

# **Visor Geográfico que Determine Rutas e Índices de Accidentalidad para los Ciclistas del Municipio de Cajicá**

**Wilmar Chacón González**

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al  
título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Línea de Investigación

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2024

## **Resumen**

El presente documento del proyecto de investigación, busca la realización de un Visor Geográfico que permita determinar las rutas e índices de accidentalidad para los ciclistas del municipio de Cajicá, esto con el fin de contribuir a la mejora de la movilidad del municipio, así mismo, disminuir los accidentes de tránsito donde se ven involucrados los ciclistas.

El documento se encuentra distribuido en 10 capítulos, a continuación se describen cada uno de estos; en el capítulo 1, se muestra lo relacionado con el planteamiento del problema de investigación y su justificación, se destaca un notable aumento en el uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo, esto se debe a dos factores principales, la reubicación de industrias y el auge del turismo; en el capítulo 2, se establecen el objetivo principal y los objetivos específicos; en el capítulo 3 se encuentran los antecedentes consultados para la realización del trabajo, consta de 25 antecedentes, de los cuales 18 son proyectos de investigación de los últimos 5 años y 7 antecedentes con más de 5 años de publicación; en el capítulo 4 se muestra el referente normativo y legal, en el cual se destaca el Artículo 2 de la ley 1083 de 2006, que establece: “los alcaldes de municipios y distritos deberán adoptar mediante Decreto los Planes de Movilidad; en el capítulo 5, se refiere al marco teórico en el cual se describe temas relevantes para el estudio como son: movilidad, malla vial, sistema de información geográfica – SIG, bases de datos y visor geográfico; en el capítulo 6 se encuentra la Metodología en la cual se expone el enfoque metodológico, tipo de estudio y los procedimientos que se realizaron en el desarrollo del proyecto; en el capítulo 7, se listan y describen los resultados obtenidos en el proyecto; en el capítulo 8, se mencionan las conclusiones resultantes del análisis y elaboración del proyecto; en el capítulo 9, se señalan algunas recomendaciones

acerca del proyecto; y por último en el capítulo 10, se podrá ver las referencias consultadas para el desarrollo proyecto realizado.

Con este proyecto se busca mediante el uso y la aplicación de los Sistemas de información Geográfica (SIG), plantear un visor geográfico para el municipio de Cajicá, en el cual se pueda visualizar la estructuración que tienes las ciclo rutas, tipo de pavimento, índices de accidentalidad y cantidad de flujo vehicular.

**Palabras clave: Ciclo rutas, Sistemas de Información Geográfica, Modelos, Vías, Malla vial, Índices de accidentalidad, Movilidad, bases de datos, Visor geográfico**

## **Abstract**

This research project document seeks to create a Geographic Viewer that allows determining the routes and accident rates for cyclists in the municipality of Cajicá, in order to contribute to the improvement of the municipality's mobility, likewise, reduce transmission accidents where cyclists are involved.

The document is distributed in 10 chapters, each of these is described below; Chapter 1 shows what is related to the approach of the research problem and its justification, a notable increase in the use of bicycles as an alternative means of transportation stands out, this is due to two main factors, the relocation of industries and the rise of tourism; In chapter 2, the main objective and specific objectives are established; Chapter 3 contains the background information consulted to carry out the work, it consists of 25 background information, of which 18 are research projects from the last 5 years and 7 background information with more than 5 years of publication; Chapter 4 shows the regulatory and legal reference, which highlights Article 2 of Law 1083 of 2006, which establishes: “the mayors of municipalities and districts must adopt the Mobility Plans by Decree; In chapter 5, it refers to the theoretical framework in which relevant topics for the study are described, such as: mobility, road network, geographic information system – GIS, databases and geographic viewer; Chapter 6 contains the Methodology in which the methodological approach, type of study and the procedures that were carried out in the development of the project are explained; In chapter 7, the results obtained in the project are listed and described; In chapter 8, the conclusions resulting from the analysis and development of the project are mentioned; In chapter 9, some recommendations about the project are indicated; and finally in chapter 10, you can see the references consulted for the project development carried out.

This project seeks, through the use and application of Geographic Information Systems (GIS), to propose a geographic viewer for the municipality of Cajicá, in which the structure of the cycle routes, type of pavement, indexes can be visualized. accident rate and amount of vehicular flow.

**Keywords: Cycle routes, Geographic Information Systems, Models, Roads, Road mesh, Accident rates, Mobility, databases, Geographic viewer**



## Tabla de contenido

<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>IV</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA.....	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	15
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>20</b>
<b>4. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL.....</b>	<b>37</b>
<b>5. REFERENTE TEÓRICO.....</b>	<b>39</b>
- <i>MUNICIPIO DE CAJICÁ</i> .....	39
- <i>MOVILIDAD</i> .....	41
- <i>MALLA VIAL</i> .....	41
- <i>SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – SIG</i> .....	42
- <i>BASES DE DATOS</i> .....	43
- <i>VISOR GEOGRÁFICO</i> .....	43
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>45</b>

6.1.	ENFOQUE METODOLÓGICO .....	45
6.2.	TIPO DE ESTUDIO .....	45
6.3.	PROCEDIMIENTO.....	46
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>67</b>

## Lista de figuras

<i>Ilustración 1.</i> Accidentes Municipio de Cajicá 2021 (Fuente: Elaboración Propia) .....	12
<i>Ilustración 2.</i> Accidentes Municipio de Cajicá 2022 (Fuente: Elaboración Propia) .....	13
<i>Ilustración 3.</i> Accidentes Municipio de Cajicá 2023 (Fuente: Elaboración Propia) .....	13
<i>Ilustración 4.</i> Municipio de Cajicá (Fuente: Elaboración Propia) .....	17
<i>Ilustración 5.</i> Municipio de Cajica, Zona Urbana (Fuente: Elaboración Propia) .....	18
<i>Ilustración 6.</i> Municipio de Cajica, Malla Vial de la Zona Urbana (Fuente: Elaboración Propia) .....	18
<i>Ilustración 7.</i> Falta de demarcación de ciclo rutas. (Fuente: Google Street View) .....	51
<i>Ilustración 8.</i> Tipo de Material de las vías urbanas (Fuente: Elaboración Propia).....	52
<i>Ilustración 9.</i> Malla Vial Urbana con Tipo de Material (Fuente: Elaboración Propia).....	53
<i>Ilustración 10.</i> Puntos de Interés y malla vial Urbana (Fuente: Elaboración Propia) .....	54
<i>Ilustración 11.</i> Puntos de Accidentalidad Media y Alta (Fuente: Elaboración Propia).....	55
<i>Ilustración 12.</i> Ciclo Rutas Vigentes (Fuente: Elaboración Propia).....	56
<i>Ilustración 13.</i> Ciclo ruta Propuesta 1. (Fuente: Elaboración Propia).....	57
<i>Ilustración 14.</i> Ciclo ruta Propuesta 2. (Fuente: Elaboración Propia).....	58
<i>Ilustración 15.</i> Ciclo ruta Propuesta 3. (Fuente: Elaboración Propia).....	59
<i>Ilustración 16.</i> Ciclo ruta Propuesta 4. (Fuente: Elaboración Propia).....	60
<i>Ilustración 17.</i> Ciclo ruta Propuesta 5. (Fuente: Elaboración Propia).....	61
<i>Ilustración 18.</i> Ciclo ruta Propuesta 6. (Fuente: Elaboración Propia).....	62
<i>Ilustración 19.</i> Capas del Visor Geográfico. (Fuente: Elaboración Propia) .....	63
<i>Ilustración 20.</i> Clasificación de la Información. (Fuente: Elaboración Propia) .....	63
<i>Ilustración 21.</i> Herramientas del Visor Geográfico. (Fuente: Elaboración Propia) .....	64
<i>Ilustración 22.</i> Visor Geográfico. (Fuente: Elaboración Propia).....	64

## **1. Planteamiento del problema de investigación y su Justificación**

El municipio de Cajicá, ubicado en el departamento Cundinamarca, ha experimentado un notable aumento en la población, así mismo, en el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible; esto se debe a dos factores principales, la reubicación de industrias, esto debido a la relocalización de varias empresas de carácter industrial en el municipio, ha traído consigo un mayor flujo de personas que se desplazan hacia sus lugares de trabajo, adicional el Auge del turismo en la zona, la belleza natural de Cajicá, sumado a las recomendaciones de familiares, amigos y redes sociales, ha convertido al municipio en un destino turístico atractivo, especialmente los fines de semana. Este aumento en la movilidad ha generado congestión en las vías, especialmente en las zonas donde no hay una adecuada delimitación de carriles para ciclistas y conductores de automóviles. Esta situación ha elevado el riesgo de accidentes de tránsito, poniendo en peligro la seguridad de los ciclistas.

¿Cómo generar rutas alternativas para evitar la congestión y accidentes de tránsito de ciclistas en el municipio de Cajicá, en un periodo de tiempo de cinco años?

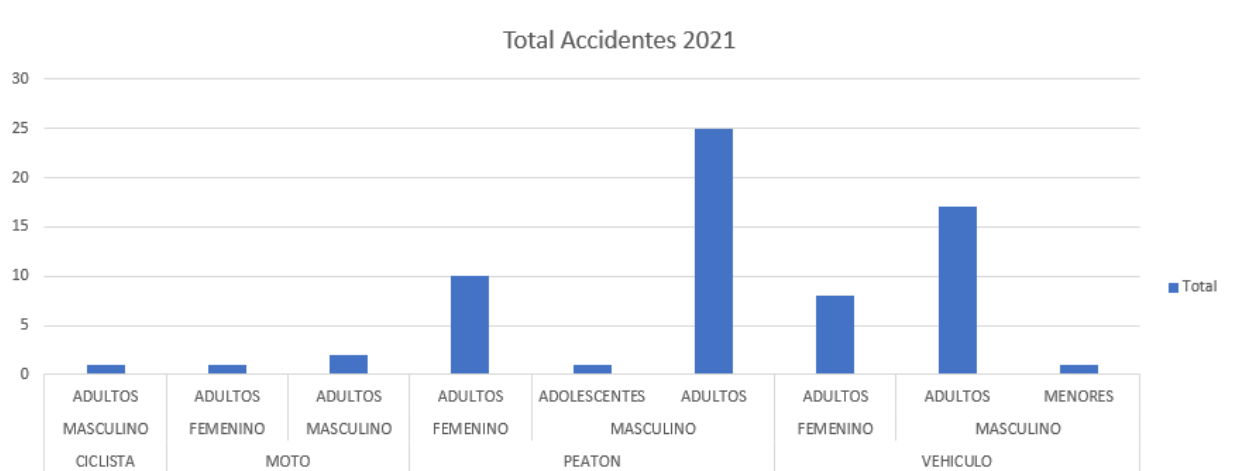
## **1.1 Descripción del Área Problemática**

El problema de la movilidad es un hecho que afecta a la mayoría de las ciudades del mundo, esto se puede observar con la cantidad de reportes que mencionan los medios de comunicación en cantidad de congestión vial, tasa de accidentalidad, además del incremento significativo en la migración de población al municipio de Cajicá, desde la ciudad de Bogotá y otros municipios, en la cual el gran afectado es la población, estos se ven afectados en cuanto a temas de tiempo de recorrido, contaminación del ambiente. A parte de lo anterior, otra de las consecuencias que se encuentra es el aumento del parque automotor que va en aumento en los últimos años, un reportaje periodístico cita el estudio de Wards Auto, donde indica que en el 2010 circularon por el mundo más de mil millones de vehículos aumentando en 3,5% con respecto al año anterior, crecimiento que no va a la par con la construcción de nuevas infraestructuras para acoger este número de vehículos. En Colombia encontramos esta problemática en las ciudades principales como Bogotá, Medellín y Cali, que presentan unas preocupantes cifras que demuestran una tendencia a la inmovilización, convirtiéndolas en ciudades caóticas, contaminadas y deterioradas. Se proyecta que el número de vehículos en Colombia pasará de 3 millones en el 2015 a 10,4 millones en el año 2040 (Rodríguez-Valencia & Bocarejo, 2009).

Con el alto desarrollo urbano que se ha venido presentado en los últimos años en el municipio de Cajicá, se puede evidenciar que la población del municipio seguirá aumentando en los próximos años.

Algunas causas del problema de movilidad en el municipio dependen de diversos factores entre los que se encuentran: el estado de la infraestructura de la malla vial del municipio, falta de señalización y el tránsito de vehículos pesados, así mismo las estadísticas de accidentalidad que se encuentran en los indicadores expuestos por las encuestas de “Sabana Centro Como Vamos”

(<https://sabanacentrocomovamos.org/>, 2023), han sido ascendentes en los últimos años. En el año 2021 hubo un total de 83 accidentes de tránsito en Cajicá entre el 3 de enero de 2021 y el 22 de diciembre de 2021. De los 83 accidentes, 43 involucraron a peatones, lo que representa más de la mitad de todos los accidentes. Esto indica que los peatones son los más vulnerables en las calles de Cajicá, la mayoría de las personas involucradas en accidentes de tránsito son adultos, de los 83 accidentes, 69 involucraron a adultos, lo que representa más del 80% de todos los accidentes.



