

**MODELO DE RUTAS ÓPTIMAS PARA CICLOCARRILES EN EL DISTRITO DE  
BARRANQUILLA, MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG**

**Autor, Yeimi Fernanda López Mejía**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2016**

**MODELO DE RUTAS ÓPTIMAS PARA CICLOCARRILES EN EL DISTRITO DE  
BARRANQUILLA, MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG**

**Autor, Yeimi Fernanda López Mejía**

**Trabajo de Grado presentado para optar al título de Especialista en  
Sistemas de Información Geográfica**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2016**



## AGRADECIMIENTOS

*A Ella que es mi ángel y protectora.*

*A mi familia por su apoyo incondicional.*

*A la geógrafa, amiga y compañera Jina Mendoza por su complicidad y asesorías en cada momento.*

*A la Secretaria de Movilidad Distrital de Barranquilla por su colaboración.*

**Gracias Totales.....**



## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
1. ÁREA PROBLEMÁTICA.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	16
2. OBJETIVOS .....	18
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. JUSTIFICACIÓN .....	19
4. MARCO TEÓRICO.....	21
4.1. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL SOSTENIBLE .....	21
4.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN .....	21
4.3. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE ELEMENTOS GEOGRÁFICOS DE TIPO LINEAL .....	22
4.3.1. Análisis de Redes.....	23
4.4. LA BICICLETA COMO MEDIO DE TRASPORTE SOSTENIBLE .....	23
4.5. CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CICLORUTA.....	24
4.6. ANTECEDENTES.....	25
5. METODOLOGÍA.....	27
5.1. TIPO DE TRABAJO .....	27
5.2. PROCEDIMIENTO .....	27
5.2.1. Fase 1. Revisión bibliográfica. ....	28
5.2.2. Fase 2. Disponibilidad de los datos.....	28



5.2.3.	Fase 3. Configuración de la red. ....	29
5.2.4.	Fase 4. Construcción de la red. ....	34
5.2.5.	Fase 5. Identificación de sectores demandantes los ciclocarriles. ....	34
5.2.6.	Fase 6 Generación del Modelo de Rutas .....	39
6.	RESULTADOS .....	40
6.1.	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS.....	40
6.2.	Discusión de los resultados .....	57
7.	CONCLUSIONES.....	58
8.	RECOMENDACIONES .....	59
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	60



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema Metodológico .....	27
Figura 2. Pendiente aceptada según longitud de la vía. ....	30
Figura 3. Modelo de rutas optimas generados en el Model Builder .....	42
Figura 4. Indicador de viaje – Ruta N° 1. ....	44
Figura 5. Indicador de viaje – Ruta N° 2. ....	45
Figura 6. Indicador de viaje – Ruta N° 3. ....	46
Figura 7. Indicador de viaje – Ruta N° 4. ....	47
Figura 8. Indicador de viaje – Ruta N° 5. ....	48
Figura 9. Indicador de viaje – Ruta N° 6. ....	49
Figura 10. Indicador de viaje – Ruta N° 7. ....	50



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Pendiente aceptada según longitud de la vía.....	30
Cuadro 2. Categoría de la malla vial del distrito de Barranquilla. ....	32
Cuadro 3. Incorporación de cicloruta según el perfil de la vía.....	32
Cuadro 4. Tipo de dato de los atributos a evaluar .....	34
Cuadro 5. Número de bicicletas por estrato socioeconómico .....	35
Cuadro 6. Ponderación de Variables. ....	37
Cuadro 7. Malla vial disponible para implementación de ciclocarriles. ....	40
Cuadro 8. Áreas de la influencia de los ciclocarriles en las Localidades. ....	54
Cuadro 9. Número de barrios según el porcentaje de influencia de la ruta de ciclocarril.....	54
Cuadro 10. Porcentaje del área de influencia del ciclocarril en los barrios del distrito de Barranquilla .....	55



## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Localización espacial de la ciudad de Barranquilla.....	16
Mapa 2. Porcentaje de pendiente de las vías en el distrito de Barranquilla.....	31
Mapa 3. Jerarquía vial del distrito de Barranquilla .....	33
Mapa 4. Troncales del Sistema de Transporte Masivo (TRANSMETRO).....	33
Mapa 5. Generación de viajes en bicicleta .....	36
Mapa 6. Atracción de viajes en bicicleta .....	36
Mapa 7. Generación de viajes en transporte público .....	36
Mapa 8 Atracción de viajes en transporte publico.....	36
Mapa 9. Generación de viaje en transporte público por motivo de trabajo .....	36
Mapa 10. Atracción de viaje en transporte público por motivo de trabajo.....	36
Mapa 11. Generación de viaje en transporte público por motivo de estudio.....	37
Mapa 12. Atracción de viaje en transporte público por motivo de estudio .....	37
Mapa 13. Sectores generadores de población potencialmente usuaria de ciclocarril.....	38
Mapa 14. Sectores atrayentes de población potencialmente usuaria de ciclocarril .....	38
Mapa 15. Puntos de generación y atracción de viajes potenciales en Bicicleta ....	40
Mapa 16 Vías con condiciones físicas para la implementación de ciclocarriles ....	41
Mapa 17 Rutas óptimas para la instalación de ciclocarriles en el distrito de Barranquilla.....	43
Mapa 18. Ruta óptima N° 1. Punto de Origen Vía 40. ....	46
Mapa 19. Ruta óptima N° 2. Punto de Origen Avenida Circunvalar.....	45
Mapa 20. Ruta óptima N° 3. Punto de Origen Avenida Circunvalar – Estadio Metropolitano. ....	46
Mapa 21. Ruta óptima N° 4 Punto de Origen Calle 17.....	46





Mapa 22. Ruta óptima N° 5. Punto de Origen Calle 7.....	50
Mapa 23. Ruta óptima N° 6. Punto de Origen Calle 76.....	51
Mapa 24. Rutas óptimas N° 7 Punto de Origen Calle 53D IED Inocencio Chica. ..	52
Mapa 25. Área de servicio de los puntos de origen y destino de las rutas.....	53
Mapa 26. Área de influencia de las rutas óptimas. ....	54
Mapa 27. Barrios influenciados por las rutas de ciclocarril.....	55



## GLOSARIO

**Accesibilidad:** Capacidad potencial de establecer contactos físicos y/ o sociales que posee un cierto lugar o grupo social urbano con respecto al resto de la ciudad.

**Arcos:** Sucesión de puntos que describe la ubicación y forma de un elemento lineal (empiezan y terminan en nodos).

**Ciclocarriles:** Carriles que se encuentran situados dentro de la calzada acondicionado para la circulación de los ciclistas.

**Ciclorutas:** Vías exclusivas para la circulación de la bicicleta entre un origen y un destino, separadas y protegidas de la red vial urbana.

**Ciclovias:** En Colombia son aquellas vías vehiculares en las que durante los fines de semana se impide el tráfico motorizado por unas horas para permitir su uso exclusivo para ciclistas.

**Datasets de red:** Se consideran para modelar la red de transporte, se crean a partir de entidades de origen como líneas, puntos y giros. El Dataset se debe construir siempre que se requiera trabajar con la herramienta Network Analyst de ArcGis.

**Desplazamiento:** Movimiento asociados con los cambios de lugar, ya sea de personas, bienes y servicios, capital, dinero, etc. La necesidad de desplazamiento hace que los espacios tengan características funcionales distintas.

**Estructura Topológica:** Consiste en la representación de los detalles de las conexiones entre los diferentes objetos espaciales. Facilita una definición precisa de los objetos y sus relaciones con otros objetos, permitiendo obtener de manera inmediata cualquier relación de adyacencia, conectividad, proximidad, etc.

**Impedancia:** Podría definirse como el costo de atravesar un arco, y este costo puede ser medido en unidades diferentes. Usualmente es la longitud la que caracteriza la impedancia, sin embargo, en la vida real es el tiempo el factor que suele determinar la elección de una u otra vía. Este tiempo puede estar en función, no sólo de la longitud, sino de las características de la vía (firme, anchura, peligrosidad...), de su pendiente, o de las limitaciones de velocidad existentes.

**Infraestructura Viaria:** Debe entenderse como un conjunto de vías funcionales, complementarias en el espacio, con el objetivo fundamental de facilitar el desplazamiento de la población en el menor tiempo posible y en las mejores condiciones de seguridad y comodidad.



**Localización Óptima:** Hace referencia a la ubicación más adecuada teniendo en cuenta las condiciones del entorno.

**Modelo Geográfico:** Proceso capaz de resolver distintas problemáticas con respecto al ordenamiento del territorio. Gestionado a partir de serie de datos disponibles, sujetos a un análisis, cuya decisión será constatada en forma tangible.

**Nodos:** Corresponden a elementos puntuales, extremos de líneas e intersección de arcos.

**Planificación Territorial:** Desde el enfoque geográfico, la planificación territorial supone el establecimiento de los usos más apropiados para cada porción del territorio y depende, entre otros factores, de razones y criterios derivados de la conservación del ambiente natural y debe tener en cuenta tanto la vocación "intrínseca" de cada punto del territorio, determinada por su aptitud para cada uso o actividad.

**Red:** Entendiendo la red como un conjunto interconectado de entidades lineales que forman una estructura espacial por lo cual se desplazan recursos, sean vehículos, personas, bienes o información.

**Ruta:** Se trata de un camino, carretera o vía que permite transitar desde un lugar hacia otro. En el mismo sentido, una ruta es la dirección que se toma para un propósito.

**Sistemas de Información Geográficas:** Conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

**Vías Pública:** Es un espacio que se emplea para la circulación o el desplazamiento que pertenece a toda la población, por lo tanto, no es privado.



## RESUMEN

El presente estudio propone la generación de un modelo de rutas óptimas para la instalación de ciclocarriles en la ciudad, que sirva de herramienta para la gestión de la movilidad, y a su vez estimule el uso de la bicicleta como un medio transporte sostenible sin que para ello se tengan que hacer grandes inversiones.

El desarrollo se efectúa a través del uso de herramientas de Sistemas de Información Geográficas integrando el módulo de *Model Builder*. El proceso inicia con la creación de *Network Dataset*, este permite representar las vías como líneas segmentadas y conectadas entre sí y a su vez integrar atributos de impedancia (longitud pendientes, perfil vial y el sistema de transporte masivo), posteriormente se identifican 14 nodos correspondientes a los sectores de atracción y de generación de población que utiliza la bicicleta y transporte público por motivo de trabajo y de estudio.

El modelo dio como resultado 7 rutas; cada ruta fue generada desde de un punto generador de población definido como punto de origen hacia los 7 puntos de atracción definidos como puntos de destino; de igual forma, el modelo permitió generar las áreas de servicio y las áreas de influencia de las rutas, lo cual posibilita la identificación de los sectores beneficiados.

**Palabras claves:** Ciclocarriles, Sistemas de Información Geográfica, Modelos, Vías, Sectores de Atracción, Sectores de Generación, Ares de Servicio



## ABSTRACT

The present study proposes the creation of a model of best practices for installing ciclocarriles in the city, which serves as a tool for mobility management routes, and in turn encourage the use of bicycles as a sustainable transportation.

The development is effected through the use of tools of Geographic Information Systems integrating Model Builder module. The process begins with the creation of Network Dated, this can represent pathways as segmented lines and connected to each other and in turn integrate attributes impedance (length, slope, road profile and the mass transit system), then 14 nodes are identified corresponding to the Attraction sectors and generation population using bicycles and public transport because of work and study.

The model resulted in 7 routes. Each route was generated from a generator defined population point of origin to point 7 attractions defined as destination points; similarly, the model allowed the generation of the service areas and the areas of influence of the routes, which enables the identification of the sectors concerned.

KEY WORDS: Geographic Information Systems, Models, Roads, Attraction Sectors, Generation Sectors, Ares Service.



## INTRODUCCIÓN

En muchas ciudades del mundo ha crecido el interés por fomentar el uso de la bicicleta como alternativa sostenible de movilidad urbana, ciudades como Berlín, Barcelona, Madrid, Santiago de Chile, Buenos Aires y Bogotá son pioneras en el desarrollo de nuevas instalaciones de redes ciclísticas en vías públicas y fuera de ellas. Esto ha permitido generar espacios de seguridad, eficiencia y confort a los ciclistas, así como el estímulo hacia el cambio de los modos de transporte no motorizado, mejorando el ambiente y la recuperación del espacio público.

Barranquilla por su parte presenta una estructura urbana compleja, donde se conjugan diversos problemas como densificación, marginalidad y la pobreza, ocupación del espacio público, inseguridad, problema de los arroyos, problemas de movilidad y la contaminación ( Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2007). Así como la inexistencia de voluntades claras que faciliten la inversión para la construcción de nuevas infraestructuras destinadas a la movilidad ciclística.

Este trabajo busca generar un modelo de rutas óptimas para la instalación de ciclocarriles, que sirva de alternativa para mejorar la movilidad sin que se tenga que desarrollar grandes inversiones ya que éstas se disponen sobre el carril, y a su vez, beneficie a la mayor parte de la población especialmente a quienes diariamente se movilizan en bicicleta y transporte público.

El estudio se desarrolla aplicando las herramientas de Sistemas de Información Geográficas (SIG) la cual permiten la recolección, análisis e interpretación de información espacial. Éstas dieron lugar a la generación del modelo, permitiendo integrar variables físicas y sociales de tal manera que los resultados respondieran a unas realidades territoriales.

No obstante el modelo aquí planteado es solo una aproximación, ya que se deben considerar integrar otras variables, como es el flujo vehicular, amplitud exacta de las vías, estudios de percepción de los ciclistas, zonas de peligro, vía por donde circulan los arroyos, entre otras.

Ahora bien, los resultados de este estudio pueden servir de línea base a la ciudad de Barranquilla a la hora de planificar el desarrollo de infraestructura ciclista, así como un aporte a la generación de una metodología para la localización de rutas óptimas en la instalación de ciclocarriles con el uso de los SIG en cualquier ciudad.



## 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

El problema de la movilidad es un hecho que afecta a la mayoría de las ciudades del mundo, esto se ve evidenciado a diario en los medios de comunicación que reportan grandes congestiones en las vías, cuyas consecuencias son padecidas principalmente por la población, ya que la calidad de vida se ve afectada en términos de menos tiempo dedicado a sus labores, la familia y ocio, Así como mayor gasto en combustible y contaminación del ambiente. Sin embargo quien soporta las mayores consecuencias en términos económicos son las ciudades ya que la inmovilización pueda generar consecuencias en el desarrollo y crecimiento de éstas, pues al no haber posibilidad de movilización, la productividad se ve limitada, lo que puede implicar que las ciudades se estancarán y caerán en una trampa de pobreza muy difícil de superar ( Bocarejo, Echeverry, Acevedo, Ospina, & Rodríguez Valencia, 2009).

Un estudio desarrollado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) muestra que la operación de los vehículos que circulan en las vías de ciudades de más de 100.000 habitantes consume alrededor de 3,5% del Producto Interno Bruto (PIB) de América Latina y el Caribe el valor social del tiempo consumido en los viajes equivale a aproximadamente otro 3,0% del PIB (Thomson & Bull, 2002).

No obstante las consecuencias, el parque automotor 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 quince millones de vehículo 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.

Colombia no es ajena a esta problemática ciudades como Bogotá, Medellín, Cali 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 ( Bocarejo, Echeverry, Acevedo, Ospina, & Rodríguez Valencia, 2009).

Barranquilla por su parte, registra un parque automotor de 105.202 a febrero del 2015 (Secretaria de Movilidad de Barranquilla) el cual circula por vías en su mayoría de una sola calzada, superando la capacidad y nivel de servicio de las mismas, generando congestiones y retrasos en la circulación; para la solución de esta problemática la ciudad ha desarrollado medidas como la adopción de pico y placa en algunos sectores y un plan de movilidad en la cual se proyecta la ampliación de vías principales.



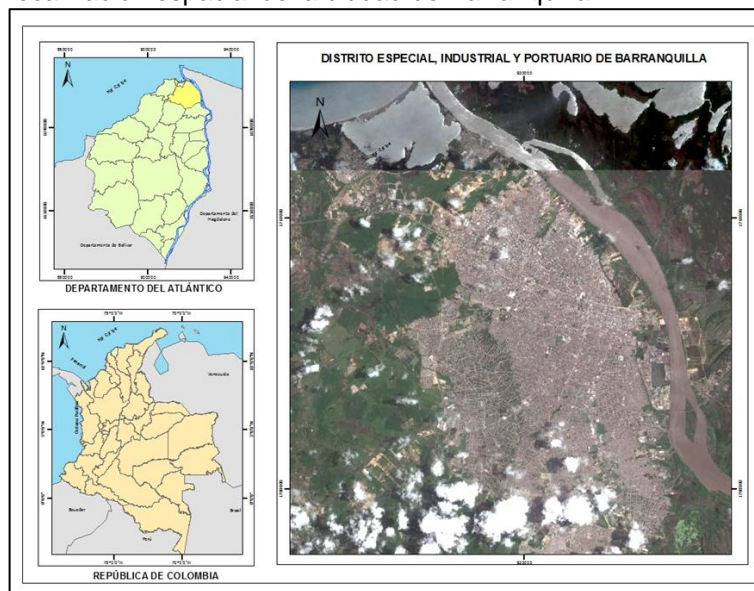
A pesar de estas medidas y teniendo en cuenta experiencia de otras ciudades como Bogotá y Ciudad de México, es posible que las congestiones no sea superada, ya que la población con mayores ingresos se ven estimulados a la compra de más vehículos para evadir las restricción, ya que es más funcional que el uso de transporte público y la inexistencia de sistemas alternativos de movilidad. Así mismo los bajos costos en el mercado incentivan a la población en crecimiento económico a adquirir vehículo ya que se tiene la percepción del vehículo particular como un elemento de necesidad y en algunos casos como aumento de estatus social y progreso.

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Distrito de Barranquilla se localiza en la esquina Nororiental del departamento del Atlántico sobre la margen izquierda del río Magdalena. Se localiza a las 10° 57' 42" de latitud norte y 74° 46' 54" de longitud occidental. Limita al norte con el Mar Caribe, al sur con Soledad y Galapa, al oeste con Tubará y Puerto Colombia y por el este con el río Magdalena y el municipio de Sitionuevo, Magdalena

Según proyecciones del DANE, Barranquilla presenta para el 2015 una población de 1'218.737 habitantes y una densidad poblacional de 7837,31hab. Km<sup>2</sup>.

**Mapa 1.** Localización espacial de la ciudad de Barranquilla.



Fuente: Propia

Barranquilla presenta una dinámica económica con actividades portuarias, industriales y comerciales, demandando un gran número de manos de obra. Según datos suministrados por el Banco de la República, el 70% de los inmigrantes que llegan a la ciudad provienen de otros departamentos de la región Caribe.





Las actividades económicas y educativas se ubican principalmente en el centro y en el norte de la ciudad, por lo cual la población generalmente realiza grandes desplazamiento a su lugar de trabajo o estudio, generando grandes migraciones internas. Estas migraciones son dependientes del uso del vehículo motorizado, ya sea particular o de servicio público, pues no existen otros sistemas alternos que faciliten la movilización, generando costos y pérdida de tiempo por los altos niveles de congestión. La principal demanda de transporte público se da desde la zona Suroccidental y Suroriental donde se concentra el mayor número de población en condiciones de pobreza ( Cepeda Emiliani, 2011) por lo tanto tienen que hacer uso del servicio para cumplir con sus labores.

Finalmente, se anota que la ciudad no presenta políticas claras para el mejoramiento de la movilidad a excepción de la ampliación de vías y medidas restrictivas. Por tal motivo, se hace necesario en la ciudad de Barranquilla contar con un sistema de ciclocarriles que permitan la conectividad entre los sectores demandantes de mano de obra y la población que presentan mayor necesidad de uso de alternativas económicas de movilidad, lo cual se reflejará en mayor incremento de su capacidad de ahorro y crecimiento económico para la población beneficiada.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Generar un modelo de rutas para la instalación de ciclocarriles en el distrito de Barranquilla, que sirva de herramienta para la gestión de la movilidad.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las vías urbanas que presentan características físicas, para la instalación de ciclocarriles.
- ✓ Establecer rutas para la implementación de los ciclocarriles que conecten las zonas de interés de la ciudad de Barranquilla.
- ✓ Determinar los sectores beneficiados por las rutas de ciclocarriles según el área de servicio.



