

**EVALUACIÓN DE CICLO RUTAS EN LOS TRAMOS SELECCIONADOS DE LA
AVENIDA BOYACÁ Y LA AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BAJO LA
HERRAMIENTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD.**

**DANIELA GARCÍA DURÁN
CAMILO ANDRÉS BELLO PORTELA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE BOGOTÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
ABRIL 2018**

**EVALUACIÓN DE CICLO RUTAS EN LOS TRAMOS SELECCIONADOS DE LA
AVENIDA BOYACÁ Y LA AVENIDA DE LAS AMÉRICAS BAJO LA
HERRAMIENTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD.**

**DANIELA GARCÍA DURÁN
CAMILO ANDRÉS BELLO PORTELA**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIEROS
AMBIENTALES**

DIRECTOR: ING. NIDIA ISABEL MOLINA GÓMEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SEDE BOGOTÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
ABRIL 2018**

Nota de aceptación:

Firma del presidente jurado:

Firma del jurado:

Firma del jurado:

Bogotá D.C., abril 2018

*“La vida es como la bicicleta,
hay que pedalear hacia adelante
para no perder el equilibrio.”*

Albert Einstein.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a nuestras familias por ser un apoyo incondicional en nuestra formación como ingenieros ambientales y por acompañarnos cada día en conseguir este gran primer paso.

Gracias a la ingeniera Isabel Molina por su tiempo acompañamiento, sabiduría y dedicación a lo largo del desarrollo de este proceso. Al igual que al profesor Ronald Sierra, quien dio herramientas útiles para el desarrollo de este.

Un agradecimiento especial a los ingenieros Néstor Yesid Rojas, docente de la Universidad Nacional de Colombia y Luis Gabriel Carmona, docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por su asesoría a lo largo del desarrollo del trabajo, por su disposición y enseñanza, permitiendo así que este proyecto saliera adelante.

RESUMEN

La bicicleta se considera como un sistema de transporte sustentable, lo que conlleva a que muchas ciudades fomenten su uso, principalmente garantizando una infraestructura para su movilización y reduciendo así, el uso de vehículos motorizados. Para este caso, Bogotá es considerada como una de las ciudades con más ciclo rutas en América Latina; sin embargo, la implementación de proyectos de ciclo rutas hoy en día presenta problemas de seguridad, de infraestructura, de exposición a material particulado y gases contaminantes, además de altas tasas de accidentalidad, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo se desarrolló la caracterización de dos tramos de ciclo rutas en dos de las vías principales de la Localidad de Kennedy: Avenida Boyacá (entre la Calle 17 y La Autopista Sur) y La Avenida de Las Américas (entre Avenida Ciudad de Cali – Carrera 68), evaluando así su grado de sustentabilidad mediante la implementación de la herramienta de indicadores de sustentabilidad.

Para determinar los índices de sustentabilidad se seleccionaron y se emplearon dieciocho (18) indicadores agrupados por dimensión: ambiental, socioeconómica, de salud ambiental y de movilidad. El levantamiento de la información se hizo a través de una revisión bibliográfica, con información proporcionada por diferentes entidades y el desarrollo de una campaña de campo consistente en la medición de material particulado $PM_{2,5}$ mediante el uso de monitores personales de calidad del aire, así como recorridos en el sector y la aplicación de encuestas a la población en el área de influencia de las ciclo rutas y biciusuarios.

Como resultado final se determinó que la Avenida Boyacá presenta un índice de sustentabilidad de 0,5126 superior a la Avenida Las Américas con un índice de 0,4496. Sin embargo, se identificó que los dos tramos analizados presentan grados de sustentabilidad bajos debido a la complejidad de las características que presenta la localidad de Kennedy en temas de emisiones de fuentes móviles, la calidad del aire en la zona, factores que inciden en el aumento de la exposición de material particulado de los biciusuarios. Además, la percepción de altos niveles de ruido, la seguridad e infraestructura y altas tasas de accidentalidad que inciden en el uso de la bicicleta.

Palabras clave: Movilidad, ciclo rutas, desarrollo sustentable, indicadores de sustentabilidad.

ABSTRACT

The bike is considered as a sustainable transport system, which leads to many cities promote their use, mainly by guaranteeing an infrastructure for their mobilization and reducing the use of motorized vehicle. For this case, Bogotá is considered one of the cities with the most bike paths in Latin America. However, the implementation of bike path projects today presents problems of safety, infrastructure, exposure to particulate matter, as well as high accident rates, among others.

According to the previous, in this study was developed a description of two sections of bike paths in two of the main roads of community of Kennedy: Boyacá Avenue (Calle 17 – Autopista sur) and Las Américas Avenue (Avenida Ciudad de Cali – Carrera 68), evaluating its degree of sustainability through the implementation of the tool sustainability indicators.

Eighteen (18) indicators grouped by dimension were selected and used: Environmental, Socioeconomic, Environmental Health and of Mobility. The information was collected through a bibliographic review, with information provided by different entities and a fieldwork was designed consisting of the measurement of PM_{2.5} using personal air quality monitors, as well as routes in the sector and the application of surveys to the population around influence of bike paths and bike users.

As a result, it was determined that Avenida Boyacá presents a sustainability index of 0,5126 higher than Avenida Las Américas with an index of 0,4496. However, it was identified that the two sections analyzed have low degrees of sustainability due to the complexity of the characteristics presented by the town of Kennedy in issues of emissions from mobile sources, air quality in the area, factors that affect the increase of the exhibition of particulate material of the bike users. In addition, the perception of high noise levels, safety and infrastructure and high accident rates that affect the use of the bicycle.

Keywords: mobility, cycle paths, sustainable development, sustainability indicators.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. MARCO TEÓRICO	16
3.1. Sostenibilidad y sustentabilidad	16
3.2. Transporte y movilidad sustentable	20
3.2.1. Transporte y medio ambiente	20
3.3. La bicicleta como medio alternativo de transporte	23
3.4. Indicadores de sustentabilidad	26
3.5. Metodología Bottom-Up	27
3.6. Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)	28
4. METODOLOGÍA	29
4.1. Búsqueda y compilación de información	29
4.2. Establecimiento de indicadores	31
4.3. Levantamiento y obtención de datos	37
4.4. Procesamiento de datos	46
4.5. Diagrama de sustentabilidad	47
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	48
5.1. Descripción general de la localidad de Kennedy	48
5.2. Caracterización de los tramos bajo la perspectiva de desarrollo sustentable	59
5.3. Análisis multicriterio AHP	63
5.4. Evaluación de indicadores	63
5.5. Estandarización de los indicadores	75
5.6. Diagrama de sustentabilidad	78
6. IMPACTO SOCIAL	79
7. CONCLUSIONES	80
8. RECOMENDACIONES	83
9. BIBLIOGRAFÍA	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tratados y convenios en relación con el desarrollo sustentable.	18
Tabla 3: Rango de edad de biciusuarios.....	25
Tabla 4: Lista de indicadores seleccionados.....	33
Tabla 5: Ficha explicativa.....	36
Tabla 6: Tamaño de la muestra por UPZ.....	38
Tabla 7: Ubicación estaciones maestras.....	40
Tabla 8: Tamaño de la muestra para biciusuarios	42
Tabla 9: Reporte de puntos máximos de PM _{2.5} para el mes de noviembre.	44
Tabla 10: Rango de estandarización.	47
Tabla 11: Características urbanas de las UPZ, localidad Kennedy	50
Tabla 12: Promedios anuales de contaminantes, estación Kennedy.....	53
Tabla 13: Promedios anuales de contaminantes, estación Carvajal.....	53
Tabla 14: Estado actual, ciclo ruta de la Avenida Boyacá.....	Error! Bookmark not defined.
Tabla 15: Estado actual, ciclo ruta de Las Américas	61
Tabla 16: Características sustentables de las ciclo rutas.....	62
Tabla 17: Criterios y alternativas, AHP.	63
Tabla 18: Resultados de la evaluación de indicadores.	64
Tabla 19: Medición semanal de PM _{2.5} (µg/m ³) con AirBeam en las ciclo rutas	65
Tabla 20: Emisión total (ton/día) en las dos avenidas de estudio.	66
Tabla 21: Emisiones GEI a nivel Bogotá y en las dos avenidas.	67
Tabla 22: Contaminantes locales a nivel Bogotá y en las dos avenidas.	67
Tabla 23: Estaciones de policía en las ciclo rutas evaluadas	69
Tabla 24: Accidentes reportados en los tramos evaluados.....	72
Tabla 25: Tiempo promedio por recorrido en los tramos de ciclo ruta	74
Tabla 26: Área de cobertura de las ciclo rutas.....	75
Tabla 27: Estandarización Avenida de Las Américas	76
Tabla 28: Estandarización Avenida Boyacá.....	77

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Proceso metodológico.	30
Ilustración 2: Tramos de ciclo rutas pertenecientes a la localidad de Kennedy	31
Ilustración 3: Aforos biciusuarios, Av. de Las Américas.....	44
Ilustración 4: Aforos biciusuarios, Av. Boyacá	45
Ilustración 5: Intersección de picos máximos de PM _{2.5} y mayor presencia de biciusuarios	45
Ilustración 6: Mapa de UPZ pertenecientes a la localidad de Kennedy	48
Ilustración 7: Viajes desde Kennedy hacia otras localidades.....	54
Ilustración 8: Medio de transporte utilizado dentro de Kennedy.....	55
Ilustración 9: Motivos de viajes hacia Kennedy.....	56
Ilustración 10: Viajes desde otras localidades hacia Kennedy.....	56
Ilustración 11: Medios de transporte hacia Kennedy	57
Ilustración 12: Punto de partida de otras localidades hacia Kennedy	58
Ilustración 13: Dinámicas de movilidad desde Kennedy hacia otras localidades...	59
Ilustración 14: Comportamiento semanal de nivel de exposición PM _{2.5} , Av. Boyacá	65
Ilustración 15: Concentración de PM _{2.5} en la Avenida de Las América	66
Ilustración 16: Porcentaje de reducción de gastos por transporte en los biciusuarios.....	69
Ilustración 17: Ingresos mensuales por familia en las UPZ's analizadas, Kennedy	70
Ilustración 18: Volumen de biciusuarios en las dos ciclo rutas evaluadas	71
Ilustración 19: Accidentes de biciusuarios en los tramos de ciclo rutas.....	73
Ilustración 20: Volumen de vehículos particulares den las dos avenidas de estudio	74
Ilustración 21: Diagrama de sustentabilidad, tramos de ciclo rutas	78

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Modelo de estimación de emisiones fuentes móviles Bottom-up	27
Ecuación 2: Cálculo de la muestra a poblaciones finitas.	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Encuesta a los habitantes del área de influencia

Anexo 2: Aforo vehicular, Avenida Boyacá

Anexo 3: Aforo vehicular, Avenida de Las Américas

Anexo 4: Factores de emisión por contaminante y vehículo en Bogotá

Anexo 5: Encuesta a biciusuarios

Anexo 6: Ficha de indicadores

Anexo 7: Rango de estandarización para los indicadores

Anexo 8: Método AHP

Anexo 9: Emisiones pertenecientes a la Avenida de Las Américas

Anexo 10: Emisiones pertenecientes a la Avenida Boyacá

Anexo 11: Estandarización y evaluación de los indicadores

Anexo 12: Diagrama de sustentabilidad

1. INTRODUCCIÓN

Las políticas de sustentabilidad a favor de la movilidad han sido dirigidas al uso de transporte no motorizado, principalmente a través del estímulo de la bicicleta como medio alternativo de transporte [1, 2]. Para esto se han diseñado diversas propuestas que promuevan el uso de la bicicleta tales como la construcción de ciclo-infraestructura, sistemas de intercambio de bicicletas y el diseño de ambientes más agradables para los biciusuarios [3].

De acuerdo con la guía de *Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe* elaborada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el 2015 [4], es importante garantizar unas condiciones óptimas de infraestructura ciclo-inclusiva¹, ya que tiene el beneficio de incentivar el uso de la bicicleta, reducir sustancialmente el riesgo de accidentes [3], siendo espacios que permiten la inclusión y participación de los ciudadanos en la mejora de la ciudad, como un instrumento de planificación que revitaliza el paisaje urbano y el espacio público [3].

En este contexto, Bogotá es considerada como una de las ciudades que más hace uso de la bicicleta, ya que cuenta con uno de los sistemas de ciclo rutas más extenso de América Latina. Actualmente se cuenta con alrededor de 490 kilómetros de infraestructura para la movilidad en bicicleta y se proyecta que ésta supere los 500 kilómetros para los próximos años [5]. Sin embargo la movilidad en Bogotá no es homogénea y sus beneficios no están distribuidos equitativamente [6] en las localidades periféricas, que presentan segregación urbana y dificultad en la accesibilidad a servicios como es el transporte, haciendo que éste sea un sistema ineficiente, congestionado y de alto costo [7]; éstas dificultades han llevado a que la población opte por otros medios de movilidad como lo es la bicicleta. Sumado a las dificultades de movilidad, se reconoce además que existen aspectos críticos de la red de ciclo rutas de la ciudad, como se ve reflejado en trabajos de Bravo, Franco y Rojas [8] [9] [10], en los cuales se señala el alto grado de exposición personal (EP) de los usuarios a material particulado (PM), el cual es un contaminante criterio debido a su elevado riesgo para la salud humana, teniendo graves consecuencias futuras sobre los usuarios [11].

En Bogotá una de las localidades que registra altos niveles de material particulado es la localidad de Kennedy. De acuerdo con datos de los informes anuales de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), se reportan valores promedio dos veces por encima de la norma (Resolución 2254 del 2017) y picos de hasta cuatro veces, siendo uno de los puntos críticos de la ciudad [12].

¹ La ciclo-inclusión hace referencia a políticas que fomentan y buscan integral el uso de la bicicleta en la red de transporte con condiciones seguras y eficientes

Kennedy es la localidad con más viajes en bicicleta en Bogotá, en promedio se realizan cerca de 92.570 viajes, lo cual representa el 20% del total de viajes que se realizan en la ciudad [13]. De acuerdo con el informe del Observatorio de Movilidad (2007-2017), Kennedy se posiciona como la segunda localidad con mayor cantidad de biciusuarios (1.060) y de infraestructura para los mismos (80,2 km) [14]. Lo anterior indica que hay una alta población de biciusuarios expuestos a los altos niveles de $PM_{2.5}$ presentes en la zona; adicionalmente esta localidad es la que registra la mayor accidentalidad de biciusuarios y altos índices de hurtos, haciendo más complejas las características para la circulación de biciusuarios por la localidad [15].