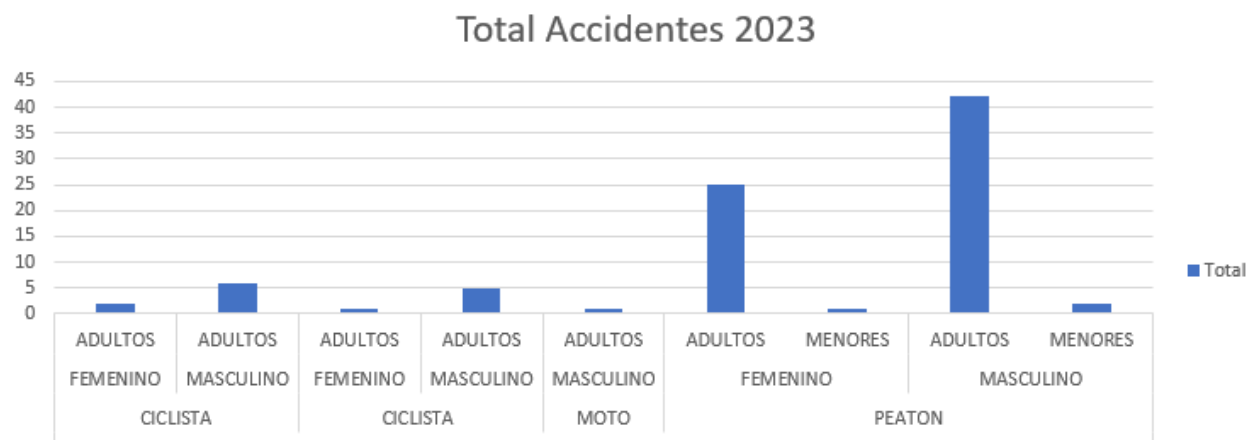
*Ilustración 1.* Accidentes Municipio de Cajicá 2021 (Fuente: Elaboración Propia)

Para el año 2022 hubo un total de 115 accidentes de tránsito en Cajicá entre el 3 de enero de 2022 y el 22 de diciembre de 2022. De los 115 accidentes, 87 involucraron a peatones, lo que representa más de la mitad de todos los accidentes. Esto indica que los peatones son los más vulnerables en las calles de Cajicá, la mayoría de las personas involucradas en accidentes de tránsito son adultos, de los 115 accidentes, 111 involucraron a adultos, lo que representa más del 95% de todos los accidentes.



*Ilustración 2.* Accidentes Municipio de Cajicá 2022 (Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto al año 2023 hubo un total de 85 accidentes de tránsito en Cajicá entre el 3 de enero de 2023 y el 22 de diciembre de 2023. De los 85 accidentes, 70 involucraron a peatones, lo que representa más de la mitad de todos los accidentes. Esto indica que los peatones son los más vulnerables en las calles de Cajicá, la mayoría de las personas involucradas en accidentes de tránsito son adultos, de los 82 accidentes, 111 involucraron a adultos, lo que representa más del 95% de todos los accidentes.



*Ilustración 3.* Accidentes Municipio de Cajicá 2023 (Fuente: Elaboración Propia)

## 1.2 Formulación del Problema

Últimamente en el municipio de Cajicá se ha incrementado el uso de la bicicleta, debido a esto se han presentado problemas de movilidad en el municipio, se han encontrado falencias en cuanto a la planeación y ejecución de las rutas que se tienen implementadas, esto ha generado inconformismo en los ciudadanos por el alto tráfico y accidentalidad en algunas vías del municipio. Una buena movilidad dentro del municipio mejorara la calidad de vida de los habitantes, disminuyendo los tiempos de recorridos y evitando accidentalidad con otros medios de transporte.

El uso de la bicicleta se ha vuelto una necesidad para las personas del municipio de Cajica, dado que las empresas se encuentran ubicadas en la parte rural del municipio o en los municipios aledaños y la forma más rápida de llegar a estos sitios es por medio de la bicicleta que se demorarían menos en tiempo, pero se arriesgarían más por la alta afluencia de vehículos de carga, como transporte público e intermunicipal.

Por lo anterior, es necesario implementar un visor geográfico, considerando todos los factores que intervienen en el sistema, como son: la población, la malla vial, el marco normativo, entre otros, con esto se buscara el mejoramiento de la movilidad en las ciclo rutas y bajar la tasa de accidentalidad dentro del municipio, razones por lo cual es preciso **“Elaboración de un visor geográfico que determine rutas e índices de accidentalidad para los ciclistas del municipio de Cajicá”**

## 1.3 Justificación

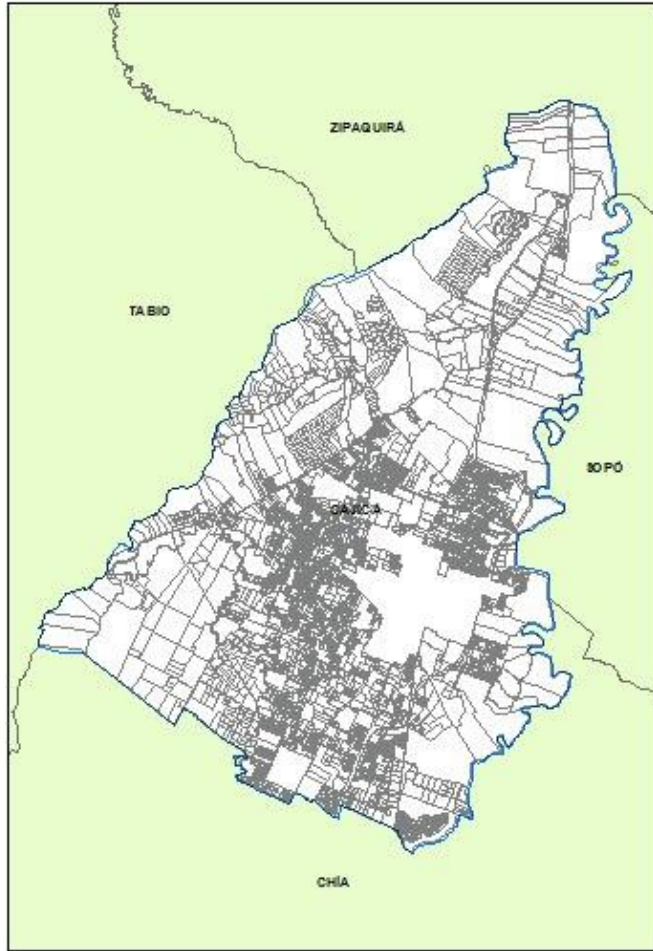
El mejoramiento de la movilidad es un tema de alta importancia que le interesa a las administraciones municipales, ya que, si se tiene mejor movilidad, se mejorara la calidad de vida, además si se incentiva a la población al uso de la bicicleta con mejores vías, ayudara a la mitigación de la contaminación proveniente del mal funcionamiento del transporte público y particular. La movilidad es definida como la habilidad de moverse entre los diferentes sitios de la actividad y se mide por el tiempo que toma una persona en viajar de un punto a otro o el número de viajes que una persona realiza al día. De igual forma si realizamos un análisis de cómo están distribuidas las rutas en el municipio Cajicá, podemos realizar un ajuste y reestructuración de las ciclo rutas para beneficiar tanto a las personas que se dirigen a sus lugares de trabajo, como a los conductores, ya que estaríamos evitando tanto accidentes de tránsito como congestión en las vías principales. Esto se ve necesario ya que en los últimos años el desarrollo urbano y rural del municipio Cajicá ha aumentado, por eso la necesidad de realizar mejor en los carriles de las ciclo rutas que beneficien a los usuarios que usan este medio de transporte. Es aquí donde los sistemas de información cobran gran importancia y en especial las herramientas de análisis espacial, ya que con esto se puede implementar el análisis espacial de las ciclo rutas que actualmente están en funcionamiento y de acuerdo a esto realizar los ajustes y la reestructuración de las mismas. La implementación de este análisis permitirá a la población contar con espacios amigables, reducirá el tiempo de recorridos a sus lugares de trabajo o donde se dirijan, igualmente se disminuirán los accidentes de tránsito, mejorara la calidad del medio ambiente. El resultado de estos análisis será una herramienta útil para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, que en este caso sería la secretaria de movilidad. Este modelo contribuirá con un mejor ambiente del tráfico, ya que los vehículos podrán disminuir la velocidad y esto aportaría para la disminución

de los accidentes para los ciclistas, igualmente esto motivara a que más personas hagan el uso de la bicicleta y de las ciclo rutas del municipio, además que disminuiría la contaminación y un ahorro en la economía de los usuarios.

En los últimos años se ha presentado un incremento significativo en el uso de la bicicleta en el mundo en especial después de la pandemia, esto se puede observar en ciudades como Utrecht (Países Bajos) que es la ciudad que le da el mayor uso a la bicicleta seguido de Munster (Alemania) y el tercer lugar esta Antwerp( Belgica),estas 3 ciudades son las mayores promotoras del uso de la bicicleta a nivel mundial, en Sudamérica las ciudades que más usan la bicicleta es Santiago de Chile(Chile) ubicada en el puesto 58, seguida de Sao Paulo (Brasil) en el puesto 76 , de acuerdo a nuestro país encontramos a la ciudad de Bogotá y Cali en los puesto 81 y 82.

Observando estos datos podemos ver que en Colombia ya se está fomentando el uso de la bicicleta en las diferentes ciudades y regiones del país, el problema que encontramos con el aumento del uso de la bicicleta en la movilidad es que la mayoría de veces el mayor afectado en los accidentes de tránsito es este, esto sucede por la falta del uso adecuado de los implementos de protección, falta de la estructuración de las ciclo rutas, señalización adecuada y la imprudencia de conductores.

Cajicá es un municipio que se encuentra en el departamento de Cundinamarca, ubicado al norte de Bogotá y hace parte de sabana centro, es el tercer municipio más poblado después de Zipaquirá y Chía, a Cajicá se puede llegar Bogotá por varias vías que proceden desde el municipio de Chía, Vía Guaymaral-Chía, su temperatura de generalmente varia de 7 grados a 17 grados.



*Ilustración 4.* Municipio de Cajicá (Fuente: Elaboración Propia)

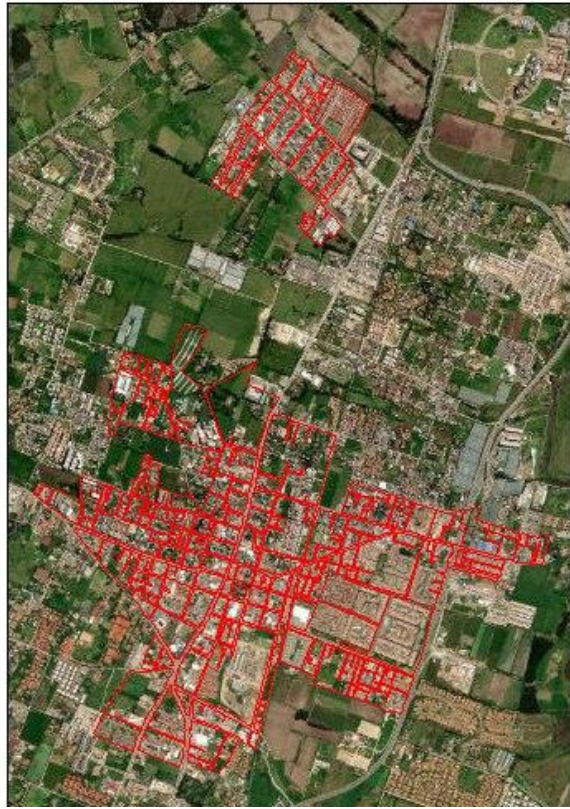


Ilustración 5. Municipio de Cajica, Zona Urbana (Fuente: Elaboración Propia)



Ilustración 6. Municipio de Cajica, Malla Vial de la Zona Urbana (Fuente: Elaboración Propia)

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar ciclo rutas existentes y proyectadas a través de un visor geográfico con el índice de accidentalidad del Municipio de Cajicá

### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar las variables que se deben de tener en cuenta para el análisis y construcción del visor geográfico de ciclo rutas e índices de accidentalidad.
2. Establecer ciclo rutas a partir de las variables identificadas para la estructuración y visualización de las mismas.
3. Elaborar un visor grafico de las ciclo rutas ya existentes y propuestas para el municipio de Cajicá con el índice de accidentalidad.

### **3. Antecedentes**

Los temas relacionados con la movilidad, siempre van a ser interés de las autoridades de nivel local o nacional, dado la importancia del tema, se pueden evidenciar investigaciones, donde se plantean algunas alternativas de solución, al hacer la revisión y análisis de las investigaciones relacionadas con el tema de la reestructuración y optimización de las ciclo rutas, se resaltan a continuación algunos de estos documentos.

Como lo menciona (López, 2016) en su documento donde propone la generación de un modelo de rutas óptimas para instalación de ciclo carriles en la ciudad de Barranquilla que se sirva como herramienta para la gestión de la movilidad en la ciudad, de esta manera con el modelo se dio como resultado la implementación de 7 rutas a través de la ciudad. También se muestra como conclusión el mejoramiento de calidad de vida de las personas, disminuyendo sus gastos económicos en el uso de transporte público, y a su vez contribuyen al mejoramiento de la calidad del aire por lo que las bicicletas no requieren de combustibles fósiles.