### 3. JUSTIFICACIÓN

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 (Gomez Quintero, S.F.), ésta capacidad es facilitada a través de los vehículos de tracción animal, motorizados o impulsada por energía derivada del hombre.

Dado los adelantos tecnológicos, la disminución en los precios del parque automotor y el crecimiento económico del país, el uso del vehículo particular se ha ido popularizando cada vez más trayendo como consecuencia congestión, accidentalidad, contaminación ambiental y estancamiento, ya que más espacio es ocupado por un solo individuo.

El tema de la movilidad urbana se ha convertido en un tema prioritario de las grandes ciudades alrededor del mundo especialmente para los países en desarrollo. En el caso de Colombia, es cada vez más preocupante la confirmación de que hay una tendencia hacia la inmovilidad teniendo que buscar soluciones radicales como el pico y placa, construcción de nuevas vías, peajes dentro de la ciudad entre otros, medidas que en su mayoría no solucionan el problema.

Barranquilla no es ajena a esta tendencia, el parque automotor de la ciudad va en aumento, una de las razones es el crecimiento económico que ha experimentado la ciudad en los últimos tiempos, el crecimiento poblacional y la recepción de nuevas industrias y mano de obra proveniente de todo el país.

Lo anterior ha suscitado un crecimiento de la ciudad hacia las periferias, especialmente la población de estratos socioeconómicos altos, lo que determina el recorrido de grandes distancias desde las zonas residenciales a las zonas de comercio, servicios, industrial y del puerto, que se localizan en el centro, norte y oriente de la ciudad, por otro lado la población de estrato socioeconómicos bajos se concentran en la zona suroccidental de la ciudad lo que desencadena un desplazamiento desde este sector hacia el resto de la ciudad para ejercer sus actividades, requiriendo de una gran demanda de transporte público en la ciudad.

No obstante la ciudad no va al ritmo de las necesidades demandadas, la mala planificación en la construcción de las vías, la falta de espacio público, la falta de gobernabilidad en el uso de los espacios, la reducción de los carriles viales para la implementación del sistema de transporte masivo, el parque automotor del servicio público deteriorado, transporte publico ilegal (mototaxismo) entre otros problemas, acarreando mayor congestión y pérdida económica para la ciudad.

Vale la pena mencionar que el Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla POT 2012-2032 que es el instrumento técnico y normativo de planificación y gestión a largo plazo, que orientan el desarrollo del territorio y que regulan la



utilización, ocupación y transformación del espacio físico (Ley 388 de 1997) contempla en el Documento Técnico de Soporte - Componente Urbano en el sistema de movilidad la construcción de unas ciclorutas; sin embargo en este documento, no se observa el uso de la bicicleta como alternativa de desplazamiento que ayude a mejorar la movilización, la integración de la ciudad, la descongestión y menos las condiciones que se deben tener para dicha construcción.

Por tal motivo y a la vista de las experiencias internacionales, especialmente de países europeos donde se vislumbra el sistema de ciclorutas como una alternativa para descongestionar las ciudades, mejorar las condiciones ambientales y en general la calidad de vida de los ciudadanos, se hace necesario desarrollar un modelo que permita determinar las posibles rutas para la construcción del sistema de ciclocarriles que conecten la ciudad teniendo en cuenta los sectores de mayor concentración de población con necesidades de movilización por razones funcionales, zonas de mayor actividad económica, centros educativos, así como condiciones propias para su construcción como la pendiente, el clima, la tipología de la vía, entre otros, garantizando la movilidad eficiente, cómoda y económica de la población.

Es aquí donde los Sistemas de Información Geográfica cobra importancia y en especial las herramientas de análisis espacial, ya que en su entorno se han desarrollado herramientas de localización óptimas permitiendo generar modelos que involucran múltiples variables de carácter espacial y social que determinan la ubicación de las rutas, población beneficiada y áreas de servicio.

La implementación de este modelo de ubicación de infraestructuras de ciclocarriles permitirá a la población contar con espacios amigables para la integración, esparcimiento, movilidad, mejora sus condición de vida en términos de menor tiempo en sus recorridos, menor gasto en transporte, disminución de accidentalidad, una mejora sustancial en la calidad del ambiente, disminución en la probabilidad de enfermedades cardíacas; así mismo la ciudad se verá beneficiada en la reducción de pérdidas económicas por la inmovilización, disminución de gastos para el mantenimiento vial, demandadas por falta de espacios adecuados, entre otros.

En este orden de ideas y para concluir, este modelo permitirá al gobierno local planificar y tomar decisiones de forma coherente hacia la adecuación de espacios con poca inversión y que a su vez benefician a la población en un principio de equidad y progreso.



## 4. MARCO TEÓRICO

Para abordar este proyecto es necesario establecer ciertas guías teóricas que permitirán orientar el desarrollo de los objetivos, por esto es fundamental encontrar los referentes teóricos que den sustento a este proceso. Por ello este proyecto está orientado a proponer soluciones desde la planificación territorial que faciliten la movilidad de la bicicleta, apoyado en las herramientas de Sistema de Información Geográfica, por consiguiente se inicia este marco teórico con la definición general de que es la planificación territorial, seguido del papel que cumple los Sistemas de Información Geográfica en la planificación del territorio, la bicicleta como medio alternativo para la movilización y por último pero no menos importante las condiciones que se deben tener en cuenta a la hora de planificar la construcción infraestructuras ciclísticas.

### 4.1. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL SOSTENIBLE

La planificación territorial hace referencia al establecimiento apropiado de cada uno de los componentes territoriales, a través de políticas que deben ser seguidas por la población y otros agentes económicos en cuanto al uso de los recursos naturales, la protección del medio ambiente (Bosque & Garcia, 2000). Sin embargo, la sostenibilidad debe atravesar verticalmente todas las acciones planificadoras definida ésta por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo CMMAD de las Naciones Unidas en el informe titulado *Nuestro Futuro Común* o informe *Brundtland* en 1987, como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

la planificación urbana no sólo constituye una gama de instrumentos de planificación y de mecanismos de gestión que facilita una apropiada organización del uso del suelo, sino también, una proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de una ciudad que regulan la vida económica y social de sus ciudadanos. Por ello, actuaciones tales como la mejora física de los espacios públicos, la mejora de la accesibilidad y habitabilidad, pueden ayudar a lograr una mayor cohesión e integración social que fomente la sostenibilidad (Echebarría & Aguado, 2003).

### 4.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN

Con el desarrollo de la informática, los sistemas de información geográfica se han convertido en pieza fundamental a la hora de planificar el territorio, ya que su campo de acción es muy diverso a la hora de realizar un análisis geográfico. Dentro de todas las posibilidades a las que puede responder un SIG, el cuestionamiento ¿Dónde debe estar ubicado X elemento?, es clave a la hora de



planificar ya que permite dentro de unos criterios establecidos asignar el lugar óptimo para la ubicación de dicho elemento.

Las funciones empleadas por los SIG para dar respuesta a la hora de planificar el territorio son las siguientes: a) Búsqueda selectiva de información. b) Exploración y descripción de los datos. c) Generación de modelos explicativos y su confirmación con la información preexistente. d) Manipulación de la información: superposición, cambio de tipo de elemento geográfico, etc (Bosque & Garcia, 2000). Por lo tanto, ya que el objetivo planteado es dar respuesta a la posible ubicación de un elemento en el espacio, es necesaria la implementación de todas estas funciones.

Los Sistemas de Información Geográfica pueden estar presentes en diversas etapas del proceso la planificación territorial como son: **La identificación del problema:** por su capacidad de examinar los datos geográficos que definen el problema a tratar, así como el aporte de la cartografía para identificar la cuestión a tratar. **La especificación de los objetivos:** aunque los SIG no están diseñados para este tipo de aportes, la generación y visualización de la cartografía permite considerar criterios de tipo económicos y políticos a la hora de planificar el territorio. **Generación de alternativas:** los SIG están altamente preparados para la combinación de datos existente y el uso de modelos que permitan generar respuesta al problema en cuestión. **Evaluación de las alternativas:** una vez generada las alternativas de solución, los SIG permiten evaluar las consideraciones teniendo en cuenta nueva información y los objetivos plantados para escoger la mejor opción de solución. **Organización:** en esta fase los SIG no tiene ese potencial ya que no permiten la estructuración y visualización de las actividades a desarrollar, por la cual se requiera el uso de otras herramientas como el diagrama de Gantt o PERT para la gestión en la planificación. **Control de la aplicación:** los SIG pueden ser una interesante herramienta, dada su capacidad de comparar dos realidades espaciales, lo que se planifica, y la que realmente ocurre en la realidad. Los SIG son útiles en bastantes momentos del proceso de planificación, por ello parece cada vez más necesario su uso en estas tareas (Bosque & Garcia, 2000).

### 4.3. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE ELEMENTOS GEOGRÁFICOS DE TIPO LINEAL

Los Sistemas de Información Geográfica permiten de una forma sistémica representar la realidad territorial en diferentes capas (puntos, líneas y polígonos). Para este análisis es de interés específicamente el tipo de capas lineales, ya que en ésta residen todos los elementos del territorio que llevan una forma de línea como por ejemplo los trazados de carreteras, caminos, líneas férreas, ríos, canales, arroyos, entre otros.



Existen diversos tipos de problemas de planificación territorial sobre la localización óptima de elementos lineales, que los SIG pueden responder: a) Localización de caminos/rutas óptimas sobre redes de transporte ya existentes, b) Determinación del nuevo trazado de carreteras u otro tipo de infraestructuras lineales, también en este caso se pueden plantear dos modalidades: 1° Se encuentran diferentes trazados de una nueva ruta, es necesario evaluar cuál es el más adecuado, cada ruta se evalúa por separado y se elige la que sea más corta o barata de construir. 2° Se emplea un procedimiento de búsqueda *ex-novo* de un recorrido óptimo teniendo en cuenta los criterios necesarios que miden lo adecuado que es el paso por cada punto del territorio. (Bosque & Garcia, 2000).

#### **4.3.1. Análisis de redes de comunicación.**

Una red es un sistema interconectado de elementos lineales, que forma una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo: personas, mercancías, energía o información (Bosque Sendra, 1997). Una red, gráficamente está constituida por dos tipos de elementos relacionados entre sí: nodos o vértices y arcos o aristas. Los nodos o vértices de la red pueden venir constituidos por los puntos de origen y destino de los intercambios (ciudades, puertos, aeropuertos o centros de zona -denominados centroides). Los arcos o aristas se identifican con las rutas, tanto si tienen estructura física de soporte (rutas terrestres) como si no cuentan con ella (rutas marítimas, aéreas), o con los flujos (pasajeros, mercancías) que por ellas circulan cuando se trata de redes valorizadas (Seguí Pons, 1995).

Los nodos pueden adquirir importancia dependiendo de su grado de funcionalidad, lo que los puede convertir en puntos de atracción o de paso; por otro lado, los arcos adquieren más importancia de acuerdo a la cantidad de flujos o funciones que atribuya cada elemento, lo que permite generar una jerarquía de la red (Madrid Soto & Ortiz López, 2005). Al interior de la red existen reguladores que se denominan impedancia y se asocia al costo del desplazamiento a través de la red.

#### **4.4. LA BICICLETA COMO MEDIO DE TRANSPORTE SOSTENIBLE**

El desafío actual del transporte es la sostenibilidad, para ello se apuesta por reducir las distancias y favorecer desplazamientos sostenibles, ya sean a pie o en bicicleta (Latorres, 2012). Muchas ciudades en el mundo están asumiendo el desafío de fomentar la intermodalidad y la complementariedad entre modos de transporte público y el incremento de los viajes a pie o en bicicleta.

La elección modal de un usuario está basada en diferentes aspectos que varían en función de las necesidades y el medio elegido para el desplazamiento. Se plantea el uso de la bicicleta como modo óptimo de transporte urbano ya que pueden llegar a cubrir distancias normales de siete kilómetros, y al escaso espacio





que ocupa su infraestructura, ya sea en convivencia con medios motorizados o con los peatones (Latorres, 2012). Por otra parte, la bicicleta es un medio de transporte autónomo, flexible, accesible y limpio, lo que le hace de este medio de transporte un medio adecuado para los desplazamientos cotidianos.

#### 4.5. CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CICLORUTAS

Los movimientos en favor de una mejor calidad del ambiente, la recuperación del espacio público y mejorar la calidad de vida a suscitado la búsqueda de la posibilidad de introducir un cambio de actitud favorable al transporte no-motorizado, el cual muy seguramente se verá reflejado en el incremento del mercado de la bicicleta.

Una infraestructura que no conecta a ningún lugar o no responde a una demanda de viajes, no sirve de nada. La cicloruta no es un componente por defecto de la faja vial, sino un dispositivo de respuesta a una necesidad de viajes cuando la participación de la bicicleta dentro de las pistas de automóviles es peligrosa o demasiado conflictiva, para la circulación de bicicletas.

En cualquier caso, toda cicloruta materializada debe obedecer a unos principios generales de **Coherencia**: lo cual es el estado de continuidad y consistencia entre las cosas. **Directa**: todos los factores que influyen en el tiempo de viaje son parte del concepto de rutas directas; la infraestructura ciclista debe trazar una ruta lo más directa posible. **Segura**: esta debe tratar de evitar los encuentros con tránsito motorizado de alta velocidad, ya sea disminuyendo la velocidad de los autos o creando una separación física y/o espacial. **Cómoda**: que el viaje en bicicleta sea una experiencia placentera y cómoda ayuda a alentar su uso. **Atractiva**: debe tener un ambiente seguro y amable, el cual se refiere a la estética de la arquitectura y a un entorno natural agradable.

Así mismo, la instalación de las ciclorutas debe obedecer a las necesidades y condiciones físicas que presenta la vía. El Plan Maestro de Ciclo-rutas para Santiago de Cali ha definido una tipología de vía ciclística. (Secretaría de tránsito y transporte de Santiago de Cali (2004):

*Ciclovía unidireccional*: Cuando es de uso exclusivo para ciclistas, separadas de la vía vehicular con un separador en tierra (terraplén) o en concreto, pueden tener un ancho mínimo de 1,50 metros, se recomienda para mayor comodidad 2,0 metros.

*Ciclovía bidireccional*: Cuando es de uso exclusivo para ciclistas que circulan en dos sentidos, separados por una línea central amarilla y separado de la vía vehicular con un separador en tierra (terraplén) o en concreto, se recomienda que estas tengan un ancho mínimo de 3,75 metros.





*Ciclo-carril unidireccional:* Es una franja de la calzada vehicular separada de los vehículos automotores con una demarcación con pintura o utilización de elementos como tachos o bordillos, para diferenciar el tráfico vehicular de la ciclo-vía. Se recomienda un ancho mínimo de 1,50 metros; en casos extremos esta dimensión puede ser menor, pero nunca inferior a 1,0 metros. Cuando la ciclo-vía sea unidireccional pero de dos carriles se recomienda un ancho de 2,50 metros, en casos extremos esta dimensión puede ser como mínimo 1,75 metros.

*Ciclo-carril bidireccional:* Presenta las mismas características que la unidireccional, se recomienda un ancho mínimo de 3,50 metros; en casos extremos esta dimensión puede ser menor, pero nunca inferior a 2,20 metros y una demarcación de una línea central amarilla para delimitar los dos sentidos de la vía ciclista.

*Bici-aceras:* Son vías ciclistas superpuestas al espacio de circulación de los peatones, por tal motivo son generadoras de grandes críticas pues generan riesgos para los peatones. debe tener como dimensión mínima 1,50 metros.

Actualmente la alcaldía Distrital está iniciando la demarcación de ciclo-carriles unidireccionales en algunas vías de la ciudad, no obstante es notorio que éstas no responden a una necesidad específica ya que no presentan continuidad, puesto que están localizadas solo en algunos sectores.

#### **4.6. ANTECEDENTES**

El desarrollo de los antecedentes se basa en los trabajos que se han realizado recientemente en Colombia y en el mundo sobre la implementación de sistemas alternativos de movilidad como son las ciclorutas, las condiciones específicas a tener en cuenta a la hora de localizar una cicloruta en la ciudad y el uso de los Sistemas de Información Geográfica en la planificación de infraestructuras que facilitan la movilidad, esto permitirá consolidar una base de experiencias que permitan la consecución de los objetivos planteados.

A nivel mundial encontramos importantes referentes sobre la adopción de uso de la bicicleta como medio alternativo de movilización, en el artículo *Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany* (Pucher & Buehler, 2008), muestra a países como Dinamarca, Holanda y Alemania han venido desarrollando políticas para el mejoramiento de la movilidad a través del uso de la bicicleta como medio alternativo para mejorar sus condiciones ambientales y disminuir las brechas sociales, el análisis muestra que esta situación es un proceso de transformación social, cultural y política combinado con la instalaciones de infraestructura adecuada, con separadores a lo largo de las carreteras muy transitadas, así como usos complementarios de estacionamientos y la desestimación de uso del vehículo motorizados (Pucher & Buehler, 2008).



Un referente internacional en la implementación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica para la localización de infraestructura de ayudan a la movilización es la desarrollada en España, con el estudio de *Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica* (Latorres, 2012), este estudio pretende desarrollar una metodología para asignación y localización una red de puntos de alquiler de bicicletas donde cualquier persona pueda acceder a esta.

Así mismo, el estudio *Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure* (Larsen, Patterson, & El-Genedy, 2013), presenta una metodología para la planificación y construcción de nuevas infraestructuras para la movilidad del ciclista. El modelo proporciona la flexibilidad para incluir varias fuentes de datos pertinentes y los resultados son mostrados en una serie de rejillas que muestran según la intensidad la necesidad de priorizan la intervención.

Otro referente importante es el estudio desarrollado en Montreal Canadá, titulado *Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis* (Rybarczyk & Changshan, 2006), en este se empleó un técnica de evaluación de múltiples criterios combinado con los Sistemas de Información Geográfica, para así poder dar una máxima asignación a la ubicación de las infraestructuras, en este se evaluaron criterios como inseguridad, accidentalidad, infraestructuras colectivas, señalización, actividades económicas, entre otras.

Por otra parte se tiene a nivel suramericano el estudio titulado *Análise espacial dos acidentes de trânsito com ciclistas utilizando o sistema de informação geográfica*. (Leite, Ferreira, & Ferreira, 2013). En este trabajo se localiza con herramientas de Sistemas de Información Geográfica los puntos de mayor accidentalidad en la ciudad con el fin de tomar medidas correctivas en la circulación del tránsito.

Siguiendo esta misma línea se encuentra el estudio denominado *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín* (Zapata & Cardona, 2012), en este estudio se caracterizó y analizaron los elementos más importantes dentro de la infraestructura de vías implementando los Sistemas de Información Geográfica como la herramienta de gestión de la información.

Un referente muy importante para el abordaje de este estudio es el proyecto de tesis titulado *Elaboración de un modelo que determine la mejor ruta para ciclistas de la ciudad de Pereira y Dosquebradas, implementando los Sistemas de Información Geográfica* (Henao & Gonzales, 2014). Este trabajo es muy interesante ya que propone un modelo a través de las herramientas de análisis espacial para determinar rutas óptimas para llegar a los sitios de interés de la ciudad sin que esto determine ningún peligro para los ciclistas.



