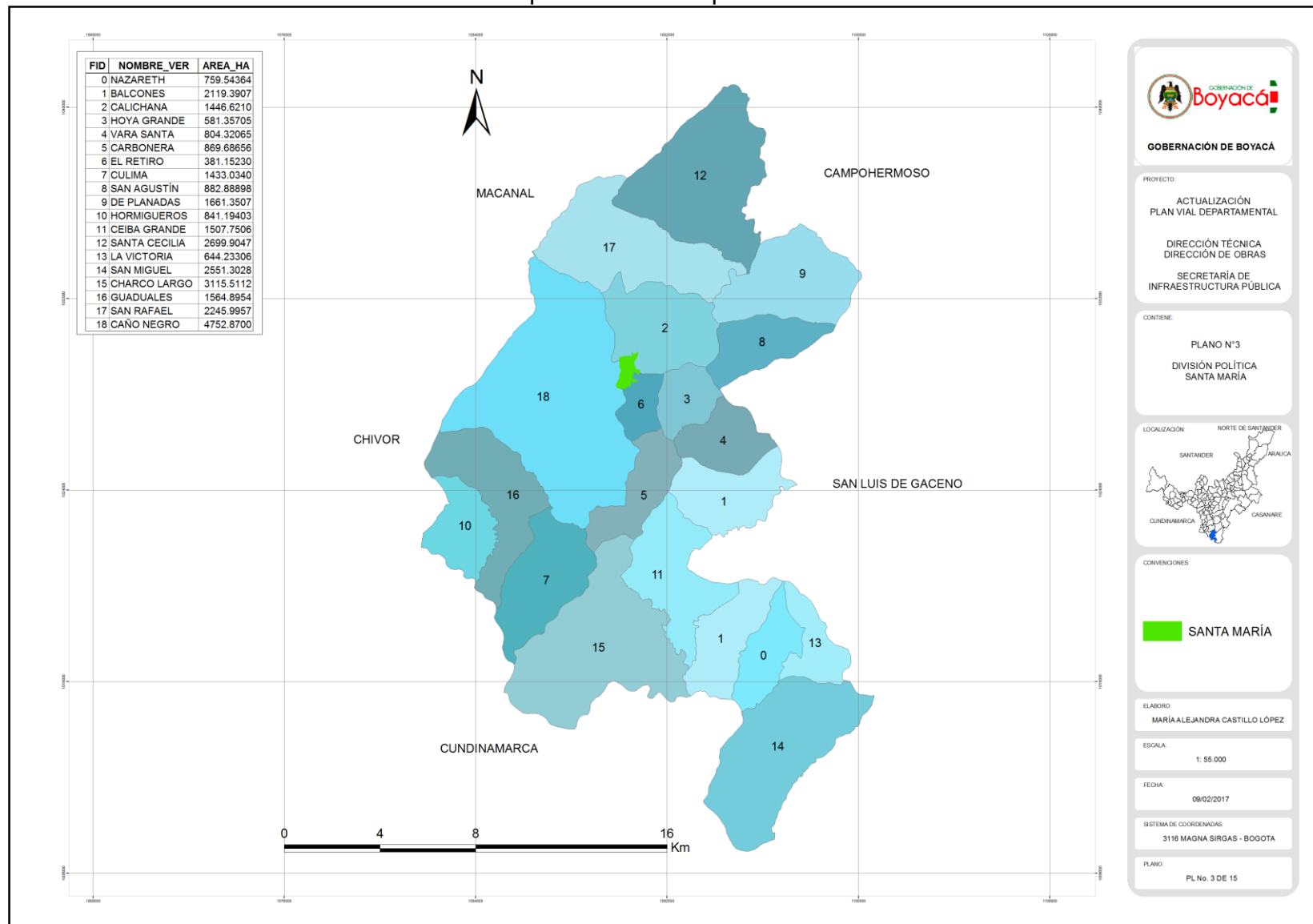
ESCALA:
1: 33.000

FECHA:
09/02/2017

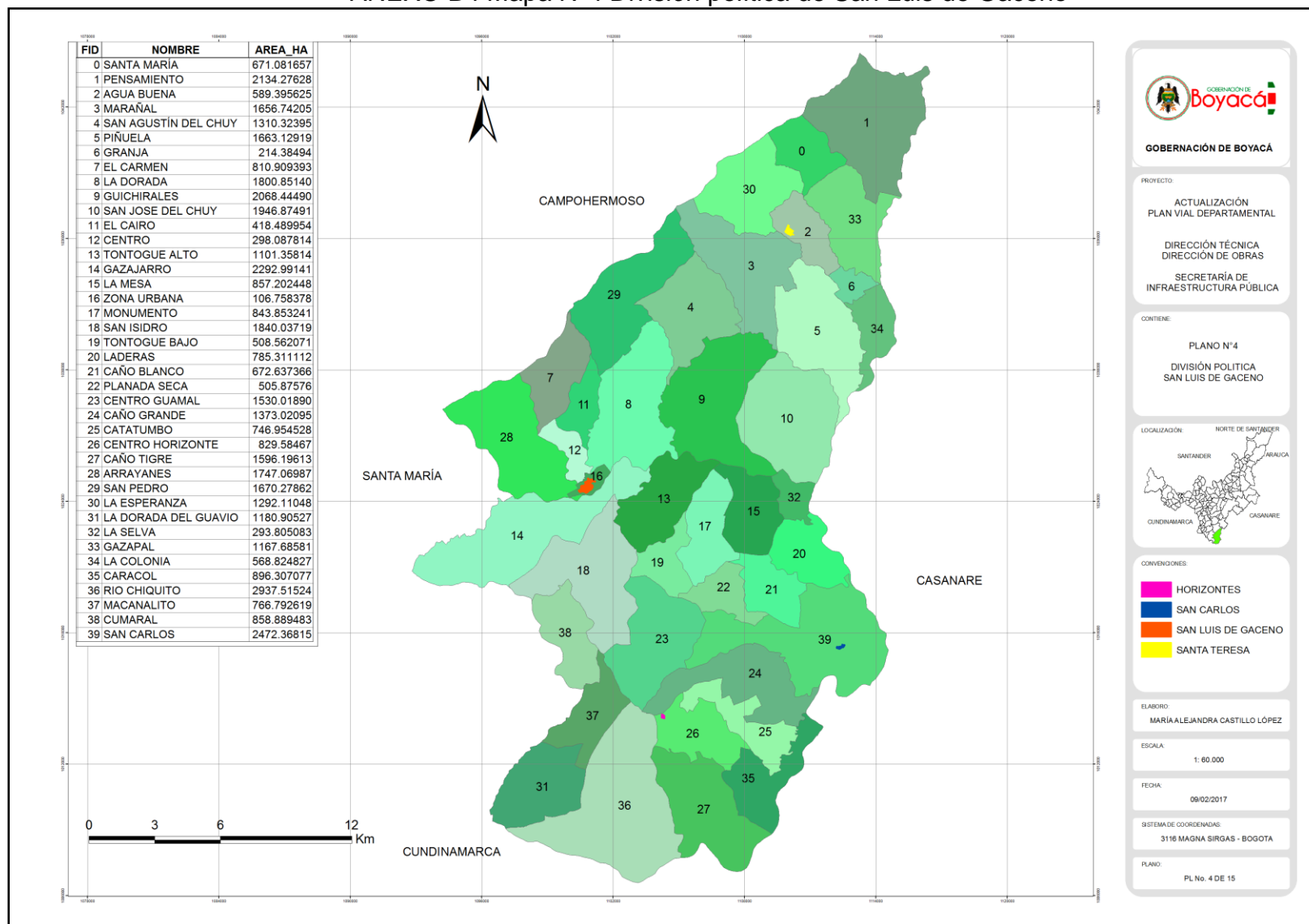
SISTEMA DE COORDENADAS:
3116 MAGNA SIRGAS - BOGOTÁ