Teniendo en cuenta el artículo de (Teschke et al., 2014) en la cual se realizó un estudio a 690 ciclistas lesionados, este estudio se realizó en las ciudades de Toronto y Vancouver, con el objetivo principal de examinar los riesgos de las lesiones de los ciclistas ya sea por el tipo de ruta u otras características de la infraestructura, en este estudio se descubrió que los riesgos a las lesiones eran más altos en las calles principales, los datos recibidos complementaron el análisis que realizaron previo a los riesgos relativos por el tipo de ruta y el tipo de accidente, ya que muchas ciudades están tratando de fomentar el ciclismo y la seguridad es un motivador clave. Esta información le sirvió de guía a los ingenieros y planificadores municipales hacia mejoras que harían que el ciclismo fuera más seguro.

Según el artículo desarrollado por (Reynolds et al., 2009) donde nos describe que hasta la fecha se sugiere instalaciones diseñadas exclusivamente para las bicicletas por ejemplo las ciclo rutas, ciclo carriles y los senderos para las bicicletas, ya que esto haría reducir el riesgo de los accidentes por choques con automóviles, en comparación con andar en bicicleta en la carretera con tráfico o fuera de la carretera con peatones como son los andenes, otra ventaja de que se nombra es las modificaciones que se realizan a la infraestructura, en comparación con el uso de cascos, es que brindan prevención de eventos de lesiones en toda la población. Estos estudios realizados llegan a la conclusión de que los carriles para bicicletas marcados y las rutas para bicicletas reducen las tasas de lesiones o accidentes a aproximadamente la mitad en comparación con las carreteras no modificadas. Otro hallazgo que se encontró fue que el diseño específico para las ciclo rutas es importante que se aplique también en las intersecciones con rotondas, donde se descubrió que las vías para bicicletas que encaminaban a los ciclistas alrededor de una intersección separados de los vehículos eran mucho más seguras que los carriles para bicicletas o que andar en bicicleta con el tráfico. El gran desafío que tenía este estudio de las lesiones ciclistas era garantizar que las comparaciones controlaran el número de ciclistas en riesgo.

En el artículo realizado por (Gaio & Cugurullo, 2022) nos habla de la opresión que hay sobre los ciclistas en los medios de transporte heredados, ya que esto ha sido un efecto recurrente en los avances de la tecnología en los medios de transporte. Igualmente resaltan mucho la era de la ciudad modernista, que esta tuvo un marcó en el comienzo de un nuevo paradigma de movilidad que se centró principalmente en los automóviles y excluyó a todos los demás medios de transporte. La opresión de los medios no automotrices tiene vínculos similares a la subordinación del medio de transporte anterior a lo largo de la historia. Una repetición de la opresión histórica del medio de transporte podría ser el resultado de un futuro de movilidad habilitado por IA

(Inteligencia Artificial) si no se toman medidas para garantizar que el paradigma de transporte orientado al automóvil no se desplace hacia un futuro de transporte más inclusivo. Este cambio requerirá involucrar a investigadores y formuladores de políticas para abordar los ámbitos políticos, sociales y de diseño de infraestructura para crear un entorno más eficiente, equitativo y sostenible.

El artículo de (Basch et al., 2023) nos cuentan sobre un estudio que realizaron en los estados unidos, particularmente en urbanos donde pudieron evidenciar que la infraestructura ha mejorado en los últimos años, estos estudios tratan sobre la seguridad de los ciclistas en los carriles para bicicletas, de este estudio los ciclistas de la ciudad de Nueva York indicaron que solo 545 (11,1%) usaban cascos. Además, un análisis de la distracción en bicicleta demostró que, en comparación con los ciclistas de bicicletas personales, los ciclistas de bicicletas públicas en la ciudad de Nueva York tenían más probabilidades de tener un comportamiento distraído y menos probabilidades de usar casco, otro estudio del año 2018 encontró que los carriles para bicicletas protegidos en la ciudad de Nueva York tenían obstrucciones que iban desde objetos hasta vehículos estacionados, de aquí la importancia de estos artículos que nos hablan sobre la seguridad de las ciclo rutas en toda ciudad o municipio ya que por la falta del uso de los elementos de seguridad como es el casco, los reflectivos, entre otros, igualmente la importancia de la no obstrucción de las ciclo rutas, ya que esto ocasiona gran cantidad de accidentes por la falta de la inteligencia vial.

Según el artículo de (Nygårdhs et al., 2020) donde se describe como los ciclistas y los conductores de automóviles se adaptan constantemente entre sí y a la infraestructura de las vías, este estudio realizado tuvo como objetivo investigar que compensaciones se pueden observar cuando los conductores y ciclistas se adaptan a otros usuarios de la vía y a la infraestructura, el

método que se utilizó para este estudio fue en un entorno de tráfico urbano, donde todos los participantes recorrieron la misma ruta dos veces, una como ciclista y otra como conductor de automóvil. El modelo de control extendido se utilizó como marco analítico para examinar cómo las personas se adaptan según su función principal y actual de usuario de la carretera, experimentando diferentes infraestructuras y complejidades.

Dejando esto como resultado que no se encontraron diferencias en el comportamiento adaptativo entre las personas que en su mayoría conducen y las personas que en su mayoría van en bicicleta.

En el artículo realizado por (Hardinghaus & Nieland, 2021) nos cuentan sobre muchos municipios tienen como objetivo apoyar la adopción de la bicicleta como un medio de transporte saludable y respetuoso con el medio ambiente, por tal motivo es importante satisfacer la demanda de los ciclistas al adaptar la infraestructura vial. Los estudios que se realizaron en este artículo, fueron investigaciones del comportamiento de la elección de la ruta de los ciclistas, ya que estas brindan información valiosa, pero están limitados por las condiciones de las infraestructuras de las vías. El método en que se realizó este proyecto fue el análisis de un conjunto de datos de más de 450 000 observaciones de la configuración de rutas de los ciclistas para la navegación de viajes individuales en Berlín, Alemania, al analizar los datos de consulta registrados en el motor de búsqueda para rutas de bicicletas (BBBike) se agrupó por diferentes configuraciones que realizaban los usuarios en el motor de búsqueda con respecto a las características de las rutas preferidas por los ciclistas.

Como resultado del análisis se destaca que en comparación con hallazgos anteriores, el enfoque de big data destaca la importancia de las rutas cortas, las calles laterales y la importancia de las superficies de alta calidad para las opciones de ruta, mientras que andar en bicicleta en instalaciones dedicadas parece un poco menos importante, por tal motivo lo mejor que se puede

realizar, es proporcionar instalaciones para los ciclistas separadas a lo largo de las carreteras principales, para esto debe colocarse en el contexto de una estrategia integrada que satisfaga distintas preferencias para lograr un mayor éxito tanto para los conductores de automóviles como para los ciclistas, por este motivo es importante proporcionar una red para los ciclistas en las calles residenciales tranquilas y unas rutas ciclistas cortas y directas.

Según el artículo (Xiao et al., 2022) nos describe los datos encontrados de los ciclos carriles recopilados de forma rutinaria desde enero de 2014 hasta marzo de 2020 que se adquirieron para las ciudades de París y Lyon (Francia). En esta recopilación de datos se identificaron mejoras en 15 ubicaciones con 6 meses de datos previos y posteriores a la intervención. De acuerdo a esta información se eligieron calles de comparación dentro de París o Lyon para las cuales las tendencias de ciclismo previas a la intervención eran similares a las de los sitios de intervención. De acuerdo a esto se realizaron análisis de series temporales interrumpidas controladas y de auto correlación ajustando la estacionalidad. Los resultados del análisis de efectos aleatorios en las calles dentro de cada ciudad y en general.

El resultado de este análisis realizado muestra un promedio en el conteo diario de que las bicicletas aumentaron tanto en las calles de intervención como en las de control en París y Lyon. Estos resultados no indicaron cambios significativos en el nivel o la tendencia como resultado de las mejoras en ninguna de las dos ciudades. De acuerdo a estos hallazgos se sugiere mejorar o construir nuevos carriles para bicicletas, esto puede ser necesario, pero no suficiente para inducir cambios significativos en los niveles de ciclismo.

De acuerdo a la publicación realizada por (Ellison & De Wet, 2022) donde nos hablan de que muchos países de ingresos altos que enfrentan carreteras cada vez más congestionadas y sistemas de transporte público saturados han desarrollado políticas que tienen como objetivo facilitar y

promover el transporte no motorizado y en particular el ciclismo, las políticas que nos hablan que también están surgiendo en muchos entornos de ingresos bajos y medianos donde las altas tasas de urbanización han llevado a problemas similares con el transporte motorizado. El objetivo que tiene este estudio es el de comprender mejor las posibles barreras estructurales y de actitud para el transporte basado en bicicletas en uno de los contextos de la provincia de Gauteng en Sudáfrica, este estudio se centró más que todo en la variación demográfica y socioeconómica en la propiedad de bicicletas y automóviles, la conclusión que nos deja este estudio es que si bien el número limitado de hogares que poseen bicicletas y la disponibilidad de automóviles en muchos de estos hogares podría representar la barrera más inmediata para el transporte basado en bicicletas en Gauteng, en este estudio se habla de un cambio en el comportamiento del transporte, la provisión de carriles exclusivos para bicicletas por parte de la ciudad de Johannesburgo que lo hace posible y dicen que quizás menos fantasioso e incluso un pequeño aumento en el uso visible del transporte basado en bicicletas podría ayudar a disipar algunas de las barreras de actitud hacia el ciclismo y ayudar a desafiar la percepción del ciclismo como solo una actividad recreativa y no como medio de transporte para los lugares de trabajo o de interés. Como lo resalta el autor del artículo (Petzer et al., 2021) las diferencias encontradas en las calles, muestran que los mecanismos de asignación de espacios para automóviles han sido relativamente fuertes en toda la parte urbana, por el contrario el espacio asignado para las ciclo rutas ha sido insuficiente y algunas veces no se contempla, en algunos casos la bicicleta juega un papel importante en la movilidad urbana, aunque en ocasiones no sea tan utilizada las ciclo rutas, estas generan diferencias entre los diferentes actores viales, por la mal distribución del espacio público en las vías urbanas.

De acuerdo a la publicación realizada por (Mäki-Opas et al., 2016) donde nos hablan que de acuerdo al estudio realizado concluyen en una buena infraestructura para peatones y ciclistas ya que esta puede desempeñar un papel importante en la promoción de la actividad física en los desplazamientos a sus sitios de interés , la segunda conclusión que sacan ellos es la distancia y la proporción de espacios verdes cerca de la ubicación de la casa pueden no ser suficiente para iniciar la actividad física de desplazamiento y como ultima conclusión hablan acerca de la variación de la edad y el género en los factores ambientales, como las redes para ciclistas y peatones y las zonas urbanas relacionadas con los viajes, en la actividad física de los desplazamientos deben tenerse en cuenta al planificar las políticas de transporte y actividad física.

Según el artículo (Mölenberg et al., 2019) se realizaron búsquedas en seis bases de datos en busca de estudios que evaluaran intervenciones de infraestructura para promover el ciclismo en poblaciones adultas, como la apertura de carriles para bicicletas o la expansión de una red de bicicletas en toda la ciudad. Se incluyeron estudios controlados y no controlados que presentaran datos antes y después de la intervención. Los datos que se extrajeron para cualquier resultado fueron (bicicletas contadas en la nueva infraestructura, hacer un viaje en bicicleta, frecuencia de ciclismo, duración del ciclismo) y para cualquier propósito del ciclismo (ciclismo total, ciclismo recreativo, ciclismo para ir al trabajo). Como conclusión nos dicen que es probable que la introducción de instalaciones para bicicletas en las ciudades aumente el número de ciclistas que utilicen las instalaciones, y pueda resultar en aumentos en el uso de bicicletas.

En el artículo realizado por (Verhoeven et al., 2018) se realizaron un estudio de 160 viajes en bicicleta, el 73,1% no se diferenció de la ruta en bicicleta más corta posible. Para las rutas ciclistas reales que no eran la ruta ciclista más corta, un límite de velocidad de 30 km/h, las

carreteras con pocos edificios con ventanas en el lado de la calle y las carreteras sin carril bici estaban presentes con mayor frecuencia en comparación con las rutas ciclistas más cortas posibles. Un uso mixto del suelo, carreteras con destinos comerciales, carreteras arteriales, carriles para bicicletas separados del tráfico por líneas blancas, carriles para bicicletas pequeños y carriles para bicicletas cubiertos por iluminación estaban presentes con menos frecuencia a lo largo de las rutas ciclistas reales en comparación con las rutas ciclistas más cortas posibles. Estos resultados mostraron que la distancia determina principalmente la ruta a lo largo de la cual pedalean los adolescentes. Además, los adolescentes iban más en bicicleta por las calles residenciales (incluso si no había un carril para bicicletas) y menos por las carreteras arteriales más transitadas. Las autoridades locales deben proporcionar atajos libres de tráfico motorizado para satisfacer la preferencia de los adolescentes de andar en bicicleta por la ruta más corta y evitar andar en bicicleta por las carreteras principales.

Según el artículo desarrollado por (Foster et al., 2011) el objetivo del estudio realizado fue explorar la relación entre el ciclismo de ocio y el ciclismo de cercanías con niveles medidos objetivamente de tráfico vial derivados utilizando un sistema de información geográfica (SIG) e investigar si alguna relación se vio afectada por los niveles de tráfico directamente fuera del hogar o entre el hogar y los destinos locales. Un estudio de caso de personas que no son ciclistas informó que impactos similares del tráfico hicieron que andar en bicicleta fuera peligroso debido a una combinación de la mala calidad del entorno vial, además del tráfico pesado y a alta velocidad, y las preocupaciones sobre los peligros de andar en bicicleta.