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar, a través de la perspectiva de sustentabilidad, el estado actual de dos tramos de las ciclo rutas de la Avenida Boyacá y de la Avenida de las Américas que hacen parte de la red de movilidad de la localidad de Kennedy; para dicho efecto se realizó una evaluación mediante el uso de dieciocho (18) indicadores en la dimensión ambiental, social, económica, de movilidad y de salud ambiental, involucrando a los habitantes pertenecientes al área de influencia de las ciclo rutas y a los biciusuarios que hacen uso de las mismas.

Este trabajo se desarrolla en diez (10) capítulos. Después de esta introducción se presenta en el segundo capítulo los objetivos y posteriormente el marco teórico que comprende los conceptos básicos de la investigación; en el cuarto capítulo se presenta la metodología desarrollada y en el quinto, los resultados de la evaluación, bajo la perspectiva de sustentabilidad, de los indicadores seleccionados. Para finalizar, se cierra la investigación con las conclusiones y recomendaciones que conlleva el estudio.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la sustentabilidad de las ciclo rutas de la Avenida Boyacá y de la Avenida de Las Américas bajo una perspectiva de desarrollo sustentable.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el estado actual de los tramos seleccionados de las ciclo rutas de la Avenida Boyacá y la Avenida de Las Américas bajo una perspectiva de desarrollo sustentable.
- Establecer indicadores de sustentabilidad para la evaluación de los tramos seleccionados de las ciclo rutas de la Avenida Boyacá y la Avenida de Las Américas.
- Realizar la evaluación y análisis de las ciclo rutas de los tramos seleccionados de la Avenida Boyacá y la Avenida de Las Américas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Sostenibilidad y sustentabilidad

La implementación del término sostenibilidad se remonta a diversos autores que hicieron uso de ella como el caso de Thomas Malthus (1798), David Ricardo (1817), Justus von Liebig (1840), John Stuart Mill (1848), entre otros. En el caso de Hans Carl von Carlowitz (1713), quien aplicó el término para la silvicultura sostenible, hizo referencia a que esta actividad no debe extraer más madera de la que los bosques son capaces de producir en largo plazo [16].

En la cumbre de la Tierra (1992) se adoptó el término sostenible, el cual se definió de manera oficial como “mejorar la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan” toda vez que fuera empleado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) [17] y el término sustentable se utilizaba de manera alternativa u ocasional. Aquí se presenta un debate entre autores por la diferencia de ambos conceptos, ya que hacían referencia a la sustentabilidad como aquel desarrollo que debería sustentarse o mantenerse a sí mismo. Por otra parte, definen la sostenibilidad como el uso racional de los recursos naturales de cualquier lugar, los cuales satisfacen nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas; esta posición final establece la relación y compatibilidades de las dimensiones ambientales, económicas y sociales, en una visión solidaria inter e intrageneracional [18].

La Real Academia de la Lengua Española (RAE) define sustentable a un hecho, “que se puede sustentar, mantener o defender con razones” por lo que se infiere entonces que este concepto requiere una influencia externa para mantener. Por influencia externa se puede entender como flujo de dinero proveniente de una fuente gubernamental, de manera local o nacional (presupuesto gubernamental), apoyo legal o físico [18]. Así que, el desarrollo sustentable es un término que ha sido utilizado y ha cobrado fuerza en los últimos años; sin embargo, dadas sus características y múltiples aplicaciones, se ha prestado para ser interpretado y utilizado de diversas maneras [19]. De acuerdo con algunos autores como Waas, Hugé, Verbruggen, Wright (2011), este concepto permite que coexistan varias definiciones e interpretaciones de acuerdo con el contexto, ubicación geográfica o léxico en el que sea utilizado, ya sea desarrollo sustentable o sostenible [20].

Estos dos términos han generado un gran debate en virtud de su aplicación en diferentes estudios, de allí se han establecido diferencias entre lo sostenible y sustentable, que se generan a partir de usos conceptuales o lingüísticos [21]. Para fines de este trabajo, se utilizó el concepto de sustentabilidad principalmente por la ubicación geográfica y contexto del país además de los aportes de algunos pensadores latinoamericanos como lo menciona Noguera (2008) tales como,

Enrique Left, Arturo Escobar, Augusto Ángel Maya, Daniel Vidart, Leonardo Boff; quienes han empleado este concepto en múltiples obras en Lugar de sostenibilidad [22]. Sin embargo, la definición que más se acerca al enfoque de sustentabilidad es la mencionada por Cortés y Peña basados en la cita de Villamizar, quienes dicen que “el desarrollo sustentable es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades al aplicar mecanismos políticos, sociales, ambientales y económicos, con el fin de alcanzar una mejora de la calidad de vida de la población y al mismo tiempo, velar porque los patrones de consumo no afecten el bienestar de las generaciones futuras” [19].

De acuerdo con esta definición, el término sustentable va más allá de la definición de desarrollo sostenible acuñada en el informe de Brundtland como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”. Es así que, hacer alusión al desarrollo sustentable implica incorporar al trinomio la participación de algún actor que lo sustente, que en este caso puede ser la comunidad, entidades públicas, privadas, teniendo responsabilidad y compromisos en las acciones para llegar a la noción de desarrollo.

De esta manera, desde diferentes ámbitos, la participación con políticas por temáticas va direccionada a promover el desarrollo sustentable mediante el uso de la bicicleta como un agente de cambio de la movilidad, la sociedad, el medio ambiente y el territorio, desarrollando un papel importante en la toma de decisiones a diferentes escalas. La inclusión de políticas de movilidad en bicicleta se ha encaminado a la participación de organismos internacionales como la Organización de Naciones Unidas (ONU), el BID, al igual que organismos nacionales como el Ministerio de Transporte, Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, además de las estrategias bajas en carbono establecidas en la COP21 con el Acuerdo de París. En la Tabla 1 se presentan algunos instrumentos en torno al desarrollo sustentable que se relacionan con el uso de la bicicleta, se resaltan los aspectos aplicables al ámbito de este medio de transporte.

Tabla 1: Tratados y convenios en relación con el desarrollo sustentable.

CONVENIO, TRATADO, CUMBRE O POLÍTICA		
Instrumento	Descripción del Instrumento	Relación y aplicación en el ámbito de la bicicleta
Objetivos del Desarrollo Sostenible [23]	ODS 1: Acabar con la pobreza extrema en todas sus formas, en todos los Lugares	El ciclismo es un modo asequible y fácil de transporte, es a menudo el único medio técnico asequible de transporte para personas y mercancías, y por lo tanto ayuda a las personas a reducir el costo de transporte. Brindar más oportunidades de trabajo, escuelas, mercados y comunidades.
	ODS 3: Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en todas las edades	El ciclismo genera estilos de vida saludable y no contaminante del aire. La actividad física a través del ciclismo reduce las enfermedades del corazón y otros impactos negativos de los estilos de vida sedentarios.
	ODS5: Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas	Una infraestructura segura para el ciclismo es compatible con la igualdad de género, ya que aumenta el número de mujeres y niñas que aprovechan la bicicleta.
	ODS7: Asegurar el acceso a energías asequibles, confiables, sostenibles y modernas para todos	El ciclismo mejora la eficiencia energética de los sistemas de transporte, ya que utiliza la energía renovable humana de la manera más eficiente de transportar personas y mercancías, y brinda un mejor acceso a tecnologías de movilidad más ecológicas y eficientes. Además, buenas condiciones para el ciclismo dan acceso de las personas a un medio de transporte eficiente y asequible de energía.
	ODS9: Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación	Más personas en bicicleta hacen que sea más fácil para los gobiernos construir infraestructura flexible y sistemas de transporte sostenibles para el desarrollo económico y el bienestar humano, con un enfoque en el acceso asequible y equitativo para todos.
	ODS11: Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles	El aumento de la bicicleta hace que las ciudades y los asentamientos humanos sean más inclusivos, seguros, resistentes y sostenibles, ya que el ciclismo es asequible, seguro y no contaminante, saludable y promueve una economía sostenible.

CONVENIO, TRATADO, CUMBRE O POLÍTICA		
	ODS13: Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos adoptados en el foro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) ODS17: Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible	La bicicleta es un símbolo para el transporte y la descontaminación de las sociedades; que ofrece la posibilidad para la acción climática inmediata. Los gobiernos de todos los niveles pueden tomar acción mediante la integración de la bicicleta en sus políticas de acción climática, las estrategias, la educación y la sensibilización. El movimiento ciclista, las organizaciones de la sociedad civil y expertos que trabajan en la promoción de la bicicleta en todo el mundo están apoyando la alianza mundial para el Desarrollo Sostenible. Ellos alientan y promueven las asociaciones eficaces para promover el ciclismo.
Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta	Es un documento de referencia para los tomadores de decisiones y técnicos que necesiten lineamientos y referencias para fomentar una política ciclo-inclusiva en su ciudad. Este trabajo es parte de una investigación que realizó el BID en 56 ciudades de ALC recolectando 27 indicadores sobre el uso de la bicicleta e información sobre políticas que apoyan el uso de este medio no-motorizado.	
Guía de ciclo infraestructura para las ciudades colombianas	El Ministerio de transporte, consciente de todos estos retos y de las necesidades de fomentar una movilidad sostenible, de invertir eficientemente los recursos, de potencializar los viajes en modos no motorizados y asegurar el bienestar y la vida de los ciclo usuarios y actores de la vía, ha iniciado un proyecto integral de promoción de modos activos de movilización, cuyo pilar fundamental es la construcción y la implementación de una infraestructura segura, eficiente y confortable para usuarios de la bicicleta.	

Elaboración: Los Autores.

3.2. Transporte y movilidad sustentable

El término movilidad es un concepto de amplia complejidad ya que incorpora atributos de mayor relevancia referentes al transporte como su velocidad y agilidad, además de posibilitar su acceso a la población de manera fácil y equitativa [24]. De acuerdo con esto, la movilidad hace referencia a una forma alterna de abordar los problemas de transporte desde un marco integral, el cual busca hacer uso equitativo de la malla vial por diferentes actores, con el fin de cubrir o suplir las necesidades de éstos para su desplazamiento cotidiano [25].

El concepto de movilidad sustentable tiene por objeto mejorar la eficiencia energética de la flota vehicular, el cambio de uso de combustibles fósiles, además de la implementación de tecnologías más limpias, esto como forma de planificación urbana. Asimismo, busca minimizar los tiempos de recorridos, incentivar el uso de alternativas de movilidad individual como la integración de diversos modos de transporte de alta calidad y no motorizados como es el caso de la bicicleta [24].

Por ende, desde hace unos años la movilidad sustentable se está convirtiendo en un objetivo explícito e inmerso en la planeación y elaboración de políticas ligadas al transporte y al Plan de Ordenamiento Territorial (POT), tanto a nivel local como nacional e internacional [26]. A la par, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define como un sistema de transporte sustentable aquel que no perjudica la salud de sus usuarios, habitantes o ecosistemas, al momento de satisfacer las necesidades diarias de desplazamiento y movilidad; esto, mediante el uso de recursos renovables o no renovables [27]. Según la OCDE, la “movilidad sostenible” requiere planificación en cuanto a los sistemas de transporte y su conectividad, integrando al medio ambiente para combatir los fenómenos globales como el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono [27].

3.2.1. Transporte y medio ambiente

El sector transporte es uno de los más significativos con respecto a la generación de aspectos ambientales, principalmente el transporte urbano. La gran demanda de transporte que existe en la ciudad, requiere un alto consumo de suelo para la construcción de infraestructura, al igual que un alto consumo de energía por parte de los vehículos [28]; ya en operación, las emisiones provenientes de la flota vehicular motorizada genera en sí contaminación sonora y atmosférica, que a su vez, contribuye de manera relevante al aumento de los gases efecto invernadero (GEI) y de los contaminantes locales [29]. A continuación, se presenta de manera detallada los aspectos e impactos ambientales provenientes del sector transporte.

3.2.1.1. Consumo y uso de suelo

La movilidad urbana demanda gran cantidad de espacio, principalmente para la construcción de infraestructura de circulación y de los equipamientos urbanos que se necesitan (terminales de transportes, estaciones de metro, gasolineras, parqueaderos), al igual que el uso que devenga la población para utilizar dicha infraestructura en aspectos referentes a vivienda y comercio. De acuerdo con cifras del BID y la Corporación Andina de Fomento (CAF), cerca del 20% del área urbana en ciudades pertenecientes a países en desarrollo son ocupadas por vías de tránsito sin sumar otros equipamientos [28]. Asimismo, hay que tener en cuenta el flujo diario de vehículos, ya que el espacio ocupado por un conductor en movimiento depende del modo de transporte, su velocidad y el tiempo que permanece detenido, lo cual genera congestión y saturación del sistema de movilidad de una ciudad.

3.2.1.2. Consumo de energía

El transporte es uno de los sectores que demanda mayor cantidad de energía, siendo éste el consumidor de aproximadamente 2.500 millones de toneladas de petróleo por año, lo cual corresponde al uso del 70% del total de este hidrocarburo en el mundo [30]. También debe tenerse en cuenta el gasto energético en el ciclo de vida de los vehículos y de los combustibles que generan impactos significativos en el ambiente. En muchas ciudades, principalmente en Latinoamérica, hay vehículos que utilizan combustibles poco eficientes como el ACPM [29], lo que va a incidir en mayor generación de emisiones, además hay que considerar que aun transitan vehículos de una alta edad, lo que incide en mayor consumo de combustible.

3.2.1.3. Contaminación atmosférica

Según Naciones Unidas, el transporte es responsable del 13,1% del total de emisiones de GEI a nivel global y es el de mayor crecimiento en cuanto aportes se refiere [31]. En términos de uso de modo de transporte, las emisiones de GEI de este sector corresponden en un 73% al transporte carretero, el 9% al transporte marítimo internacional, el 11% a la aviación (internacional y de cabotaje) y sólo un 2% al ferrocarril.

La rápida urbanización es proporcional al aumento de la cantidad de vehículos pertenecientes al sector público y particular, además del aumento en la edad del parque automotor, lo que contribuye al incremento de las emisiones de GEI en América Latina, donde en las últimas décadas creció a un nivel mayor en comparación a los otros sectores relacionados con el consumo de energía. Por

ejemplo, en las áreas urbanas cerca del 70% de las emisiones de GEI provienen del uso de automóviles particulares [32].