PLANO:
PL No. 2 DE 15

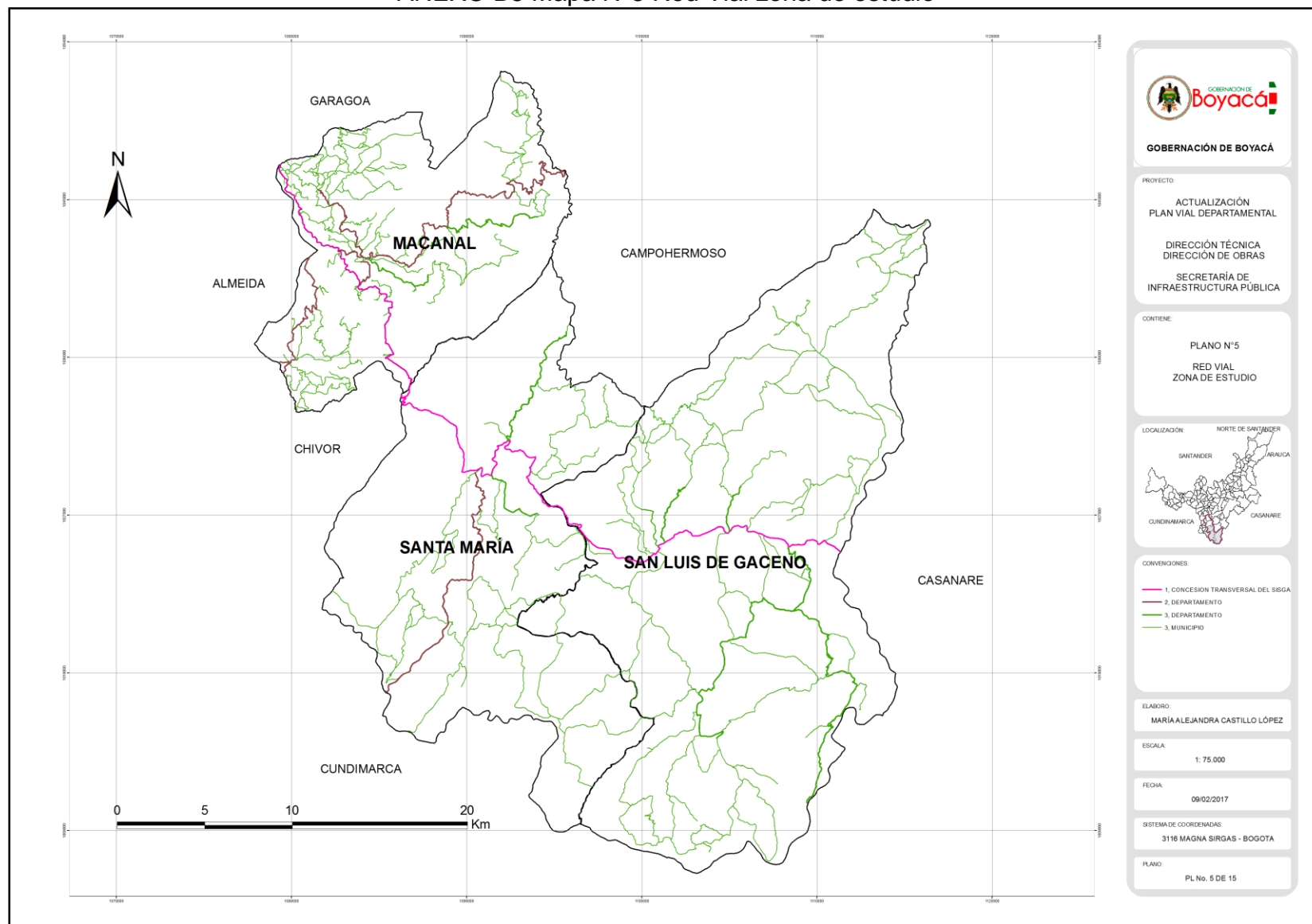
ANEXO B3 Mapa N°3 División política de Santa María