En el artículo realizado por (Nau et al., 2023) acerca de la realización de una evaluación legal de las leyes estatales y territoriales en Australia, para caracterizar sistemáticamente cómo abordan las consideraciones del entorno construido con relevancia específica para caminar y andar en

bicicleta. Se formó un equipo interdisciplinario de investigadores con experiencia en salud pública, derecho y planificación urbana para completar el proceso de múltiples etapas. Los pasos clave incluyeron una búsqueda sistemática de leyes utilizando una combinación de investigación legal original, consulta de fuentes secundarias y revisión y verificación por parte de un experto en planificación urbana; desarrollo de un esquema de codificación; y finalización de los procedimientos de codificación y control de calidad.

Según el artículo desarrollado por (Morency et al., 2018) en el cual realizaron un estudio, en el que se muestra que el autobús es un medio más seguro que el automóvil, tanto para los ocupantes del vehículo como para los peatones y ciclistas que viajan por las rutas de autobús. Aunque viajar en autobús es más seguro en todas las rutas específicas, existe una gran variación en los beneficios de seguridad a nivel de ruta. La variación en las tasas de lesiones y los beneficios de seguridad del transporte público probablemente se deba a la geometría de las carreteras y otros factores ambientales. Los análisis desagregados a nivel de ruta son necesarios para determinar sus efectos. Los resultados a nivel de ruta proporcionarán información vital para que las ciudades orienten adecuadamente la implementación de cambios ambientales como estrategias preventivas para reducir el riesgo de lesiones para todos los usuarios de la vía.

Para la realización de este estudio solo se consideraron los autobuses urbanos y los pasajeros-kilómetros estimados de automóviles y autobuses a lo largo de las diez rutas elegidas. Para comparar las tasas de lesiones entre los viajes en autobús y en automóvil, cada ruta sirvió como su propio control y, por lo tanto, controló, hasta cierto punto, el entorno de la calzada, los volúmenes de peatones y ciclistas.

De acuerdo a la publicación realizada por (Tin et al., 2013) el uso de la bicicleta, a pesar de sus beneficios comprobados para la salud y otros rara vez forma parte de los viajes cotidianos en

muchos países debido a preocupaciones sobre la seguridad del tráfico, los ciclistas generalmente corren un mayor riesgo de lesiones que la mayoría de los otros tipos de usuarios de la carretera, por hora de viaje, pero el riesgo difiere entre y dentro de los países, todo esto se puede explicar por las variaciones geográficas en la demografía de la población, los patrones de viaje, los barrios residenciales y los aspectos del entorno físico, los datos fueron levantados en Nueva Zelanda, por la Corporación de Compensación de Accidentes (ACC), esta ofrece cobertura de lesiones personales para todos los residentes y visitantes temporales de Nueva Zelanda sin importar quién tenga la culpa. La base de datos de reclamos es una fuente importante de información sobre lesiones relativamente menores con más del 80% de los reclamos relacionados con la atención primaria. Los choques de bicicletas extraídos a través de la vinculación de registros se clasificaron en choques en carretera (choques que ocurrieron en la vía pública) y otros. El resultado de estudio fue que de los 2554 participantes que proporcionaron una dirección completa de Nueva Zelanda en el momento del reclutamiento, 919 (36,0%) residían en la región de Auckland. Los participantes de Auckland no diferían de los demás por edad y sexo, pero era menos probable que fueran mayores y más probable que fueran graduados universitarios y residieran en áreas urbanas y vecindarios menos desfavorecidos.

Según el artículo (Harkort et al., 2023) el ciclismo ha ganado un interés creciente en Alemania en los últimos años debido a sus múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos. Sin embargo, la cantidad de colisiones de ciclistas que resultan en lesiones o muerte sigue siendo alta y se sabe poco sobre las variaciones regionales en la frecuencia, la gravedad de las lesiones y el tipo de colisión. Este estudio investiga los patrones y las características espaciales y temporales de las colisiones de ciclistas en Alemania en 2019. Usando un conjunto de datos detallado de colisiones de ciclistas para la mayoría de los estados federales alemanes, identificamos

diferencias regionales estadísticamente significativas en la frecuencia, la gravedad de las lesiones y el tipo de colisión. El propósito de este estudio fue analizar los patrones de lesiones de ciclistas en Alemania según las características del incidente, incluida la urbanidad y ruralidad de la ubicación del incidente, características temporales (hora del día, día de la semana y época del año), gravedad de la lesión, tipos de vehículos implicados y tipo de. ej., colisión.

En el artículo realizado por (Apparicio et al., 2021) en la ciudad de Delhi, explica como muchas ciudades luchan con niveles extremos de contaminación del aire y ruido. Delhi, en particular, tiene la notoria reputación de ser una de las ciudades más contaminadas del mundo. Los ciclistas constituyen una población especialmente expuesta, ya que circulan entre vehículos a motor sin ningún tipo de protección. Este artículo modeló la exposición de los ciclistas al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y al ruido en Delhi, India.

Los resultados de este estudio muestran que los ciclistas están expuestos y más cuando circulan por una vía principal que por una calle residencial. Usando los valores de referencia de la OMS para el ruido y la contaminación del aire, se evaluaron cuántos minutos de inhalación de dosis y las dosis de ruido se vuelven potencialmente dañinas para la salud de los ciclistas en Delhi. Dichos umbrales se superan rápidamente: tras una hora de pedaleo en una zona con valores previstos moderados de ruido y contaminación atmosférica, como conclusión de este estudio dicen que los formuladores de políticas deberían tener en cuenta los resultados para minimizar la exposición de los ciclistas, especialmente para las personas más desfavorecidas.

De acuerdo al artículo (Klanjčić et al., 2022) uno de los objetivos de los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU es reducir sustancialmente la cantidad de muertes y lesiones a nivel mundial por accidentes de tránsito. Con este objetivo, las ciudades europeas adoptaron diversas políticas de movilidad urbana, lo que ha dado lugar a un número heterogéneo de lesiones en toda

Europa. Monitorear las discrepancias en las lesiones y comprender las políticas más eficientes son claves para lograr los objetivos de Visión Zero, un proyecto multinacional de seguridad vial que apunta a cero muertes o lesiones graves relacionadas con el tráfico rodado. El informe de la OMS también muestra que los usuarios vulnerables de la vía (peatones, ciclistas y motociclistas) se ven afectados de manera desproporcionada. Por lo tanto, el aumento de la urbanización ha dejado en claro que es necesario implementar políticas de planificación urbana efectivas a escala para superar tales fallas. En el estudio, buscaron identificar las características urbanas que son determinantes de la seguridad de los usuarios viales vulnerables a través del análisis de los datos de colisión entre modos en las ciudades europeas.

Según el artículo realizado por (Castells-Graells et al., 2020) el uso de bicicletas es fundamental para el desarrollo urbano sostenible, el ciclismo promueve estilos de vida más saludables, reduce el consumo de energía, reduce las emisiones de carbono y reduce el tráfico urbano. Sin embargo, la expansión y el aumento del uso de la infraestructura para bicicletas ha ido acompañado de un exceso de accidentes de bicicleta, una tendencia que pone en peligro el movimiento urbano de bicicletas.

En este artículo cuentan como introducen un artefacto de software para calcular recomendaciones de ruta en un gráfico ponderado extraído de la red de calles. Este software acepta puntos de partida y destino de un usuario y una preferencia por el equilibrio de seguridad y comodidad expresado como un peso y produce una ruta recomendada basada en esta información. La entrada se recopila mediante una interfaz con un mapa interactivo implementado en la biblioteca tkinter de Python. El usuario hace clic en el mapa para proporcionar los puntos de salida y destino, así como los puntos intermedios de la ruta, cuyas coordenadas de latitud y longitud se calculan en segundo plano. La ruta recomendada para determinar la distancia y luego

se muestra al usuario en el mapa. Los valores ingresados por el usuario y calculados, es decir, el riesgo total, la incomodidad y los puntos que forman la ruta, se pueden exportar en un archivo .txt.

Como se menciona en el artículo realizado por (Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021) El uso combinado de la bicicleta y el tren en los Países Bajos ha aumentado constantemente durante la última década. Sin embargo, aún se sabe poco sobre los procesos subyacentes que impulsan el crecimiento del uso de bicicletas y trenes en los Países Bajos. El presente estudio tuvo como investigación mediante la exploración de las principales trayectorias de adopción del tren-bicicleta en el área de Randstad. Siguiendo un enfoque de biografías de movilidad, buscando identificar los factores desencadenantes o "eventos clave" que conducen a la aceptación del uso de bicicletas y trenes, y explora la relación con el comportamiento de viaje existente. Para ello, se realizó una encuesta online dirigida a personas que empezaron a desplazarse habitualmente en bici-tren. Los resultados obtenidos muestran que las trayectorias de captación son variadas, con una proporción similar de encuestados que comienzan a viajar en bicicleta-tren para reemplazar la bicicleta, la conducción y el transporte público.

De acuerdo a lo anterior definen que las ciudades de tamaño mediano a menudo se consideran las más propicias para el ciclismo; En las ciudades más grandes, las distancias de viaje más largas significan que es probable que el transporte público o motorizado se convierta en una opción de transporte más atractiva, mientras tanto, los viajes en tren operan en un rango espacial mucho más amplio, pero la accesibilidad que proporciona se restringe en gran medida a las cercanías de las estaciones de tren, lo que generalmente conduce a una forma de desarrollo urbano basada en nodos (Newman et al. 2016) .

Según el artículo (Metaxatos & Sriraj, 2015) el número de muertes de peatones y ciclistas en los pasos a nivel de carreteras y vías ha aumentado en los últimos doce años. Si bien se han propuesto e implementado soluciones de ingeniería e iniciativas de educación y cumplimiento, se sabe poco sobre su eficacia para mitigar tales incidentes. Según el estudio proponen dispositivos audibles/visuales, como señales intermitentes para peatones de poca altura y señales de luz intermitente para caminos de usos múltiples; brazos de puerta cortos; y señales de advertencia electrónicas de llegada del segundo tren. Los ejemplos de dispositivos pasivos incluyen señales de advertencia pasivas altamente reflectantes y dispositivos de canalización. Se realizaron entrevistas con expertos en las cuales se resalta que, en primer lugar, a medida que mejore la consistencia de los estándares de ingeniería, sería importante monitorear el impacto en la seguridad de los peatones. En segundo lugar, el servicio ferroviario de pasajeros de alta velocidad requerirá la reeducación de los usuarios peatonales con respecto a los impactos de seguridad en los pasos a nivel o cerca de ellos o lejos de ellos. En tercer lugar, es cada vez más importante realizar un mejor seguimiento de la programación y el gasto para mejoras de seguridad en los pasos a nivel. En cuarto lugar, existe la necesidad de desarrollar un proceso de evaluación de la rentabilidad para facilitar las actividades de un equipo de diagnóstico. En quinto lugar, es importante abordar las necesidades de los usuarios con discapacidades en los pasos a nivel para gestionar mejor el riesgo de incidentes catastróficos. Sexto, la continuación de la financiación adecuada para una fuerte defensa local hacia la educación y las actividades de cumplimiento es fundamental para la seguridad de los peatones. Finalmente, el desarrollo de un enfoque de gestión de riesgos apropiado apoyaría mejor la planificación.

Como se menciona en el artículo (Mangold et al., 2022) un estacionamiento inapropiado de bicicletas compartidas que flotan libremente es un problema crítico que debe abordarse para darse cuenta de los posibles beneficios ambientales, socioeconómicos y para la salud que propone este medio de transporte. El estudio de caso se realizó en la ciudad de Zúrich, Suiza. Zúrich es la ciudad suiza más grande con una población de más de 435 000 habitantes (Stadt Zúrich 2021). Zúrich tiene altos niveles de ciclismo, con un 15% de su población en bicicleta todos los días y un 20% en bicicleta de 2 a 5 veces por semana. Los datos de disponibilidad de vehículos de un sistema de bicicletas compartidas sin base se recopilieron del 1 al 23 de febrero de 2020 para validar el marco MCDA basado en GIS propuesto en este estudio. El conjunto de datos se obtuvo escaneando las bicicletas disponibles en cada área cada 30 s en promedio. Después de determinar los criterios, crearon capas de criterios que se utilizarán para la selección del sitio de geo-cercas con el enfoque GIS-MCDA. Las capas de criterios las crearon mediante la implementación de varios análisis espaciales dentro del entorno GIS en función de los datos geográficos recopilados. GIS es capaz de mostrar la información de criterios en múltiples capas de criterios en formato de mapas digitales. Para cada criterio, crearon una capa separada. Como conclusión deja que, aunque los sistemas de uso compartido de bicicletas sin muelle se han vuelto cada vez más populares en todo el mundo para facilitar el transporte sostenible, el estacionamiento inadecuado de bicicletas compartidas también genera serios problemas urbanos (por ejemplo, las preocupaciones sobre el estacionamiento ilegal e irregular de bicicletas que flotan libremente). La planificación de geo vallas proporciona una forma eficaz de gestionar el estacionamiento de bicicletas compartidas manteniendo su comodidad.