Para el caso de Colombia, en el inventario nacional de GEI realizado por el IDEAM; este señala al sector transporte como el tercer mayor contribuyente luego del forestal y agropecuario, con alrededor de 11% de aportes de gases GEI, siendo CO₂ y N₂O los más generados con un 98% y 1,2% respectivamente. El transporte terrestre es el modo más representativo del total de los modos de transporte (Marítimo, Aéreo, entre otros) [33].

Vale la pena mencionar que el transporte terrestre no sólo es un gran emisor de contaminantes globales, sino también emite contaminantes locales. En países como Brasil y México, la emisión diaria de contaminantes generados por el transporte de pasajeros es alrededor 2,6 y 3,9 toneladas respectivamente [28] y en Colombia, es de 1,8 toneladas diarias [34]. Dentro de los principales contaminantes provenientes de fuentes móviles se encuentran:

- **Material particulado (PM)**, corresponde a una mezcla de partículas líquidas y sólidas que se encuentran suspendidas en el aire. Para fines de calidad de aire son de interés aquellas partículas cuyo tamaño es menor o igual a 10 micrómetros (μm), mientras que el PM_{2.5} corresponde a partículas con tamaño menor o igual a 2,5 μm [12]. Estas partículas son capaces de penetrar de manera profunda en el sistema respiratorio, causando así problemas a la salud, exacerbar el asma y dañar la función pulmonar [29].
- **Monóxido de Carbono**, es un gas inflamable, incoloro e insípido y es producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Este gas afecta la salud puesto que tiene mayor afinidad con la hemoglobina de la sangre que el oxígeno, por lo cual en altas concentraciones puede llegar a interferir en el proceso de transporte de oxígeno en la sangre [12].
- **Óxidos de azufre**, son emitidos en proporción directa a la cantidad de azufre en el combustible, producen cambios en la función pulmonar en asmáticos y exacerba los síntomas respiratorios en individuos sensibles. Por otra parte, contribuye a la lluvia ácida y a la formación partículas secundarias [29].
- **Óxidos de nitrógeno**, causan cambios en la función pulmonar en asmáticos, contribuyen a la lluvia ácida y a la formación de partículas secundarias y son un precursor del ozono a nivel de superficie. Tanto los vehículos a diésel como a gasolina contribuyen a las emisiones de NO_x [29].
- **Dióxido de nitrógeno**, es un gas de color pardo rojizo cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a los procesos de combustión a altas temperaturas tanto de fuentes móviles (vehículos) como de fuentes fijas (industrias). El NO₂ participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar

a la formación del ozono (O_3) y material particulado secundario, afectando pulmones y vías respiratorias [12].

3.2.1.4. Contaminación sonora

El ruido derivado del transporte vehicular es la principal fuente de contaminación sonora en las ciudades; en América Latina, las ciudades presentan valores que oscilan entre los 80 y 90 dB [35]. Sin embargo, estudios han demostrado a través de comparaciones los daños físicos que se pueden generar al estar expuesto a niveles altos de ruido ocupacional y a niveles altos de ruido en las calles, donde el ruido proveniente por fuentes móviles puede resultar algo molesto y pueden aproximarse a los límites determinados por la OMS, pero aun así no son considerados como un riesgo urbano [29].

3.3. La bicicleta como medio alternativo de transporte

El uso de la bicicleta contribuye al desarrollo y a la competitividad de las ciudades como un medio alternativo de transporte “verde”, debido a que en su operación no genera emisiones de carbono tal como lo hacen los vehículos motorizados, lo que cobra especial importancia luego de la adopción del acuerdo en la COP21 (La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 2015). El ciclismo en diversas ciudades tiene el potencial de mejorar la movilidad urbana, incentivando a personas a que dejen sus automóviles, facilitando la planificación urbana al hacer más predecibles las rutas de flujo de personas reduciendo así los tiempos de viaje y de espera [36].

Para promover la incorporación de la bicicleta al sistema de transporte urbano, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) cita cuatro pilares de una política “ciclo-inclusiva”, las cuales hablan sobre 1) infraestructura y servicios, 2) participación ciudadana, 3) aspectos normativos y de regulación, y 4) medidas relacionadas con el ámbito operativo [36].

En el caso de infraestructura y servicios el BID se refiere a espacios seguros para los usuarios de bicicletas, además de la construcción de estacionamientos para bicicletas, con el fin de facilitar la intermodalidad (integración de bicicletas al transporte público) y la provisión de servicios complementarios (talleres de reparación de bicicletas e información sobre rutas) [36]. Para la participación ciudadana, se requiere la inclusión de la ciudadanía para el diseño y la implementación de políticas de ciclismo urbano, enfatizando en la interacción e intercambio de información entre usuarios y no usuarios, instituciones públicas y otros actores [36].

Los aspectos normativos y de regularización deben proteger a los medios de transporte más vulnerables y darles prioridad frente a vehículos motorizados -en

este caso a la bicicleta-, para lo que es relevante que se evalúen las políticas e instituciones existentes en la materia y se generen normas que respalden a los ciclistas [36]. Por último, las medidas relacionadas con el ámbito operativo hacen relación a controlar los sistemas de transporte basados en la bicicleta, incentivando la intermodalidad y el monitoreo del ciclismo urbano a través de indicadores cuantitativos y cualitativos [36].

3.3.1. La bicicleta en el mundo

La urbanización y el aumento desenfrenado de la población requieren de soluciones para tratar temas de movilidad sustentable y transportarse en bicicleta es una alternativa adecuada. Muchos estudios demuestran que el uso de la bicicleta beneficia notoriamente la dimensión económico, social, ambiental y, sobre todo, a la salud del ciclista urbano. En 2013 el índice de Copenhagen (Diseño de las ciudades más aptas para bicicleta en el mundo) clasificó 150 o ciudades países a nivel global teniendo en cuenta instalaciones e infraestructura para las bicicletas, aceptación social y mejor percepción de seguridad por parte de los biciusuarios, además de diversos análisis comparativos del uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo en comparación a otros medios de transporte motorizados [37].

El BID para el año 2015 presentó un estudio realizado en América Latina y Caribe, específicamente a 56 países en cuanto al uso de la bicicleta, donde se determinó que la ciudad de Rosario (Argentina) presenta mayor ventaja en hacer uso de ésta como medio de transporte con un índice del 5,2% de viajes realizados en bicicleta, seguido de Bogotá (Colombia) con un 5% de viajes realizados y en tercer lugar está Río de Janeiro con un 3% [38].

3.3.2. Movilidad de biciusuarios en Bogotá D.C

En Bogotá el sistema de transporte masivo -Transmilenio-, es el medio más empleado por los ciudadanos (38%) aunque presenta el menor porcentaje de satisfacción (18%). En contraste, la bicicleta representa el 8% de transporte para los bogotanos, de los cuales, el 83% están satisfechos con este medio [39]. Según datos estadísticos de la Federación Nacional de Comerciantes, la venta y adquisición de bicicletas aumentó en un 30% del 2005 al 2016 y los motivos principales para adquirir una bicicleta fueron la recreación y el deporte con un 80% y aquellos que la emplean como medio de transporte con el 20%; de ese 20%, el 49% lo hacen de manera semanal y un 20% de manera diaria [40]. Para el periodo (2016 - 2020), la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) estableció un presupuesto de \$28.795 millones de pesos para promover el uso de la bicicleta y el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) un presupuesto de \$68.280 millones para

mantenimiento y construcción de nuevos kilómetros de ciclo rutas, además de actividades con biciusuarios [13].

Desde el 2005 al 2015 se han duplicado los viajes realizados en bicicleta, pasaron de 281.242 a 575.400; del año 2005 al 2011 el incremento porcentual fue de 56,85% y del 2011 al 2015 el 30,44%. Estos datos revelan que, a pesar de todo, el uso de la bicicleta como medio de transporte cotidiano no es tan significativo, un dato para tener en cuenta es la distancia o largo de los trayectos que los ciudadanos deben realizar. Según la Encuesta de Movilidad para el año 2015, en un día cotidiano alrededor de 1.800 viajes realizados, recorren más de 17 kilómetros y al menos 600 viajes recorren menos de tres kilómetros [13].

De aquellos ciudadanos que hacen uso de la bicicleta diariamente, el 76,6% son hombres y el 23,4% son mujeres. El mayor uso de la bicicleta se presenta en el rango de edad de 15 a 24 años (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Rango de edad de biciusuarios

RANGO DE EDAD	PORCENTAJE DE INDIVIDUOS
5 a 14 años	10,6%
15 a 24 años	23,6%
25 a 34 años	20,8%
35 a 44 años	16,7%
45 a 54 años	19,76%
55 a 64 años	9,1%
Mayores a 64 años	2,5%

Fuente: [13]

3.3.3. Infraestructura para la movilidad en bicicleta

Para incentivar la bicicleta como medio de transporte, es necesario brindarle a los biciusuarios una infraestructura óptima en sus características físicas que incluye no sólo los carriles para circulación sino también bici-parqueaderos, conexión de las ciclo rutas con otras redes de transporte, además de otros servicios como barandas de apoyo y talleres de reparación cercanos. Adicionalmente, la infraestructura vial debe disponer de un espacio continuo, protegido del tránsito motorizado, separado de los peatones y libre de posibles obstáculos. De tal forma que existen tres tipos de infraestructura: verde o independiente, compartida y segregada [2].

- **Infraestructura verde o independiente**, carriles para la bicicleta independientes asociados a corredores verdes.
- **Infraestructura compartida**, carriles de tránsito compartido con bicicletas. Este tipo de infraestructura se encuentra usualmente en vías destinadas al libre tránsito con velocidades máximas de 30 km/h y un volumen de circulación de automóviles relativamente bajo (menor o igual a 2.000 vehículos/día).
- **Infraestructura segregada**, carriles demarcados con pintura u otro tipo de separador. La segregación con pintura se realiza en vías destinadas al libre tránsito con velocidades máximas de 30 km/h y un volumen de circulación de automóviles medio (mayor a 2.000 vehículos/día); la segregación con separador físico es necesaria cuando los ciclistas comparten la vía con velocidades máximas de 50 km/h sin importar el volumen de circulación.

Para el 2015 en términos de infraestructura latinoamericana, Bogotá (Colombia) llevaba la delantera con 442 km de ciclo rutas, seguido de Río de Janeiro (Brasil) con más de 300 km, de tercer lugar Sao Paulo (Brasil) con 270 km y de cuarto lugar, Santiago de Chile con 240 km de infraestructura para sus biciusuarios [41]. Actualmente en el caso de infraestructura para Bogotá, la red de ciclo rutas cuenta con 490 kilómetros donde 51% de ellas se encuentra en estado óptimo, el 38% en buen estado, el 9% en estado regular y el 2% en estado crítico [5].

3.4. Indicadores de sustentabilidad

La aplicación de los indicadores de sustentabilidad nace a finales de la década de los 80's en Canadá y en algunos países de Europa, seguido del impulso abarcado por la Cumbre de la Tierra, que estipula la necesidad de contar con información ambiental para monitorear avances en el desarrollo sustentable [42].

Un indicador de sustentabilidad entonces es definido por La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en 1992 como: “unidades de información que señalan lo que está ocurriendo en los sistemas de estudio”. Es decir, es una variable seleccionada y cuantificada, la cual permite caracterizar la situación actual y el poder evaluar el desempeño de las políticas públicas conforme a la dinámica del sistema en estudio, en proyección a los procesos críticos del trinomio: sociedad, economía y medio ambiente [43].

La implementación de la herramienta de indicadores de sustentabilidad es más eficiente en comparación con otras herramientas, debido a la relevancia de información que genera para la toma de decisiones (políticas, ambientales, empresariales, etc.); estos indicadores son herramientas que resumen o simplifican información importante, además vuelven visibles o perceptibles los fenómenos que están en interés y con ello cuantificar, medir y comunicar los resultados obtenidos [44]. Uno de los procedimientos más importantes para el

análisis de indicadores es la ponderación y agregación de datos, los cuales son pasos claves en la construcción de sistemas de indicadores sustentables (SID), ya que son los procesos por los cuales la información de sustentabilidad de un sistema se transfiere de variables a subindicadores y luego, de subindicadores a índices [45].

Debido a la gran variedad de indicadores existentes, es necesario conocer la naturaleza y las características de estos; por lo que es importante tener en cuenta el propósito de la investigación, las escalas y el alcance del mismo en base a la sustentabilidad [46]. Para ello, la Comisión Europea propuso un manual (2008) en el que menciona las características y criterios para tener en cuenta en la construcción y selección de indicadores. A continuación, se indican algunas características principales [46]:

- Los indicadores deben ser exactos, específicos e inequívocos.
- Deben ser sencillos de entender y de interpretar.
- Deben ser accesibles, evitando indicadores que requiera complejidad de cálculos.
- Deben ser relevantes y significativos con datos que representen la realidad de la situación analizada.
- Deben ser sensibles al cambio; con el fin de realizar valoraciones rápidas y sencillas a través del tiempo.
- Deben ser válidos, verificables y reproducibles.
- Deben ser herramientas útiles para las acciones en relación con el estado actual de la situación evaluada.
- Deben ser capaz de señalar los cambios de tendencia.
- Deben permitir comparaciones interterritoriales.

3.5. Metodología Bottom-Up

Es un modelo matemático para las estimaciones e inventario de emisiones por fuentes móviles. Este modelo se caracteriza principalmente por ser usado para cálculos en escalas muy locales, análisis de pequeñas ciudades o alguna vía en particular; con el fin de determinar y hallar las emisiones por contaminante y categoría vehicular, se aplica la siguiente ecuación.

Ecuación 1: Modelo de estimación de emisiones fuentes móviles Bottom-up

$$E(\text{g/día}) = F_e(\text{g/km-veh}) * F(\text{veh-t}) * L(\text{km})$$

Donde $E(\text{g/día})$ corresponde a las emisiones totales dadas en gramos o toneladas por día, $F_e(\text{g/Km-veh})$ es el factor de emisión del contaminante por cada categoría vehicular, $F(\text{veh-t})$ es el flujo vehicular por categorías vehiculares y $L(\text{km})$ corresponde a la longitud de la vía para la categoría de malla vial [47].

3.6. Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

El Proceso de Análisis Jerárquico (The Analytic Hierarchy Process, 1980) desarrollado por Thomas L. Saaty está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. Su metodología se basa en comparaciones por parejas entre criterios² y poder así, priorizar alternativas³. De tal forma, este método permite no sólo valorar diferentes alternativas, sino también establecer comparaciones relevantes entre criterios para así obtener como resultado un vector de peso⁴, mediante el desarrollo de matrices continuas [48]. Cuando se realizan las comparaciones se emplea **la Escala de comparación de Saaty** desarrollada por el método AHP; éste maneja una escala de 1 a 9, en donde el tomador de la decisión determina el valor de acuerdo con el análisis que realice evaluando siempre de a dos criterios de manera sucesiva [48].