## 5. METODOLOGÍA

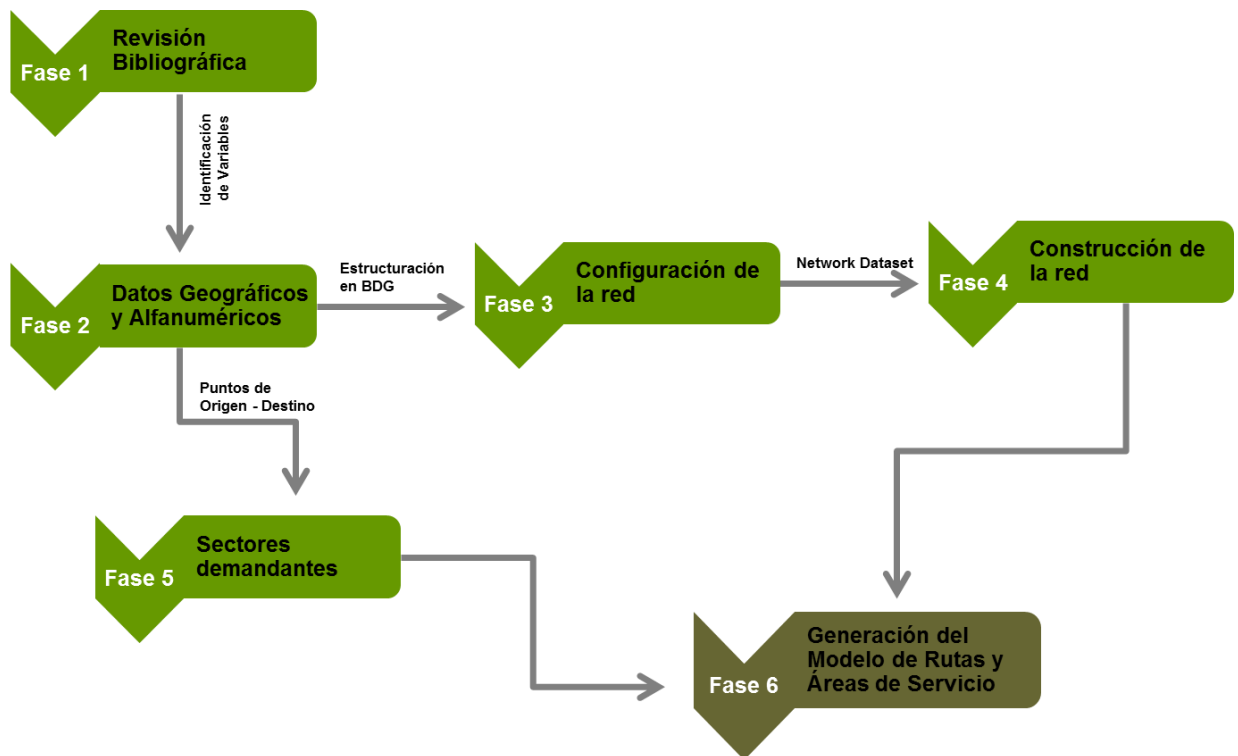
### 5.1. TIPO DE TRABAJO

De acuerdo con los objetivos planteados, este trabajo se precisa como una investigación aplicada de carácter exploratorio ya que el objeto de estudio ha sido poco abordado con el uso de las herramientas Sistemas de Información Geográficas, lo cual procura generar un avance en el conocimiento de la misma. De acuerdo con Dankhe (1986), los estudios de carácter exploratorio se efectúan, cuando el objetivo de la Investigación es analizar o examinar un determinado tema o problema, que a la fecha de la investigación ha sido abordado muy poco o en nada.

### 5.2. PROCEDIMIENTO

Se plantean las siguientes fases para alcanzar los objetivos programados en este proyecto.

Figura 1. Esquema Metodológico



### 5.2.1. Fase 1. Revisión bibliográfica.

La revisión bibliografía se presenta como el punto de partida para definir los criterios a tener en cuenta para la ubicación de los ciclocarriles, esta etapa inicia con la revisión de trabajo, informes, manuales, documentos y antecedentes disponibles en la web; indagación de informes y estudios realizados por la Secretaría de Movilidad del Distrito y la colección de información espacial disponible de forma gratuita y con un grado de confiabilidad. Si bien se ha podido recabar muchos estudios sobre la implementación de ciclocarriles, es notorio el vacío bibliográfico que denoten el desarrollo de modelos para la construcción de ciclocarriles mediante la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, por lo cual este trabajo puede servir como insumo para próximas investigaciones.

### 5.2.2. Fase 2. Disponibilidad de los datos Geográficos y Alfanuméricos.

Para el desarrollo del proyecto es necesario contar con información cartográfica y alfanumérica la cual procede de diversas fuentes:

- ✓ **Modelo Digital de Terreno:** Tomado de la página oficial de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), generado por el satélite ASTER, con una resolución de espacial de 30 X 30. A partir de este modelo se obtuvo las pendientes que se presentan en la ciudad de Barranquilla.
- ✓ **Red Vial:** Esta capa es suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), sin embargo dado el crecimiento de la ciudad, se realizó la actualización a partir de la utilización de una ortofoto disponibles en la página web del IGAC.
- ✓ **Perfil Vial:** Esta información permite determinar las características de la malla vial de la ciudad así como la capacidad que tiene la vía para soportar un carril exclusivo para la bicicleta. Los datos son obtenidos del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Barranquilla y del Plan Maestro de Movilidad.
- ✓ **División Barrial:** Definida ésta como la unidad de análisis, esta información cartográfica es suministrada por la Alcaldía Distrital de Barranquilla.
- ✓ **Viajes en Bicicleta:** Información de la Secretaría de Movilidad del Distrito generada a partir del estudio del Plan Maestro de Movilidad, estos datos permitirán identificar los posibles usuarios de los ciclocarriles.
- ✓ **Viajes en Transporte Público:** Los datos son obtenidos a partir de la encuesta Origen-Destino del Plan Maestro de movilidad del Distrito de Barranquilla.



- ✓ **Viajes a sectores atrayentes de población que se movilizan en transporte público por motivo de estudio y trabajo:** Los datos son obtenidos a partir de la encuesta Origen-Destino del Plan Maestro de movilidad del Distrito de Barranquilla.
- ✓ **Viajes desde sectores generadores de población que se movilizan en transporte público por motivo de estudio y trabajo:** Los datos son obtenidos a partir de la encuesta Origen-Destino del Plan Maestro de movilidad del Distrito de Barranquilla.
- ✓ **Rutas Troncales del sistema Integrado de Transporte Masivo:** Información obtenida de la página web de la empresa Transmetro de Barranquilla. Esto permite identificar las vías que están dispuestas para el tránsito de los buses articulados.

Toda la información cartográfica está contenida en una *geodatabase*, con sistema de coordenadas planas MAGNA\_Colombia\_Bogota y proyección *transverse\_Mercator*, origen Bogota, el software utilizado para el procesamiento y generación de resultados es ArcGis 10.2.

### 5.2.3. Fase 3. Configuración de la red vial.

Ahora bien, teniendo en cuenta la bibliografía consultada y la disponibilidad de información, se estable como parámetros a considerar en la malla vial a la hora de establecer el modelo de las rutas óptimas para los ciclocarriles, los atributos de pendiente, perfil vial, troncales de Transmetro.

- ✓ **Actualización y Normalización de la malla vial:** Esta etapa inicia con la revisión exhaustiva de la red vial de la ciudad. Dado que Barranquilla se encuentra en un proceso de crecimiento urbanístico especialmente al Norte, la información disponible es poco actualizada, por lo tanto se inicia un proceso de verificación y actualización de la capa de vías, utilizando la ortofotografía de 2008 disponible en el servidor geográfico del IGAC e imágenes de satélite Digital Globe del año 2015 disponibles en Google Earth, para la digitalización. Esta fue georreferenciada a partir de puntos de control tomados en la ortofotografía del Igac.

Debido a que toda la información base utilizada en este trabajo proviene de la fuente oficial generadora de cartografía en el país, solo se realizó trabajo de campo en la validación de la nomenclatura vial.

Posteriormente se procede a comprobar que no existan errores de conectividad a través de la herramienta topology de ArcGis 10.2 esto permite garantizar la integralidad de los datos.



- ✓ **Pendientes:** Dado que la ciudad de Barranquilla presenta en su topografía zonas de pendientes pronunciadas, es necesario tomar este atributo como un limitante a la hora de determinar la red de ciclocarriles.

La presencia de pendientes a la hora de movilizarse en bicicleta implica un sobreesfuerzo en las subidas, y un aumento de la velocidad en bajada, por lo que es necesario obtener el grado de inclinación en los segmentos de la red y así ser considerada como una restricción a la hora de generar la ruta.

Para obtener las pendientes de las vías se utiliza como fuente de información el Modelo Digital del Terreno y la herramienta *Arc toolbox – functional surface- Add Surface Information (3D Analyst)* de ArcGis 10.2. Esta función interpola las propiedades de elevación de la superficie con la entidad de vías, dando como resultado de salida el promedio de la pendiente en porcentaje de cada segmento de la vía.

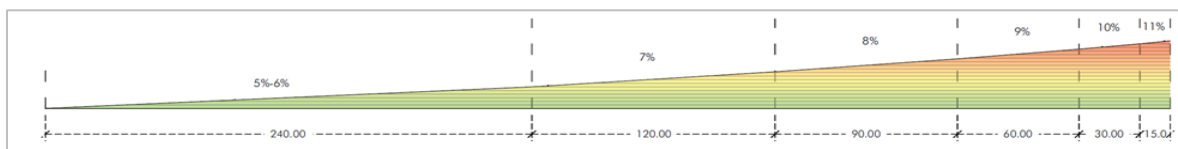
La bibliografía establece que la pendiente no debe ser superior al 5% ya que da confortabilidad al ciclista a la hora del ascenso y descenso, sin embargo, la literatura también determina que la pendiente puede estar en función de la longitud de la vía, por lo tanto y teniendo en cuenta que los segmentos tienen en promedio 100 metros de longitud se considera la pendiente de 7% como la máxima permitida en este estudio.

**Cuadro 1.** Pendiente aceptada según longitud de la vía.

Pendientes Longitudinales	Longitud maxima
5% - 6%	240
6% - 7%	120
7% - 8%	90
8% - 9%	60
9% - 10%	30
> 10%	15

**Fuente:** Dirección General de Obras Públicas de Zapopan, Manual de Diseño de Espacio Público, Zapopan- Mexico Obtenido de: <http://ciesas.edu.mx/proyectos/fomix-cidy/disen/manua.pdf>

**Figura 2.** Pendiente aceptada según longitud de la vía.

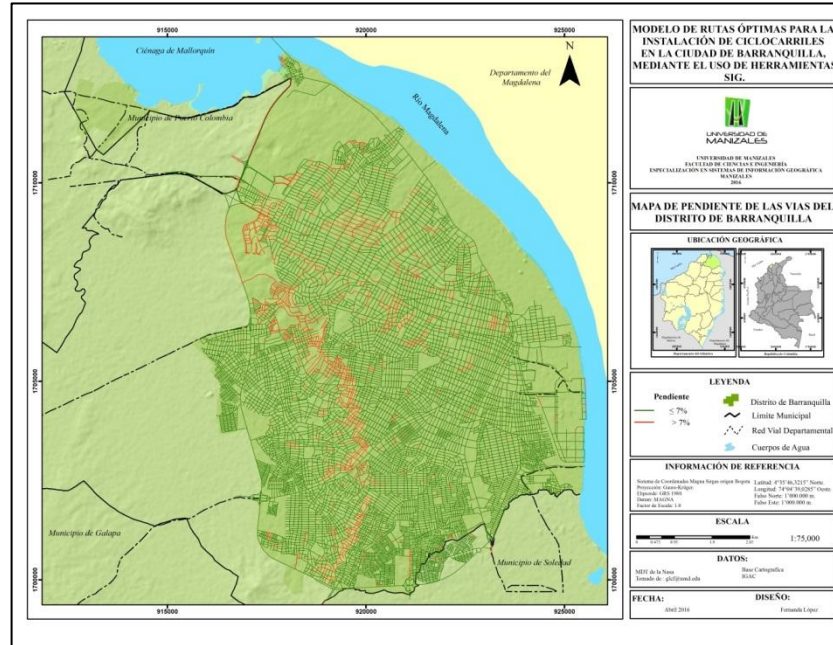


**Fuente:** Dirección General de Obras Públicas de Zapopan, Manual de Diseño de Espacio Público, Zapopan- Mexico Obtenido de: <http://ciesas.edu.mx/proyectos/fomix-cidy/disen/manua.pdf>





**Mapa 2.** Porcentaje de Pendiente de las vías en el Distrito de Barranquilla.



Fuente: Propia

- ✓ **Perfiles viales:** Para realizar un buen análisis es necesario conocer el perfil de las vías, éste permite identificar las condiciones en términos de capacidad y amplitud, así como la funcionalidad dentro del sistema urbano.

El Plan Maestro de Movilidad del Distrito considera 4 categorías de las vías según su importancia.

**Categoría I:** son las vías que comunican al distrito de Barranquilla con otros centros urbanos, caracterizadas por la circulación del alto volumen vehicular, tráfico pesado y altas velocidades.

**Categoría II:** grupo de vías que comunican sectores importantes de la ciudad con prelación de circulación de tránsito sobre las vías de las Categorías III y IV, pueden tener continuidad dentro del Área Metropolitana y su función principal es la movilidad de larga distancia con altos volúmenes.

**Categoría III:** son vías cuya función principal es la distribución vehicular entre las zonas residenciales y las vías de la Categoría II y entre éstas y las zonas de actividad urbana, caracterizadas por presentar volúmenes moderados.



**Categoría IV:** conjunto de vías que permiten la movilidad interna de los barrios y urbanizaciones y el acceso a cada uno de los predios. Se caracterizan por presentar bajos volúmenes vehiculares.

**Cuadro 2.** Categoría de la malla vial del distrito de Barranquilla.

Categoría	Categoría POT	Perfil Vial
I	Interregional	AVC
		VTM1
II	Arterial	V1
		V2
		VTM2
III	Semiarterial Y Colectora	V3
		V4
		V5
IV	Local	V6

En este trabajo se consideró la categoría I, II y III como vías aptas por donde se puede implementar los ciclocarriles basado en las funciones y el ancho de la vía, esta premisa está sustentada en la propuesta metodológica para la priorización de la red de ciclorutas y cicloparqueadero en la ciudad de Bogotá (ver cuadro 2 y 3), en la cual establecen la pertinencia de la instalación de ciclorutas según el perfil vial.

**Cuadro 3.** Incorporación de cicloruta según el perfil de la vía.

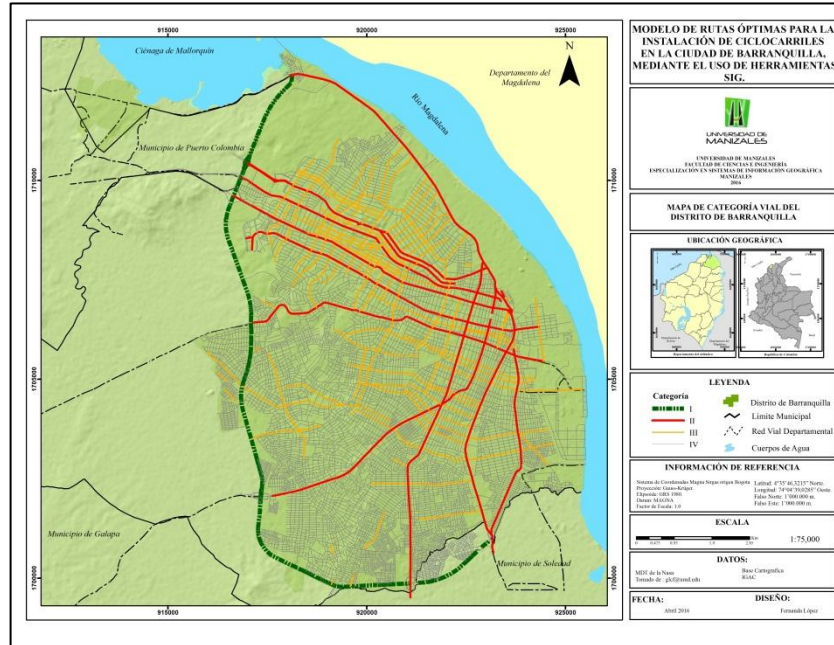
Tipo de perfil	Tipo de Cicloruta			
	Segregada sobre andén	Segregada sobre Calzada	Segregada sobre separador	Delimitada sobre Calzada
V-1	Recomendada	Condicionada	Permitido únicamente sobre el separador central	Restringida
V-2	Permitida	Condicionada	Permitido únicamente sobre el separador central	Restringida
V-3	Permitida	Condicionada	Permitida.	Restringida
V-4	Permitida	Recomendada	Restringida	Condicionada de seguridad
V-5	Permitida	Recomendada	Restringida	Condicionada de seguridad
V-6	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
V-7	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

**Fuente:** Secretaria Distrital de Planeación de Bogotá (2013). Propuesta metodológica para la priorización de la red de ciclorutas y cicloparqueaderos. Bogotá, Colombia





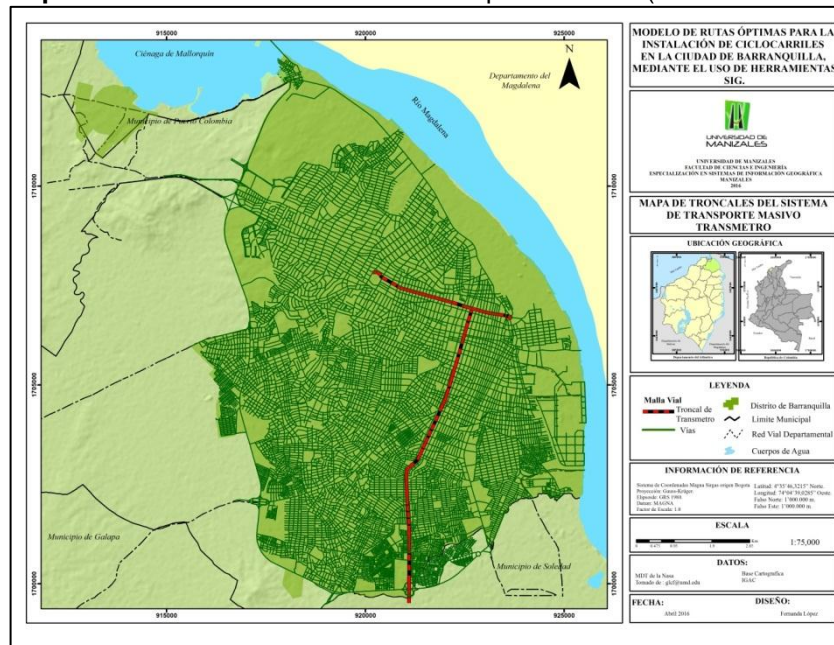
**Mapa 3. Categoría Vial del Distrito de Barranquilla.**



Fuente: Propia

- ✓ **Vías Troncales Transmetro VTM:** Otra atributo a considerar son las vías por donde circula el sistema de transporte masivo (Transmetro).

**Mapa 4. Troncales del Sistema de Transporte Masivo (TRANSMETRO)**



Fuente: Propia



Si bien, este sistema está emplazado sobre vías amplias, la infraestructura que soporta el sistema ocupa un carril de circulación, dejando muy poco espacio para los vehículos, por lo tanto, se debe considerar estas vías como restrictivas ya que pueden ser un factor de riesgo para la población ciclista.

#### 5.2.4. Fase 4. Construcción de la red.

Una vez todos los segmentos de la entidad de vías del Distrito poseen los atributos de longitud, pendiente, perfil vial y circulación de Transmetro se procede a crear el *Network Dataset* en *ArcGis 10.2*, esto permite estructurar la red de acuerdo a los parámetros definidos en éste.

En primer lugar se define la conectividad “*End Point*” estableciendo la conectividad en el nodo al final del arco. Luego se procede a definir el tipo de dato de los atributos que van a ser evaluados en la configuración de la red (ver cuadro 4).

**Cuadro 4.** Tipo de dato de los atributos a evaluar

Atributo	Tipo de datos
Longitud	Costo
Pendiente	Restricción
VTM	Restricción
Perfil Vial	Jerarquía

El atributo longitud es calculado automáticamente por el sistema; el atributo pendiente es codificado como 1 para pendientes mayores a 7% y 0 para aquellas que son iguales o inferiores a ésta; las vías por donde circula los buses articulados se codificaron con el valor 1.

En el caso del perfil vial, el cual se determinó el tipo de dato jerarquía, se asignaron valores enteros a cada categoría de vías, siendo la categoría I el número 1, categoría II el número 2, categoría III el número 3 y categoría IV el número 4. Esto se debe a que el *Dataset* reconoce el valor más bajo como la jerarquía superior y el valor más alto como los niveles más bajos de la jerarquía.

Una vez creado el *Network Dataset* la red ya se encuentra dispuesta para definir las rutas.