Según el artículo (Scappini et al., 2022) la bicicleta es un medio de transporte respetuoso con el clima que permite a las personas reducir el uso del transporte motorizado y hace que los

asentamientos humanos sean más inclusivos y resilientes. En Italia, el desarrollo del ciclismo se ha visto impulsado recientemente por la aprobación de la Ley n. 2/2018, que obliga a todas las regiones italianas a elaborar un plan regional de movilidad ciclista.

Este estudio tiene como objetivo establecer una red regional de bicicletas. promover el uso de la bicicleta como medio de transporte tanto para el día a día como para las necesidades turísticas-recreativas. Uno de los principales objetivos del plan es hacer más accesibles las zonas del interior de la isla, ya que el desarrollo de estas zonas suele estar muy descuidado frente a las zonas costeras vinculadas al turismo de playa. Por lo tanto, el plan pretende contribuir al aumento de los flujos turísticos hacia las zonas rurales, que pueden ser un segmento estratégico del desarrollo local. Los resultados que obtuvieron mediante el análisis de la metodología adoptada para diseñar la red ciclista regional de Cerdeña, fue mostrar la planificación de una red ciclista integrada en un contexto insular para mejorar la movilidad sostenible y la accesibilidad en las zonas rurales por las que pasa. Además, el análisis desarrollado indica que muchos asentamientos rurales a lo largo de las rutas de la red ciclista planificada están lo suficientemente cerca entre sí para que las personas viajen entre ellos en bicicleta.

Como conclusión deja que la infraestructura para bicicletas podría impulsar un aumento sostenible en la accesibilidad y conectividad de las áreas del interior y estimular la formación de grupos de pequeños pueblos y aldeas interconectados.



## 4. Referente Normativo y Legal

En este marco normativo y legal se define las leyes a nivel nación y local que establecen los lineamientos y condiciones para la adaptación de servicios de transporte, teniendo en cuenta la seguridad y protección de los usuarios.

**Artículo 95 de la ley 1811 de 2016**, establece la velocidad para conducir que deben de respetar los ciclistas:” La velocidad máxima de operación en las vías, mientras se realicen actividades deportivas, lúdicas y, o recreativas, será de 25km/h”. (LEY 1811, 2016)

**Artículo 2 de la ley 1083 de 2006**, establece que: “los alcaldes de municipios y distritos deberán adoptar mediante Decreto los Planes de Movilidad. Estos planes de movilidad deberán contener: 1) Identificación de los componentes relacionados con la movilidad, 2) Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana, diseñar una red peatonal y de ciclo rutas que complemente el sistema de transporte. 3) Reorganizar las rutas de transporte público y tráfico sobre ejes viales que permitan incrementar la movilidad y bajar los niveles de contaminación. 4) Crear zonas sin tráfico vehicular, las cuales serán áreas del territorio distrital o municipal, a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta, o en otros medios no contaminantes. Referente Normativo y legal 27. 5) Crear zonas de emisiones bajas, a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta o en otro medio no contaminante. 6) Incorporar un Plan Maestro de Parqueaderos, el cual deberá constituirse en una herramienta adicional para fomentar los desplazamientos en modos alternativos de transporte”. (Ley 1083, 2006).

**Artículo 1 de la ley 2222 de 2022**, tiene como objetivo “promover el uso de la bicicleta segura y sin accidentes, fomentando y fortaleciendo el conocimiento a través de la pedagogía de las

normas de tránsito y la política pública de seguridad vial por parte de los actores en la vía. También, el fomento de la participación de colectivos de actores vulnerables en una de las instancias de apoyo de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, para prevenir la accidentalidad de los ciclistas y demás actores vulnerables”. (Ley 2222, 2022)

**Ley 769 de 2002**, señala que “Los ciclistas deben conducir en las vías públicas permitidas o, donde existan, en aquellas especialmente diseñadas para ello. Cuando se use la calzada, las bicicletas deben transitar ocupando un carril, por la vía de sentido único o vías dobles de sentido de tránsito”.

## 5. Referente Teórico

Para contextualizar este proyecto es necesario establecer unas guías teóricas que permitan orientar el desarrollo de los objetivos, por esto es fundamental encontrar los referentes teóricos que den sustento a este proceso. Por tal motivo este proyecto está orientado a proponer soluciones que faciliten la movilidad de los usuarios que usan la bicicleta como medio de transporte, apoyado en las herramientas de Sistema de Información Geográfica, por consiguiente se inicia este marco teórico definiendo la importancia que cumplen los Sistemas de Información Geográfica en la planificación, la bicicleta como medio alternativo para la movilización, las condiciones que se deben tener en cuenta para la planificación de las infraestructuras de las ciclo rutas.

### - *Municipio de Cajicá*

Cajicá es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca, pertenece a la provincia de Sabana Centro, se encuentra a 17 km al norte de la ciudad de Bogotá, en el año 2023, tenía una población de aproximadamente 92.967 habitantes, de esta, 50.724 habitantes residen en la zona urbana, lo que representa el 54.6% del total, la densidad de población en la zona urbana es de 4.500 habitantes por kilómetro cuadrado. En la zona urbana de Cajicá hay aproximadamente 22.000 viviendas, el tamaño promedio de un hogar es de 3.5 personas, el 85% de las viviendas son propias, mientras que el 15% son arrendadas. (<https://sabanacentrocomovamos.org/>, 2023)

Por otra parte, las principales actividades económicas en la zona urbana del municipio de Cajicá son el comercio, los servicios y la industria, el sector comercial genera el 40% del empleo, así mismo, el sector servicios genera el 35% del empleo y adicional el sector industrial genera el 25% del empleo, el principal medio de transporte en la zona urbana del municipio de Cajicá es el

transporte público como autobuses, colectivos y taxis, otro medio de transporte importante en el municipio es el uso de la bicicleta; la mayoría de las calles están pavimentadas, el municipio en general, cuenta con una buena infraestructura vial, educativa, de salud y de servicios públicos, existen parques, zonas verdes y espacios públicos para el disfrute de los ciudadanos, cuenta con una red de ciclorrutas que se extiende por aproximadamente 30 kilómetros, la red está compuesta por ciclorrutas bidireccionales y unidireccionales, que se encuentran en diferentes estados de conservación. (<https://cajica.gov.co/informacion-general/>, 2023)

En la actualidad las principales ciclorrutas del municipio son:

- Ciclorruta Bogotá - Cajicá: Esta ciclorruta bidireccional tiene una longitud de 10 kilómetros y conecta el municipio de Cajicá con la ciudad de Bogotá. La ciclorruta se encuentra en buen estado y es utilizada por una gran cantidad de ciclistas diariamente.
- Ciclorruta Calle 13: Esta ciclorruta bidireccional tiene una longitud de 2 kilómetros y recorre la Calle 13 de Cajicá. La ciclorruta se encuentra en buen estado y es utilizada por una gran cantidad de ciclistas para desplazarse por el municipio.
- Ciclorruta Avenida El Dorado: Esta ciclorruta bidireccional tiene una longitud de 1 kilómetro y recorre la Avenida El Dorado de Cajicá. La ciclorruta se encuentra en buen estado y es utilizada por una gran cantidad de ciclistas para desplazarse por el municipio.
- Ciclorruta Parque de la Estación: Esta ciclorruta bidireccional tiene una longitud de 500 metros y recorre el Parque de la Estación de Cajicá. La ciclorruta se encuentra en buen estado y es utilizada por una gran cantidad de ciclistas para disfrutar del parque.

Además de estas ciclorrutas principales, el municipio de Cajicá también cuenta con una serie de ciclorrutas secundarias que conectan diferentes barrios y veredas del municipio, en general, la red de ciclorrutas del municipio de Cajicá se encuentra en buen estado y es segura para los

ciclistas, sin embargo, es importante tener en cuenta que algunas ciclorrutas no están señalizadas adecuadamente, lo que puede generar confusión entre los ciclistas.

#### - *Movilidad*

Se entiende movilidad como la necesidad que tienen las personas de trasladarse de un lugar a otro, En el escenario de este proyecto se perciben varios protagonistas que son: los peatones, ciclistas, usuarios de automóvil, entre otros. La movilidad debe proveer que todos los usuarios se sientan satisfechos de usar el medio de transporte que más les favorezca.

Según lo expuesto por (Gutiérrez, 2012) es la capacidad de las personas de acceder a los lugares donde se brindan los servicios y oportunidades necesitados, sea esto por mejorar la facilidad de desplazamiento, o bien por mejorar la proximidad. La movilidad y los medios de transporte son decesos de las personas que se hacen necesarios para suplir las necesidades de desplazamiento de un sitio a otro, de igual manera se puede decir de la movilidad que es una variable cuantitativa, la cual nos indica la cantidad de desplazamientos de las personas. A continuación, podemos hacer un recuento de los componentes que hacen parte de los temas de la movilidad.

#### - *Malla Vial*

La malla vial se define por las líneas de los ejes viales de una ciudad, que unidas forman una red, la función principal es brindar a las personas accesibilidad a sitios públicos.

Se entiende por malla vial el conjunto de vías que constituye la infraestructura necesaria para la movilización de bienes y personas. Está integrada por las vías locales principales y las vías del sistema arterial. La malla vial tiene una organización propia y definida, que comprende

subsistemas, que a su vez están compuestos por la malla vial arterial, intermedia y local. (Saldarriaga & Navarro, 2016).

La clasificación de la malla vial (Acuerdo 16 Plan Básico De Ordenamiento Territorial, 2014), se define por la jerarquía de conexión que realizan las vías, las cuales son:

Vías arteriales: son las vías que realizan conexión a escala urbana e interconectan con sistemas viales rurales y regionales.

Vías Zonales: son las vías que realizan conexión a escala zonal, interconectando sectores.

Vías locales: se definen como las vías que realizan conexiones funcionales a escala local.

Vías peatonales públicas: son aquellas vías que son destinadas únicamente a la circulación peatonal en circuitos zonales.

Servidumbres: se definen como el derecho de vías que permiten la conexión al interior de predios específicos.

Ciclo rutas: hacen parte de la infraestructura pública o áreas destinadas de manera exclusiva o compartida para la circulación de bicicletas.

#### - *Sistema de Información geográfica – SIG*

Para cualquier tipo de proyecto es importante definir el Sistema de información Geográfica, de acuerdo a esto un SIG una herramienta fundamental para trabajar con información georreferenciada. Un SIG debe permitir la realización de las siguientes operaciones: lectura, edición, almacenamiento y en generar, gestión de datos; para analizar los datos levantados, también se debe incluir consultas sencillas, elaboración de modelos complejos; generación de

resultados tales como mapas, informes y gráficos. Un SIG está conformado por tres subsistemas fundamentales: subsistema de datos, subsistemas de visualización y creación de cartográfica, y por último un subsistema de análisis. A su vez, un SIG debe tener cinco elementos básicos: Datos (materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, contienen información básica vital), Métodos (conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos), Software (aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores), Hardware (equipo necesario para ejecutar el software). Personas (son las encargadas de diseñar y utilizar el software siendo el motor del SIG). (Olaya, 2020)

#### - *Bases de Datos*

Una base de datos es el conjunto de Datos geográficos organizados de tal manera que permitan realizar un análisis y gestión del territorio dentro de la aplicación que se utilice en el sistema de información. Además, las bases de datos son utilizadas como soporte para la implementación de servicios geográficos relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales, su contenido es fundamental en los procesos de producción cartográficos.

También todos los datos geográficos tienen en común una localización sobre la tierra que puede ser capturada y almacenada, y unos atributos y propiedades que caracterizan estos datos. Los datos geográficos, al igual que los datos simplemente alfanuméricos, se pueden guardar en multitud de formatos y modelos. (Botella et al., 2006)

#### - *Visor Geográfico*

Un visor geográfico es una aplicación web interactiva para la visualización, consulta y análisis de la información geográfica, en la cual se transmiten mensajes al usuario de forma interactiva,

la interacción consiste en (clic, zoom, acciones) que logra marcar la diferencia con un mapa realizado en pdf o en otros formatos.

La visualización de la información geográfica es el requisito más importante del visor geográfico, en cualquier diseño de una publicación en la cual se utilicen mapas, el espacio ocupado por estos es prioritario, llegando incluso a utilizarse la totalidad de la pantalla.

En la interacción con el visor geográfico es importante incorporar las herramientas de tipo Zoom, desplazamiento, que tengamos un norte, sistemas de coordenadas, escalas gráficas, esto es necesario para conocer con exactitud la ubicación nuestra en el mapa, el visor gráfico no debe permitir cargar archivos, y acceder a los diferentes formatos que manejan los SIG, entre los cuales se encuentran (GeoJSON, KML, ESRI Shapefile).

El visor geográfico debe permitir interacciones en cuanto a obtener coordenadas del mapa, realizar mediciones de distancias y áreas.

## **6. Metodología**

El desarrollo de este proyecto se ejecutará mediante un enfoque cuantitativo y el tipo de estudio en el que se abordará, será un estudio descriptivo, dado que las características de este análisis son cuantificables y el estudio se puede realizar mediante las descripciones del fenómeno.

### **6.1. Enfoque metodológico**

El desarrollo de este proyecto se ejecutará mediante un enfoque cuantitativo, dado que las características de las ciclo rutas que se estudia son medibles cuantitativamente, Los datos que se recolectaran, serán estandarizados y se realizara la estadística espacial para tomar los puntos de interés en el desarrollo. El análisis de datos espacial estará contenido de datos cuantificables, como son la cantidad de usuarios, las distancias de las rutas de recorrido hasta su lugar de trabajo, colegio y universidad, las características viables del municipio. Todos estos son datos que tienen un valor real que puede ser objeto de análisis.