² Criterios: pueden definirse como condiciones o parámetros que permiten discriminar alternativas y establecer preferencias del decisor.

³ Alternativas: son el conjunto finito de soluciones, estrategias, acciones, decisiones, etc., posibles que hay que analizar durante el proceso de resolución del problema de decisión que se considere.

⁴ Peso: pesos o ponderaciones son medidas de la importancia relativa que los criterios tienen para el decisor. El peso refleja la importancia del criterio en la decisión y es asumido que es positivo.

4. METODOLOGÍA

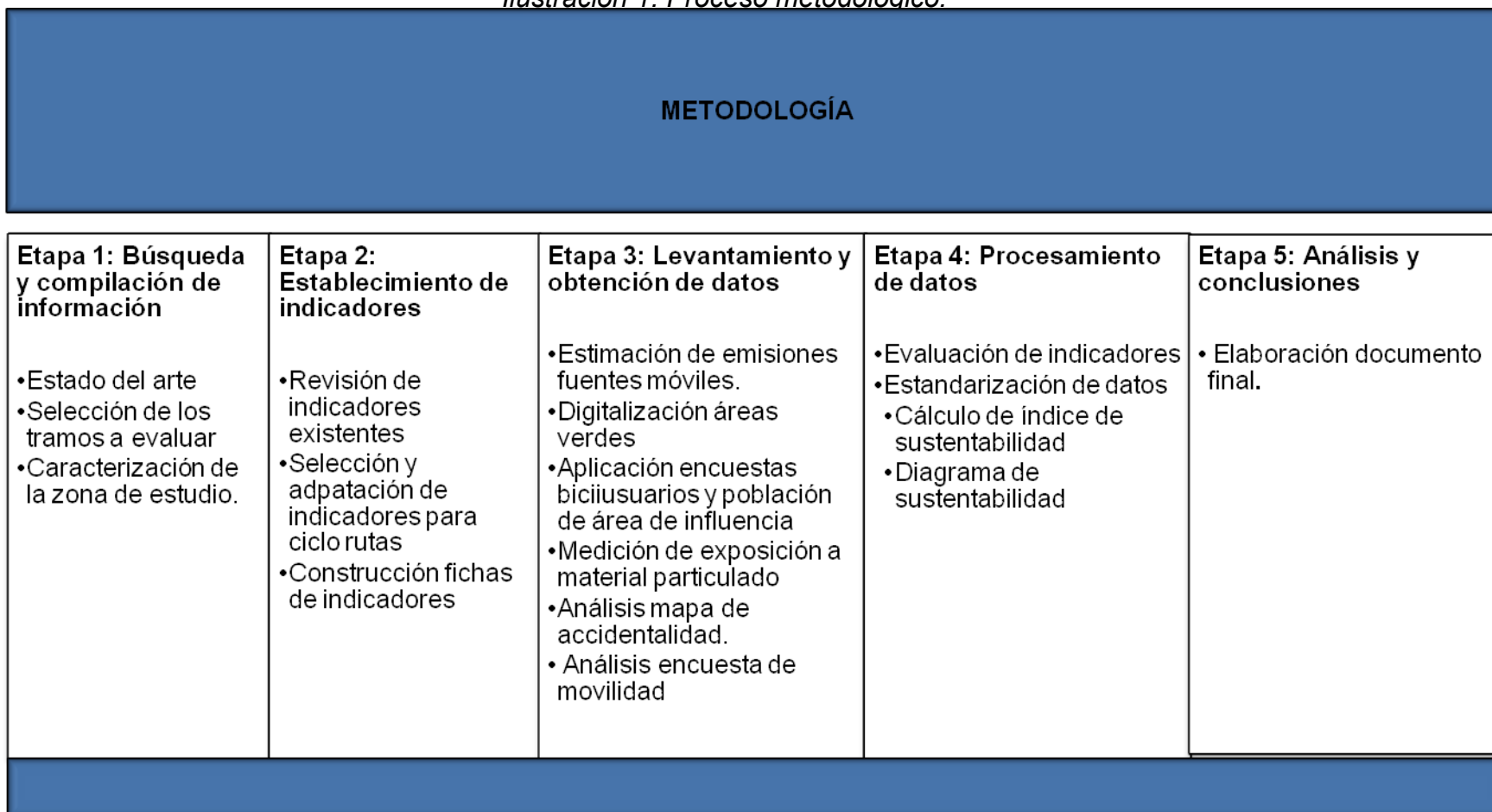
Para el desarrollo de este estudio se aplicó una metodología descriptiva correlacional, en la cual se emplea información secundaria y se hace levantamiento de información primaria a partir de actividades en una campaña de campo para la toma de datos ambientales y socioeconómicos; lo anterior con el fin de construir indicadores e implementar metodologías de evaluación de sustentabilidad para determinar el estado actual de los tramos de las ciclo rutas pertenecientes a la Avenida Boyacá y la Avenida de Las Américas en la localidad de Kennedy. Para dicho efecto se llevaron a cabo 5 etapas (*Ver Ilustración 1*).

4.1. Búsqueda y compilación de información

4.1.1. Selección de los límites de los tramos a evaluar

La primera fase de la elaboración del presente trabajo consistió en definir la zona de estudio para la localidad de Kennedy y así seleccionar estratégicamente los tramos de las ciclo rutas a evaluar. Para lo anterior, se identificaron tres vías principales de la red de ciclo rutas de la localidad; Avenida Boyacá, Avenida de Las Américas y Avenida Ciudad de Cali. Los tramos de esta última vía se descartaron por falta de información proveniente de entidades públicas para su respectivo estudio, además de presentar problemas de seguridad para el levantamiento de información primaria en desarrollo de la campaña de campo.

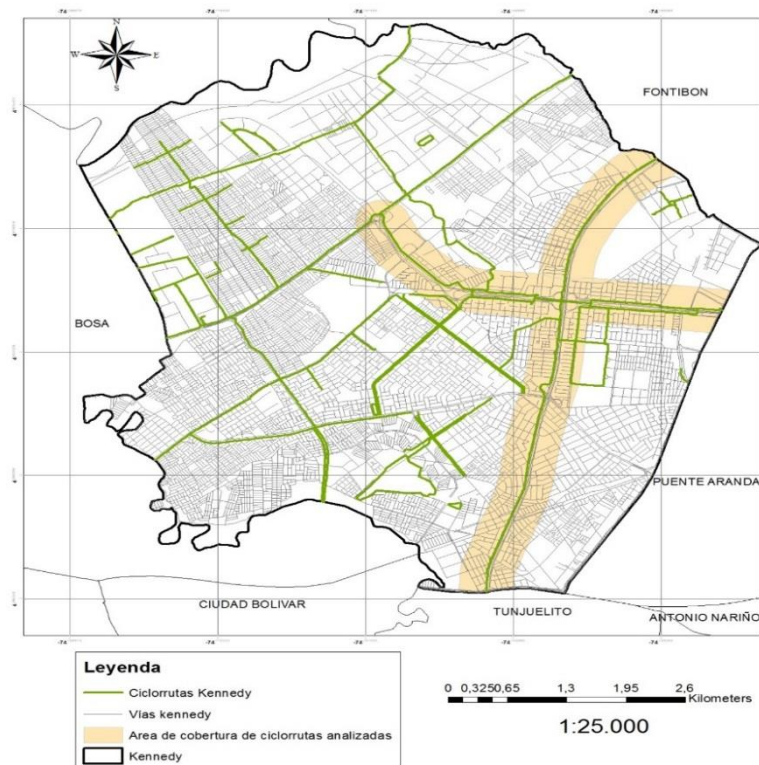
Ilustración 1: Proceso metodológico.



Elaboración: Los Autores.

Se seleccionaron los siguientes tramos de ciclo rutas: el primero corresponde con la ciclo ruta de la Avenida Boyacá, comprendido entre la Calle 13 hasta la Autopista Sur; este trayecto cuenta con una longitud de 6,32 km. El segundo tramo corresponde con la Avenida de Las Américas desde la Avenida Ciudad de Cali hasta la intersección con la Carrera 68; este tramo presenta una longitud de 4,22 km (Ver Ilustración 2). Estos dos tramos representan rutas significativas para la movilidad de biciusuarios de la localidad de Kennedy.

Ilustración 2: Tramos de ciclo rutas pertenecientes a la localidad de Kennedy



Elaboración: Los Autores.

4.2. Establecimiento de indicadores

4.2.1. Revisión de indicadores existentes

En la segunda etapa, con el fin de identificar y seleccionar los indicadores de sustentabilidad se realizó una revisión bibliográfica con alcance nacional e internacional considerando las tres dimensiones de la sustentabilidad (social, económica y ambiental). A continuación, se mencionan los sistemas revisados:

1. Indicadores del Plan Maestro de Movilidad [49].

2. Indicadores de la Guía metodológica “*Programa de ciudades emergentes y sostenibles*” [50].
3. Indicadores de ciclo-inclusión “*Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe*” [4].
4. Indicadores de la Agencia Europea de Medio Ambiente [51].
5. Indicadores de índice de movilidad sostenible IMS [52].
6. Indicadores propuestos para la tesis doctoral de Almeida Motta “*Método para a determinação da sustentabilidade de ciclovias*” [53].

4.2.2. Selección y adaptación de indicadores para ciclo rutas

Como resultado de una exhaustiva revisión de alrededor de cien (100) indicadores implementados en estudios previos, en relación con el transporte, al uso de la bicicleta y a las ciclo rutas, se eligieron dieciocho (18) indicadores.

Para la depuración y selección de indicadores, se tuvo en cuenta el alcance de los indicadores planteados en los anteriores documentos [49, 4, 50, 51, 52, 53], además de la disponibilidad de información proveniente de fuentes secundarias y a su vez, en el levantamiento de información primaria. Esta selección se hizo con el fin de permitir una visión crítica necesaria para la evaluación de sustentabilidad según el estado actual de los dos tramos pertenecientes a la red de ciclo rutas de la localidad de Kennedy.

Igualmente, para la evaluación de sustentabilidad se reconoce que no existe un sistema de indicadores de sustentabilidad específico para el análisis de ciclo rutas, ya que en la mayoría de los casos vienen implícitos en los indicadores de movilidad sustentable, de gestión pública, entre otros. Por lo que es necesario hacer una adaptación de los indicadores ya existentes para ser aplicados a la red de ciclo rutas [53]. En la Tabla 3 se presenta la lista de indicadores seleccionados, la fuente de consulta y si presentaron adaptación alguna.

Tabla 3: Lista de indicadores seleccionados

INDICADORES		FUENTE	ABREVIATURA	ADAPTADO	OBSERVACIÓN
AMBIENTALES	GEI	2, 3, 4, 5, 6	GEI (CO ₂ eq)	Sí	El indicador de emisiones de GEI se presenta a escala local, regional y global; en este caso se adaptó para las ciclo rutas y se tuvo como base para el cálculo de la emisión, el estimado promedio de vehículos que transitan en las inmediaciones de los tramos.
	Contaminantes locales	4, 5, 6	ContaLocales	Sí	Los contaminantes locales se presentan en diversas escalas; en este caso se adaptó para las ciclo rutas y se tuvo como base para el cálculo de la emisión el promedio de vehículos que transitan en las inmediaciones de los tramos.
	Percepción de ruido en los tramos de ciclo rutas	6	PeRuido	No	
	Áreas de alamedas y zonas verdes por biciusuario.	2, 5, 6	ZoVerdes	Sí	Este indicador se presenta en unidades de área/habitante, para este caso se utilizó área/biciusuario, teniendo como base el estimado promedio de biciusuarios que transitan en los tramos seleccionados.
SOCIOECONÓMICOS	Presencia de la policía en las inmediaciones de las ciclo rutas.	5, 6	PerPoli	No	
	Reducción de gastos en transporte por el uso de la bicicleta en cambio de otra modalidad.	5	ReduGast	No	

INDICADORES		FUENTE	ABREVIATURA	ADAPTADO	OBSERVACIÓN
	Gastos en transporte de la canasta familiar.	2, 5, 6	GastoTran	No	
	Percepción de seguridad por los biciusuarios de las ciclo rutas.	1, 2, 3, 5, 6	SeguBici	No	
MOVILIDAD	Volumen de biciusuarios en los tramos de ciclo rutas.	1, 2, 3, 5, 6	VoluBici	No	
	Bici_parqueaderos en las inmediaciones de los tramos.	1, 2, 3, 5, 6	BiciParque	No	
	Percepción de calidad de infraestructura de ciclo rutas.	1, 2, 3, 5, 6	PerInfra	No	
	Reducción anual de accidentes de tránsito, biciusuarios	1, 2, 3, 5, 6	ReduAcci	No	
	Tasa de accidentalidad de biciusuarios en las ciclo rutas.	1, 2, 3, 5, 6	TasaAcci	No	
	Tiempo promedio de los recorridos de los biciusuarios.	1, 5, 6	TiemPro	No	
	Volumen de vehículos que transitan en las inmediaciones de los tramos de ciclo rutas.	1, 2, 5, 6	VoluVehi	No	
	Cobertura de las ciclo rutas por UPZ.	2, 5	Coberciclo	Sí	La cobertura de las ciclo rutas se presenta por cantidad de habitantes; en este caso se adaptó por UPZ.

INDICADORES		FUENTE	ABREVIATURA	ADAPTADO	OBSERVACIÓN
SALUD AMBIENTAL	Concentración de PM _{2.5} al que se encuentran expuestos los biciusuarios.	2, 4, 5	AltSalud	Sí	La concentración de PM _{2.5} se presenta a escala local, regional y global; en este caso se adaptó la concentración a la que se encuentran expuestos los biciusuarios.
	Biciusuarios que consideran alteraciones en su salud respiratoria por la contaminación atmosférica.	Semillero ILAND y Autores	ExpoPM	No	

Elaboración: Los Autores.

4.2.3. Construcción de fichas de indicadores

Para la construcción de las fichas de los indicadores de sustentabilidad, previamente seleccionados por dimensión, se implementó el modelo elaborado por la Diputación de Barcelona [54, 54], cuya estructura general se caracteriza por su simplicidad al momento de presentar la información, permitiendo una interpretación rápida, en comparación con los modelos de ficha técnica establecidos por el Ministerio de Salud [55] y el IDEAM [56], los cuales presentan información más específica para cada caso. A continuación, en la Tabla 4 se presenta una ficha explicativa del modelo empleado.