#### 5.2.5. Fase 5. Identificación de sectores demandantes los ciclocarriles.

La localización espacial de los puntos de demanda es fundamental para la generación de las rutas, ya que es a partir de éstos donde se inicia o finaliza la red, por lo tanto es necesario localizar la población usuaria de bicicleta así como los potenciales usuarios de las mismas.



Según el Plan Maestro de Movilidad del Distrito de Barranquilla del año 2012, muestra que los flujos de la bicicleta se presentan principalmente en dirección Sur-Norte y Sur-Centro de la ciudad. Esta situación es razonable ya que el norte como el centro de la ciudad se configura como centralidades comerciales y de servicio, jalonando un número importante de población en búsqueda de suplir necesidades; y en los sectores suroccidente y suroriente es donde se emplaza la población en condiciones socioeconómicas más bajas pero que a su vez son los que poseen el mayor porcentaje de bicicleta en la ciudad.

**Cuadro 5.** Número de bicicletas por estrato socioeconómico

Estrato	Bicicletas	Porcentaje
1	6662	40%
2	4914	29%
3	3990	24%
4	958	6%
5	120	1%
6	120	1%
<b>Total</b>	<b>16764</b>	

**Fuente:** Secretaria de Movilidad, de Distrito de Barranquilla (2012). Plan Maestro de Movilidad. Barranquilla, Colombia.

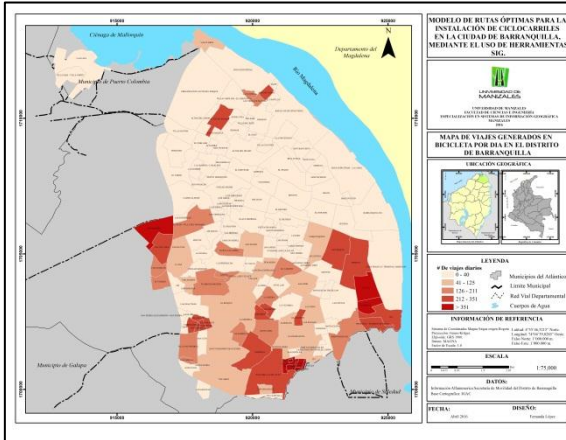
Dado que lo que se pretende es generar una red de ciclocarriles que permita mejorar la movilidad incentivando el uso de la bicicleta, este estudio no solo tiene en cuenta los sectores que actualmente generan y atraen población en bicicleta, sino aquellos sectores hacia donde la población se desplaza por trabajo y estudio utilizando el transporte público como medio de desplazamiento, así como aquellos sectores de donde proviene esta población, esta premisa se sustenta en varios estudios realizados de movilidad, donde se estima que los viajes más comunes (70% aproximadamente) son motivados por el estudio o por el trabajo.

De igual forma, si se considera que la población de menores ingresos económicos son los principales demandantes de transporte ya que ocupan sectores periféricos (por motivos de valor de la tierra, zonas baldías, servicios públicos más económicos entre otros) y la oferta de empleo generalmente se concentra, las distancias que recorre son muy altas ( Alcántara Vasconcellos, 2010).

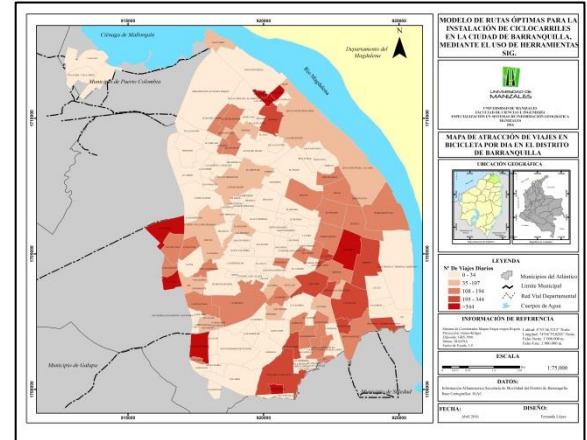
Los datos fueron obtenidos del Plan Maestro de Movilidad donde se desagregó por: viajes generados en bicicleta, viajes generados por transporte público, viajes generados por transporte público por motivo de trabajo, viajes generados por transporte público por motivo de estudio, viajes atraídos en bicicleta, viajes atraídos por transporte público, viajes atraídos por transporte público por motivo de trabajo, viajes atraídos por transporte público por motivo de estudio.



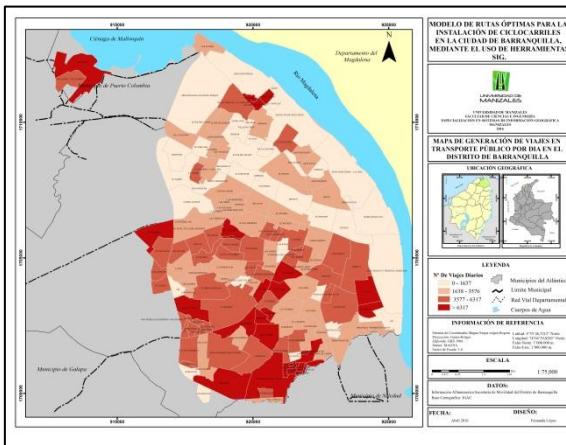
**Mapa 5. Generación de viajes en bicicleta.**



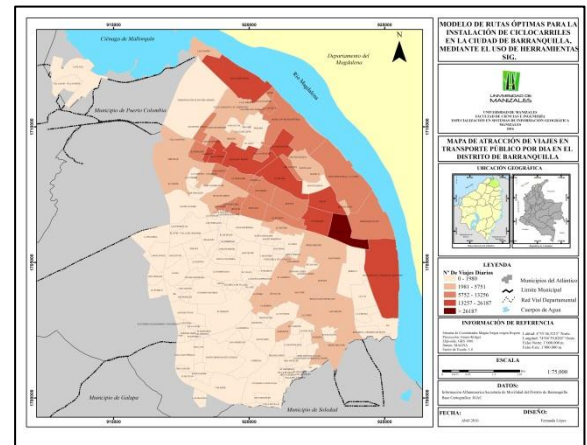
**Mapa 6. Atracción de viajes en bicicleta.**



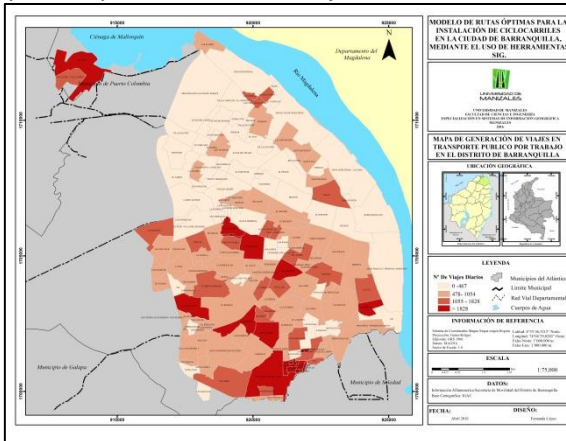
**Mapa 7. Generación de viajes en transporte público.**



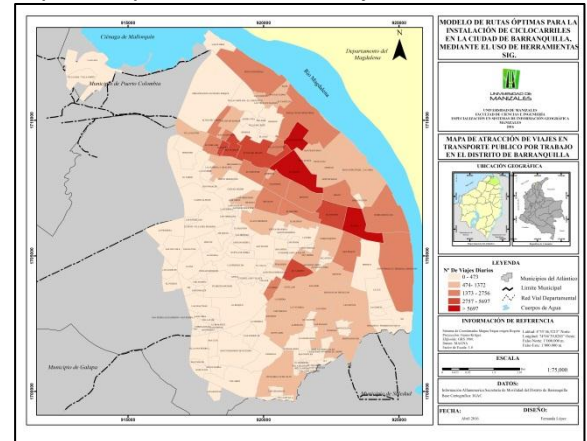
**Mapa 8. Atracción de viajes en transporte público.**



**Mapa 9. Generación de viaje en transporte público por motivo de trabajo**

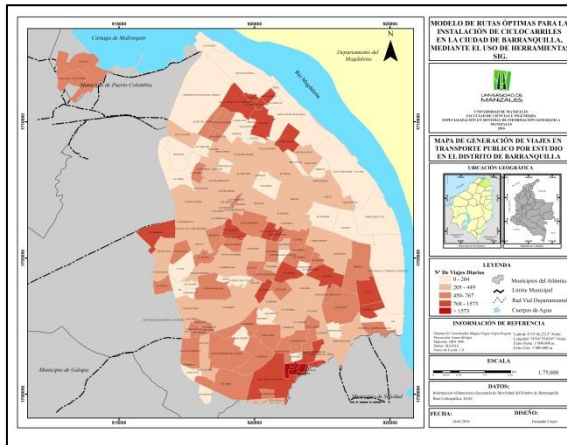


**Mapa 10. Atracción de viaje en transporte público por motivo de trabajo**

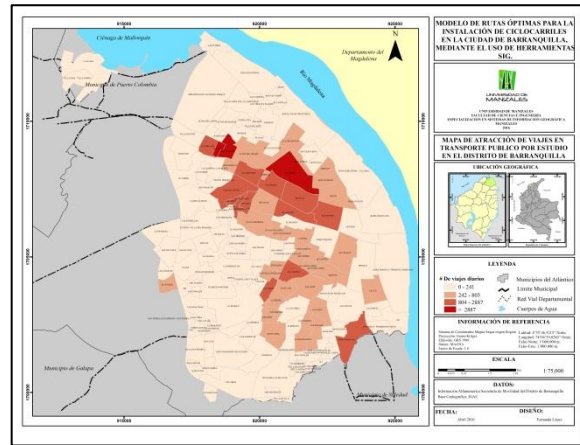




**Mapa 11.** Generación de viaje en transporte público por motivo de estudio



**Mapa 12.** Atracción de viaje en transporte público por motivo de estudio



**Fuente de datos:** Secretaria de Movilidad del Distrito de Barranquilla (2012). Plan Maestro de Movilidad. Barranquilla, Colombia.

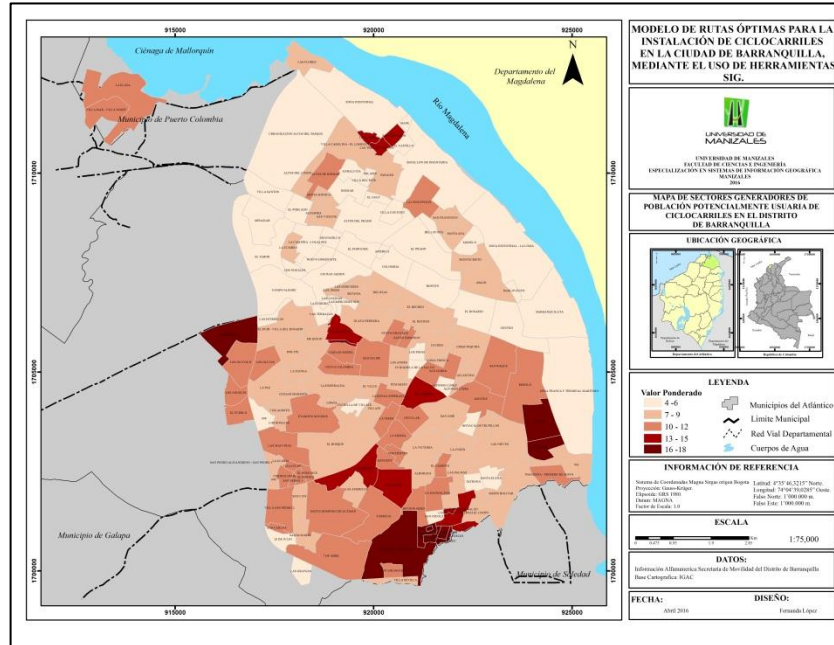
Después de integrar los atributos a cada barrio se procedió a ponderar según la categoría de clasificación de cada variable, esto permite hacer un análisis más sencillo y practico. La asignación de la ponderación a cada variable se puede ver en el siguiente cuadro.

**Cuadro 6.** Ponderación de variables.

Variable		Ponderacion				
		1	2	3	4	5
Viajes Generados	En Bicicleta	0 - 40	41 -125	126 - 211	212 - 351	> 351
	En Transporte Público	0 -1637	1638 - 3576	3577 - 6317	> 6317	
	En Transporte Público con Motivo de Trabajo	0 - 467	468 -1054	1055 - 1828	> 1828	
	En Transporte Público con Motivo de Estudio	0 - 204	205 - 449	450 - 767	768 - 1573	> 1573
Viajes Atraídos	En Bicicleta	0 - 40	41 -125	126 - 211	212 - 351	> 351
	En Transporte Público	0 -1637	1638 - 3576	3577 - 6317	> 6317	
	En Transporte Público con Motivo de Trabajo	0 - 467	468 -1054	1055 - 1828	> 1828	
	En Transporte Público con Motivo de Estudio	0 - 204	205 - 449	450 - 767	768 - 1573	> 1573

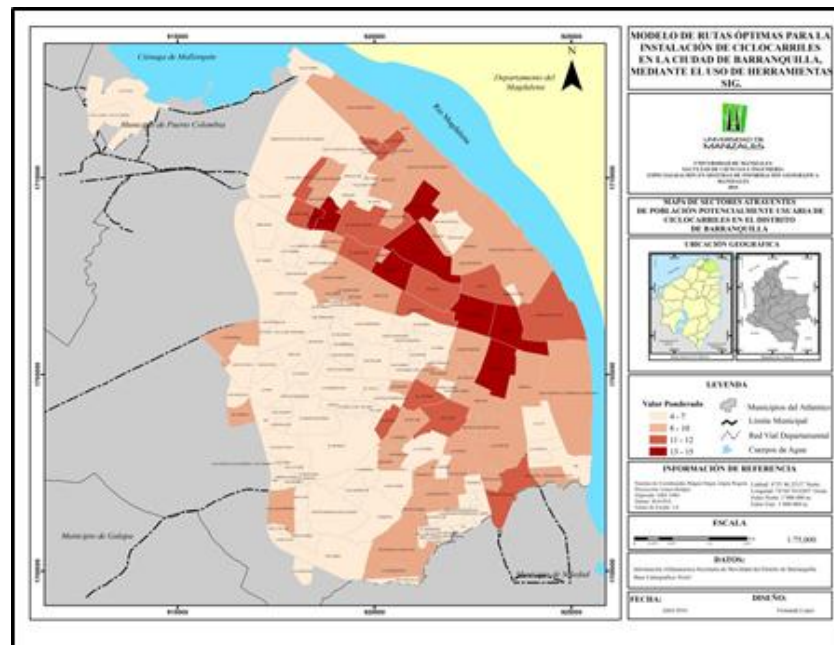
Seguidamente se realizó la sumatoria de las variables de atracción y de las variables de generación de viajes, con la herramienta *Field calculator* dando como resultado los sectores que más atraen y generan población, siendo los valores mínimos 4 y valores máximos 18. Utilizando el método de igual intervalo donde la amplitud es 2 y el número de rangos 5 se establece que los barrios con valores superiores a 13 son demandantes de ciclocarriles ya sea por ser generadores o atraentes de población.

**Mapa 13.** Sectores generadores de población potencialmente usuaria de ciclocarril.



Fuente: Propia

**Mapa 14.** Sectores atrayentes de población potencialmente usuaria de ciclocarril



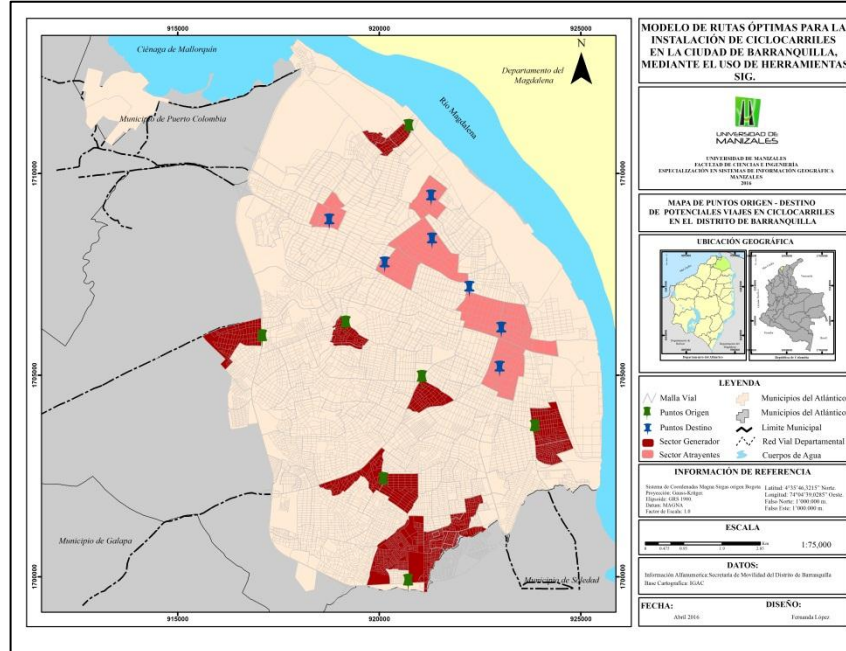
Fuente: Propia

Posterior a la identificación de los sectores generadores y atrayentes de población, se procedió a ubicar el centroide de éstos. Este procedimiento se hace necesario ya que se requiere que la información esté en capa de puntos, considerados como



los puntos de origen y destino de desplazamiento de la población. Fue necesario ajustar estos puntos a las vías más cercanas de mayor jerarquía.

**Mapa 14.** Puntos de generación y atracción de viajes potenciales en bicicleta.



### 5.2.6. Fase 6 Generación del Modelo de Rutas y Áreas de Servicio.

Una vez construido del *Network Dataset* y definido el punto de Origen-Destino de la red con sus paradas, se procede a la construcción del modelo, éste se desarrolla en la herramienta *Model Builder* del software *ArcGis 10.2* la cual permite encadenar los geoprocamos de forma secuencial y lógica. En este modelo se plantea generar rutas de bicarril, definidas a partir de cada uno de los puntos de mayor generación de población usuaria y potencialmente usuaria de bicicleta, con aquellos puntos de mayor atracción de población, conectándolo a través de la ruta más corta y con menor impedancia, para esto se utiliza la herramienta *Make Route* y *Add locations* de la extensión de *ArcGis 10.2 Network Analysis*.

De igual forma se establecen las áreas de servicio. En este punto se determina cual es el área de influencia de los ciclocarriles y área de servicio de los puntos generadores y de atracción, para ello se definió 3 radios de influencia 300, 600 y 900 metros, la cual están definidos como distancias que se pueden recorrer con un grado de confort hasta acceder al ciclocarril. Para determinar las áreas de influencia se utilizó la herramienta de proximidad *Multiple Ring Buffer* de *ArcGis 10.2* y para obtener las áreas de servicio de los puntos generadores y de atracción, se utilizó la herramienta de *Network Analyst- New Service Areas* de donde se muestra las vías por donde se puede acceder a estos puntos en termino de estas 3 distancias.



## 6. RESULTADOS

### 6.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el objetivo planteado a continuación se presenta los siguientes resultados:

- ✓ En primer lugar, en el mapa N° 16 se muestran las vías que presentan características físicas aptas para la implementación de Ciclocarriles en el distrito de Barranquilla. La identificación se basó en el análisis y combinación de las variables tal como: 1. Vías con anchos adecuados que permitan la circulación de vehículos y ciclistas con seguridad, estas características las presentan las vías Intraregionales, Arteriales, Semiarteriales y Colectoras; 2. Pendientes que no superan 7% de inclinación, permitiendo una adecuada confortabilidad en los ascensos y seguridad en los descenso y 3. Vías por las cuales no circulan los buses articulados del Sistema de Transporte Masivo Transmetro.

La ciudad de Barranquilla presenta aproximadamente 1502 km de malla vial de las cuales solo el 12,15% se encuentra en condiciones aptas para la incorporación de bicarriles, de éstas el 7,33% corresponde a vías Interregionales, el 27% a vías Arteriales y el 66% a vías Semiarteriales y Colectoras (ver cuadro N° 7).