### **6.2. Tipo de estudio**

El tipo de estudio en el que se abordará, será un estudio descriptivo, puesto que el tema de ciclo rutas y para realizar un análisis se deben tener en cuenta todos los componentes que lo conforman y finalmente se definirán las variables que son relevantes para el desarrollo.

Para el planeamiento y desarrollo de la metodología se debe determinar lo sitios que son más utilizados por los usuarios para transportarse a su sitio de destino, seguido de este estudio se debe clasificar cuales son las vías prioritarias de la capa malla vial, restringiendo en esta capa las que no cumplan con los requisitos que se necesiten, esto con el fin de ir definiendo y determinando

los parámetros del análisis espacial, para establecer las distancias recorridas y el tiempo que gastan los ciclistas a su sitio de destino.

A continuación, describiré algunas de las variables que pueden intervenir en la reestructuración de las ciclo rutas, relacionándola como un indicador medible.

El tipo de estudio en el que se abordará el desarrollo del proyecto, será un estudio descriptivo, puesto que el tema son las ciclo rutas y índices de accidentalidad para realizar un análisis se deben tener en cuenta todos los componentes que lo conforman, Se comenzara a establecer rutas mediante un modelo espacial a partir de las variables identificadas para la estructuración y visualización de ciclo rutas.

### **6.3. Procedimiento**

Se comenzará por identificar las variables que se deben de tener en cuenta para el modelo espacial de rutas de ciclo rutas. Se realizará la revisión de información, con la cual se pueda definir los criterios de búsqueda, a través de esta información consultada se continuará con la realización de la descripción de las características de los sistemas de ciclo rutas actuales, por ejemplo, la cantidad de ciclo rutas que tiene el municipio de Cajicá en este momento, las rutas que más utilizan, el tipo de pavimento y la señalización que estas vías contengan. Después de recolectar esta información, debemos añadir un modelo de ruta, el análisis de cobertura, el cual no permitirá determinar la población que cubrirá con la ruta planteada, para ello será necesario el uso de una herramienta espacial, para poder determinar el cubrimiento de la población, este cubrimiento lo podríamos definir con una capa de tipo línea, que nos pueda representar las rutas, para realizar este análisis al igual que las rutas de las ciclo rutas, debemos contemplar unos parámetros y así poder determinar el área de cobertura, para definir el área de cobertura la podemos ilustrar con una capa de tipo punto, donde determinaremos los puntos en los cuales

queremos saber el cubrimiento de la población y así poder contemplar los tiempos de desplazamiento de los usuarios que usan las ciclo rutas y se dirigen a sus sitios de destino.

De acuerdo a los objetivos propuestos, estos se desarrollarán en 4 fases.

### **Fase 1 – Identificar Variables**

Identificar las variables que se deben de tener en cuenta para el modelo espacial de rutas de ciclo rutas.

Para cumplir con el objetivo de esta fase se realiza una actividad que corresponde con la revisión de información, con la cual se pueda definir los criterios de búsqueda, a través de esta información consultada se continuará con la realización de la descripción de las características de los sistemas de ciclo rutas actuales, por ejemplo, la cantidad de ciclo rutas que tiene el municipio de Cajicá en este momento, las rutas que más utilizan, el tipo de pavimento y la señalización que estas vías contengan. Después de recolectar esta información, debemos añadir un modelo de ruta, el análisis de cobertura, el cual no permitirá determinar la población que cubrirá con la ruta planteada, para ello será necesario el uso de una herramienta espacial, para poder determinar el cubrimiento de la población, este cubrimiento lo podríamos definir con una capa de tipo línea, que nos pueda representar las rutas, para realizar este análisis al igual que las rutas de las ciclo rutas, debemos contemplar unos parámetros y así poder determinar el área de cobertura, para definir el área de cobertura la podemos ilustrar con una capa de tipo punto, donde determinaremos los puntos en los cuales queremos saber el cubrimiento de la población y así poder contemplar los tiempos de desplazamiento de los usuarios que usan las ciclo rutas y se dirigen a sus sitios de destino.

### **Fase 2 – Establecer Rutas**

Establecer rutas mediante un modelo espacial a partir de las variables identificadas para la estructuración y visualización de ciclo rutas.

En esta fase se realizará la estructuración de las variables que intervienen el sistema mediante la información consultada cartográficamente y alfanuméricamente, de acuerdo a lo mencionado anteriormente se procederá a realizar un análisis de datos espacial, estableciendo los condicionales y aspectos generales que se identificaron en la fase anterior, mediante el software ArcGIS.

De acuerdo a lo obtenido en la actividad anterior se continuará con la actualización de la malla vial consultada y levantada en campo, corrigiendo los posibles errores de topología que se puedan encontrar en la capa suministrada. Se debe de tener en cuenta la información previa de la malla vial del municipio Cajicá, se deberá realizar una depuración de la misma estableciendo las vías privadas, públicas y las servidumbres, de esta forma se podrá realizar la categorización de las mismas para poder determinar cuál ciclo rutas son óptimas para hacer el recorrido de los ciclistas y cuales se pueden reestructurar.

Una vez todos los segmentos de la malla vial cuenten con atributos como lo son el tipo de pavimento, longitud de la vía y dirección, se procederá a crear un DataSet en ArcGIS, para la estructuración de la red vial de acuerdo a los parámetros definidos. Tomando como base los datos recolectados se exponen algunas gráficas para visualizar mejor los datos levantados. De acuerdo al análisis de los datos levantados de la población y los usuarios, se podrá establecer de qué veredas son o si provienen de alguna cabecera municipal del municipio de Cajicá, requieren una reestructuración de su ciclo rutas, ya que la cantidad de alguna vereda o cabecera municipal, requiere mayor organización.

Para el desarrollo del proyecto se buscará estructurar las diferentes variables y elementos que intervengan en el sistema. Esta estructura se logrará de acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa anterior, con la identificación de los elementos del sistema se realiza el análisis espacial de la ubicación de las ciclo rutas. De acuerdo a los resultados levantados en las etapas anteriores y haciendo uso de la información obtenida se realizará la demarcación de las rutas, para esto se tendrá en cuenta la densidad de la población, en especial las ciclo rutas y los usuarios que usan la bicicleta.

### **Fase 3 – Estructurar y Visualizar Rutas en el Visor Geográfico.**

Estructurar y visualizar en un visor gráfico las rutas ya existentes de acuerdo al modelo realizado

Una vez se encuentre construido el dataset, definiendo los atributos de la malla vial y trazando las rutas más utilizadas, se procederá con la construcción del modelo, se procederá con la planeación de la generación de rutas para el ciclo rutas.

Como última actividad se procederá a estructurar y analizar los resultados obtenidos en las etapas anteriores, para proceder a realizar una visualización y descripción de las rutas resultantes, asegurándose de que se realice el cubrimiento a la totalidad de los usuarios que se tienen. De esta manera se obtendrá como resultado una capa espacial de tipo línea, donde serán resaltadas las vías por donde deben ir las ciclo rutas y los lugares donde estas deberán ir, teniendo en cuenta la cantidad de los usuarios.



## 7. Resultados

Los resultados iniciales en el desarrollo de este proyecto, son la identificación de las distintas variables donde se realizó la depuración y se estableció la información relevante para el análisis espacial que se realizó para esto principalmente se tuvieron en cuenta información correspondiente a la malla vial urbana, donde se realizó la depuración y completitud de estos datos, así mismo se tuvieron en cuenta los puntos de interés como por ejemplo la ubicación de colegios, centros de salud, bibliotecas, entre otros .

En la información recolectada se puede ver la falta de demarcación en algunas vías, a su vez el uso que los ciclistas le dan a los espacios públicos como son los andenes, para movilizarse, a continuación, se muestra la situación que se presenta.

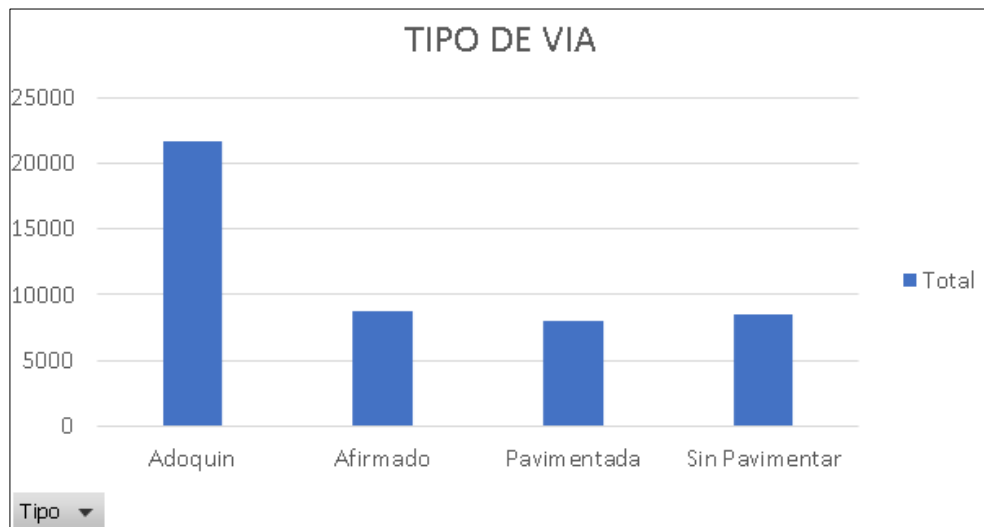


*Ilustración 7 . Falta de demarcación de ciclo rutas. (Fuente: Google Street View)*

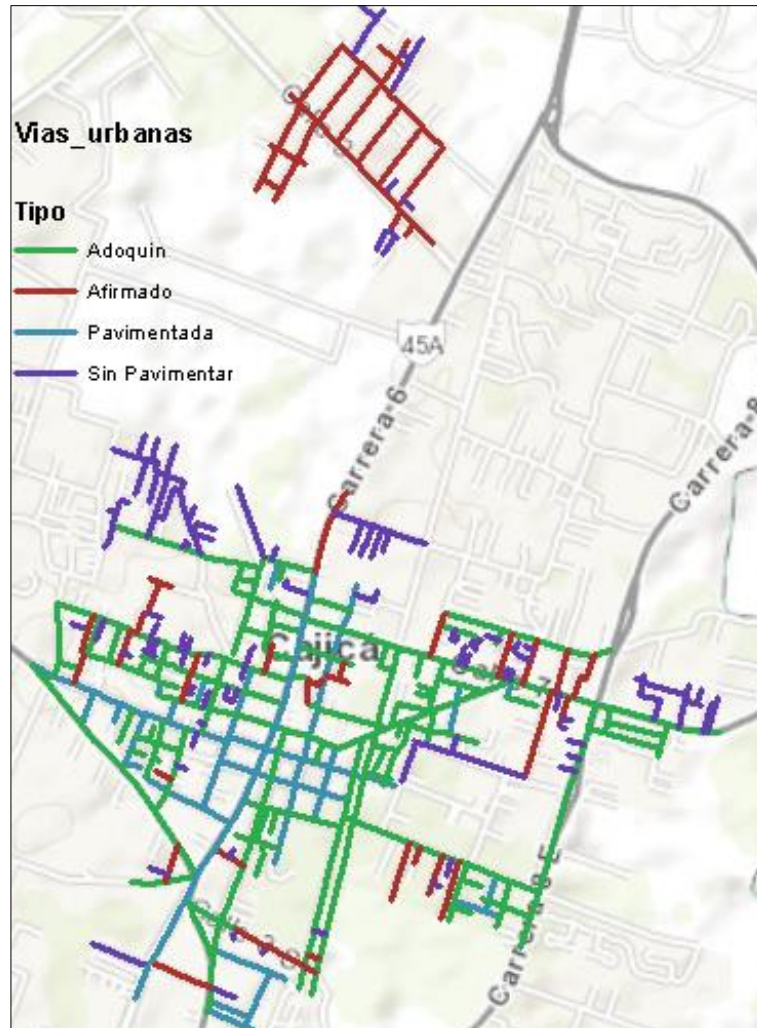
A continuación, se muestra la información recolectada y el resultado final posterior a la depuración.