Tabla 4: Ficha explicativa

ESPECIFICACIONES DE LA FICHA DE INDICADORES	
Indicador	Nombre completo del indicador a evaluar.
Clasificación	Dimensión a la que pertenece el indicador (ambiental, social, económica, etc.).
Descripción	Explicación breve sobre el indicador.
Cálculo	Relación matemática de variables o atributos que se desean medir.
Unidades	Referente para cuantificar la cantidad o tamaño de una variable, ya sea numérica, en porcentaje, fracción, etc.
Rango	Intervalo estipulado entre el valor máximo y mínimo obtenidos por indicador según información primaria, secundaria o por normativa respectiva.
Objetivo de sustentabilidad	Motivo por el cual se genera el indicador y su finalidad debe estar encaminada a la sustentabilidad.
Tendencia deseable	Aumento, disminución o estable; de acuerdo con el objetivo del indicador.
Fuentes	Aquí se debe mencionar las fuentes de todos los datos que permiten el cálculo para llegar al indicador (fuente primaria o secundaria).

Fuente: [54]

4.3. Levantamiento y obtención de datos

Para la tercera etapa se realizaron actividades de consulta de revisión bibliográfica, diseño de una campaña en campo que consistió en la aplicación de dos encuestas y la medición de la exposición a material particulado por parte de los biciusuarios. A continuación, se describen las actividades por cada dimensión evaluada, según la dimensión del indicador.

4.3.1. Caracterización de la zona de estudio

Posteriormente, se realizó una caracterización de la localidad, exactamente a las 6 UPZ en estudio (Américas, Carvajal, Castilla, Kennedy Central, Corabastos y Bavaria) que pertenecen al área de influencia de servicio de las ciclo rutas analizadas. En estas UPZ se destacan los aspectos más importantes pertenecientes a la dimensión social, económica y ambiental, además de realizar una descripción de los patrones de movilidad de sus habitantes con información suministrada por la Encuesta de Movilidad realizada en el año 2015. Igualmente, se realizó una caracterización del estado de la calidad de aire mediante reportes de datos de las estaciones de monitoreo Carvajal y Kennedy para los últimos cinco años.

4.3.2. Indicadores socioeconómicos

Los indicadores socioeconómicos que se consideraron fueron:

- Presencia de la policía en las inmediaciones de las ciclo rutas.
- Reducción de gastos en transporte por el uso de la bicicleta en cambio de otra modalidad.
- Gastos en transporte de la canasta familiar.
- Percepción de seguridad por los biciusuarios de las ciclo rutas.

Para los indicadores socioeconómicos, la principal actividad que se realizó fue la aplicación de una encuesta en el año 2017, en la cual se evaluaron los aspectos más relevantes de la población que habita en el área de influencia perteneciente a los tramos de ciclo rutas de la localidad. La elaboración de la encuesta fue un trabajo desarrollado en conjunto con el semillero de investigación ILAND de la Universidad Santo Tomás (Ver Anexo 1). Previamente se consultó información secundaria de entidades públicas tales como Alcaldía Local de Kennedy [57] y trabajos de investigación como el de Iral y Meneses [58].

4.3.2.1. Aplicación de encuestas en las UPZ

Para la aplicación de los formatos de encuesta en las 6 UPZ pertenecientes al área de influencia de los tramos de las ciclo rutas seleccionadas, se empleó la ecuación 2 para determinar el tamaño de la muestra a una población finita.

Ecuación 2: Cálculo de la muestra a poblaciones finitas.

$$n = \frac{NZ^2 pq}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq}$$

Como se puede observar en la Tabla 5, se utilizó la población para el año 2015, dato obtenido de las proyecciones de la población por UPZ [59]; de allí se estableció que el tamaño de la muestra a la cual se aplicó las encuestas es de 318 habitantes, ya que se manejó un margen de error del 4%, un nivel de confianza del 96% y una variable positiva y negativa del 50% respectivamente. Este resultado se obtuvo al momento de realizar una proporción por UPZ teniendo en cuenta el total de habitantes de la localidad de Kennedy, ya que, al momento de aplicar dicha fórmula, ésta da como resultado 652 desde cierta cantidad de habitantes, por lo cual se requiere hallar de manera exacta el tamaño de la muestra para obtener la información necesaria para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 5: Tamaño de la muestra por UPZ

UPZ	POBLACIÓN SEGÚN AÑO		ENCUESTAS
	2015	PROPORCIÓN	
Las Margaritas	16.291	1,50%	10
Bavaria	22.189	2,10%	14
Tintal Norte	36.120	3,40%	22
Gran Britalia	74.480	7,00%	45
Corabastos	75.326	7,00%	45
Calandaima	75.803	7,10%	46
Américas	89.529	8,40%	55
Kennedy Central	98.967	9,30%	60
Carvajal	99.647	9,30%	61
Castilla	136.841	12,80%	83
Timiza	156.283	14,60%	95
Patio Bonito	187.993	17,60%	115
TOTAL	1.069.469	100%	652
TOTAL ENCUESTAS			318

Elaboración: Los Autores.

4.3.3. Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales que se consideraron fueron:

- Emisiones de GEI.
- Emisiones de contaminantes locales.
- Percepción de ruido en los tramos de las ciclo rutas.
- Áreas de alamedas y zonas verdes por biciusuario.

Dichos indicadores se basan en las emisiones de fuentes móviles de la flota vehicular que circula cerca a los tramos seleccionados, al igual que la cobertura de zonas verdes presentes en un área de 100 metros de influencia de la ciclo ruta estipulada por el Proyecto de Acuerdo N° 45 de 2014⁵ [60], y, por último, la percepción de ruido. De acuerdo con esto, se realizaron tres actividades.

4.3.3.1. Estimación de emisiones por fuentes móviles

Para estimar las emisiones de los contaminantes provenientes de la flota vehicular, se utilizó la **metodología Bottom-Up** y la Ecuación 1 para el inventario de emisiones, el cual necesita de tres variables para llegar a la proyección de las emisiones, éstas son; i) Número de vehículos por categoría vehicular, ii) Factor de emisión del contaminante por cada categoría vehicular, iii) Longitud de la vía.

Para establecer el flujo vehicular que transita cerca a los tramos seleccionados, se utilizaron aforos realizados por la Secretaría Distrital de Movilidad, quien realiza de modo constante aforos vehiculares de manera aleatoria por año en 36 puntos - estaciones maestras- distribuidos en vías principales de la ciudad. En estos aforos se realiza el conteo de diferentes categorías vehiculares, tales como vehículos livianos, motos, bicicletas, transporte público colectivo (buses, busetas, colectivos), transporte público masivo (articulado, biarticulado, alimentador), buses intermunicipales, vehículos especiales y camiones en sus respectivas categorías [61].

Para la estimación de emisiones se empleó un período de tiempo de cinco años (2012-2016), además se utilizaron tres estaciones maestras ubicadas en los tramos seleccionados⁶. Los puntos de aforo utilizados se muestran en la Tabla 6.

⁵ Medio por el cual se establece la estrategia “Onda bici segura” para el Distrito Capital, haciendo énfasis en un área de influencia de 100 metros de las ciclo rutas para el análisis de zonas verdes y accidentes.

⁶ Se empleó la estación maestra Ak_72_X_Ac_17 de la localidad de Fontibón por ser el límite entre esta localidad y la localidad de Kennedy, además por ser un punto estratégico del tramo con gran influencia para la movilidad del sector.

Tabla 6: Ubicación estaciones maestras

PUNTO	LOCALIDAD	DIRECCIÓN	TRAMOS EN LAS AVENIDAS
1	Fontibón	Ak_72_x_AC_17	Avenida Boyacá
2	Kennedy	Ak_72x_AC_26Sur	Avenida Boyacá
3	Kennedy	AK_68_AC_9	Avenida de Las Américas

Elaboración: Los Autores.

Dichos aforos vehiculares fueron manipulados con la finalidad de hallar un supuesto del volumen de flujo vehicular en un día del año según el tramo de la avenida en estudio, los cuales se pueden observar en los Anexo 2, 3 y 4. Posteriormente se identificaron factores de emisión (F_e) para cada contaminante; para fines de este estudio, se utilizaron los F_e compilados en el trabajo de Carmona (2016) [47], específicos para 38 categorías vehiculares de diferentes estudios [28, 62, 63, 10, 64, 65], categorías así mismo empleadas en el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá (PDDAB) de la SDA para el año 2011 [64]. Se presentan los F_e para los contaminantes locales (VOC, CO, CO₂, NO_x, PM) en el caso de los vehículos livianos, motocicletas, transporte público colectivo, transporte público masivo (Transmilenio), transporte especial y turístico de acuerdo con el modelo, cilindraje, tipo de servicio y combustible.

Para los GEI (CH₄, N₂O), se hizo uso de los F_e que estipulan agencias como la EPA (Environmental Protection Agency), la Unión Europea y el Modelo Copert IV [66], los cuales clasifican los F_e por categoría vehicular de manera general, por el tipo de combustible (gasolina, diésel, GPL), por la tecnología de control de emisiones del vehículo, por la vía en que el vehículo se moviliza (urbano, rural, autopista), además del estado en que se encuentra (en marcha o arranque).

Para el cálculo de la longitud de los tramos viales seleccionados, se empleó el software ArcGis 10.3 usando como base la capa de malla vial de la versión V09.17 del “Mapa de referencia para el Distrito del año 2017 del Catálogo de Datos Geográficos” [67]. Obteniendo todos los datos necesarios para la metodología Bottom-Up, se procedió a emplear dicho modelo donde el cálculo de las emisiones se realizó en el software Excel para tener un mejor manejo de los datos debido a su robustez.

4.3.3.2. Digitalización de zonas verdes cercanas a las ciclo rutas

Para el cálculo de las áreas verdes presentes en los tramos se definió un radio de 100 metros de cercanía a las inmediaciones de las ciclo rutas como lo sugiere el Proyecto de Acuerdo N° 45 del 2014 [60]. Para estimar dichas áreas se utilizaron

las imágenes satelitales de la base de datos de Google Earth versión 2016 y posteriormente se empleó el software ArcGis para realizar la digitalización de las zonas de estudio; mediante el uso de las herramientas de cálculo geométrico para obtener el valor total de áreas verdes.

4.3.3.3. Cálculo para la percepción de ruido

Para analizar la percepción de ruido al que se encuentran expuestos los biciusuarios y los habitantes que se encuentran en el área de influencia de las ciclo rutas en estudio, se implementaron encuestas con el fin de identificar y cuantificar la percepción de ruido que sienten. Esta información se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta tanto a biciusuarios como a la población perteneciente al área de influencia.

4.3.4. Indicadores de movilidad

Los indicadores de movilidad que se consideraron fueron:

- Volumen de biciusuarios en los tramos de ciclo rutas.
- Biciparqueaderos en las inmediaciones de los tramos.
- Percepción de calidad de infraestructura de ciclo rutas.
- Reducción anual de accidentes de tránsito, biciusuarios.
- Tasa de accidentalidad de biciusuarios en los tramos de ciclo rutas.
- Tiempo promedio de recorridos de los biciusuarios.
- Volumen de vehículos que transitan en las inmediaciones de los tramos de las ciclo rutas.
- Cobertura de las ciclo rutas por UPZ.

Para este conjunto de indicadores se emplearon principalmente datos obtenidos de la Encuesta de Movilidad del año 2015 y luego, la aplicación de una encuesta a los biciusuarios que transitan en los tramos de estudios (Ver Anexo 5).

4.3.4.1. Aplicación de encuestas a biciusuarios

De igual forma, para hallar el tamaño de la muestra de encuestas a aplicar para biciusuarios, se implementó la fórmula para cálculo de la muestra a poblaciones finitas. Para ello, se manejaron datos brindados por la SDM desde el 2012 al 2015, donde se obtuvo un promedio de biciusuarios por sentido de ciclo ruta tanto de la Avenida Boyacá como de la Avenida de Las Américas.

Tabla 7: Tamaño de la muestra para biciusuarios

CICLO RUTA	AFORO BICIUSUARIOS	TAMAÑO MUESTRA
Américas	5.005	58
Boyacá	1.378	57
TOTAL ENCUESTAS		115

Elaboración: Los Autores.

De acuerdo con el cálculo desarrollado, se obtuvo un total de 115 encuestas para biciusuarios manejando un margen de error del 5%, un nivel de confianza del 95%, una variable negativa del 96% y una variable positiva del 4%, de acuerdo con el análisis previamente realizado en las dinámicas de movilidad pertenecientes a la localidad de Kennedy; donde se obtuvo que el 4% de la población encuestada por la SDM (Encuesta de Movilidad) [68] hace uso de la bicicleta como medio de transporte.

4.3.4.2. Mapa de accidentalidad de biciusuarios en los tramos de las ciclo rutas

Para obtener el número de accidentes presentes en los tramos seleccionados, se utilizó un mapa de siniestralidad realizado por la SDM y que se encuentra disponible en la base de datos de la SDM. Para el cálculo de los accidentes en la zona de estudio, se empleó el software ArcGis y la herramienta **Intersection** para delimitar éstos en las áreas de estudio.

Los datos de siniestralidad son obtenidos utilizando la base de datos suministrada por el Sistema de Información Geográfica de Accidentes de Tránsito de Bogotá – SIGAT II, que incluye los accidentes reportados por la Policía de Tránsito con diligenciamiento de IPAT (Informe Policial de Accidentes de Tránsito) conforme los lineamientos establecidos en la Resolución 11268 de 2012 del Ministerio de Transporte, y georreferenciada por la Policía Metropolitana de Tránsito y Transporte⁷.

4.3.5. Indicadores de salud ambiental

Los indicadores de salud ambiental que se consideraron fueron:

- Concentración de PM_{2.5} al que se encuentran expuestos los biciusuarios.

⁷ Los eventos georreferenciados de siniestralidad vial general y por actores reportados en el Sistema de Información Geográfica de Accidentes de Tránsito (SIGAT), corresponden al 80% (aprox.) del total de accidentes.

- Biciusuarios que consideran alteraciones en su salud respiratoria por la contaminación atmosférica.

Para el cálculo de los indicadores de salud ambiental se desarrollaron dos actividades; para obtener el cálculo de la exposición a material particulado se realizó un monitoreo experimental de $PM_{2.5}$ con el monitor y sensor de calidad del aire AirBeam y para el cálculo de accidentes se utilizó el mapa de siniestralidad brindado por la SDM para el año 2017.