**Cuadro 7.** Malla vial disponible para implementación de ciclocarriles.

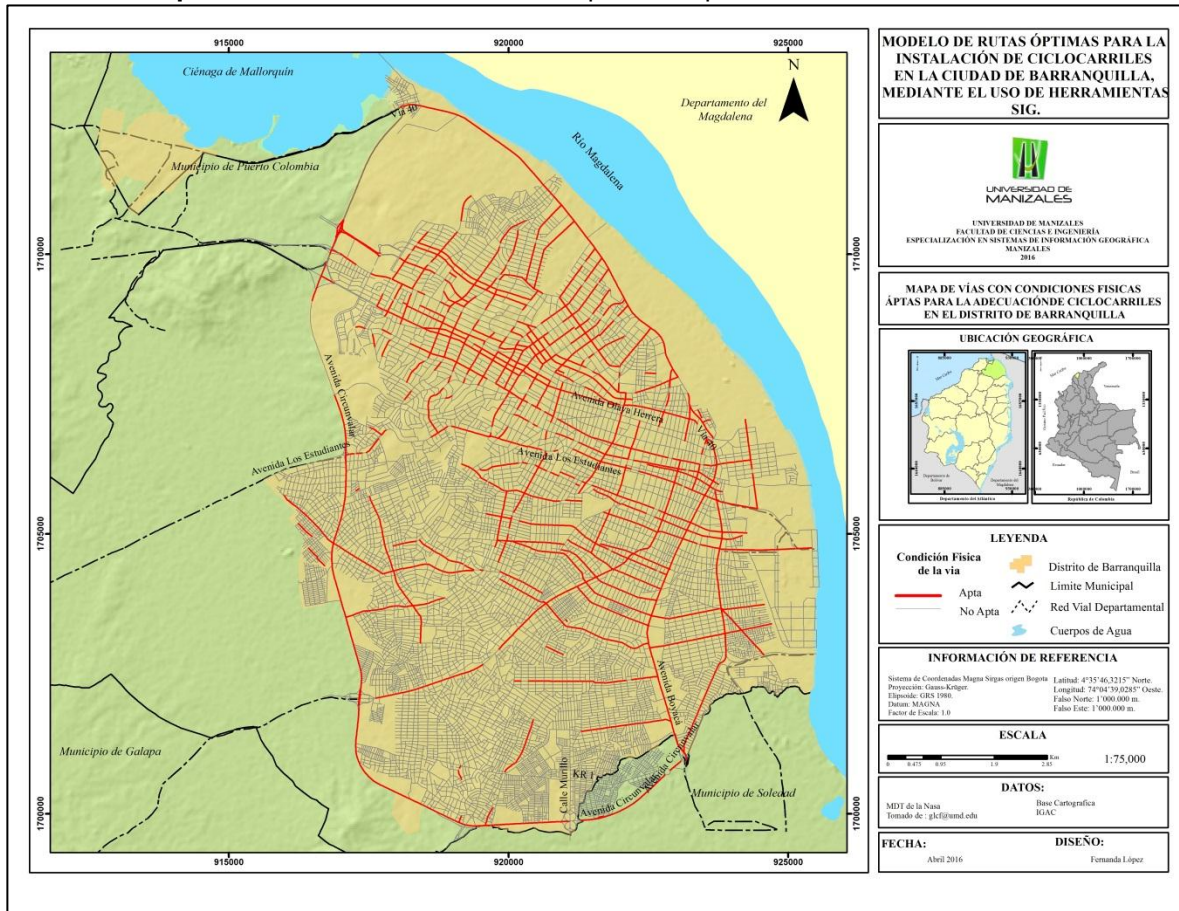
Categorías		Longitud (Km)	%	% del total de vías de la ciudad
<b>Interregional</b>	<b>I</b>	13.38	7.33	0.89
<b>Arterial</b>	<b>II</b>	49.26	26.98	3.28
<b>Semiarterial y Colectora</b>	<b>III</b>	119.95	65.69	7.98
<b>Total</b>		<b>182.60</b>	<b>100.00</b>	<b>12.15</b>

Entre las vías que cuentan con estas condiciones está: la Avenida Circunvalar, la Avenida Boyacá, la Avenida de los Estudiantes, la Vía 40, entre otras importantes.





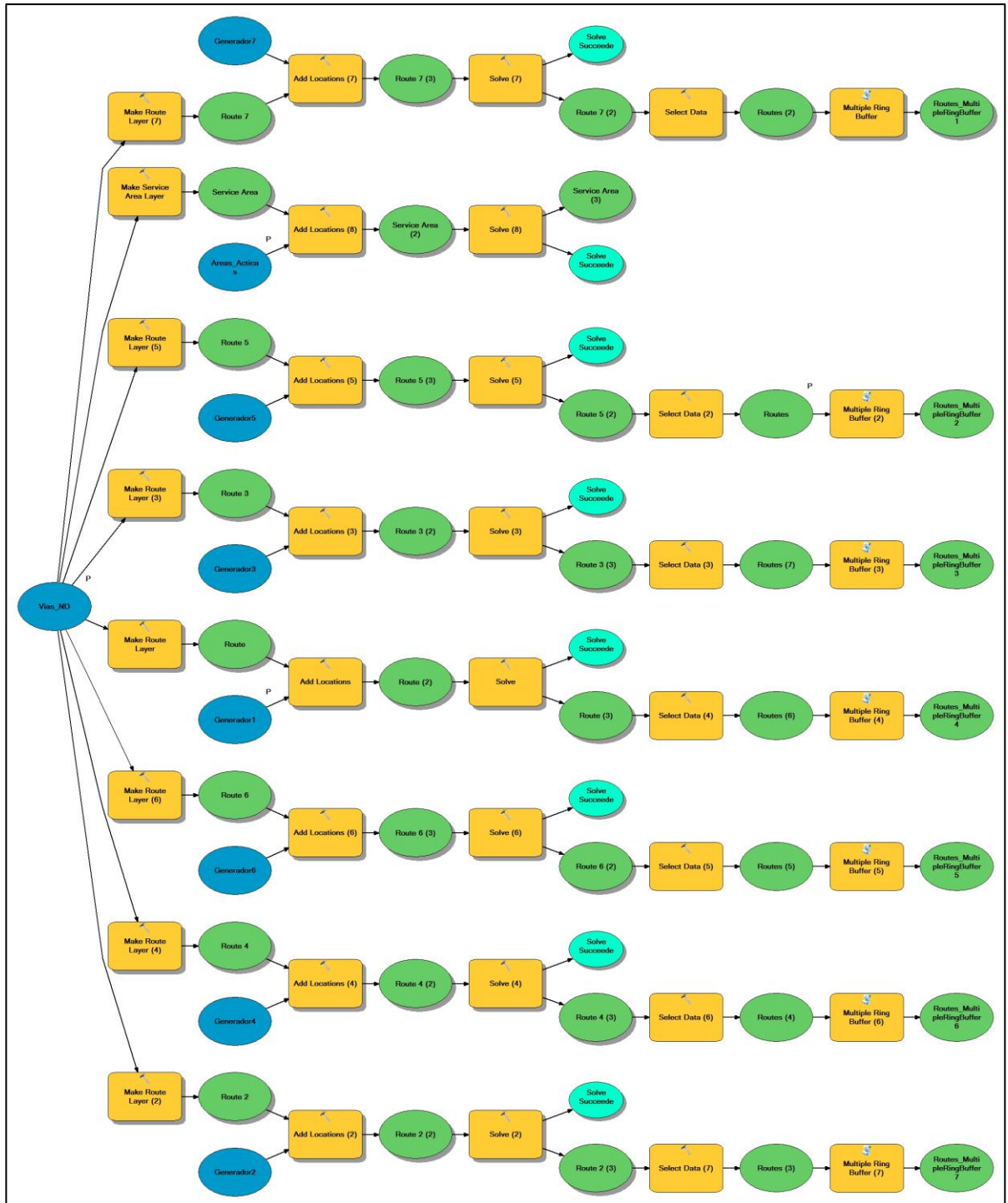
**Mapa 15.** Vías en condiciones físicas para la implementación de ciclocarriles



- ✓ Posteriormente se construye el modelo, éste se crea a partir de la capa de vías configuradas en el *Network Dataset*, y la capa de puntos considerada como las paradas de la ruta, (puntos de destino de potenciales viajes), (Ver figura 2). dado que existen 7 puntos de origen de potenciales viajes en toda la ciudad, se consideró establecer el mismo número de rutas óptimas, partiendo de cada origen y recorriendo todos los puntos de destino (ver mapa N°17). Los mapas del N° 18 al N° 24 muestran cada una de las rutas generadas.



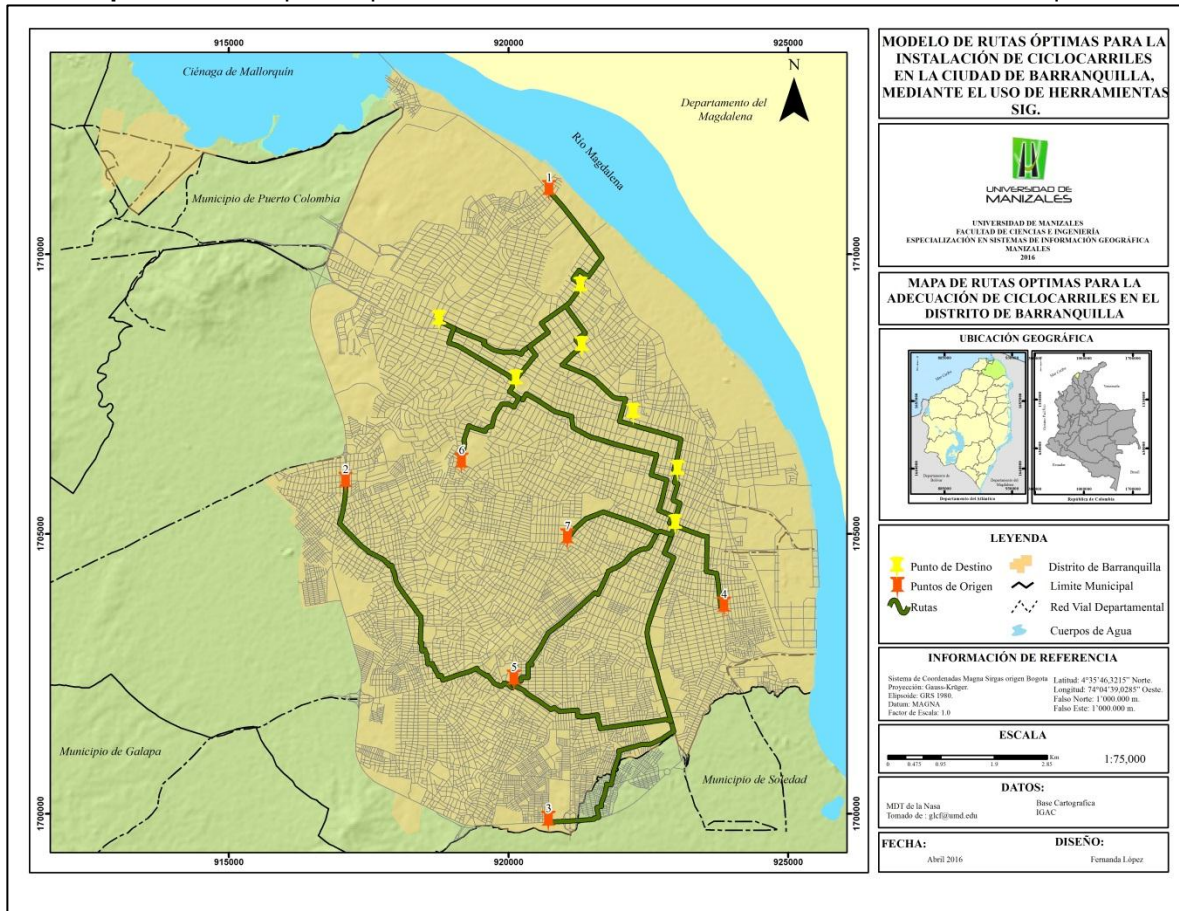
Figura 3. Modelo de rutas optimas generados en el Model Builder



Fuentes: Propia



**Mapa 16.** Rutas óptimas para la instalación de ciclocarriles en el distrito de Barranquilla.



En el mapa N° 17 se puede observar los resultados arrojados por el modelo de rutas óptimas, el cual muestra la distribución de toda la red, partiendo de los puntos de origen y desembocando en los puntos de destino.

Las rutas óptimas para la instalación de los ciclocarriles se disponen espacialmente de forma distribuida sobre el Sur- Occidente de la ciudad, sector que en su mayoría es esencialmente residencial de estrato 1, 2 y 3; por otro lado en el sector norte histórico las rutas se presentan de manera concentrada, debido a que esta parte de la ciudad es gran generadora de empleo, especialmente de tipo comercial, de igual forma en este sector se establece un importante número de instituciones educativas.

Teniendo en cuenta que todos los puntos de destino se asumieron para cada uno de los puntos de origen, a continuación se presenta cada una de las rutas.





Mapa 17. Ruta óptima N° 1. Punto de Origen Vía 40.

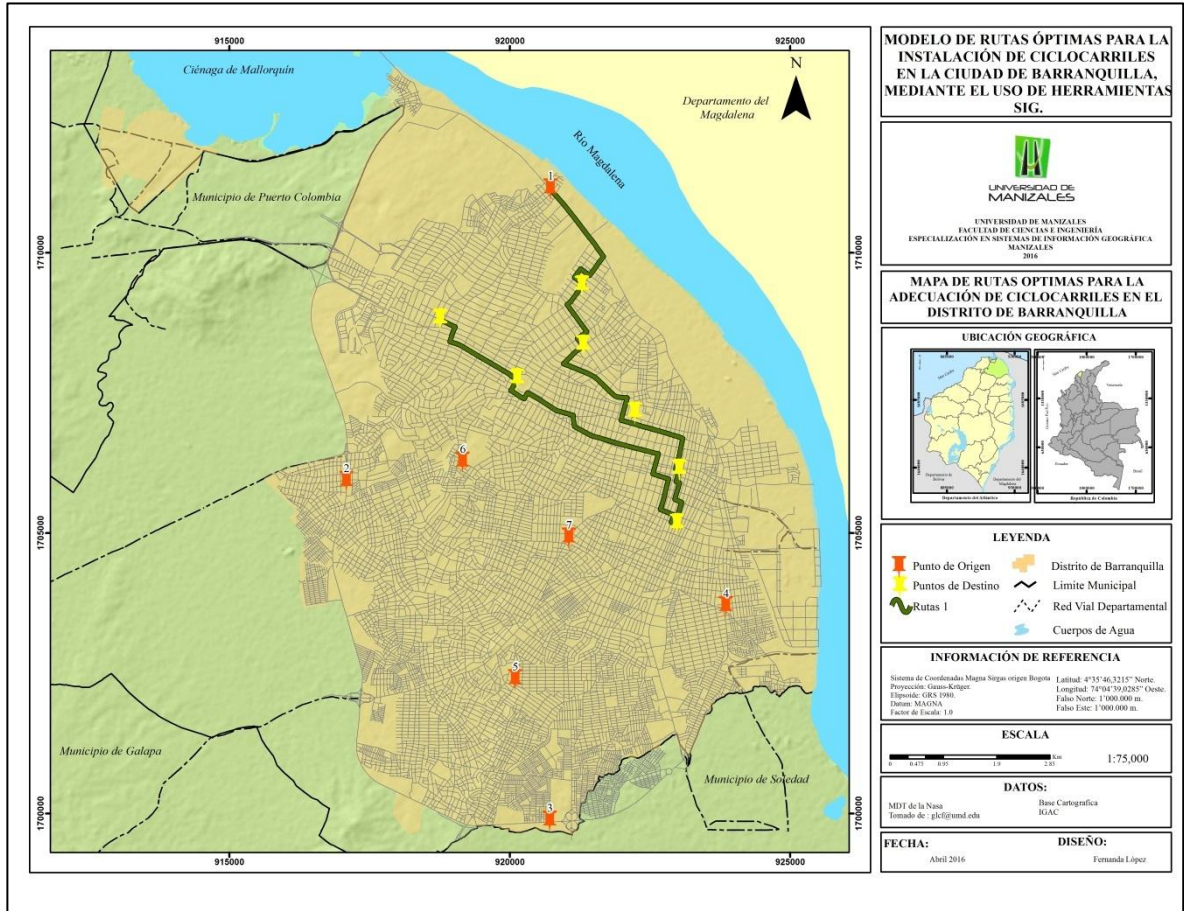
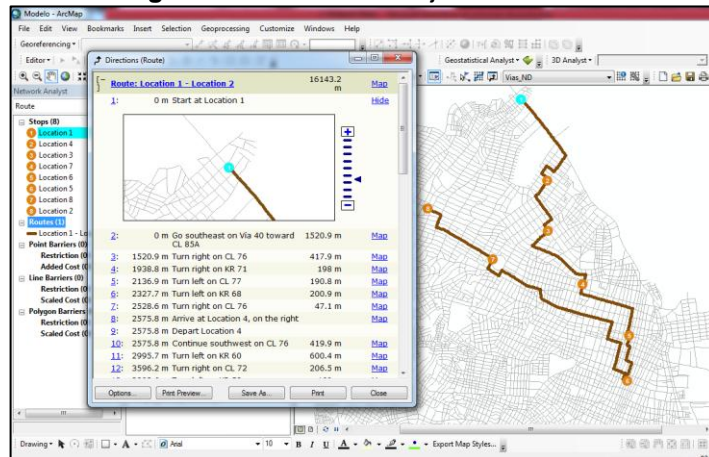


Figura 4. Indicador de viaje – Ruta N° 1.



La primera ruta tiene como punto de origen la Vía 40 y recorre de Norte a Sur hasta llegar a la Calle 35 con Carrera 32 y de ahí se desplaza hacia el Norte hasta la Calle 87 con Carrera 49c, para una longitud total de 16,1 Km.



Mapa 18. Ruta óptima N° 2. Punto de Origen Avenida Circunvalar.

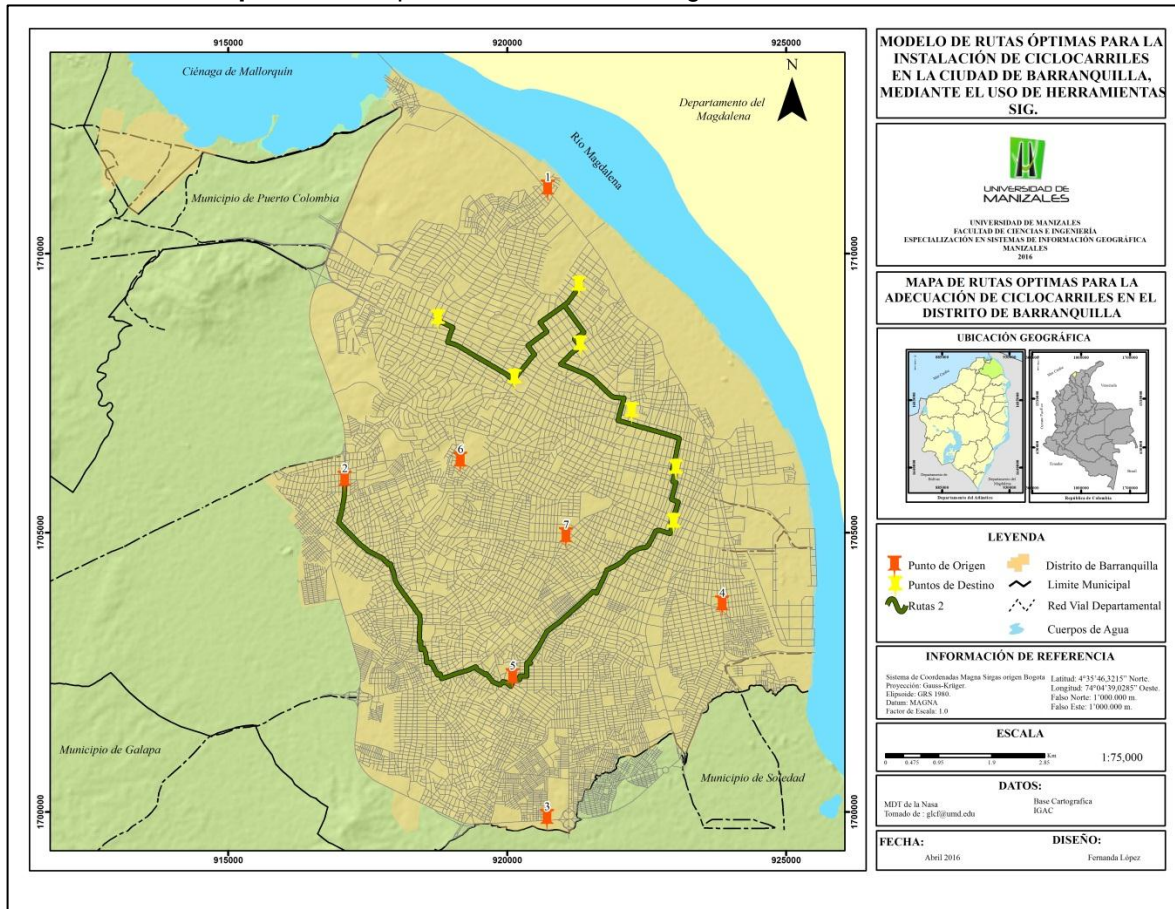
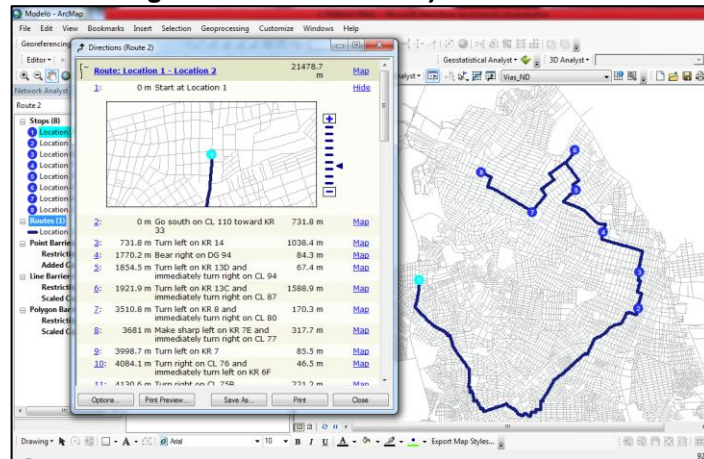


Figura 5. Indicador de viaje – Ruta N° 2.