La malla vial en la zona urbana tiene una longitud de aproximadamente 46.8 km lineales de vía los cuales tienen diferente tipo de material, se clasifican en: Sin Pavimentar, Afirmado, Pavimentada, Adoquín, se distribuyen de la siguiente manera:

Adoquín	21.616 km
Afirmado	8.732 km
Pavimentada	8.014 km
Sin Pavimentar	8.504 km



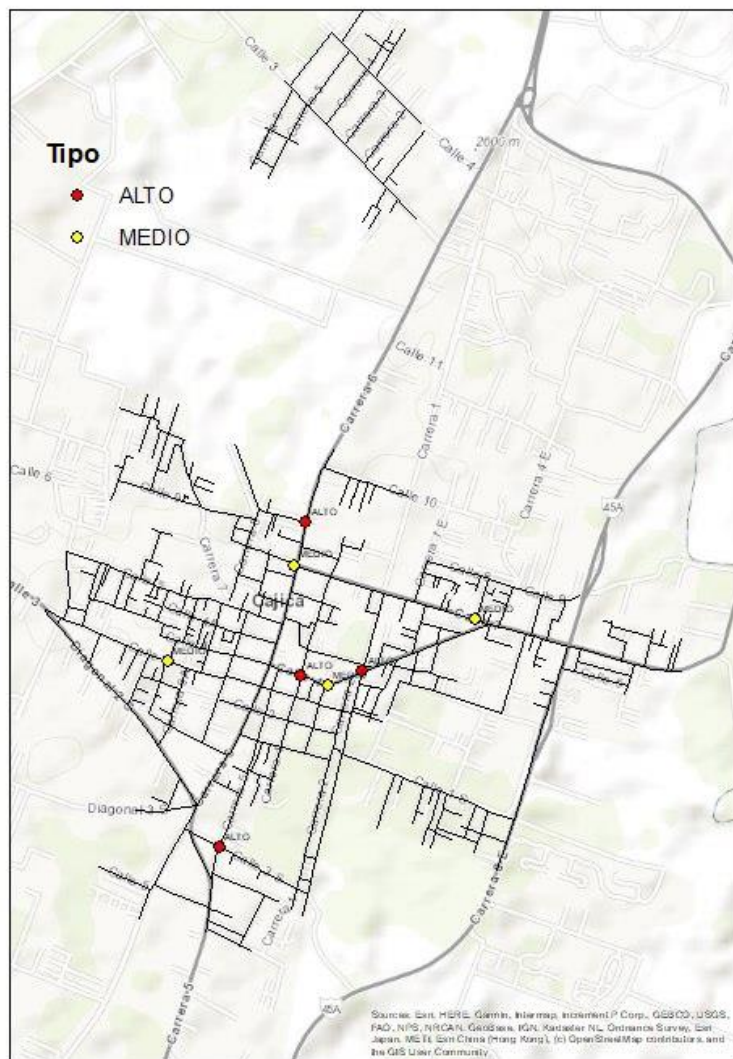
*Ilustración 8 . Tipo de Material de las vías urbanas (Fuente: Elaboración Propia)*



*Ilustración 9 . Malla Vial Urbana con Tipo de Material (Fuente: Elaboración Propia)*

A su vez, se identificaron puntos de interés como son los centros, de salud, instituciones educativas, bibliotecas, que se tuvieron en cuenta para realizar el análisis espacial, a continuación, se muestran dichos sitios con respecto a las a la malla vial urbana del municipio.





*Ilustración 11 . Puntos de Accidentalidad Media y Alta (Fuente: Elaboración Propia)*

Actualmente en el municipio de Cajicá existen 4 rutas de ciclo ruta, las cuales se encuentran ubicadas en la calle 6, calle 3, calle 1, carrera 2 y diagonal 4, estas se encuentran ubicadas sobre los andenes del municipio, causando alta accidentalidad en los ciclistas por esquivar peatones y bajarse al carril de los automóviles y transporte público, estas ciclo rutas se encuentra sin demarcación y con poca señalización afectando de gran manera a ciclistas como a peatones del municipio.

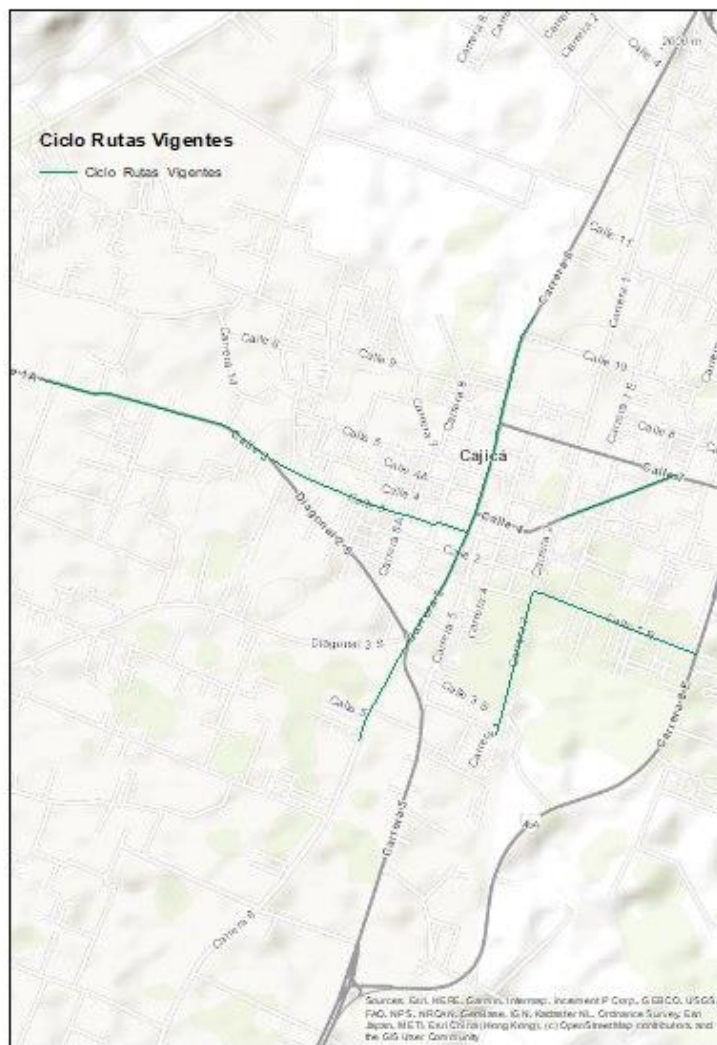
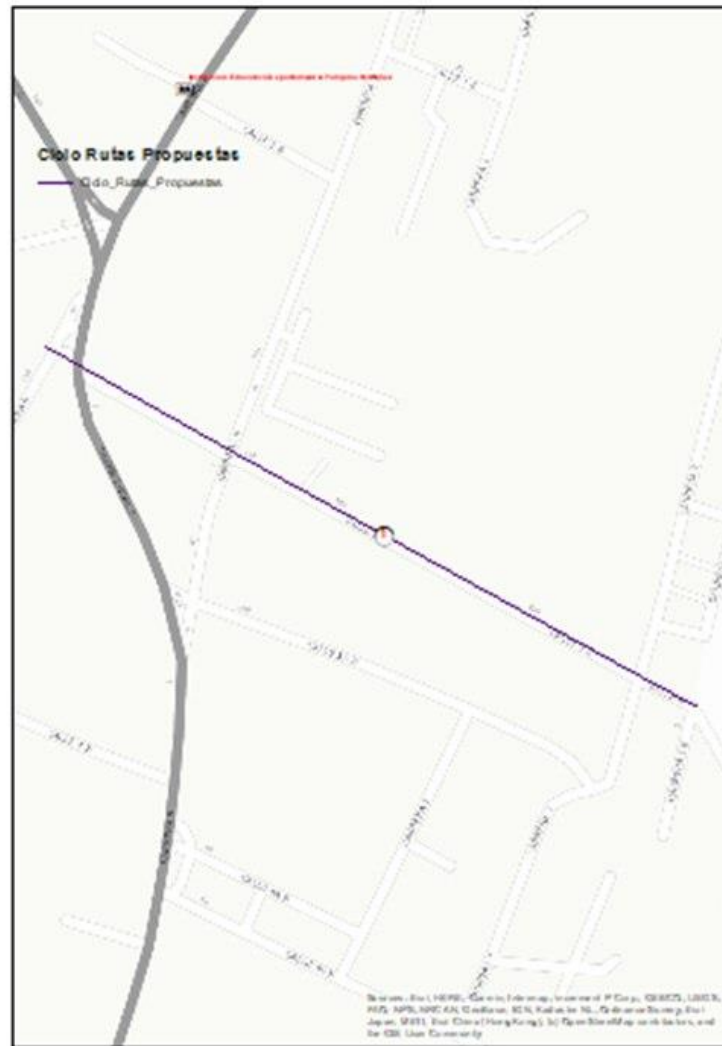


Ilustración 12 . Ciclo Rutas Vigentes (Fuente: Elaboración Propia)

Conforme a la información recolectada inicialmente y al análisis espacial realizado, teniendo en cuenta los puntos de alta accidentalidad, el tipo de pavimento, los puntos de interés y las vías con perfil vial apto para implementar ciclorrutas, se identifican 6 nuevas ciclo rutas que permitirán la fácil movilidad de ciclistas, así mismo disminuirán los accidentes de tránsito para todos los actores viales.

Se propone la ruta 1 que iría sobre carrera 3 comenzando desde la carrera 3E y terminando en la carrera 6, se propuso esta ruta para conectar la ciclo ruta de la carrera 6 con la de la carrera 3 y así poder descongestionar las vías del municipio y facilitar a los estudiantes como a los padres de familia para llegar a la institución Educativa Departamental Pompilio Martínez sin ningún contratiempo y de una manera más rápida.



*Ilustración 13 . Ciclo ruta Propuesta 1. (Fuente: Elaboración Propia)*



Se propone la ruta 3 que iría sobre la calle 7 comenzando desde la carrera 6 y terminando en la carrera 11E, se propuso esta ruta para conectar la ciclo ruta de la carrera 6 con la de la calle 7 y así poder descongestionar las vías del municipio, para que las personas que usan las ciclo rutas puedan llegar a los diferentes puntos de interés, ya que en esta zona se encuentran los centros médicos, jardines y colegios.



Ilustración 15 . Ciclo ruta Propuesta 3. (Fuente: Elaboración Propia)



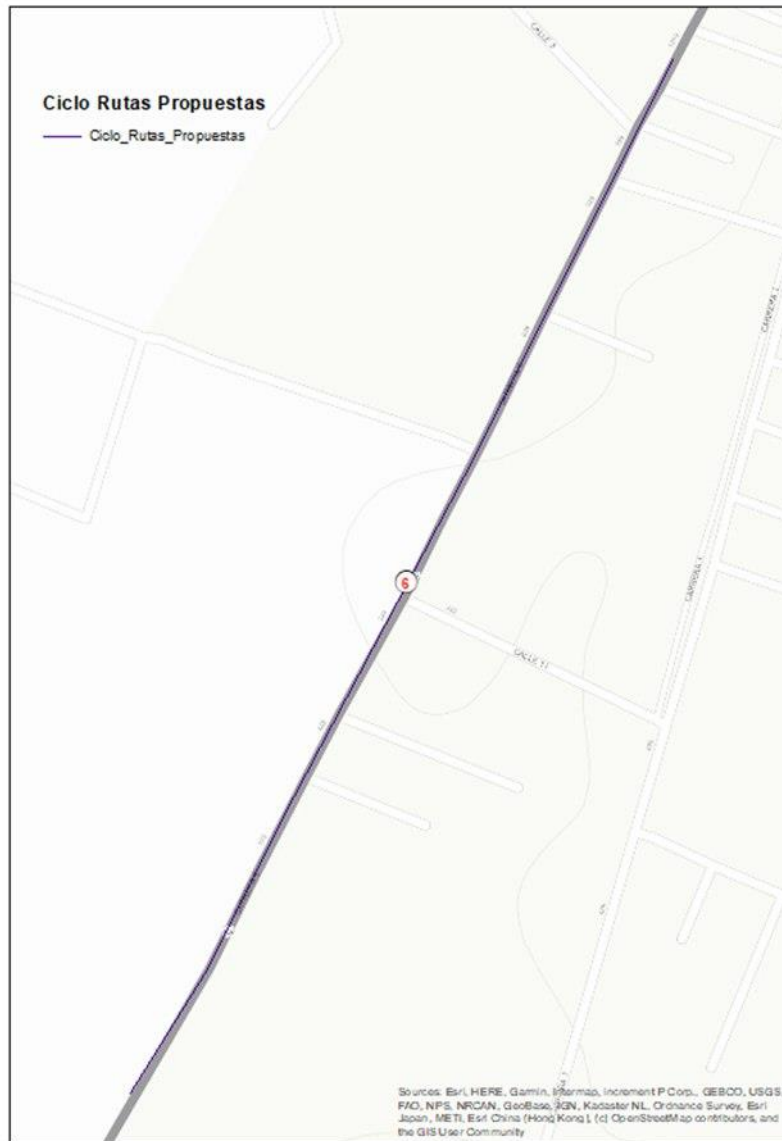
Se propone la ruta 5 que iría sobre la diagonal 4E y se hizo para complementarla ya que está ciclo ruta no estaba completa sino solo una parte, completando esta ruta saldría a la carrera 6, y así se conectaría con las personas que la utilizan para salir del municipio.



*Ilustración 17 . Ciclo ruta Propuesta 5. (Fuente: Elaboración Propia)*

Se propone la ruta 6 que iría sobre la carrera 6 y sería la que comunicaría al municipio de Cajicá con el municipio de Zipaquirá, esta ruta sería la más utilizada para las personas que trabajan

fuera del municipio, ya que se ahorrarían bastante tiempo utilizando la ciclo ruta para llegar a sus sitios de trabajo.