4.3.5.1. Monitoreo $PM_{2.5}$

Para el monitoreo de $PM_{2.5}$ al que se encuentra expuesto los biciusuarios que hacen uso de los tramos en estudio, se hizo uso del monitor y sensor de calidad denominado AirBeam de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás. El AirBeam utiliza un método de dispersión de luz para medir partículas finas o $PM_{2.5}$, donde el aire se extrae a través de una cámara de detección donde la luz de un láser dispersa las partículas. Este equipo es un dispositivo portátil que funciona a través de conexión Bluetooth, lo que permite enviar información al dispositivo móvil, y a su vez, utilizar el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para registrar datos de parámetros tales como material particulado ($PM_{2.5}$), humedad relativa, temperatura y ruido en la aplicación AirCasting⁸.

Para determinar las franjas horarias de monitoreo de $PM_{2.5}$, se hizo uso de dos criterios conforme a información secundaria consultada. El primer criterio corresponde con la información registrada en los reportes de calidad de aire de las estaciones de monitoreo Carvajal y Kennedy con el parámetro $PM_{2.5}$. El segundo criterio, son las horas de mayor concurrencia de biciusuarios de acuerdo con los últimos aforos vehiculares realizados por la SDM en los tres puntos específicos previamente seleccionados.

4.3.5.2. Informes Calidad de aire

En la Tabla 8 se observa el comportamiento de $PM_{2.5}$ en las dos estaciones de monitoreo seleccionadas, destacando las horas donde se presentan los puntos máximos de concentración durante el día. Dichos puntos varían entre las 8:00 y 9:00 horas y entre las 13:00 y las 15:00 horas.

⁸ <http://aircasting.org/>

Tabla 8: Reporte de puntos máximos de $PM_{2.5}$ para el mes de noviembre⁹.

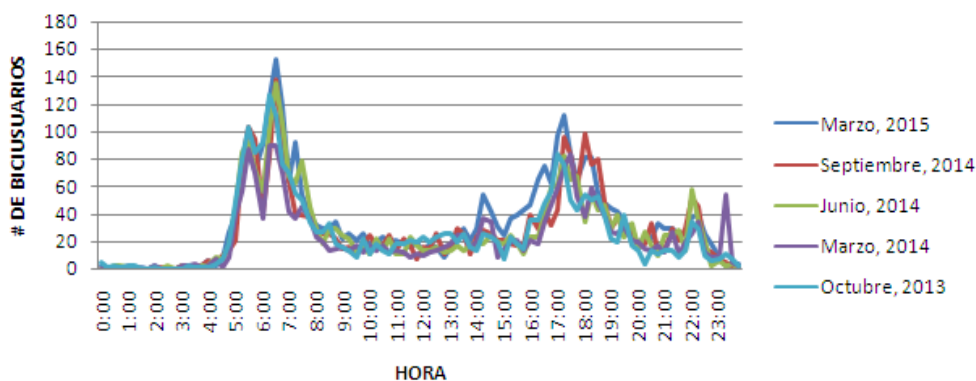
ESTACIÓN CARVAJAL				ESTACIÓN KENNEDY			
Año	Fecha máxima	Hora máxima	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Año	Fecha máxima	Hora máxima	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2017	06/11/17	9:00	82,5	2017	01/11/17	8:00	90
2015	10/11/15	15:00	124,5	2016	21/11/16	8:00	192
2014	27/11/14	8:00	74,5	2015	20/11/15	9:00	88
2013	07/11/13	9:00	30,4	2014	10/11/14	13:00	111,5
				2013	18/11/13	15:00	112,6
				2012	13/11/12	8:00	104,5
				2011	26/11/11	8:00	102

Elaboración: Los Autores, [69].

4.3.5.3. Aforos de biciusuarios proporcionados por la SDM

De acuerdo con la información brindada por la SDM (2011-2015), se obtienen aforos de biciusuarios que hacen uso de las ciclo rutas de la Avenida Boyacá y la Avenida de Las Américas; esto con el fin de determinar en qué horas del día hay mayor concurrencia de bicicletas. Como se puede observar en las Ilustraciones 3 y 4, para los dos tramos de las ciclo rutas seleccionados desde el año 2013 al 2015 hay mayor concentración de biciusuarios entre las 5:00 y 7:00 horas y entre las 17:00 y 19:00 horas.

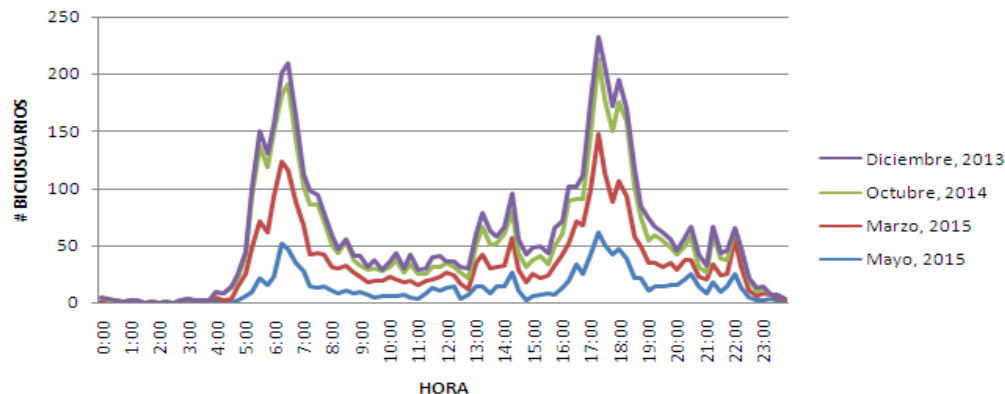
Ilustración 3: Aforos biciusuarios, Av. de Las Américas



Elaboración: Los Autores.

⁹ Existen estaciones que para algunos años no cuentan con datos, por eso se presentan vacíos en el reporte.

Ilustración 4: Aforos biciusuarios, Av. Boyacá

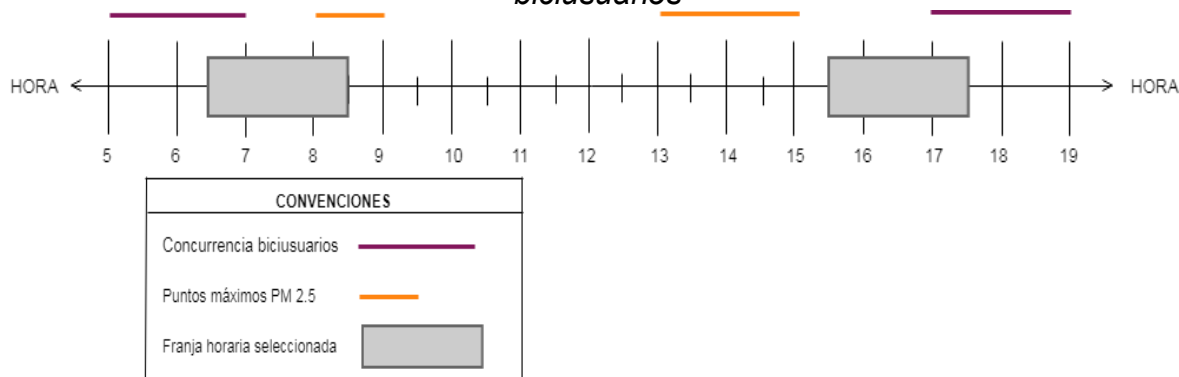


Elaboración: Los Autores.

4.3.5.4. Franjas horarias

Para determinar las franjas horarias en las que se realizó el monitoreo de $PM_{2.5}$ en ambos tramos, se emplean dos intersecciones entre las horas en las que se presentan los picos máximos de dicho contaminante y en las que hay mayor concurrencia de biciusuarios. Como se observa en la Ilustración 5, los picos máximos de $PM_{2.5}$ se presentan de color amarillo (entre las 8:00 - 9:00 horas y entra las 13:00 - 15:00 horas) y en el caso de los biciusuarios, la mayor concurrencia se presenta de color morado (entra las 5:00 – 7:00 horas y 17:00 – 19:00 horas).

Ilustración 5: Intersección de picos máximos de $PM_{2.5}$ y mayor presencia de biciusuarios



Elaboración: Los Autores.

Para hallar una intersección adecuada entre los picos máximos de ambos criterios, se determina una franja horaria para la mañana y otra para la tarde donde cada una tendrá una duración de dos horas; lo anterior con el fin de que el biciusuario se prepare y recorra el tramo de acuerdo con su propio ritmo. Por lo tanto, la

medición de $PM_{2.5}$ (rectángulos de color gris) se realizó en las franjas de 6:30 a 8:30 de la mañana y en el caso de la tarde, se hizo desde las 15:30 hasta las 17:30 horas; ambas franjas horarias de lunes a viernes durante dos semanas, una semana por tramo. Las mediciones se realizaron desde el 16 de noviembre al 7 de diciembre del 2017.

4.4. Procesamiento de datos

4.4.1. Análisis multicriterio AHP

El método AHP se implementó para hacer un análisis ponderado y jerárquico del índice de sustentabilidad, con el fin de darle un peso de clasificación a cada una de las cuatro dimensiones establecidas, un peso a cada uno de los dieciocho (18) indicador y hallar así, el peso total que es la multiplicación de los dos valores anteriores, peso total que debe estar entre un rango de cero a uno.

4.4.2. Evaluación de los indicadores

Cálculo índice de la sustentabilidad de los tramos de ciclo rutas

Para el cálculo del índice de la sustentabilidad y su respectiva evaluación, se combinaron dos metodologías; una propuesta por Sánchez (2015) [16] basada en la “Sostenibilidad local de municipios” y la segunda propuesta por Almedia (2016) [53] basada en el “método para a determinación da sustentabilidad de ciclovías”. Para lo anterior, se procede a recopilar los datos resultantes de la evaluación de los indicadores (Ver Anexo 6), además de los cálculos pertinentes de los indicadores anteriormente seleccionados por dimensión de manera general para los dos tramos de las ciclo rutas trabajadas de la Localidad de Kennedy.

4.4.3. Estandarización de datos

Finalizado el levantamiento y obtención de datos, se continuó con el procesamiento y la estandarización de estos. Los datos recolectados cuentan con unidades y escalas diferentes, por lo cual es necesario realizar una estandarización de éstos como insumo para la elaboración del diagrama de sustentabilidad. Para la estandarización de los datos hallados, se utilizó información estipulada en diversos trabajos donde establecen rangos de valor [53, 50], haciendo uso de una escala de cero (0) a uno (1), donde cero es un valor no ideal y uno es un valor ideal a la sustentabilidad, esto con el fin de normalizar el resultado de cada indicador y al final obtener los indicadores en la misma unidad (Ver Anexo 7).

Tabla 9: Rango de estandarización.

INDICADOR/ PUNTACIÓN	VALOR DE REFERENCIA				
	1,0	0,75	0,50	0,25	0,0

Fuente: [53], los Autores.

4.5. Diagrama de sustentabilidad

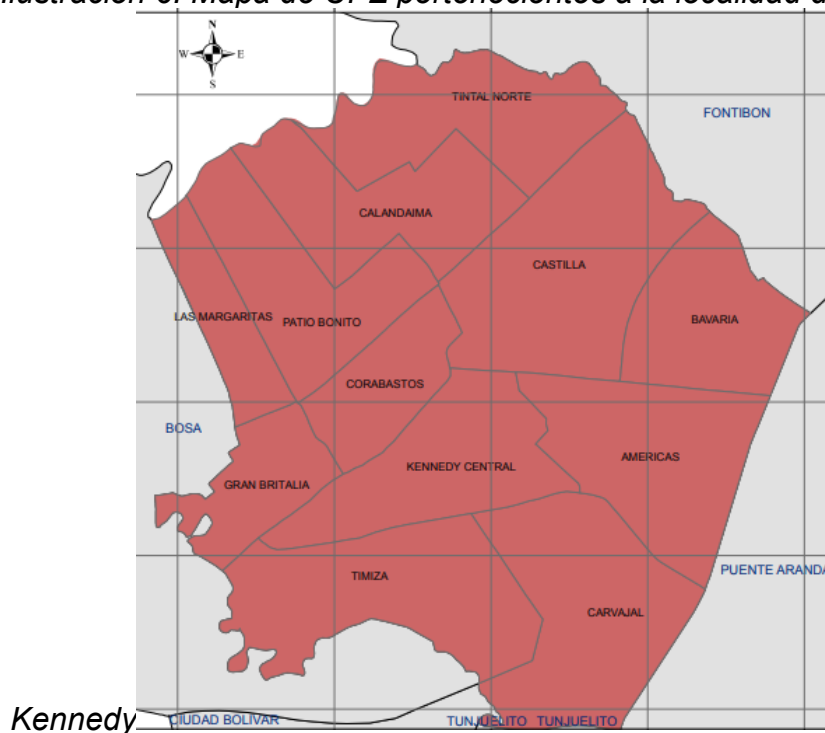
Esta fase consiste en la elaboración del diagrama de sustentabilidad al finalizar el procesamiento de los datos. Como tal, este diagrama fue tomado de la evaluación de sustentabilidad elaborada por el Observatorio de la Sostenibilidad en España para el año 2008. Esta evaluación consiste en representar mediante diversos colores la evaluación simultánea de los dos tramos de ciclo rutas en relación con los indicadores elegidos. Cada uno de los tramos se representa mediante un color y en los vértices del diagrama se ubican cada uno de los indicadores trabajados, implementando la escala de cero (0) a uno (1) proveniente de los resultados ya estandarizados, donde 0 representa el valor más bajo y 1 el valor más alto de sustentabilidad.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación, se da a conocer el análisis y los resultados del desarrollo de la metodología descrita en el capítulo anterior. En primer lugar, se presenta la caracterización general de la localidad, mostrando los aspectos más relevantes de Kennedy haciendo énfasis en la dimensión ambiental, socioeconómica, de movilidad y de salud ambiental. Seguido esto, se realiza la construcción de las fichas de los dieciocho (18) indicadores para su cálculo propicio con la información recolectada, se presentan los resultados de la evaluación obtenidos para las cuatro dimensiones empleadas haciendo uso de la metodología AHP y finalmente, se realiza el diagrama de sustentabilidad para establecer el estado actual de los dos tramos de ciclo rutas bajo la perspectiva de desarrollo sustentable pertenecientes a la localidad de Kennedy.