La segunda ruta tiene como punto de origen la vía Circunvalar, emplazándose de Occidente al Sur y de Sur a Oriente, con un total de 21,5 km de longitud, siendo ésta la más extensa de las 7 rutas.





Mapa 19. Ruta óptima N° 3. Punto de Origen vía Circunvalar – Estadio Metropolitano.

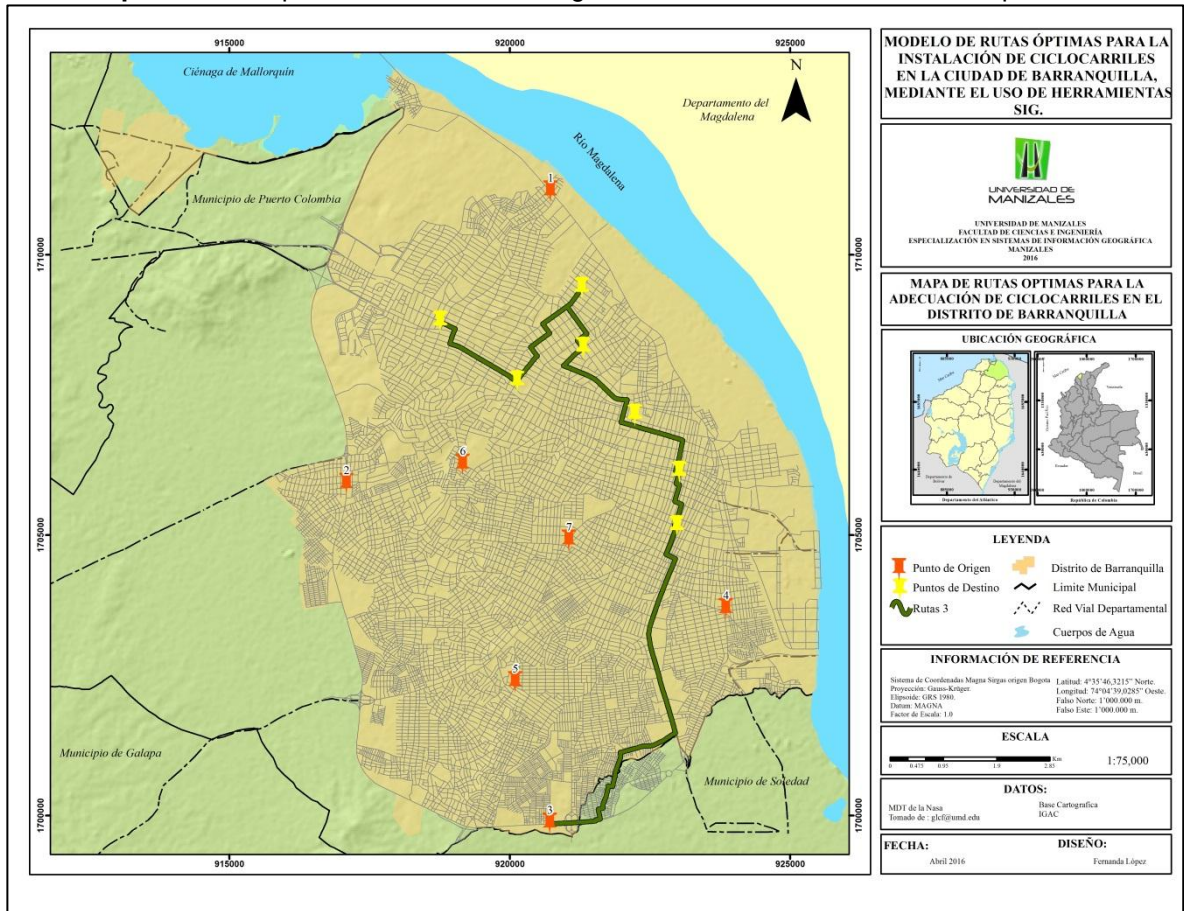
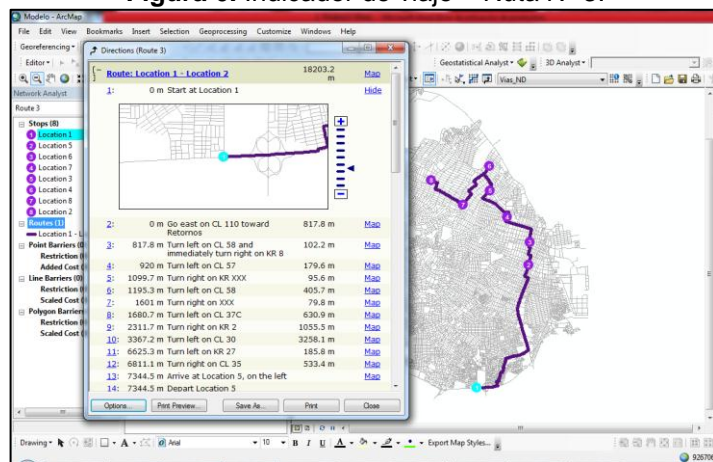


Figura 6. Indicador de viaje – Ruta N° 3.



La tercera ruta se inicia en el estadio Metropolitano, ésta se dispone principalmente sobre la Calle 30 hasta llegar al Centro Administrativo de la ciudad y posteriormente hacia el Norte. La ruta presenta una longitud de 18.2 km.



Mapa 20. Ruta óptima N° 4 Punto de origen Calle 17.

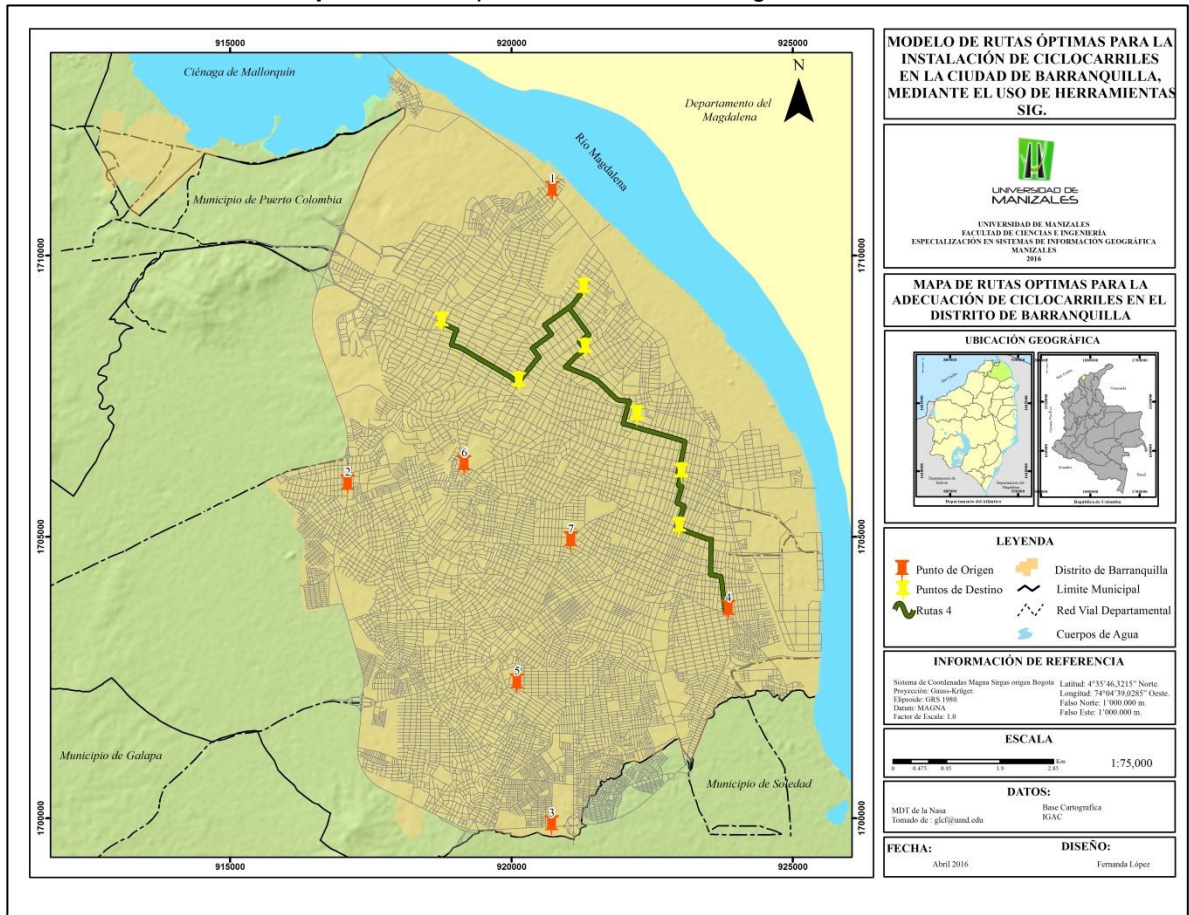
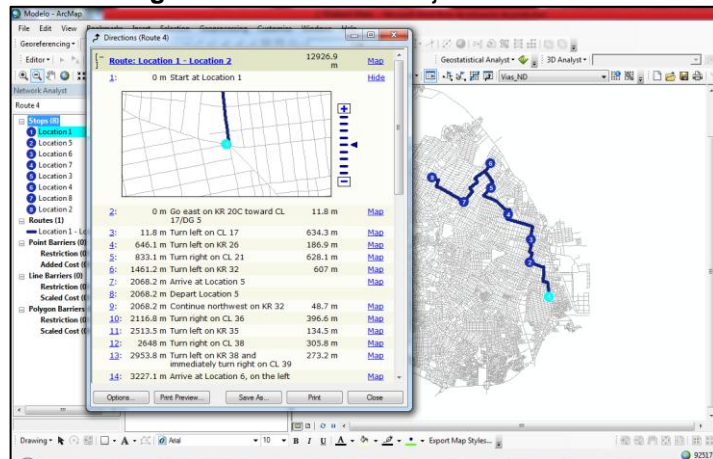


Figura 7. Indicador de viaje – Ruta N° 4.



La cuarta ruta inicia sobre la Calle 17, haciendo un recorrido Sur-Norte, hasta llegar a la Calle 87 con Carrera 49c. Esta ruta tiene una longitud total de 12,9 Km.





Mapa 21 Ruta óptima N° 5. Punto de origen Calle 7.

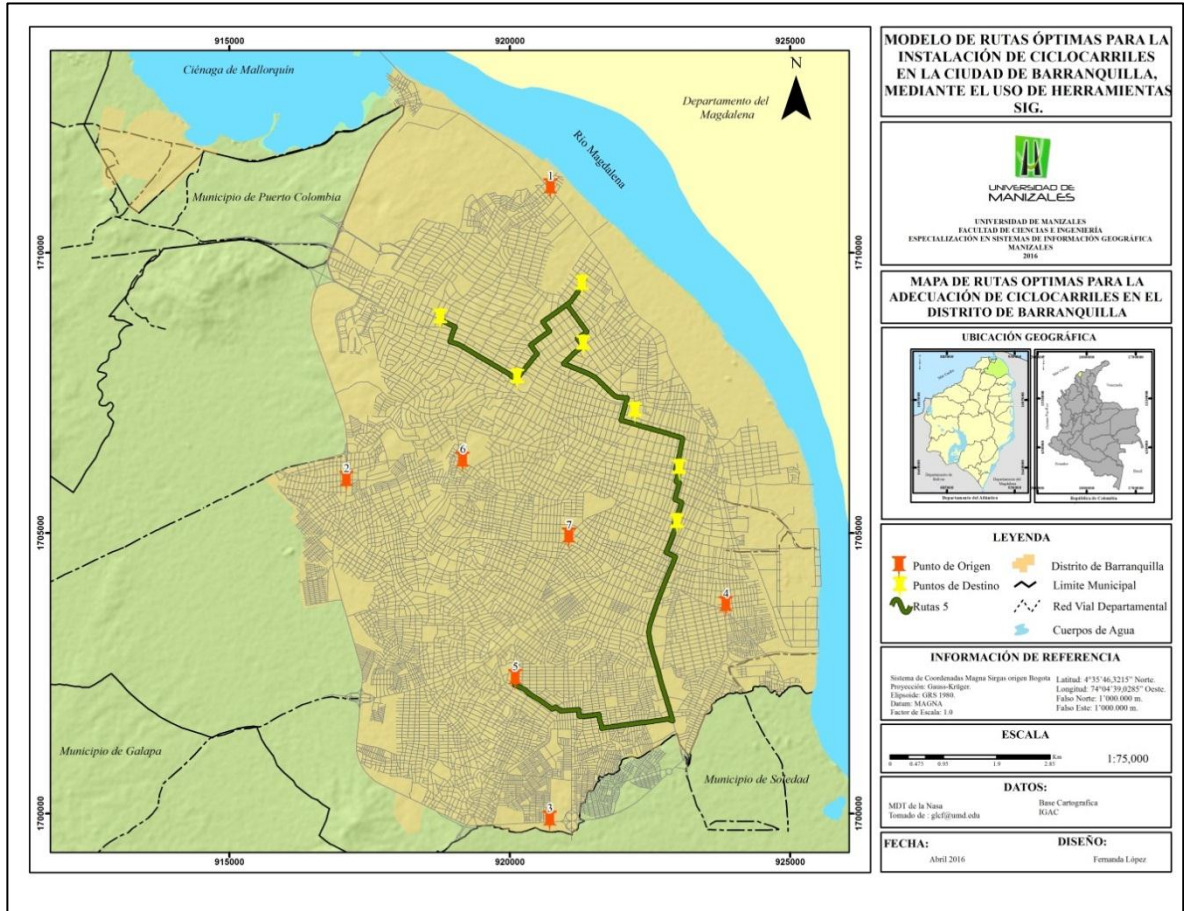
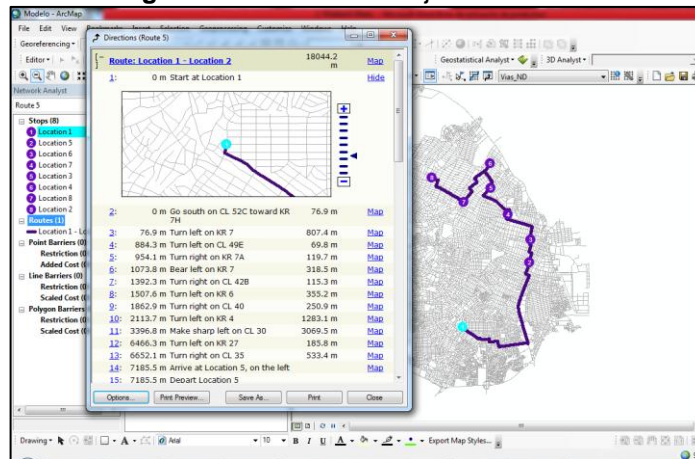


Figura 8. Indicador de viaje – Ruta N° 5.



La quinta ruta parte de la Calle 7 en un sector residencial de estrato 1 y 2 hasta la Calle 30, de allí se dispone hasta el Centro y posteriormente al Norte de la ciudad. Esta ruta presenta una longitud de 18 km.





Mapa 22 Ruta óptima N° 6. Punto de origen calle 76.

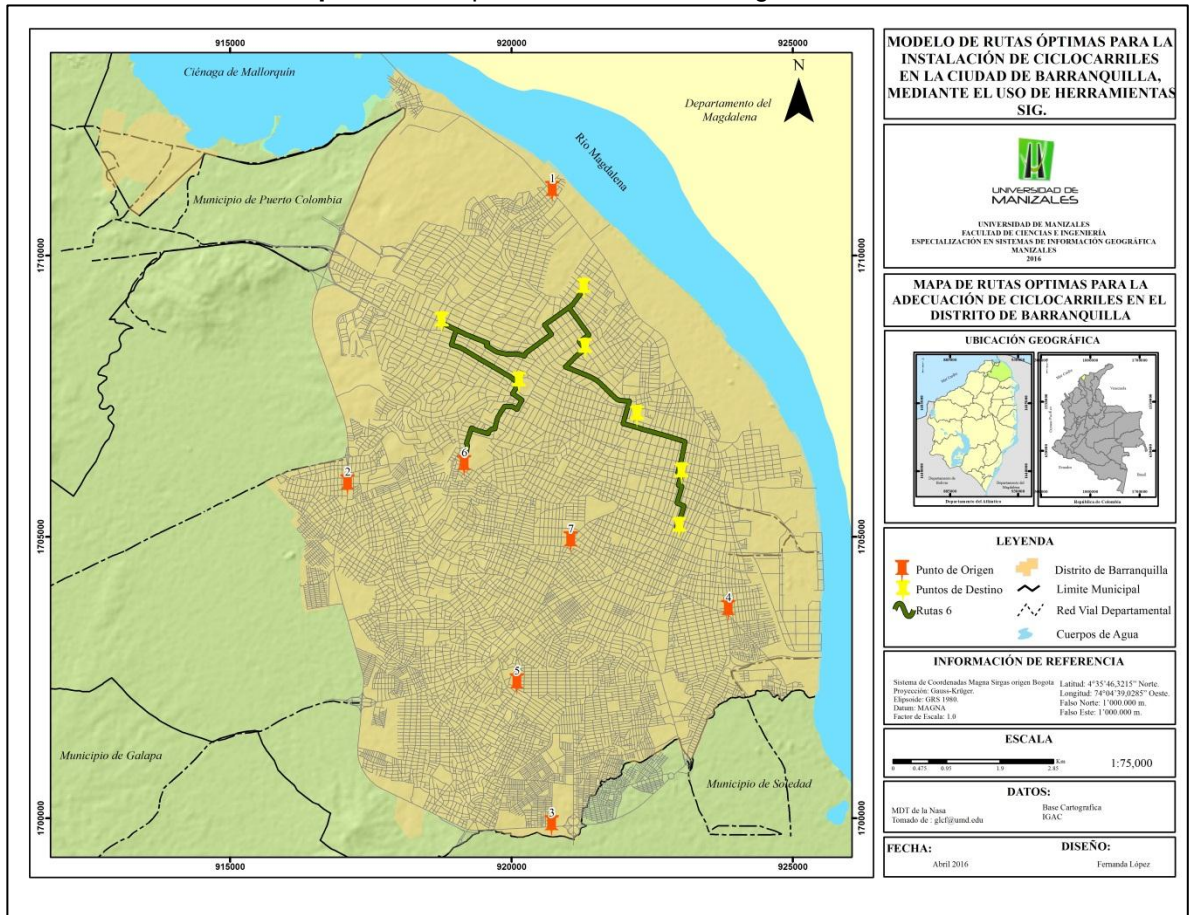
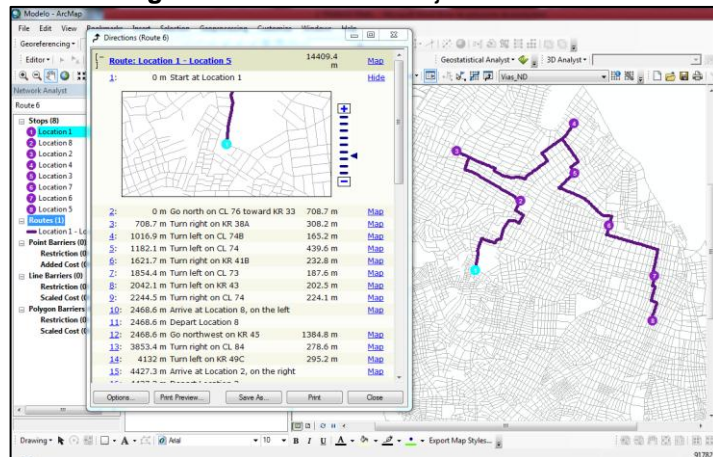


Figura 9. Indicador de viaje – Ruta N° 6.