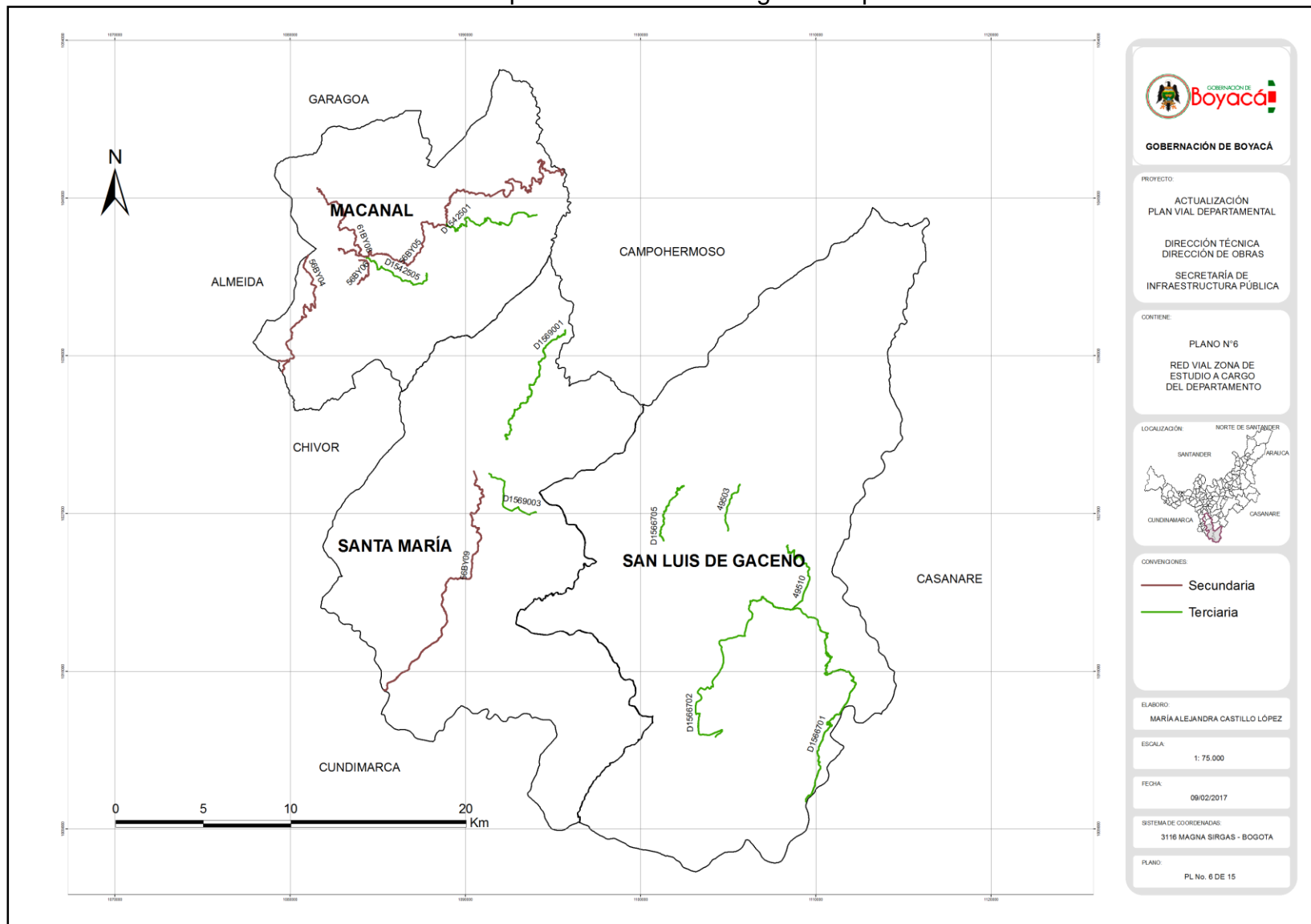
ANEXO B4 Mapa N°4 División política de San Luis de Gaceno



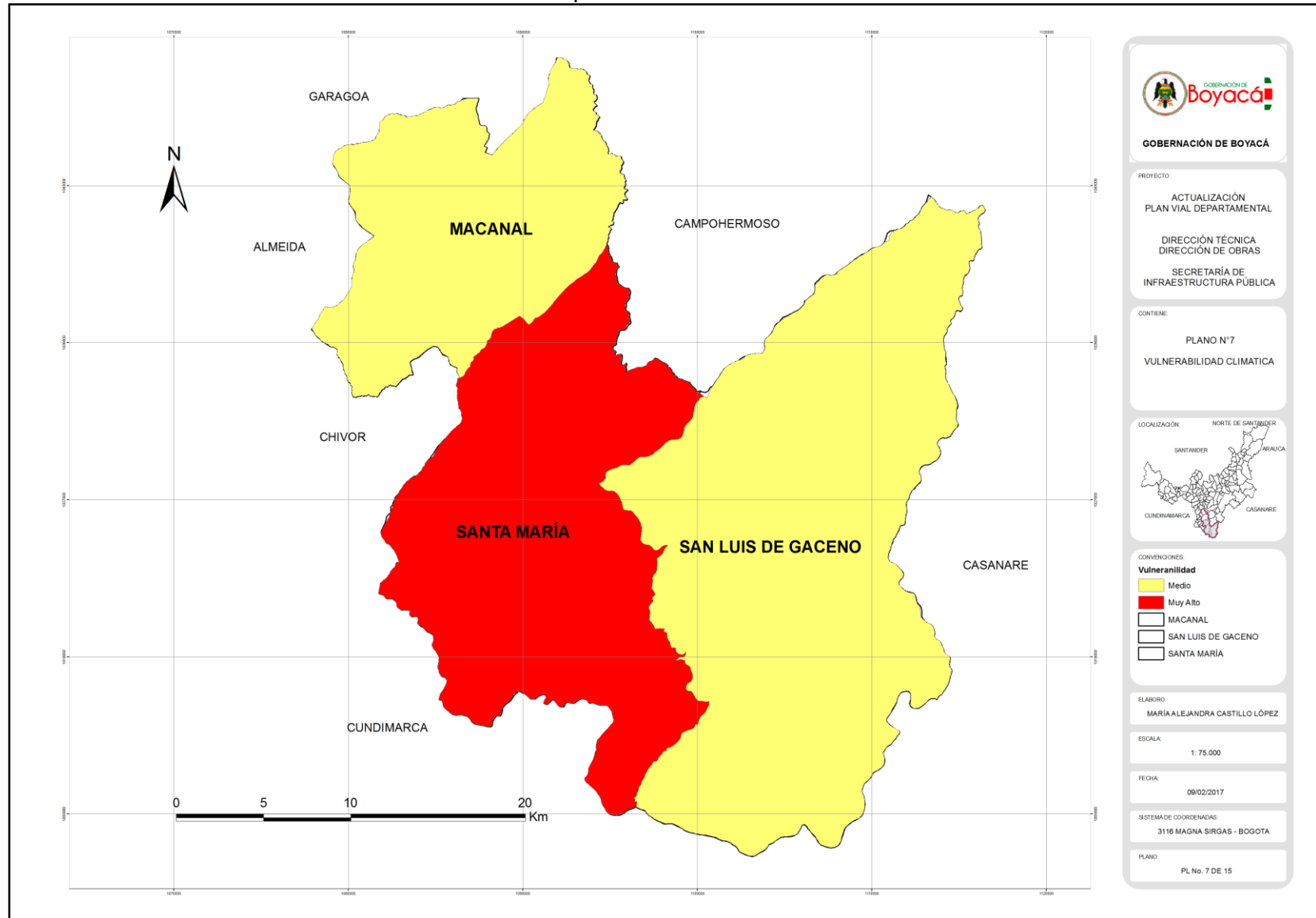
ANEXO B5 Mapa N°5 Red Vial zona de estudio