*Ilustración 18.* Ciclo ruta Propuesta 6. (Fuente: Elaboración Propia)

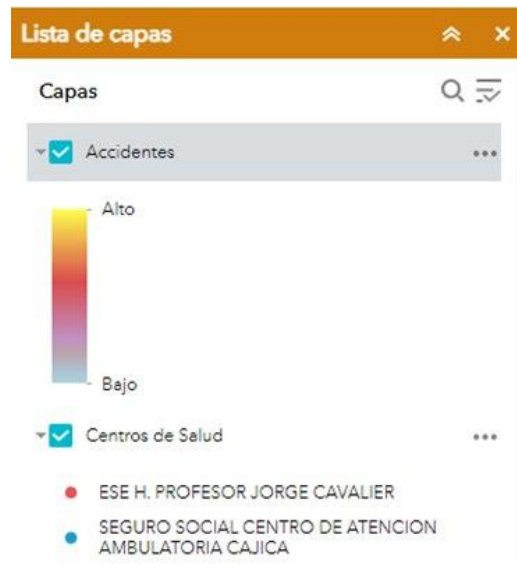
Con el planteamiento de las ciclo rutas propuestas se espera, mejorar la movilidad, disminuir la accidentalidad y en general hacer más seguro el tránsito de bicicletas en la zona urbana del municipio de Cajicá.

Para la elaboración del visor se utilizó la información en formato shape, para poderla procesar y subirla al sistema, se subieron las siguientes capas



*Ilustración 19* . Capas del Visor Geográfico. (Fuente: Elaboración Propia)

En la cual podemos observar que están clasificadas de acuerdo al tipo de información, como lo es en los tipos de accidentes



*Ilustración 20* . Clasificación de la Información. (Fuente: Elaboración Propia)

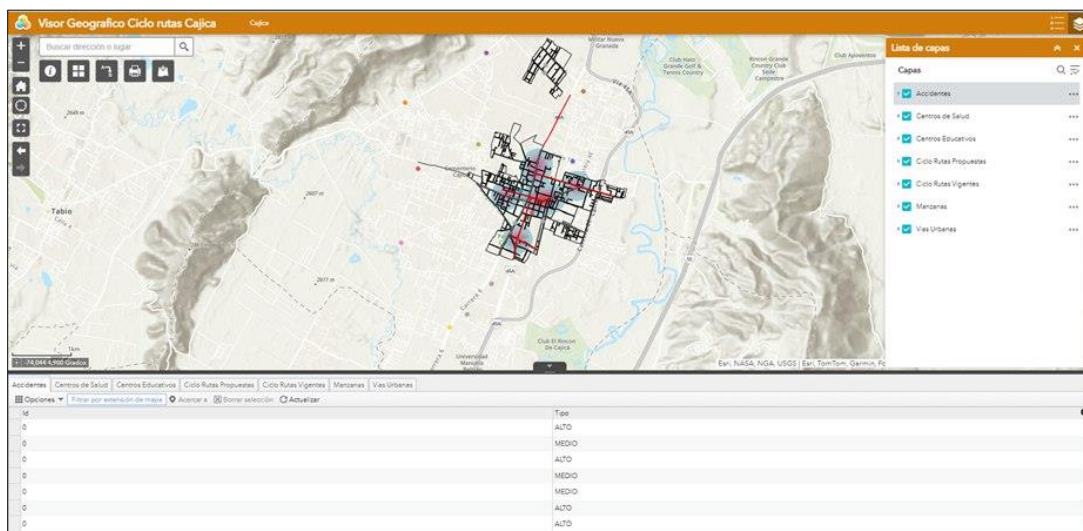
En los centros de salud como en los centros educativos encontraremos el nombre de estos, en las vías encontraremos el nombre del eje como el tipo de superficie.

Así mismo se utilizaron las herramientas para medir, imprimir, galería de mapas base y añadir datos, esto con el fin de que se puedan realizar diferentes consultas y procesos con información publicada en el visor geográfico



*Ilustración 21* .Herramientas del Visor Geográfico. (Fuente: Elaboración Propia)

Como resultado del visor geográfico se muestra a continuación, adicional la información publicada, en la cual se puede ver la estructura con la consulta en las tablas de atributos y la lista de las capas utilizadas.



*Ilustración 22* . Visor Geográfico. (Fuente: Elaboración Propia)

## 8. Conclusiones

El presente trabajo desarrolló un visor geográfico que muestra las ciclerrutas existentes, propuestas e índices de accidentalidad, con el fin de mejorar la seguridad y movilidad de los ciclista en el municipio.

El uso y la apropiación de herramientas SIG permiten la búsqueda, identificación, modificación, depuración, edición y análisis de información espacial georreferenciada, esto permite obtener resultados visibles e implementarlas en el territorio.

El acceso a información espacial de calidad es limitado para el municipio, se cuenta con información incompleta o no georreferenciada, lo que dificulta el procesamiento y análisis de la misma.

El análisis y aplicación de diferentes herramientas SIG sobre las variables permitió la demarcación y visualización de ciclo rutas propuestas, sin dejar de lado las rutas vigentes, a su vez permite disminuir la accidentalidad en puntos críticos dentro del municipio.

Las ciclo rutas propuestas en este proyecto mejorarán la movilidad dentro del municipio, permitiendo a los ciclistas transitar con mayor seguridad en las vías, respetando las normas de tránsito, sin exponer su integridad y vida en accidentes evitables.

Los visores geográficos permiten y facilitan, la interpretación y visualización de la información geográfica para todas las personas; esto involucra a muchos actores viales que pueden identificar los puntos de accidentalidad, las nuevas ciclo rutas y el acceso a la información geográfica en general de una manera más amigable con el usuario.

## **9. Recomendaciones**

Se recomienda que para próximos análisis espaciales se tenga en cuenta más información relacionada con el componente vial, como por ejemplo la señalización, demarcación y semaforización georreferenciada.

El análisis y propuesta de ciclo rutas se realizó para la urbana del municipio, se recomienda que dicho análisis se realice para la zona rural del municipio a su vez se interrelacione con la información vial de los municipios colindantes, para así enriquecer la información de la provincia de sabana centro.

Se recomienda realizar socializaciones y acercamientos a la comunidad que usa este tipo de transporte para que, haga uso correcto de los elementos de seguridad así mismo respete las normas y señales de tránsito, y por último realizar capacitaciones donde se muestren las ciclo rutas propuestas y los beneficios que traen hacer uso correcto de estas.

## 10. Referencias

- Acuerdo 16 Plan Básico De Ordenamiento Territorial (2014).
- Apparicio, P., Gelb, J., Jarry, V., & Lesage-Mann, É. (2021). Cycling in one of the most polluted cities in the world: Exposure to noise and air pollution and potential adverse health impacts in Delhi. *International Journal of Health Geographics*, 20(1).  
<https://doi.org/10.1186/s12942-021-00272-2>
- Basch, C. H., Ethan, D., Fera, J., Kollia, B., & Basch, C. E. (2023). Micromobility Vehicles, Obstructions, and Rider Safety Behaviors in New York City Bike Lanes. *Journal of Community Health*. <https://doi.org/10.1007/s10900-023-01197-6>
- Botella, A., Camps, R., & Muñoz, A. (2006). *Bases de datos geográficas*.
- Castells-Graells, D., Salahub, C., & Pournaras, E. (2020). On cycling risk and discomfort: urban safety mapping and bike route recommendations. *Computing*, 102(5), 1259–1274.  
<https://doi.org/10.1007/s00607-019-00771-y>
- Ellison, G. T. H., & De Wet, T. (2022). Structural and Attitudinal Barriers to Bicycle Ownership and Cycle-Based Transport in Gauteng, South Africa. *Transportation in Developing Economies*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s40890-021-00134-3>
- Foster, C. E., Panter, J. R., & Wareham, N. J. (2011). Assessing the impact of road traffic on cycling for leisure and cycling to work. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-61>

Gaio, A., & Cugurullo, F. (2022). Cyclists and autonomous vehicles at odds: Can the Transport Oppression Cycle be Broken in the Era of Artificial Intelligence? *AI and Society*.

<https://doi.org/10.1007/s00146-022-01538-4>

Gutiérrez, A. (2012). *Que Es La Movilidad*.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5001899.pdf>

Hardinghaus, M., & Nieland, S. (2021). Assessing cyclists' routing preferences by analyzing extensive user setting data from a bike-routing engine. *European Transport Research Review*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00499-x>

Harkort, L., Walker, B. B., & Lakes, T. (2023). Spatiotemporal Patterns of Cyclist Collisions in Germany: Variations in Frequency, Severity of Injury, and Type of Collision in 2019.

*Applied Spatial Analysis and Policy*, 16(1), 209–228. <https://doi.org/10.1007/s12061-022-09476-w>

<https://cajica.gov.co/informacion-general/>. (2023). *Municipio de Cajicá*. 2023.

<https://sabanacentrocomovamos.org/>. (2023). *Indicadores Calidad de Vida*. 2023.

Klanjčić, M., Gauvin, L., Tizzoni, M., & Szell, M. (2022). Identifying urban features for vulnerable road user safety in Europe. *EPJ Data Science*, 11(1).

<https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-022-00339-5>

Ley 1083 (2006).

LEY 1811 (2016).

Ley 2222 (2022).

López, Y. (2016). *MODELO DE RUTAS ÓPTIMAS PARA CICLOCARRILES EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA, MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG.*

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2702>

Mäki-Opas, T. E., Borodulin, K., Valkeinen, H., Stenholm, S., Kunst, A. E., Abel, T., Härkänen, T., Kopperoinen, L., Itkonen, P., Prättälä, R., Karvonen, S., & Koskinen, S. (2016). The contribution of travel-related urban zones, cycling and pedestrian networks and green space to commuting physical activity among adults - A cross-sectional population-based study using geographical information systems. *BMC Public Health*, *16*(1).

<https://doi.org/10.1186/s12889-016-3264-x>

Mangold, M., Zhao, P., Haitao, H., & Mansourian, A. (2022). Geo-fence planning for dockless bike-sharing systems: a GIS-based multi-criteria decision analysis framework. *Urban Informatics*, *1*(1). <https://doi.org/10.1007/s44212-022-00013-1>

Metaxatos, P., & Sriraj, P. S. (2015). Pedestrian Safety at Rail Grade Crossings: Focus Areas for Research and Intervention. *Urban Rail Transit*, *1*(4), 238–248.

<https://doi.org/10.1007/s40864-016-0030-4>

Mölenberg, F. J. M., Panter, J., Burdorf, A., & Van Lenthe, F. J. (2019). A systematic review of the effect of infrastructural interventions to promote cycling: Strengthening causal inference from observational data. In *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* (Vol. 16, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0850-1>

Morency, P., Strauss, J., Pépin, F., Tessier, F., & Grondines, J. (2018). Traveling by Bus Instead of Car on Urban Major Roads: Safety Benefits for Vehicle Occupants, Pedestrians, and

- Cyclists. *Journal of Urban Health*, 95(2), 196–207. <https://doi.org/10.1007/s11524-017-0222-6>
- Nau, T., Perry, S., Giles-Corti, B., Bellew, W., Bauman, A., & Smith, B. J. (2023). Mapping and analysis of laws influencing built environments for walking and cycling in Australia. *BMC Public Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14897-w>
- Nello-Deakin, S., & Brömmelstroet, M. te. (2021). Scaling up cycling or replacing driving? Triggers and trajectories of bike–train uptake in the Randstad area. *Transportation*, 48(6), 3239–3267. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10165-9>
- Nygårdhs, S., Kircher, K., & Johansson, B. J. E. (2020). Trade-offs in traffic: does being mainly a car driver or a cyclist affect adaptive behaviour while driving and cycling? *European Transport Research Review*, 12(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12544-020-0396-y>
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Petzer, B. J. M., Wiczorek, A. J., & Verbong, G. P. J. (2021). The legal street: a scarcity approach to urban open space in mobility transitions. *Urban Transformations*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s42854-021-00018-0>
- Reynolds, C. C. O., Harris, M. A., Teschke, K., Cripton, P. A., & Winters, M. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health : A Global Access Science Source*, 8(1), 47. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-47>
- Rodriguez-Valencia, A., & Bocarejo, J. P. (2009). *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040*.

- Saldarriaga, W., & Navarro, K. (2016). *Responsabilidad del Estado en Accidentes de Transito*.
- Scappini, B., Zucca, V., Meloni, I., & Piras, F. (2022). The regional cycle network of Sardinia: upgrading the accessibility of rural areas through a comprehensive island-wide cycle network. *European Transport Research Review*, *14*(1). <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00533-6>
- Teschke, K., Frendo, T., Shen, H., Harris, M. A., Reynolds, C. C., Crompton, P. A., Brubacher, J., Cusimano, M. D., Friedman, S. M., Hunte, G., Monro, M., Vernich, L., Babul, S., Chipman, M., & Winters, M. (2014). Bicycling crash circumstances vary by route type: a cross-sectional analysis. *BMC Public Health*, *14*(1), 1205. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1205>
- Tin, S. T., Woodward, A., & Ameratunga, S. (2013). *The role of multilevel factors in geographic differences in bicycle crash risk: a prospective cohort study*.  
<http://www.ehjournal.net/content/12/1/106>
- Verhoeven, H., Van Hecke, L., Van Dyck, D., Baert, T., Van de Weghe, N., Clarys, P., Deforche, B., & Van Cauwenberg, J. (2018). Differences in physical environmental characteristics between adolescents' actual and shortest cycling routes: A study using a Google Street View-based audit. *International Journal of Health Geographics*, *17*(1). <https://doi.org/10.1186/s12942-018-0136-x>
- Xiao, C. S., Sharp, S. J., van Sluijs, E. M. F., Ogilvie, D., & Panter, J. (2022). Impacts of new cycle infrastructure on cycling levels in two French cities: an interrupted time series analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *19*(1), 77. <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01313-0>