La sexta ruta se inicia sobre Calle 76 muy cerca del Centro Comercial Americano y el Colegio Americano, presentando una longitud total de 14,4 Km.



Mapa 23. Rutas óptimas N° 7 punto de origen calle 53D IED Inocencio Chica.

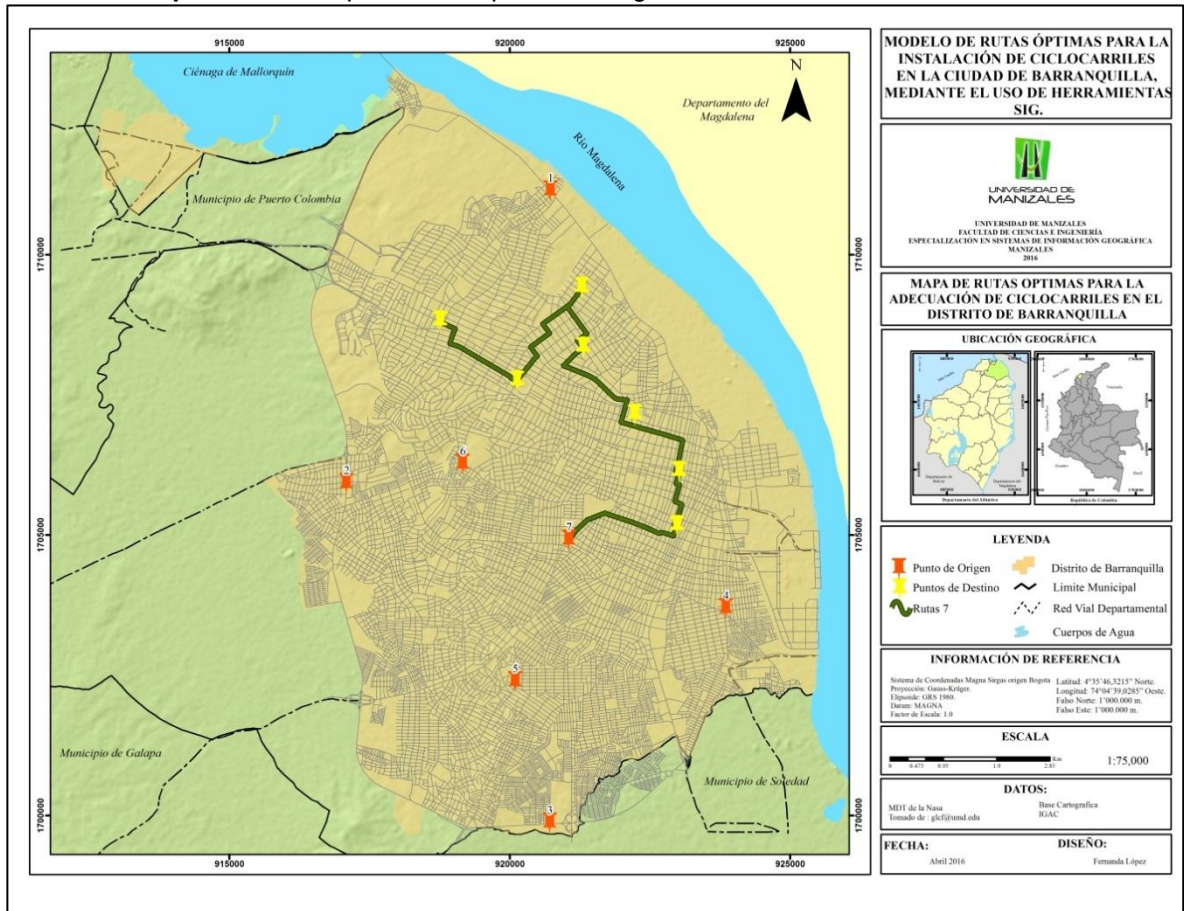
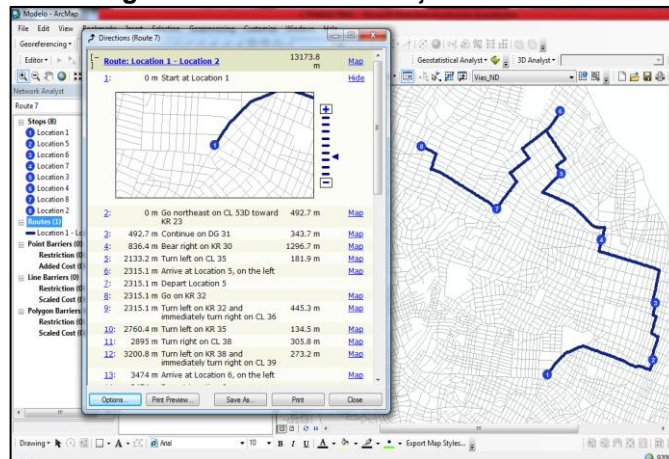


Figura 10. Indicador de viaje – Ruta N° 7.



La ruta N° 7 parte desde la calle 53d, identificada ésta como una zona que atrae gran población, ya que allí se encuentran ubicados un colegio, un centro hospitalario y centros de seguridad ciudadana, por lo que la instalación de ciclocarriles representaría un beneficio inmediato a la población. La ruta se

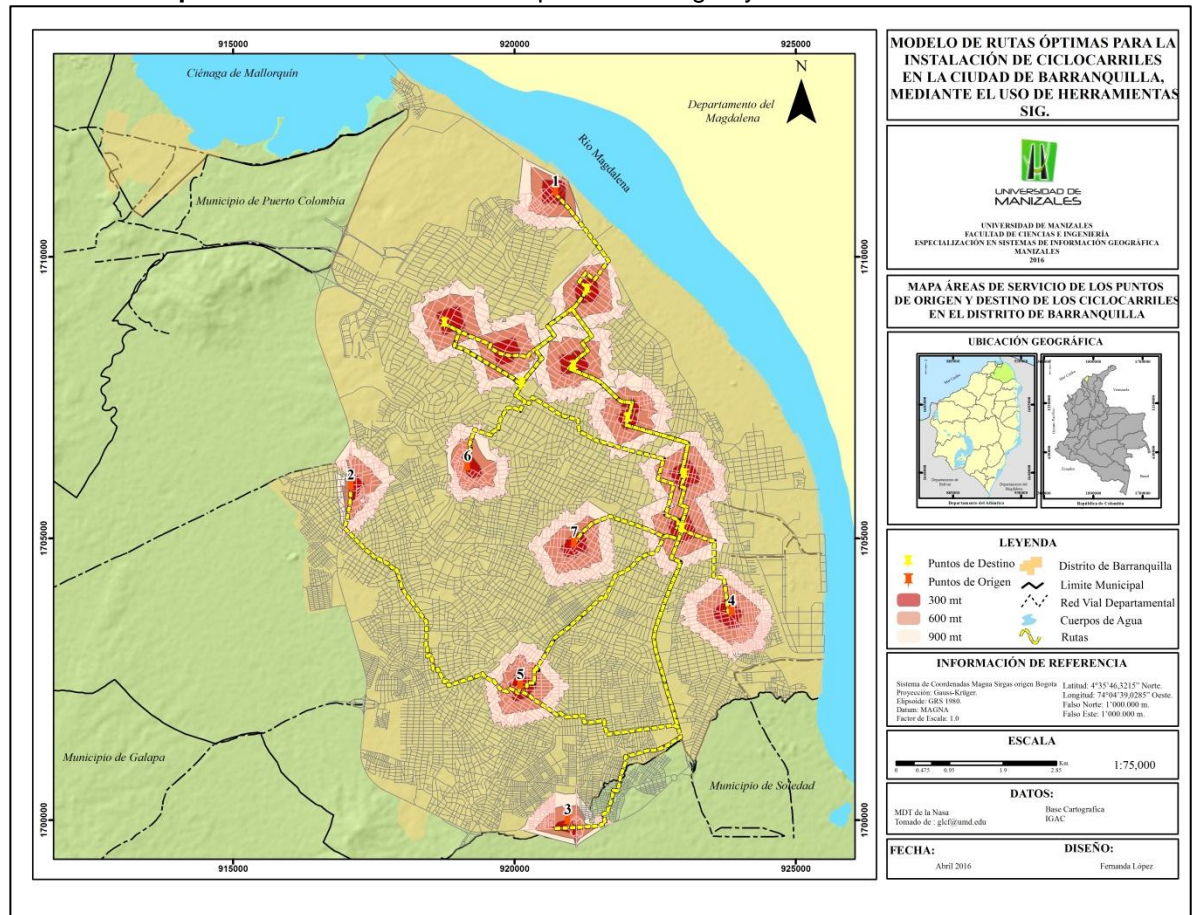




desplaza por la Carrera 30 hasta la Calle 35 con Carrera 32, de allí inicia su recorrido en sentido Sur – Norte por cada uno de los puntos establecidos como lugares de destino. Esta ruta cuenta con una longitud de 13,2 Km.

- ✓ El último objetivo específico es determinar los sectores que se verán beneficiados por los ciclocarriles. En el modelo se establecen las áreas de servicio y de influencia; identificando las vías que son directamente beneficiadas por los ciclocarriles y por las que se puede llegar a los puntos de origen y destino desde una distancia máxima de 900 metros (ver mapa N° 25).

**Mapa 24.** Área de servicio de los puntos de origen y destino de las rutas.



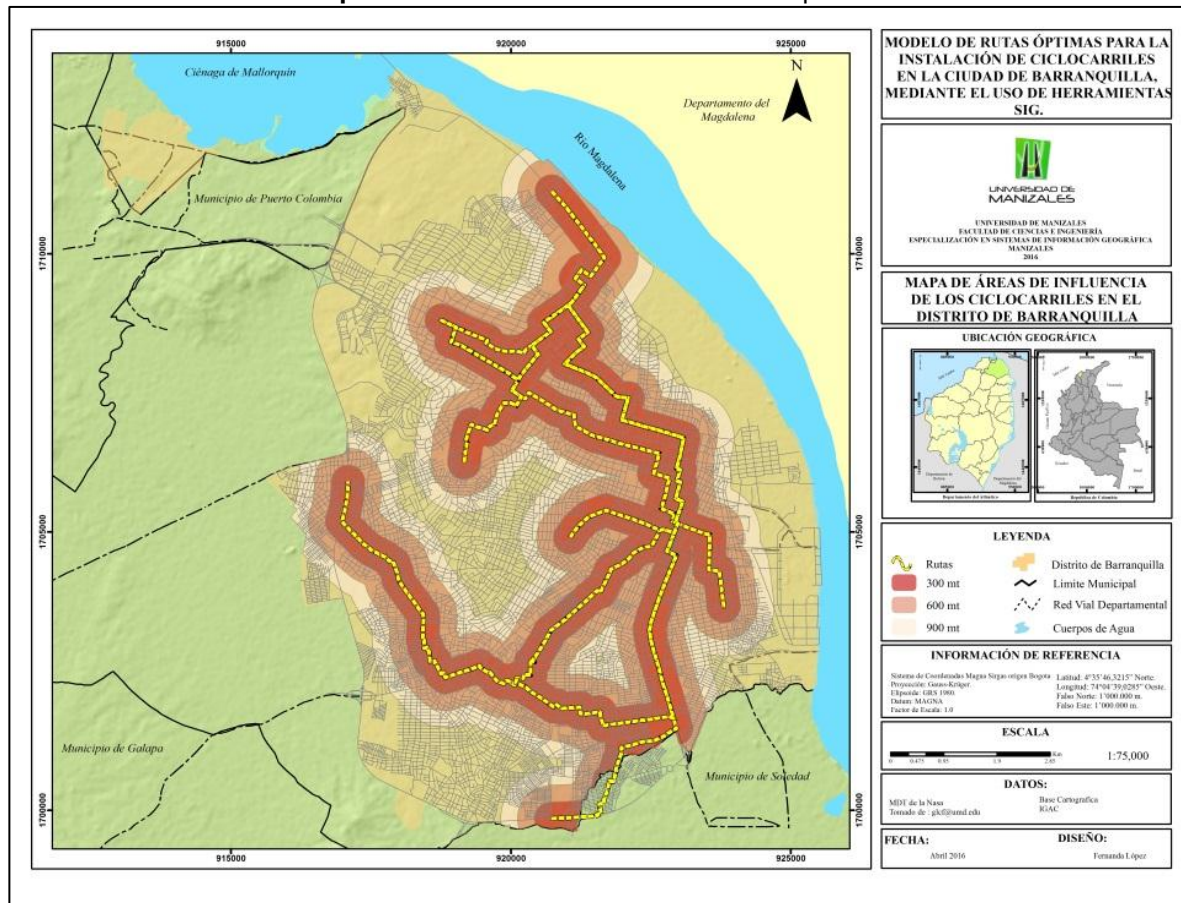
En los resultados se puede observar los sectores que tienen proximidad con los puntos de origen y de destino, se nota como el punto N° 4 correspondiente al punto de origen de la Calle 17 es quien presenta mayor área de servicio con 1,74 km<sup>2</sup> lo cual permite inferir que un mayor número de población se verá beneficiada por la instalación de ciclocarriles, por otro lado se evidencia la poca área de influencia que presenta el punto N° 3, situado en la avenida Circunvarar cerca al estadio Metropolitano, esta situación se presenta ya que este punto se encuentra dispuesto sobre el límite del Distrito, considerándose



hasta allí la malla vial, no obstante si se contara con la red vial del municipio de Soledad, el área se ampliaría y cobijaría este municipio.

Las áreas de influencia se establecen a partir de la distancia euclidiana, la determinación de ésta permite identificar cual son los sectores que se verán directamente beneficiados por las rutas (ver mapa 26 y 27).

**Mapa 25.** Área de influencia de las rutas óptimas.



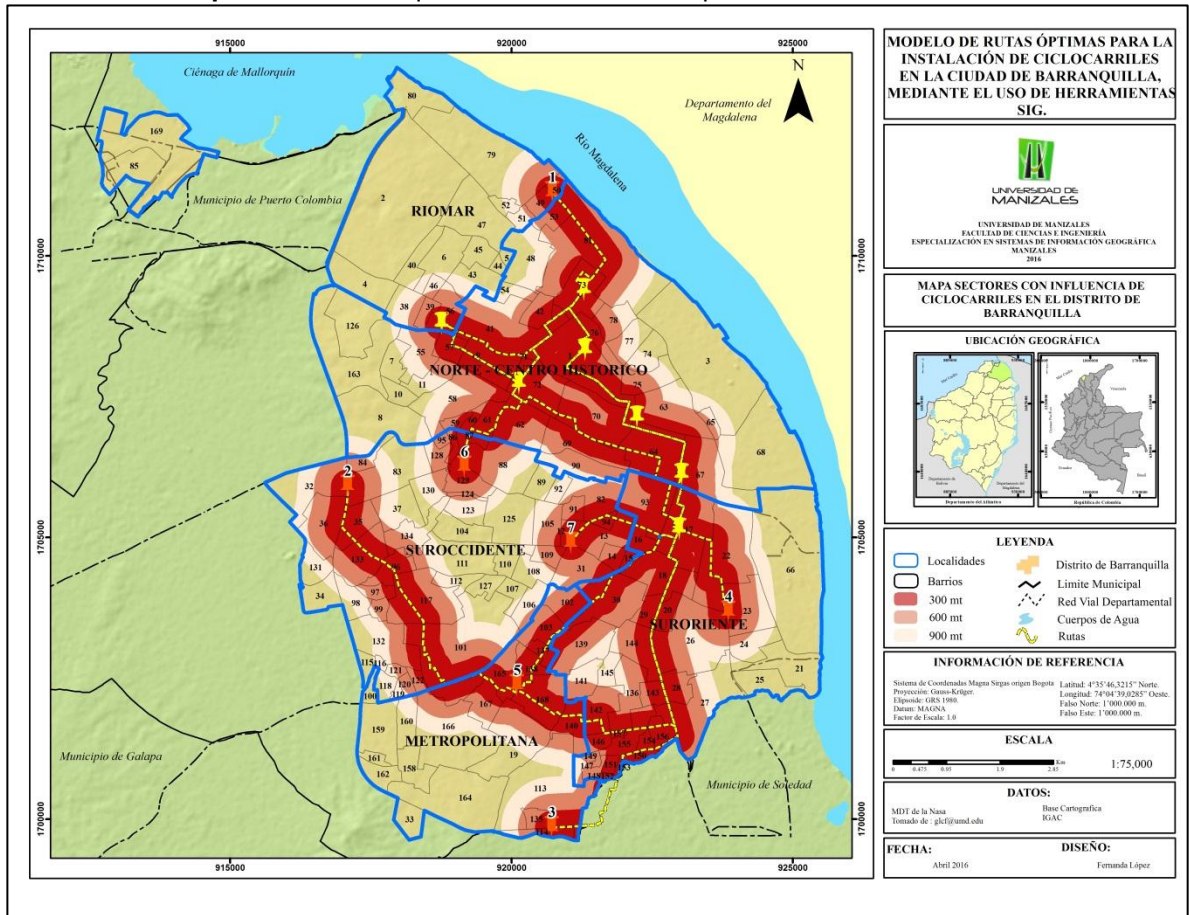
Los resultados obtenidos muestran que el área de influencia de los ciclocarriles beneficiará al 63,0% del territorio Distrital, esto quiere decir que de 85,3 Km<sup>2</sup> de zona urbana 53,81 Km<sup>2</sup> están influenciados a menos de 900 metros de algún punto del ciclocarril.

Así mismo, se puede determinar que 23,34 Km<sup>2</sup> son influenciados a menos de 300 metros; 17,10Km<sup>2</sup> corresponden entre 300 y 600 metros y 13,37 Km<sup>2</sup> son influenciados entre 600 y 900 metros.





**Mapa 26.** Sectores que serán influenciados por las rutas de ciclocarril.



Se puede apreciar que según el área de influencia, la instalación de los ciclocarriles tendrá un impacto sobre todas las localidades beneficiando a 151 barrios en diferentes proporciones.

Las localidades que presentan mayor cobertura de las rutas de ciclocarriles son la Suroriente con el 76,26% de su área cubierta, seguida de la Suroccidente con 75,39% y Norte Centro Histórico como 66,14% (ver cuadro 8).

La comuna Riomar es quien presenta la más baja área de influencia de los ciclocarriles, esto se debe a que si bien, existe un punto de origen y otro de destino, éstos no se conectan directamente porque la topografía presenta pendiente superiores al 7%.