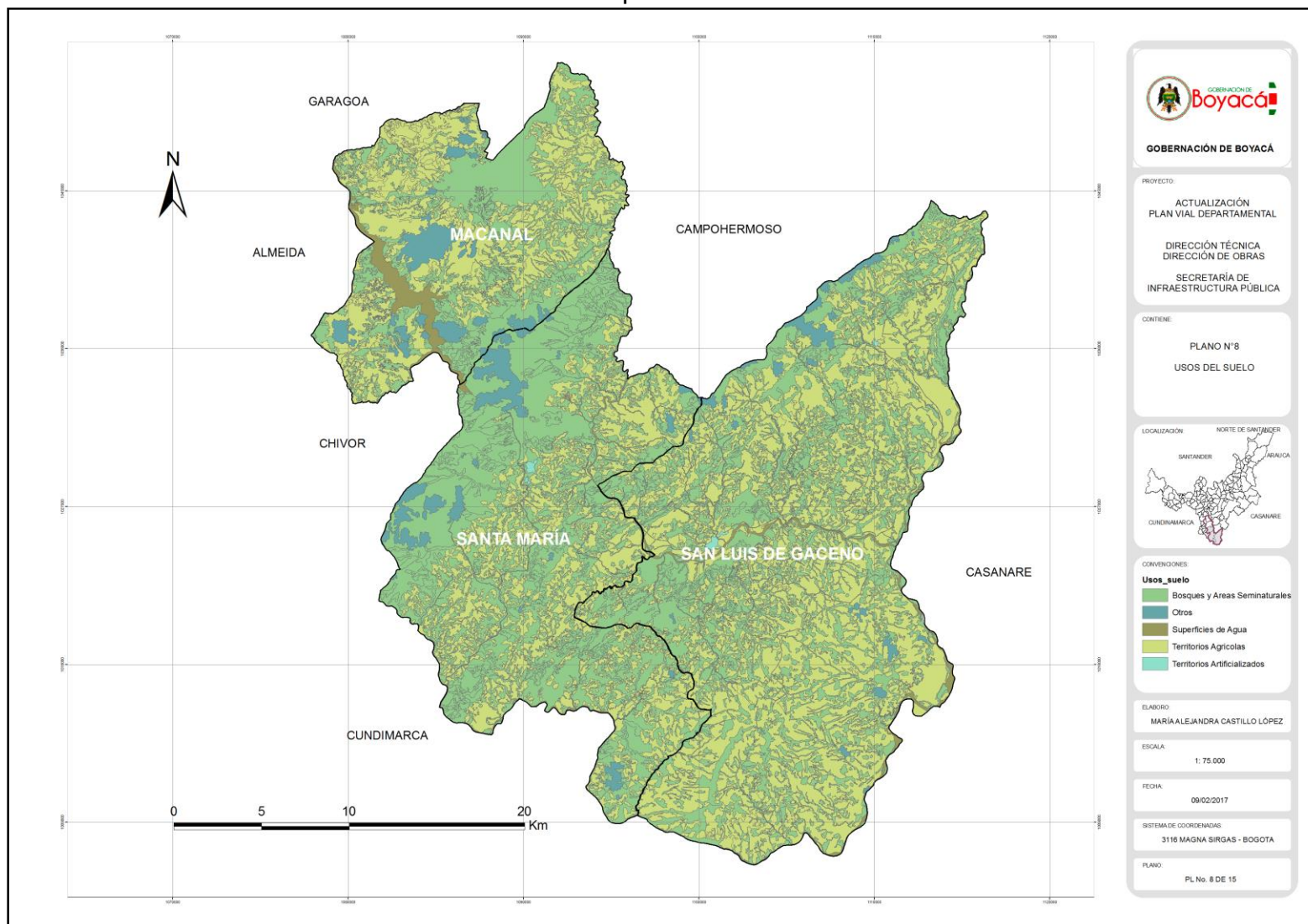
ANEXO B6 Mapa N°6 Red Vial a cargo del departamento



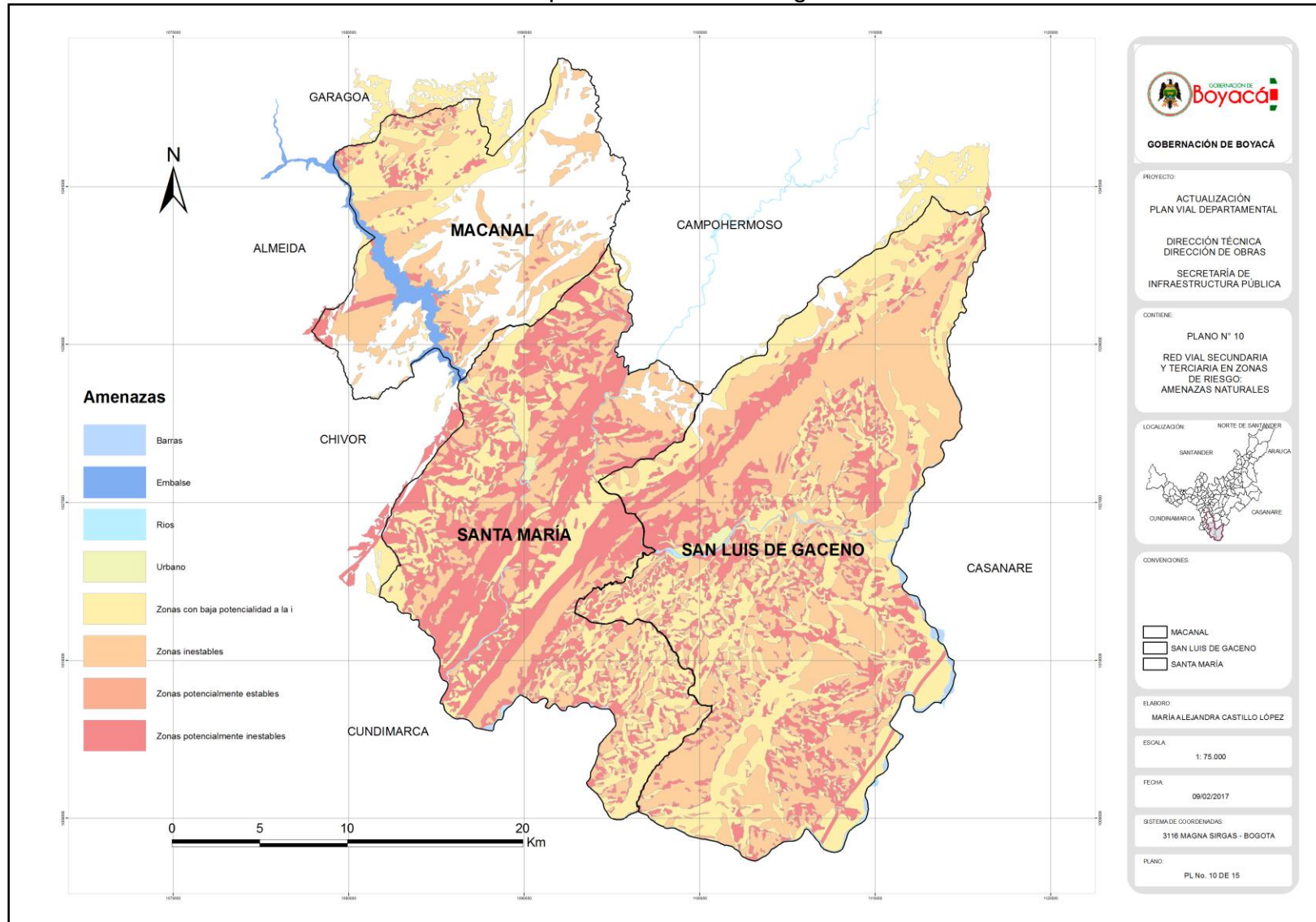
ANEXO B7 Mapa N°7 Vulnerabilidad climática