5.1. Descripción general de la localidad de Kennedy

Ilustración 6: Mapa de UPZ pertenecientes a la localidad de



Fuente: [70]

La localidad de Kennedy pertenece a la división político-administrativa de la ciudad de Bogotá, es la número ocho de las veinte (20) del Distrito Capital. Cuenta con una extensión aproximada de 3.856,55 hectáreas de superficie de suelo, de las cuales 3.605,60 están clasificadas como suelo urbano, 250,95 corresponden a suelo de expansión y dentro del área de estos dos suelos, hay 389 hectáreas de suelo protegido. Así mismo, se encuentra dividida en doce (12) Unidades de

Planeación Zonal (UPZ) y tiene un total de 426 barrios. Limita al norte con la localidad de Fontibón, al sur con Bosa, Ciudad Bolívar y una pequeña parte de la localidad de Tunjuelito, al oriente con el municipio de Mosquera y al occidente con la localidad de Puente Aranda [71] (Ver Ilustración 6).

5.1.1. Dimensión Socioeconómica

5.1.1.1. Características de la población

La localidad de Kennedy es una de las más pobladas de la ciudad ocupando el segundo puesto, luego de la localidad de Suba. De acuerdo con las proyecciones de la Secretaría de Planeación Distrital (SPD) para el año 2017 la localidad contaría con 1'208.980 habitantes, correspondiendo al 14% de la población total de Bogotá. Siendo la UPZ de Castilla la que presenta el mayor número de habitantes, el 52% corresponde a mujeres y el restante a hombres. Alberga población menor a los 49 años que corresponde 97% de los habitantes [59] y cuenta con una densidad poblacional promedio de 271.14 hab/ha [72].

Los habitantes de Kennedy se encuentran distribuidos en estratos socioeconómicos 1, 2, 3 y 4 siendo el estrato 2 el más representativo de la localidad [73]. Cerca del 17,4% se encuentra en condiciones de pobreza y alrededor del 4,9% en extrema pobreza de acuerdo con la Encuesta Multipropósito Bogotá del año 2014. Según cifras de la Comisión Intersectorial de Estudios Económicos, Información y Estadísticas del Distrito (CIEEIE), la localidad cuenta con un aproximado de 288.293 hogares, con un promedio de 3,5 personas por hogar. De esto, el 50% vive en vivienda propia y alrededor del 42% vive en arriendo o subarriendo [59].

5.1.1.2. Seguridad

Con relación a temas de convivencia y seguridad, para el año 2015, Kennedy ocupó el primer puesto en presentar el mayor índice en delitos de impacto social, al igual que el primer puesto de maltrato infantil y violencia intrafamiliar. En el período 2014-2015 presentó una tasa promedio de homicidios de 14,1 por 100 mil habitantes, posicionándose en el segundo lugar de Bogotá, siendo las UPZ Kennedy Central, Patio Bonito y Américas las que presentan de manera más representativa dicho índice [71].

5.1.1.3. Urbanización

Actualmente la localidad es en su totalidad un área urbana, esto debido a los acelerados procesos de urbanización que vivió en décadas pasadas. Este proceso

comenzó alrededor de los años 50's siendo un municipio que recibía víctimas del conflicto de la época, ya que contaba con terreno y éste cubría las necesidades de vivienda de la época. Posteriormente, con la llegada de la empresa Bavaria a la localidad, ésta se convirtió en una zona muy atractiva para vivir.

Para la década de los años 60's y 70's, la localidad se había expandido y su población crecía proporcionalmente. Esto se convirtió en un problema en décadas posteriores, ya que empezó a generar diferentes problemáticas sociales como la delincuencia, sumado a urbanizaciones pirata que vendían terrenos a comunidades que se asentaban ilegalmente en la zona; lo que permitió la conformación de barrios informales, los cuales no contaban con servicios básicos. Aún para el 2017, se estima que hay alrededor de 70 familias que viven sin servicios básicos [74].

Tabla 10: Características urbanas de las UPZ, localidad Kennedy

UPZ	POBLACIÓN SEGÚN AÑO			CARACTERÍSTICAS URBANÍSTICAS	ÁREA	%
	2010	2013	2015			
Las Margaritas	15.378	15.874	16.291	Predominante dotacional	147	3,8
Bavaria	20.946	21.621	22.189	Predominante industrial	277	7,2
Tintal Norte	34.096	35.195	36.120	Desarrollo	343	8,9
Gran Britalia	70.306	72.573	74.480	Residencial urbanización incompleta	180	4,7
Corabastos	71.104	73.397	75.326	Residencial urbanización incompleta	185	4,8
Calandaima	71.555	73.862	75.803	Desarrollo	319	8,3
Américas	84.511	87.236	89.529	Con centralidad Urbana	381	9,9
Kennedy Central	93.419	96.431	98.967	Residencial Consolidado	337	8,7
Carvajal	94.062	97.095	99.647	Residencial Consolidado	439	11
Castilla	129.172	133.337	136.841	Residencial Consolidado	503	13
Timiza	147.524	152.281	156.283	Residencial Consolidado	430	11
Patio Bonito	177.454	183.176	187.990	Residencial urbanización incompleta	317	8,2

Fuente: [72, 58]

5.1.1.4. Economía de la localidad

La localidad de Kennedy cuenta con diferentes actividades económicas; industria y comercio. La actividad industrial llega en la mitad del siglo pasado con la formación de la zona industrial del barrio, la actual UPZ de Carvajal y la llegada de Bavaria [75]. Por otro lado, desde 1.972 la localidad cuenta con la central de

Corabastos, la que es la principal fuente abastecimiento de alimentos de la ciudad de Bogotá y esto genera que en la zona y en la UPZ de Patio Bonito haya una actividad comercial constante [75].

5.1.1.5. Infraestructura vial

Las vías vehiculares, de ciclo rutas y peatonales son parte del espacio público. Por esta localidad cruzan dos importantes avenidas pertenecientes a la red del Sistema de Transporte Masivo Transmilenio: la Avenida de Las Américas y la NQS. Con estas se ha logrado reducir el tiempo de desplazamiento de la población y conectar a quienes se transportan desde la localidad a otros puntos de la ciudad y viceversa. Sin embargo, el sistema de rutas alimentadoras de Transmilenio ha deteriorado buena parte de la malla intermedia de algunos barrios de la localidad. La infraestructura vial de Kennedy representa el 11,29% de la malla vial de Bogotá, que equivalen a 1.634 kilómetros carril de vía, ocupando el primer puesto entre las localidades de la ciudad. El sistema de ciclo rutas, que soportan la movilidad de quienes hacen uso masivo de la bicicleta, se ubica sobre las principales avenidas de la localidad [57].

5.1.2. Dimensión Ambiental

La dimensión ambiental de la localidad de Kennedy abarca los componentes básicos tales como: parques y zonas verdes, arbolado urbano en espacios públicos, calidad del aire (fuentes móviles y fijas), contaminación por ruido, humedales y recurso hídrico (cuencas de ríos y canales).

5.1.2.1. Parques y zonas verdes

La localidad tiene un índice de 3,5 m² de área de parque por habitante urbano, la cual está por debajo del promedio de la ciudad que está en 4,73 m² de la ciudad. Ambos datos están lejos del estándar internacional recomendado de 10 m²/hab en áreas urbanas. Paradójicamente, con 535 parques, que ocupan 324 hectáreas, que representan el 13,3% de los parques del Distrito, Kennedy es la localidad con más parques de la ciudad. La localidad Kennedy posee 535 parques que ocupan 324,3 ha entre parques y zonas verdes de la ciudad [57].

5.1.2.2. Arbolado urbano en espacios públicos

Los 97.203 árboles presentes en la localidad equivalen al 8.9% de los árboles de la ciudad que están en el espacio público. Kennedy ocupa el lugar 15 en árboles por habitante en el área urbana del Distrito, tiene un árbol para cada 9,7

habitantes, lo cual es inferior el promedio de la ciudad que tiene 1 árbol para cada 6,2 habitantes [57].

5.1.2.3. Recursos hídricos

Como cuerpo de agua principal la localidad le corresponde un tramo de la ronda hidráulica oriental del Río Bogotá, la cual está considerada por el POT como un área de manejo especial, vecina a una zona aún no desarrollada urbanísticamente, la ronda del río Bogotá en la localidad de Kennedy es una de las más contaminadas [71]. El Río Fucha y el Tunjuelito presentan problemas de contaminación por el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, provenientes de industrias alimenticias, textiles, madereras, papel, químicas, etc., lo que ha causado pérdida de cobertura vegetal, presencia de vectores y roedores. Al igual como parte de la cuenca del Río Fucha se ubican los ecosistemas de los Humedales El Burro, La Vaca y Techo [52].

5.1.2.4. Contaminación por ruido

La localidad de Kennedy tiene gran actividad comercial, industrial y de alto flujo vehicular. Toda esta actividad tiene una incidencia en la generación de ruido que perturba la tranquilidad de habitantes y transeúntes. Las consecuencias generadas por este tipo de contaminación se relacionan con la pérdida gradual de la capacidad auditiva de las personas que laboran dentro de las instalaciones que generen la actividad y de quienes habitan las zonas cercanas a estos lugares. Los altos niveles de ruido también influyen en la migración de especies propias de las áreas protegidas locales [57].

5.1.2.5. Contaminación del Aire

Kennedy se caracteriza por ser una de las localidades con altos índices de contaminación atmosférica y como una de las localidades con mayores casos de infecciones respiratorias agudas (IRA). Su contaminación atmosférica se expresa en alta concentración de PM, O₃, SO_x y CO que se originan en las fuentes fijas. Otras fuentes de contaminación atmosférica son las móviles que transitan por las principales vías, como la Avenida Ciudad de Cali, Avenida Agoberto Mejía, Carrera 80, Avenida 68, Avenida Primera de mayo, Avenida de las Américas, entre otras [6]. Dentro de la localidad se encuentran las estaciones Carvajal y Kennedy, que hacen parte de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá. Los mayores picos de material particulado medidos por dichas estaciones se presentan en las horas entre las 6:00 am – 9:00 horario en la que hay una alta presencia de vehículos al ser una hora. Sumado a esto la estación Carvajal para el año 2016 presentó alrededor de 98 excedencias en el promedio diario de concentración [12].

A continuación, se presenta un resumen de los contaminantes monitoreados por las estaciones de acuerdo con los informes de RMCAB en los periodos 2012-2015.

Tabla 11: Promedios anuales de contaminantes, estación Kennedy

ESTACIÓN DE MONITOREO KENNEDY							
	PM10 (ug/m3)	PM2,5 (ug/m3)	PST (ug/m3)	SO2 (ug/m3)	NO2 (ug/m3)	CO (ug/m3)	O3 (ug/m3)
	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL
2011	79	31	N/A	N/A	18,1	1	N/A
2012	71	28	N/A	N/A	20	0,99	N/A
2013	73	28	N/A	N/A	34	N/A	N/A
2014	71	32	N/A	N/A	34	N/A	N/A
2015	68	27	N/A	5,4	25	0,8	22

Fuente: [12]

Tabla 12: Promedios anuales de contaminantes, estación Carvajal¹⁰

ESTACIÓN DE MONITOREO CARVAJAL-SEVILLANA (KENNEDY)							
	PM10 (ug/m3)	PM2,5 (ug/m3)	PST (ug/m3)	SO2 (ug/m3)	NO2 (ug/m3)	CO (ug/m3)	O3 (ug/m3)
	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO ANUAL
2011	86	31	130	8,8	25,5	5,2	22
2012	76	28,5	116	7,3	31,7	4,5	23
2013	81	30	115	15	N/A	4,1	22
2014	87	31	127	N/A	N/A	5,4	21
2015	91	35	104	11,4	53	4	26

Fuente: [12]

5.1.3. Dinámica de Movilidad

Para el análisis de la dinámica de movilidad en la localidad, se utilizó información obtenida de la Encuesta de Movilidad desarrollada en el año 2015. Esta encuesta fue realizada por la SDM a nivel Bogotá y municipios aledaños con el fin de obtener información acerca de patrones de movilidad y lograr una caracterización de los viajes en el área de estudio y su interacción en función de motivos de viajes y medios de transporte utilizados, los que fueron tomados a partir de las condiciones de prestación del servicio de transporte y políticas de movilidad en la ciudad. Así que, para analizar la movilidad de la localidad de estudio, se utilizó dicha encuesta con una muestra de 147.250 personas de las cuales, 1.827 eran habitantes de la localidad de Kennedy. Para el manejo de la información de

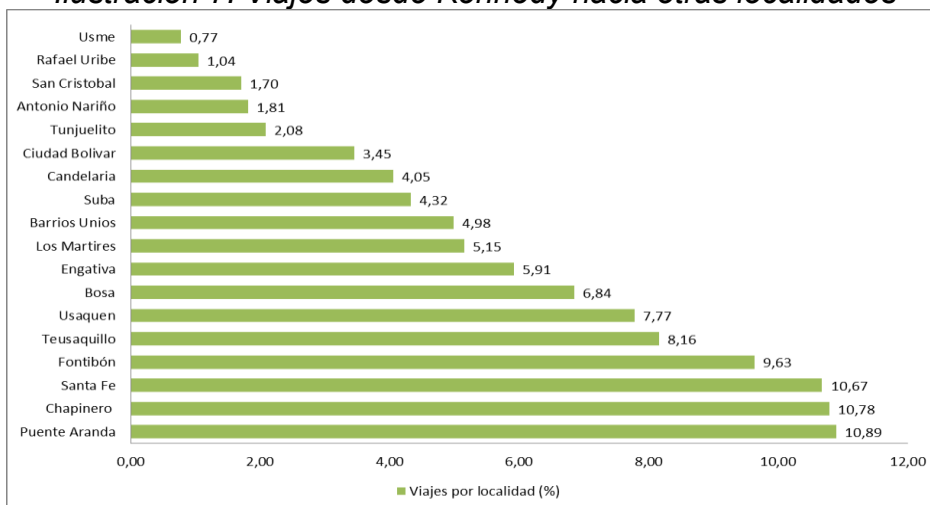
¹⁰ El término N/A hacen referencia a contaminantes que no mide o registra datos la estación de monitoreo.

manera pertinente, se manipuló a través del software ArcGis para obtener las coordenadas de las personas encuestadas y la información de cada una de ellas; esto con el fin de filtrar aquella información en relación a la Localidad de Kennedy mediante tres aspectos: cantidad de viajes realizados desde Kennedy hacia otras localidades, cantidad de viajes desde otras localidades hacia Kennedy y la cantidad de viajes realizados dentro de la localidad, teniendo en cuenta el medio de transporte y el motivo de viaje.