**Cuadro 8.** Áreas de la influencia de los ciclocarriles en las Localidades.

LOCALIDADES	AREA TOTAL Km <sup>2</sup>	AREA CON INFLUENCIA DE CICLOCARRILES Km <sup>2</sup>	% DEL AREA DE INFLUENCIA EN LA COMUNA
METROPOLITANA	11.23	6.38	56.83
NORTE - CENTRO HISTORICO	26.16	17.30	66.14
RIOMAR	11.11	2.23	20.03
SUROCCIDENTE	19.33	14.57	75.39
SURORIENTE	17.47	13.33	76.26

Así mismo, utilizando la herramienta *Clip-Analysis tools* de *ArcGis* se extrajeron los barrios que se localizan dentro del área de influencia de la ruta del ciclocarril, esto permitió calcular el área de influencia de la ruta dentro de cada barrio.

Por consiguiente, en los cálculos de área se pudo identificar que el 50% de los barrios del Distrito serán influenciados en su área total; el 25% serán influenciados entre el 99% y el 50% del área; el 14% presentará influencia inferior al 50% y el 11% de los barrios se alejan a más de 900 metros de las rutas de ciclocarril por ende no son directamente influenciados (ver cuadro 9 y 10).

**Cuadro 9.** Número de barrios según el porcentaje de influencia de la ruta de ciclocarril.

Influencia del Ciclocarril en el Área del Barrio	Nº de Barrios	%
100%	84	50
99-50%	43	25
49-25%	7	4
24-1%	17	10
0%	18	11



**Cuadro 10.** Porcentaje del área de influencia del ciclocarril en los barrios del Distrito de Barranquilla

COD	BARRIO	AREA TOTAL Ha	AREA DE INFLUENCIA Ha	% DE AREA DE INFLUENCIA EN EL BARRIO	COD	BARRIO	AREA TOTAL Ha	AREA DE INFLUENCIA Ha	% DE AREA DE INFLUENCIA EN EL BARRIO
1	EL PRADO	131	131	100	44	VILLA DEL ESTE	6	0	0
2	ALTOS DEL PARQUE	386	0	0	45	ANDALUCIA	25	0	0
3	ZONA INDUSTRIAL - LA LOMA	273	23	8.47	46	SANTA MONICA	10	10	100
4	VILLA SANTOS	62	0	0	47	VILLA CAROLINA - EL LIMONCITO	89	0	0.07
5	SOLAIRE	6	0	0	48	PARAISO	71	37	51.77
6	ALTOS DE RIOMAR	53	8	14.92	49	SAN SALVADOR	17	17	100
7	LA CUMBRE	25	4	17.49	50	SIAPE	9	9	100
8	CAMPO ALEGRE	127	24	19.12	51	LAS TRES AVE MARIAS	13	13	94.68
9	EL PORVENIR	56	56	100	52	LA FLORESTA	12	6	53.49
10	LOS NOGALES	18	0	0	53	EL CASTILLO	20	20	100
11	NUEVO HORIZONTE	31	24	75.73	54	EL GOLF	16	12	75.64
12	CUIDADELA DE LA SALUD	14	14	100	55	LA CAMPINA - LOS ALPES	50	45	91.74
13	SAN ISIDRO	49	49	100	56	SAN VICENTE	37	37	100
15	ALFONSO LÓPEZ	21	21	100	57	GRANADILLO	23	23	100
16	ATLÁNTICO	17	17	100	58	CIUDAD JARDIN	96	86	90.3
17	SAN ROQUE	103	103	100	59	LOS JOBOS	10	10	100
18	MONTES	72	72	100	60	LAS MERCEDES	9	9	100
19	CARRIZAL	102	64	63.44	61	BETANIA	22	22	100
20	LOS TRUPILLOS	20	20	100	62	DELICIAS	66	66	100
21	EL FERRY	72	2	2.5	63	ABAJO	86	84	97.38
22	REBOLO	135	135	100	64	EL ROSARIO	85	85	100
23	LA LUZ	71	71	99.62	65	BARLOVENTO	11	11	100
24	LA CHINITA	37	27	73.82	66	ZONA FRANCA Y TERMINAL MARITIMO	302	33	11.04
25	PASADENA - PRIMERO DE MAYO	38	0	0	67	CENTRO	97	85	87.79
26	LAS NIEVES	135	133	98.73	68	BARRANQUILLITA	190	21	11.17
27	SIMÓN BOLIVAR	104	79	76.22	69	EL RECREO	124	124	100
28	SANTA ELENA	26	26	100	70	BOSTON	97	97	100
29	BOYACÁ	20	20	100	71	AMERICA	7	7	100
30	SAN JOSÉ	85	85	100	72	COLOMBIA	62	62	100
31	EL CARMEN	51	51	100	73	LA CONCEPCION	58	58	100
32	LA PRADERA	86	62	72.18	74	MODELO	32	16	48.97
33	LAS GRANJAS	27	0	0	75	MONTECRISTO	41	35	85.38
34	EL PUEBLO	34	5	15.25	76	BELLAVISTA	23	23	100
35	LOS OLIVOS	39	39	100	77	SANTA ANA	33	26	78.9
36	LOS OLIVOS II	65	65	100	78	SAN FRANCISCO	33	33	99.66
37	POR FIN	48	28	57.85	79	ZONA INDUSTRIAL	206	60	29.15
38	EL POBLADO	36	29	79.79	80	LAS FLORES	54	0	0
39	ALTAMIRA	14	14	100	81	BATALLON	243	225	92.54
40	ALTOS DEL LIMON	33	2	7.12	82	LUCERO	56	56	100
41	ALTOS DEL PRADO	130	130	100	83	EL RUBI - VILLA DEL ROSARIO	100	69	68.8
42	VILLA COUNTRY	25	25	100	84	LAS ESTRELLAS	18	14	79.86
43	RIOMAR	42	17	40.69	85	VILLA MAR	54	0	0



Continuación.

COD	BARRIO	AREA TOTAL Ha	AREA DE INFLUENCIA Ha	% DE AREA DE INFLUENCIA EN EL BARRIO	COD	BARRIO	AREA TOTAL Ha	AREA DE INFLUENCIA Ha	% DE AREA DE INFLUENCIA EN EL BARRIO
86	LAS COLINAS	8	8	100	128	LAS TERRAZAS	17	17	100
87	LAS MERCEDES SUR	13	13	100	129	EL SILENCIO	36	36	100
88	OLAYA HERRERA	89	76	84.72	130	ME QUEJO	36	25	68.86
89	NUEVA GRANADA	24	5	18.77	131	LOS ANGELES	29	19	63.84
90	EL RECREO	49	112	227.29	132	LAS MALVINAS	75	57	75.88
91	LOS PINOS	15	15	100	133	LA PAZ	67	67	100
92	SANTO DOMINGO	14	13	92.38	134	LA MANGA	42	35	83.29
93	CHIQUEQUIRÁ	79	79	100	135	LOS GIRASOLES	17	17	100
94	LOMA FRESCA	8	8	100	136	LAS PALMAS	52	52	100
95	LA FLORIDA	6	6	100	137	CONTINETES	14	14	100
96	CIUDAD MODESTO	30	30	100	138	KENNEDY	23	23	100
97	7 DE AGOSTO	15	15	100	139	LA VICTORIA	75	75	100
98	VILLA SAN PEDRO	28	22	76.33	140	BUENOS AIRES	36	36	100
99	LOS ROSALES	39	32	82.05	141	ALBORAYA	34	33	98.19
100	UNIVERSAL I	11	0	3.96	142	LA MAGDALENA	43	43	100
101	EL BOSQUE	202	170	84.37	143	TAYRONA	19	19	100
102	CEVILLAR	36	36	100	144	LA UNIÓN	53	53	100
103	LA SIERRA	35	35	100	145	EL CAMPITO	17	17	96.38
104	NUEVA COLOMBIA	37	1	2.13	146	SAN NICOLÁS	13	13	100
105	LOS ANDES	38	38	98.71	147	VILLA BLANCA	15	15	100
106	LA CEIBA	29	28	96.71	148	BELLA ARENA	8	8	100
107	VILLATE	17	3	17.24	149	EL MODERNO	2	2	100
108	LA BUENA ESPERANZA	29	16	56.07	150	UNIVERSAL I	11	11	100
109	PUMAREJO	17	17	100	151	EL MILAGRO	7	7	100
110	EL VALLE	26	4	15.16	152	VILLA DEL CARMEN	3	3	100
111	LA ESMERALDA	83	28	33.67	153	LOS LAURELES	3	3	100
112	LIPAYA	19	11	57.56	154	UNIVERSAL	12	12	100
113	CIUDADELA 20 DE JULIO	180	142	79.15	155	JOSÉ ANTONIO GALÁN	35	35	100
114	VILLA SEVILLA	18	18	97.75	156	EL LIMÓN	25	25	100
115	SAN PEDRO ALEJANDRINO	13	0	2.23	157	LAS DUNAS	3	3	100
116	LA GLORIA	4	4	99.5	158	SANTA MARÍA	33	0	0
117	EVARISTO SOURDIS	101	101	100	159	VILLA SAN PEDRO	65	1	1.75
118	CORDIALIDAD	16	9	57.45	160	SAN LUIS	31	13	41.91
119	SAN PEDRO 1	5	5	99.99	161	SAN CARLOS	9	0	0
120	CALIFORNIA	9	9	100	162	20 DE JULIO	25	0	0
121	VILLA FLOR	7	7	100	163	EL TABOR	131	3	2.67
122	EL ROMANCE	10	10	100	164	7 DE ABRIL	146	0	0
123	CARLOS MEISEL	29	23	80.08	165	LA SIERRITA	67	67	100
124	LA LIBERTAD	5	5	100	166	SANTO DOMINGO DE GUZMÁN	145	68	46.67
125	SAN FELIPE	73	19	25.86	167	LAS AMERICAS	35	35	100
126	MIRAMAR	76	0	0	168	SANTUARIO	68	68	100
127	CUCHILLA DE VILLATE	18	0	0	169	LA PLAYA	164	0	0





## 6.2. Discusión de los resultados

El desarrollo del modelo para establecer las rutas óptimas de los ciclocarriles en el distrito de Barranquilla utilizando como herramienta de análisis los Sistemas de Información Geográfica, permite desde el mismo momento de la configuración de la red identificar las condiciones de aptitud de las vías y su candidatura para la instalación del ciclocarriles, la tipificación de estas vías sirve de línea base para posteriores estudios de la malla vial de la ciudad. Si bien, la ciudad cuenta con una extensa malla vial solo el 12,15% de las vías cuentan con condiciones físicas aptas para la instalación, esto es preocupantes si se tiene en cuenta que solo se utilizaron dos variables de impedancia (pendiente y troncal de Transmetro) y una de jerarquía (perfil vial).

Como resultado del modelo se obtiene una red de bicicarriles, constituida por 7 rutas generadas a partir unas centralidades territoriales, identificadas como puntos de origen y destino o zonas de generación y atracción de población, los cuales se obtuvieron a partir de criterios subjetivos y datos de tipo cuantitativo como datos de número de usuarios de bicicleta y el desplazamiento en transporte público por motivo de trabajo y de estudio; no obstante, este criterio puede variar según el objetivo o necesidad planteada lo cual pueden generar un resultado completamente diferentes al aquí propuesto.

Así mismo, se puede ver como las rutas generadas responden a los criterios establecidos de conectividad y menor tiempo de desplazamiento, así como las condiciones físicas establecidas (pendientes, tipología de la vías y troncales del sistema del transporte masivo) lo que favorecen la seguridad y confort de la población. Una observación a tener en cuenta, es que si bien, el modelo cumplió con lo establecido en los criterios, la información de pendiente es obtenida de un modelo digital del terreno con celdas de 30 x 30 lo cual puede incurrir en imprecisiones por el tamaño de la cuadrícula.

Un punto a resaltar es la identificación de los sectores que se encuentran dentro de las áreas de influencia de las rutas, esto permite precisar que la población de las localidades suroriente y suroccidente (55% de la población de Barranquilla) son las que representan mayor grado de influencia, lo cual es de total satisfacción para este trabajo, ya que en estas localidades es donde se establece la población con mayor grado de vulnerabilidad por su condición socioeconómica y la principal demandante de transporte. La implementación de este sistema en ese sector contribuiría en gran medida a mejorar su calidad de vida y niveles de seguridad.



## 7. CONCLUSIONES

La implementación de los Sistemas de Información Geográfica es una herramienta de análisis fundamental a la hora de representar las realidades territoriales, permitiendo integrar y analizar variables que quizás desde otra óptica fuese muy compleja, como es el caso del análisis de redes con la determinación de rutas óptimas y áreas de servicio.

La configuración del conjunto de datos de la red vial utilizando herramientas de sistema de información geográfica, permitió asignar los criterios básicos que se deben tener en cuenta a la hora de determinar el grado de atracción que puede sentir un usuario de la bicicleta para circular por la red.

Este trabajo permitió establecer que en el distrito de Barranquilla puede implementar un sistema de red de ciclocarriles que integren los sectores que generan mayor flujo de población a través de los sistemas de transporte público, con aquellas zonas que se han convertido en puntos atrayentes dada su configuración de centralidad comercial, educativa y de generación de empleo; y a su vez que cumpla con condiciones de seguridad y confort para los usuarios.

Así mismo, la población que se vería directamente beneficiada al implementar el sistema de ciclocarriles por estas rutas, puede en gran medida mejorar sus condiciones de vida, ya que el recurso (casi el 13% del SMLV) reservados al transporte público puede ser destinado a satisfacer otras necesidades o para ahorro.

Por otra parte, al tener las ciudad condiciones propicias para la movilidad en bicicleta, la población tomaría esta modalidad de transporte como una alternativa para llegar a sus lugares de destino, lo que se reduce, en menos usuarios del transporte público, servicios de taxi, mototaxi y vehículos privados, lo cual contribuiría altamente a mejorar las condiciones de movilidad de la ciudad.

Por lo anterior, es pertinente que el Distrito acoja en el Plan Maestro de Movilidad así como en el Plan de Ordenamiento Territorial los resultados expuestos en este trabajo, ya que sirve de línea base para definir las actuaciones en el corto y mediano plazo en temas de movilidad alternativa con inclusión social.



## 8. RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios de localización óptima de ciclocarriles se deben integrar variables como: sectores de riesgo por accidente, sectores susceptibles de atracos, estado de las vías, sectores con amenaza por arroyos.
- Evaluar según la dinámica de la ciudad nuevos puntos atrayentes y generadores de población en bicicleta y transporte público.
- Realizar por parte de la Secretaría de Movilidad Distrital de Barranquilla un estudio técnico enfocado a la caracterización física de toda la malla vial.
- A través de incentivos motivar a la población al uso de la bicicleta como medio de transporte.
- Desarrollar el Plan Maestro Distrital para la Bicicleta, para Barranquilla y su área metropolitana.
- Desarrollar por parte de la alcaldía distrital de Barranquilla un visor geográfico que permita a los usuarios de bicicletas y a la comunidad en general acceder a la información de forma rápida sin la necesidad de utilizar software especializado.
- Por último, en caso de no contar con software licenciado para el desarrollo de este tipo de aplicaciones, se considera una excelente alternativa el uso Qgis, GvSig entre otros, los cuales están basados en software libre, estos brindan la posibilidad de trabajar cualquier sistema operativo y con resultados de calidad.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Vasconcellos, E. (2010). Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad. Bogotá: CAF.
- Ballestero Larrota, L. (2011). Evaluación preliminar de ciclorutas alimentadoras al sistema integrado de transporte masivo en Bucaramanga. Bucaramanga, (Trabajo de Grado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Pregrado en Ingeniería Civil
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Glosario de Términos Geográficos. Santiago de Chile. Obtenido de: <http://www.bcn.cl/siit/glosario/index.html>
- Bocarejo, J., Echeverry, J., Acevedo, J., Ospina, G., & Rodríguez Valencia, A. (2009). El transporte como soporte al desarrollo de Colombia.
- Bosque, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. Obtenido de <http://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/viewFile/AGUC0000110049A/31281>.
- Bosque Sendra, J. (1997). Sistemas de información geográfica. Madrid: Rialp.
- Cepeda Emiliani, L. (2011). Los sures de Barranquilla: La distribución espacial de la pobreza. Banco de la República.
- Departamento de Política Territorial y Obras Públicas (2008). Manual para el diseño de vías ciclistas de Cataluña
- Dirección General de Obras Públicas de Zapopan, Manual de Diseño de Espacio Público, Zapopan-México Obtenido de: <http://cieras.edu.mx/proyectos/fomix-cidytdisen/manua.pdf>
- Echebarría, C., & Aguado, I. (2003). La planificación urbana sostenible. Bilbao.
- Esri. (2012). Tutorial de Network Analyst. Obtenido de: [http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial\\_network\\_analyst.pdf](http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial_network_analyst.pdf)
- Gómez Quintero, J. (s.f.). El problema de la movilidad urbana y su comprensión desde el punto de vista evolutivo.



- Henao, A., & Gonzales, D. (2014). Elaboración de un modelo que determine la mejor ruta para ciclistas de la ciudad de Pereira y Dosquebradas, implementando los sistemas de información geográfica.
- Instituto Geografico Agustin Codazzi IGAC.(2015). Diccionario Geográfico de Colombia.Bogota. Obtenido de [http://www.igac.gov.co/digeo/app/Glosario\\_17-09-15.pdf](http://www.igac.gov.co/digeo/app/Glosario_17-09-15.pdf)
- Instituto Geografico Agustin Codazzi IGAC.(2015). Ortofotomosaicos de Municipios, Bogota. Obtenido de <http://bni.gov.co:8080/geoservicios/ortofotomosaicos/wms>
- Latorres, M. (2012). Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica.
- Larsen, J., Patterson, Z., & El-Geneidy, A. (2013). Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*, 299-317.
- Leite, M. E., Ferreira, N., & Ferreira , S. (2013). Leite, Marcos Esdras; Ferreira, Narciso; Ferreira , Sara. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*.
- Ley 388 de 1997. Diario Oficial de la República de Colombia, 43.091. Julio 18, 1997.
- Madrid Soto, A., & Ortiz López, L. M. (2005). Las redes: Graficación, estructura y funcionalidad. En A. Madrid Soto, & L. M. Ortiz López, *Análisis y síntesis en cartografía:Algunos procedimientos* (págs. 51 - 88). Bogota: Siglo del Hombre Editores.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews* Vol. 28, No. 4, 495–528.
- Secretaria Distrital de Movilidad Bogotá. Plan Maestro Plan Maestro de Ciclorutas, (1999). Bogota, Colombia
- Secretaria Distrital de Planeación de Bogotá(2013). Propuesta metodológica para la priorización de la red de ciclorutas y cicloparqueaderos. Bogota, Colombia
- Secretaria de Movilidad, de Distrito de Barranquilla(2012). Plan Maestro de Movilidad. Barranquilla, Colombia.



- Secretaría de Planeación del Distrito de Barranquilla. (2012-2032). Documento técnico de soporte - libro iii: componente Urbano. (Plan de ordenamiento territorial). Barranquilla, Colombia.
- Secretaria de transito y transporte de Santiago de Cali (2004). Estudio Plan Maestro de Ciclo-Rutas para Santiago de Cali. Santiago de Cali, Colombia.
- Seguí Pons, J. M. (1995). Análisis y estructuración de las redes en el espacio. En Prácticas de análisis. Barcelona: Gamir, A.
- Rybarczyk, G., & Changshan, W. (2006). Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis.
- Thomson, I., & Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales. CEPAL.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,UPTC (2007). Proceso de transformación espacial de Barranquilla en el siglo XX. Perspectiva Geográfica, 1-36. Obtenido de [http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/rpg\\_1.pdf](http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/rpg_1.pdf)
- Zapata, J., & Cardona , G. (2012). Aplicación de los sistemas de información geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín. USBMed.





## ANEXOS

### Ruta óptima N° 1. Punto de Origen Vía 40



Fuente: Google Street View

### Ruta óptima N° 2. Punto de Origen Avenida Circunvalar.



Fuente: Google Street View





**Ruta óptima N° 3. Punto de Origen Avenida Circunvalar – Metropolitano.**



Fuente: Google Street View

**Ruta óptima N° 4 Punto de origen Calle 17.**



Fuente: Google Street View



**Ruta óptima N° 5. Punto de origen Calle 7.**



Fuente: Google Street View

**Ruta óptima N° 6. Punto de origen calle 76.**



Fuente: Google Street View



**Rutas óptimas N° 7 punto de origen calle 53D IED Inocencio Chica.**



**Fuente: Google Street View**