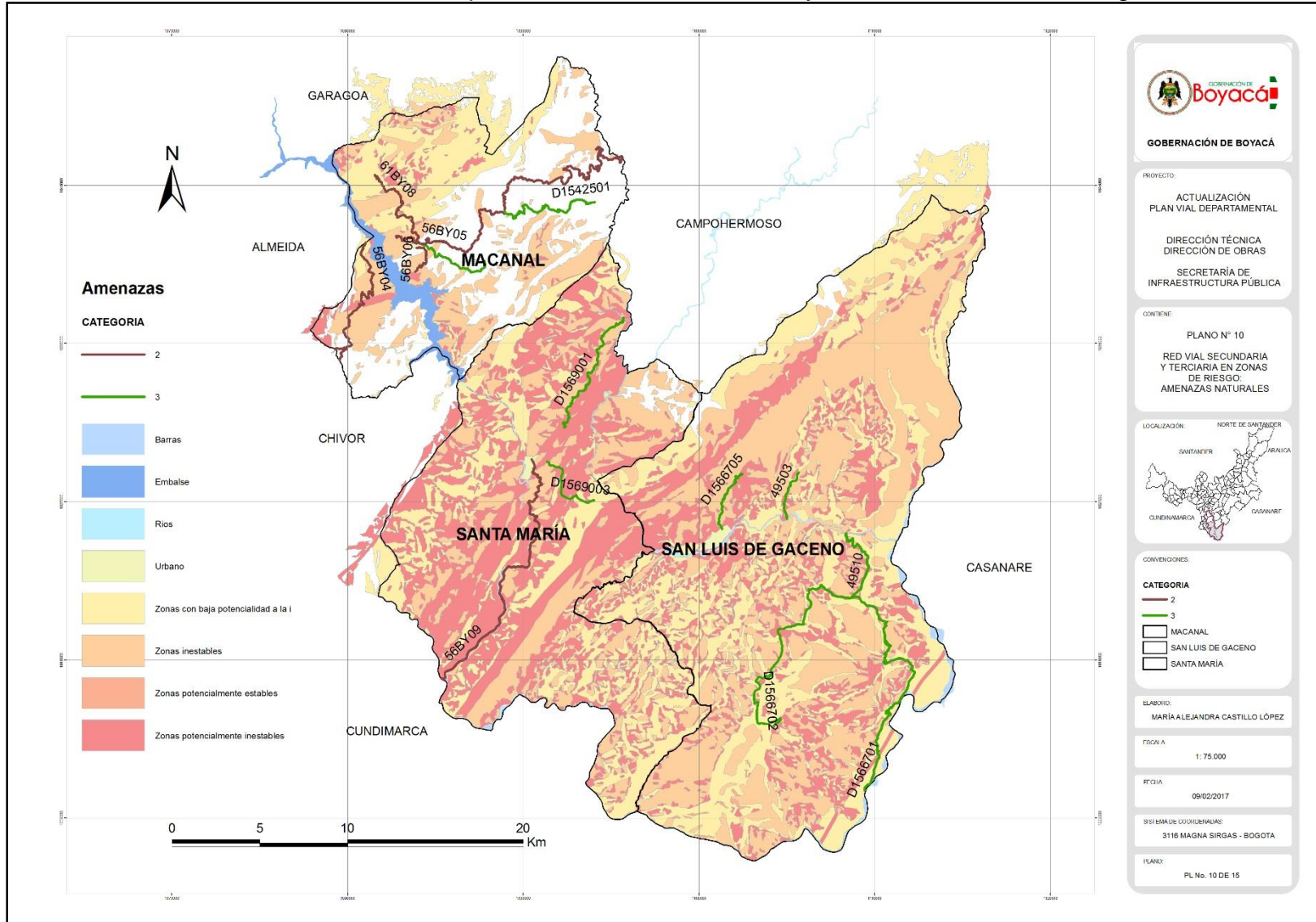
ANEXO B8. Mapa N°8 Usos del suelo



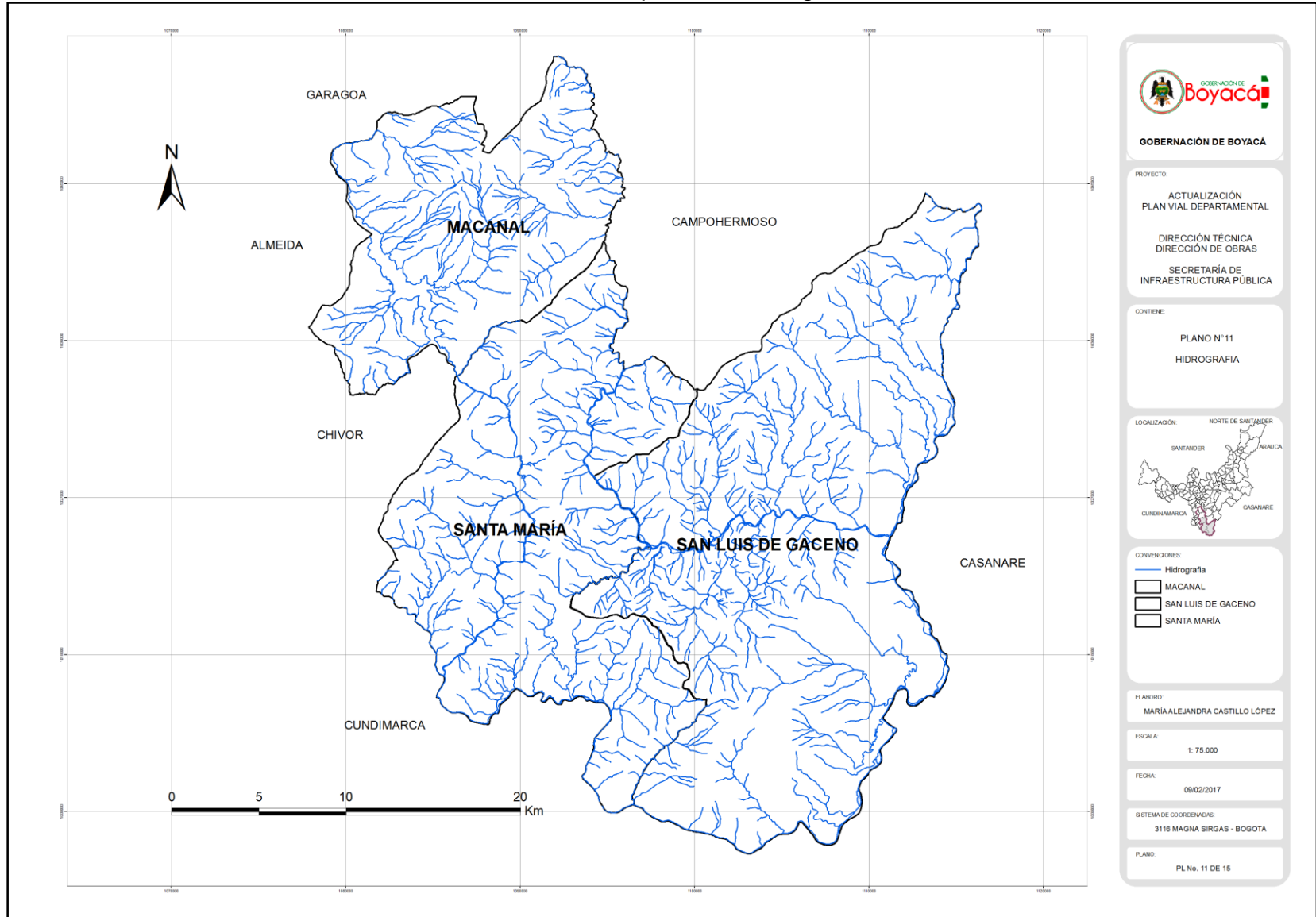
ANEXO B9 Mapa N°9 Zonas de riesgo: Amenazas rurales



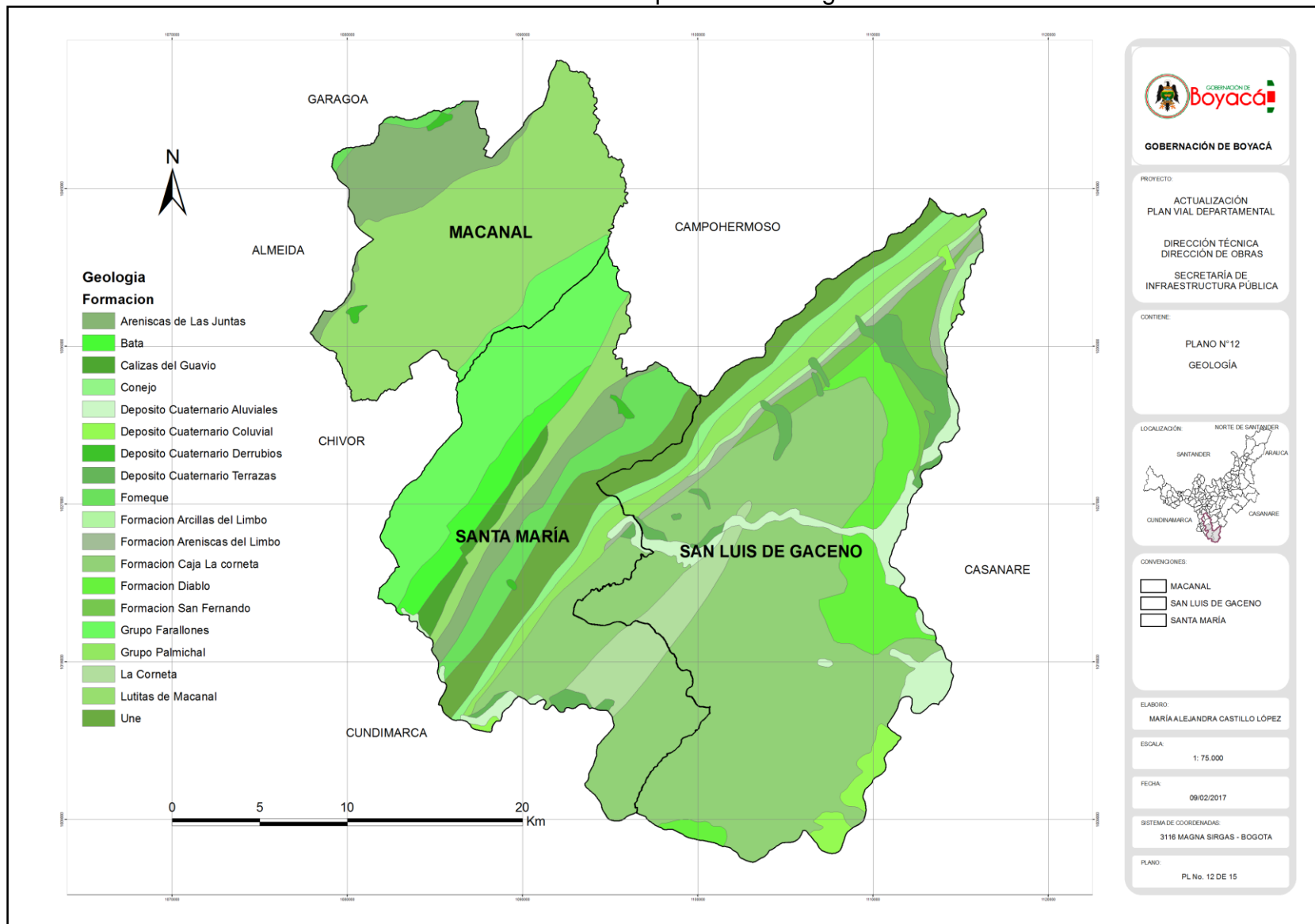
ANEXO B10. Mapa N°10 Red vial secundaria y terciaria en zonas de riesgo



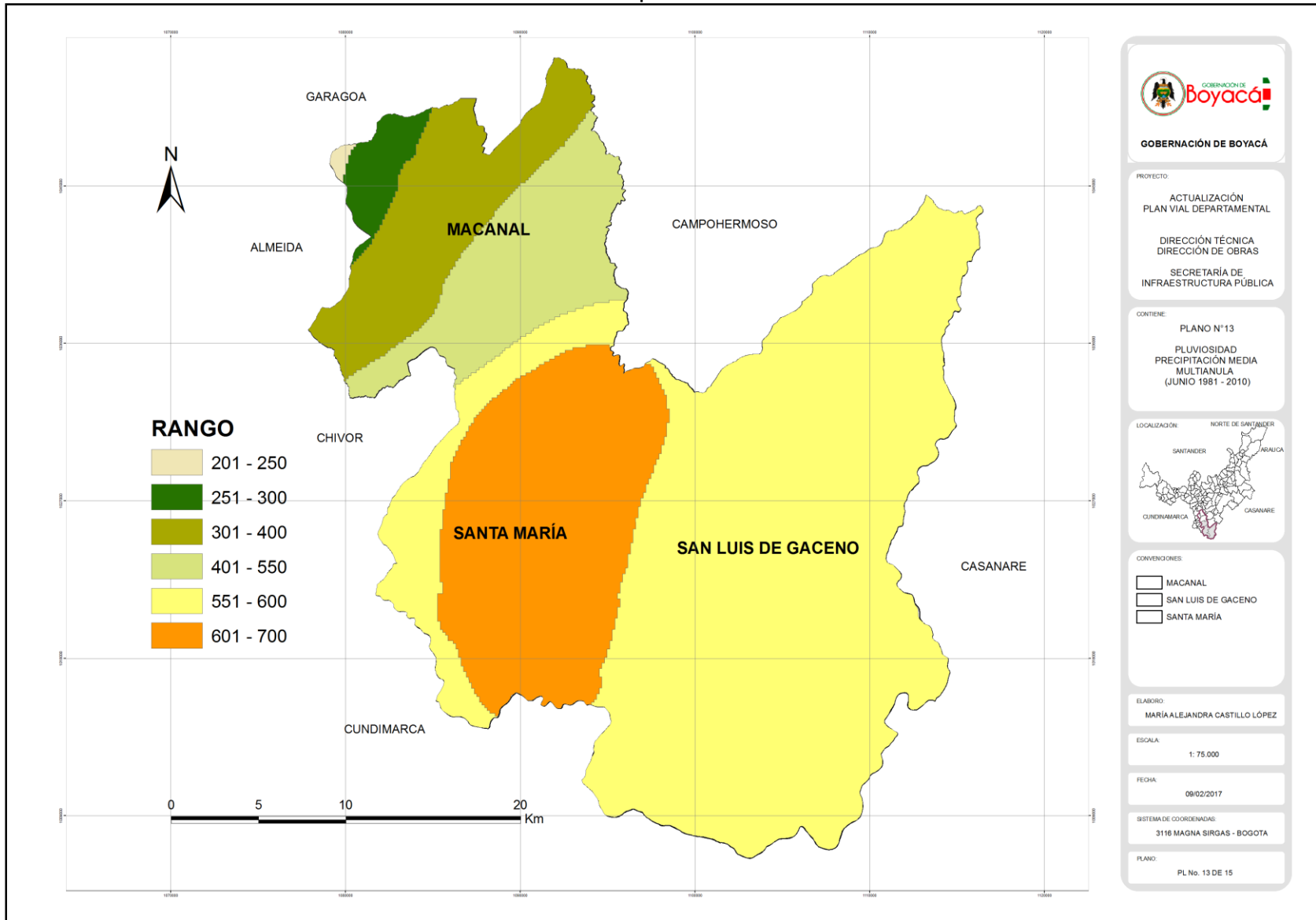
ANEXO B11 Mapa N°11 Hidrografía



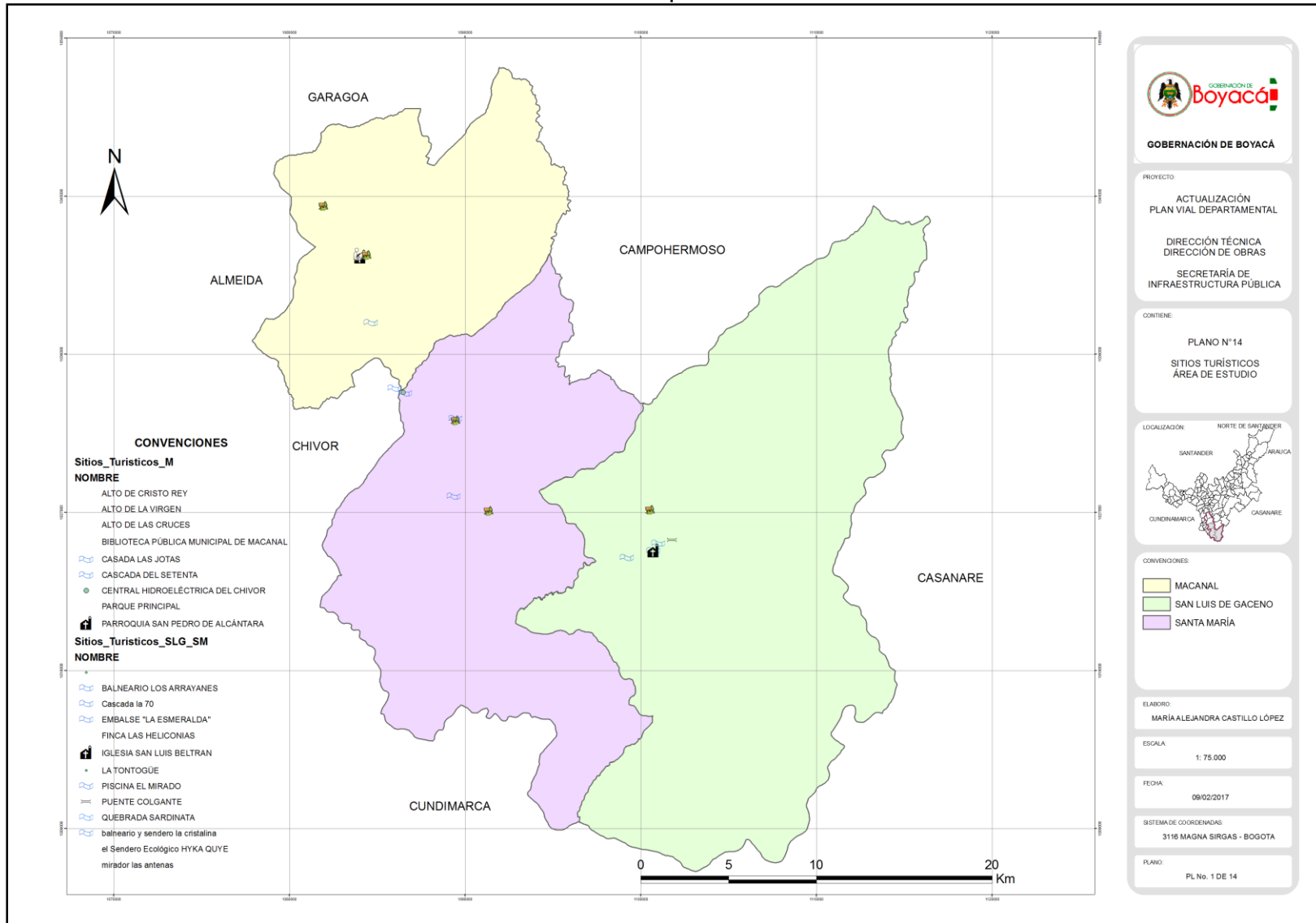
ANEXO B12 Mapa N°12 Geología



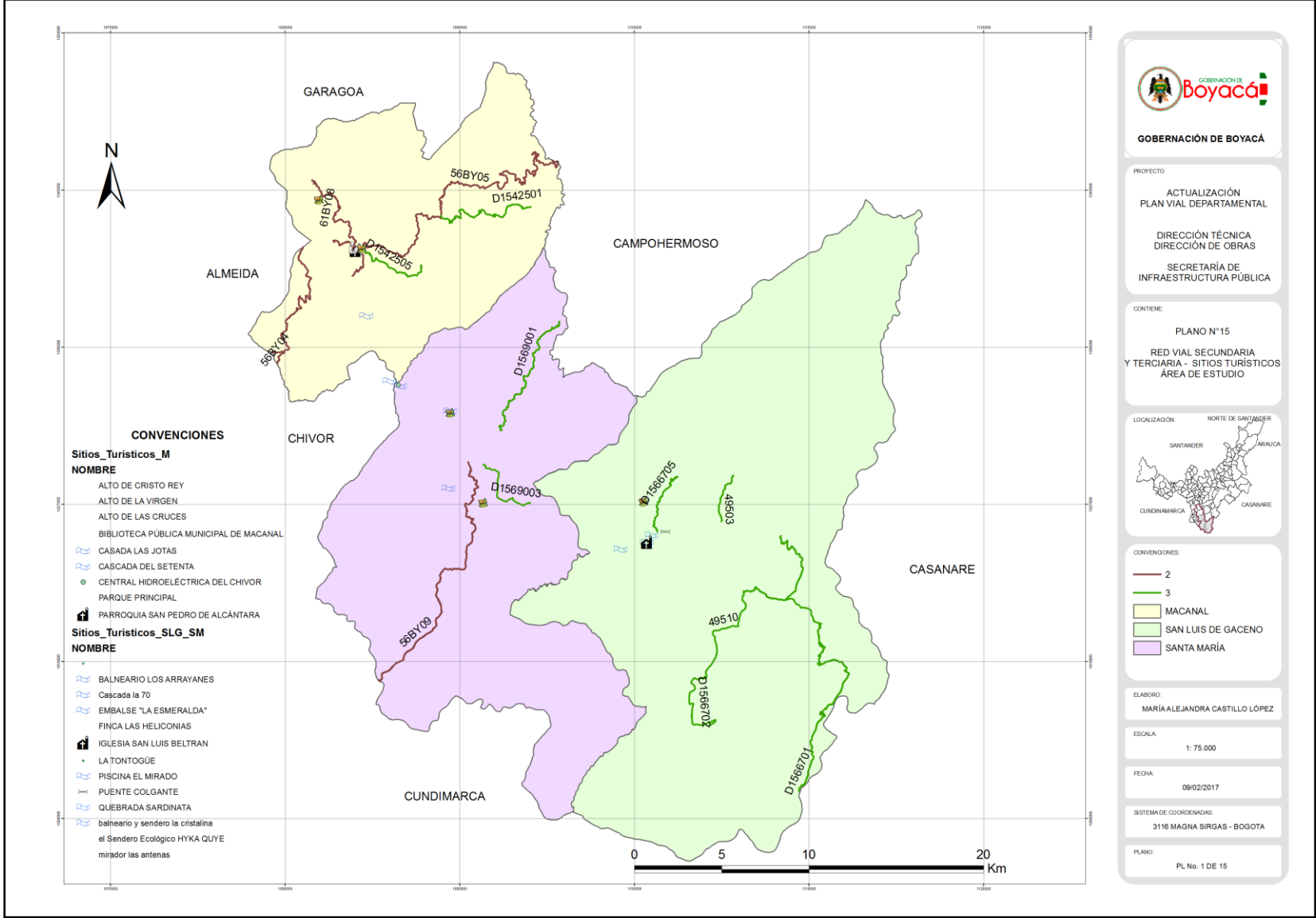
ANEXO B13 Mapa N°13 Pluviosidad



ANEXO B14. Mapa N°14 Sitios turísticos



ANEXO15. Mapa N° 15 Red vial a cargo del departamento y sitios turísticos



ANEXO16. Mapa N° 16 Índice de peligrosidad