5.1.3.1. Viajes desde Kennedy hacia otras localidades

Como resultado se obtiene que, de los encuestados, 1,24% de la población encuestada (1.827 personas) viaja desde Kennedy a otras localidades mediante diferentes medios de transporte como se observa en la Ilustración 7, siendo Puente Aranda (10,89%) la localidad con mayor porcentaje de viajes destino, seguido de Chapinero (10,78%). La localidad con menos cantidad de viajes origen-destino son Rafael Uribe (1,04%) y, por último, Usme (0,77%).

Ilustración 7: Viajes desde Kennedy hacia otras localidades

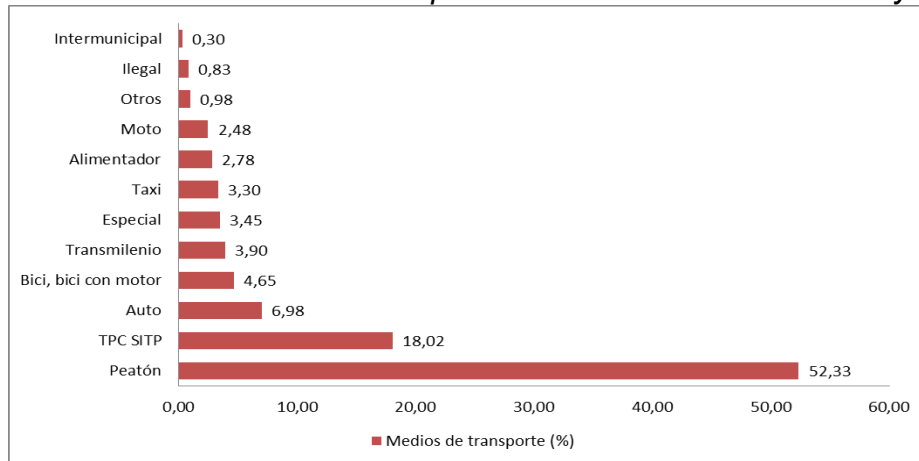


Elaboración: Los Autores.

5.1.3.2. Viajes que se realizan dentro de la localidad

Asimismo, se obtiene que el 0,90% de la población encuestada (1.332 personas) transita dentro de la localidad como se observa en la Ilustración 8. Aquí se analiza la información por medio de transporte, ya sea auto, peatón, TPC-SITP, bicicleta o bicicleta con motor, Transmilenio, especial, taxi, alimentador, moto, ilegal, intermunicipal u otros. Donde se obtiene que el medio de transporte que más se emplea es como peatón (52,33%), seguido de transporte público colectivo (TPC-SITP) (18,02%). Los medios de transporte que menos emplean son el ilegal (0,83%) e intermunicipal (0,30%).

Ilustración 8: Medio de transporte utilizado dentro de Kennedy



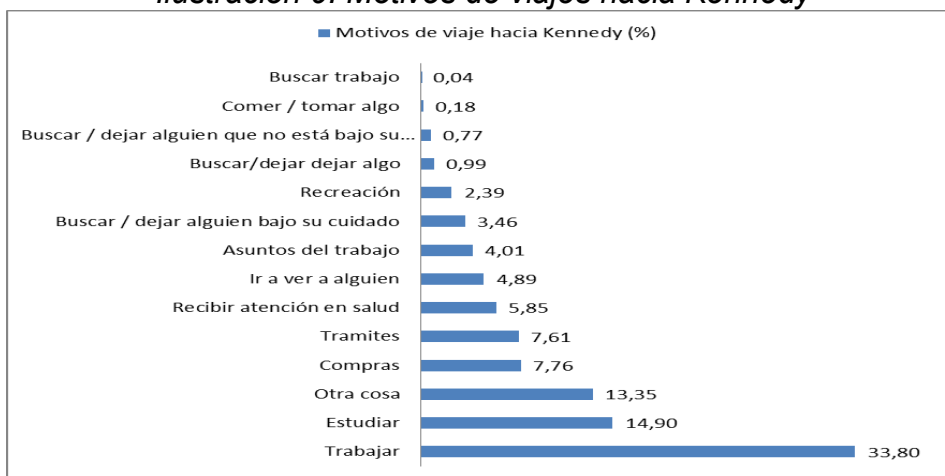
Elaboración: Los Autores.

5.1.3.3. Viajes que se realizan desde otras localidades hacia Kennedy

De la misma manera, se analiza la dinámica de movilidad que motiva a la población dirigirse a la localidad de Kennedy como se observa en la Ilustración 9, desde la perspectiva de motivo de viaje ya sea por trabajo, estudio, compras, entre otros. También analizando el origen de viaje desde otras localidades y el medio de transporte que utilizan las personas encuestadas, que son alrededor de 2.719. Por esa razón se obtiene que el motivo de viaje más relevante para que las personas se desplacen a la Kennedy es por trabajo (33,80%), seguido de estudio (14,90%). Las últimas razones por las cuales se dirigen a la localidad son comer / tomar algo (0,18%) y buscar trabajo (0,04%).

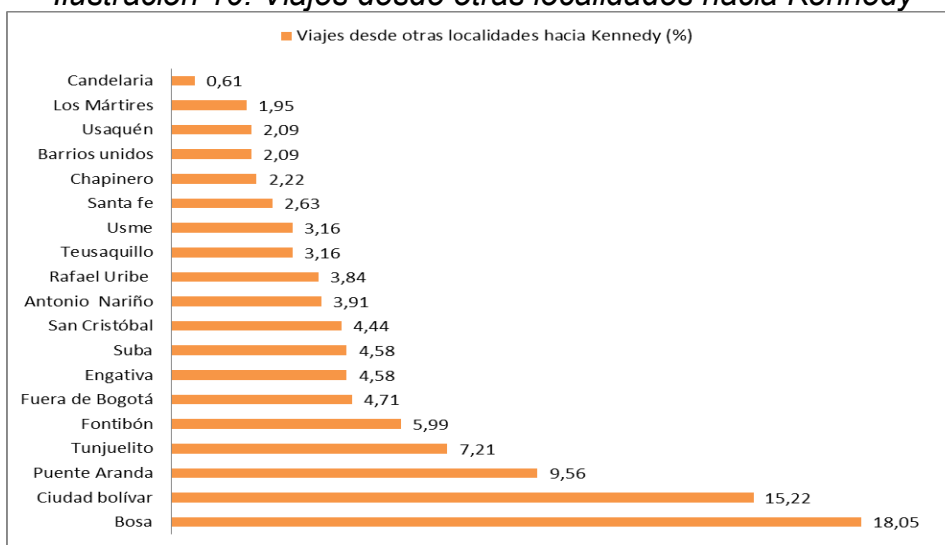
En cuanto al análisis de viajes de otras localidades hacia Kennedy como se observa en la Ilustración 10, se obtiene la información de 1.485 encuestados que se desplazan desde las 19 localidades restantes de la ciudad (Bosa, Ciudad Bolívar, Puente Aranda, Tunjuelito, Fontibón, Fuera de Bogotá, Engativa, Suba, San Cristóbal, Antonio Nariño, Rafael Uribe , Teusaquillo, Usme, Santa fe, Chapinero, Barrios unidos, Usaquén, Los Mártires y Candelaria), de las cuales tienen mayor porcentaje de origen la localidad de Bosa (18,05%) y Ciudad Bolívar (15,22%), y por último, la localidad Los Mártires (1,95%) y Candelaria (0,61%).

Ilustración 9: Motivos de viajes hacia Kennedy



Elaboración: Los Autores.

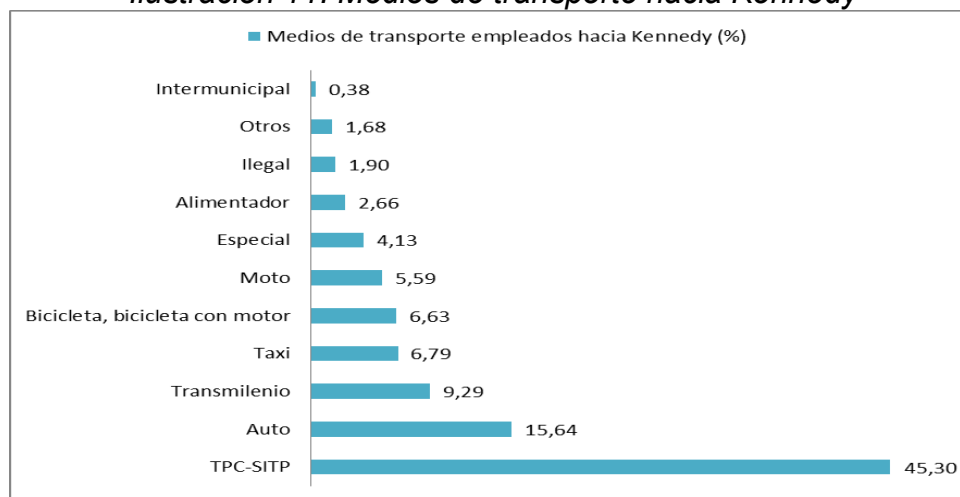
Ilustración 10: Viajes desde otras localidades hacia Kennedy



Elaboración: Los Autores.

En relación con el porcentaje de personas que se desplazan de otras localidades a Kennedy, de las encuestadas, 1.841 emplean diferentes medios de transporte para dirigirse a la localidad en estudio como se observa en la Ilustración 11, donde el medio más utilizado es TPC-SITP (45,30%), seguido de automóvil particular (15,64%). Por último, emplean otros medios de transporte (1,68%) y el intermunicipal (0,38%).

Ilustración 11: Medios de transporte hacia Kennedy



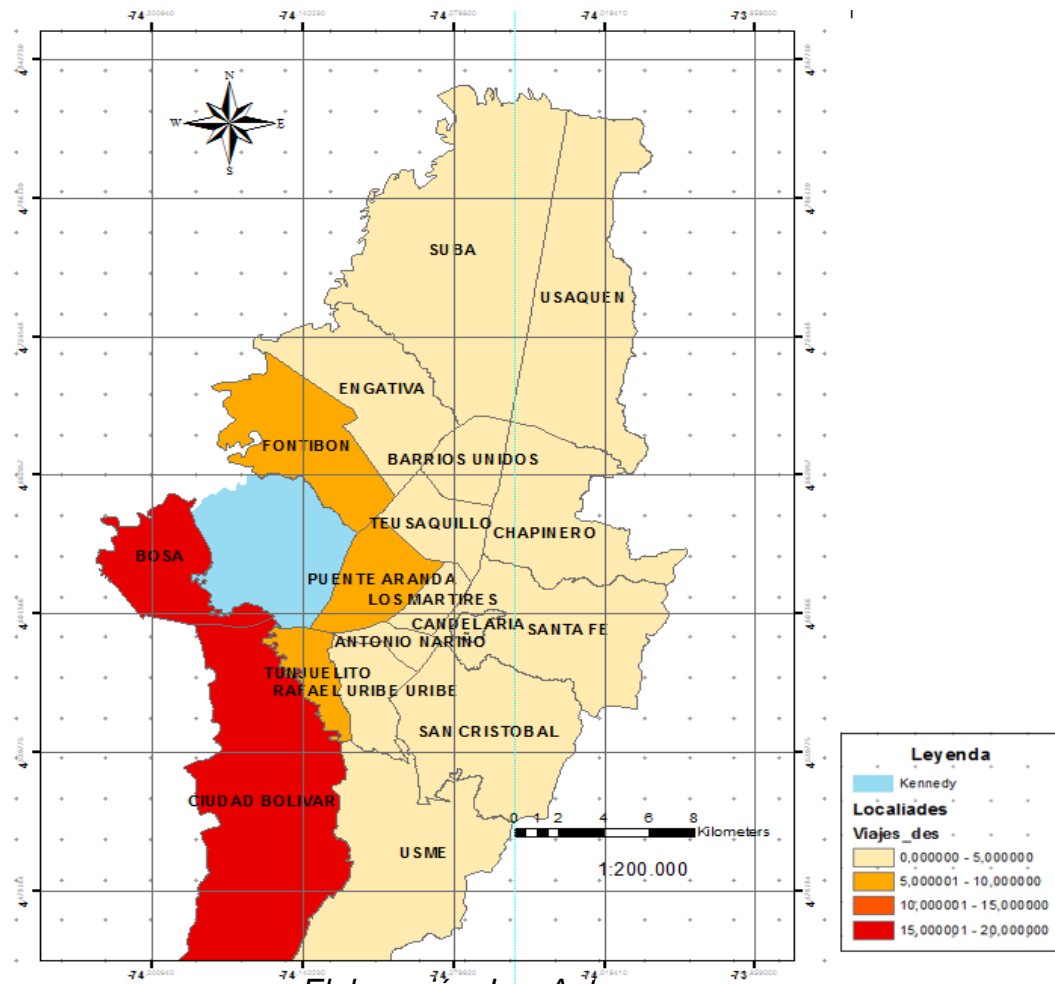
Elaboración: Los Autores.

En lo que respecta al uso de la bicicleta como medio de transporte en relación a la localidad de Kennedy, se observa que en el caso de los viajes realizados desde ésta a otras localidades sólo 71 (3,89%) encuestados de 1.827 hacen uso de la bicicleta para su movilidad cotidiana, siendo las localidades de Usme, Antonio Nariño y San Cristóbal los destinos donde no se hace uso de la bicicleta y Fontibón (7,34%), el destino con el mayor porcentaje de individuos que se movilizan hacia esa localidad a través de este medio de transporte alternativo.

Igualmente, se observa que la dinámica de movilidad en Kennedy se basa en transporte vehicular y no mediante el uso de la bicicleta aun teniendo que recorrer trayectos cortos, ya que de 1.332 encuestados sólo 62 (4,65%) emplean este medio alternativo de transporte. Por último, se analiza el comportamiento y uso de la bicicleta desde otras localidades con destino a Kennedy, donde este medio de transporte sólo lo emplean 122 (6,63%) encuestados de 1.841.

De manera que, la movilidad desde Kennedy, hacia otras localidades y dentro de la localidad se basa en mayor proporción al uso de medios de transporte vehiculares, los cuales generan impactos sociales y ambientales, además se observa el poco uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad; esto se debe a factores tales como inseguridad, mal estado de la infraestructura de las ciclo rutas, largas distancias entre trayectos de interés tales como trabajo-vivienda, vivienda-educación y viceversa, entre otros.

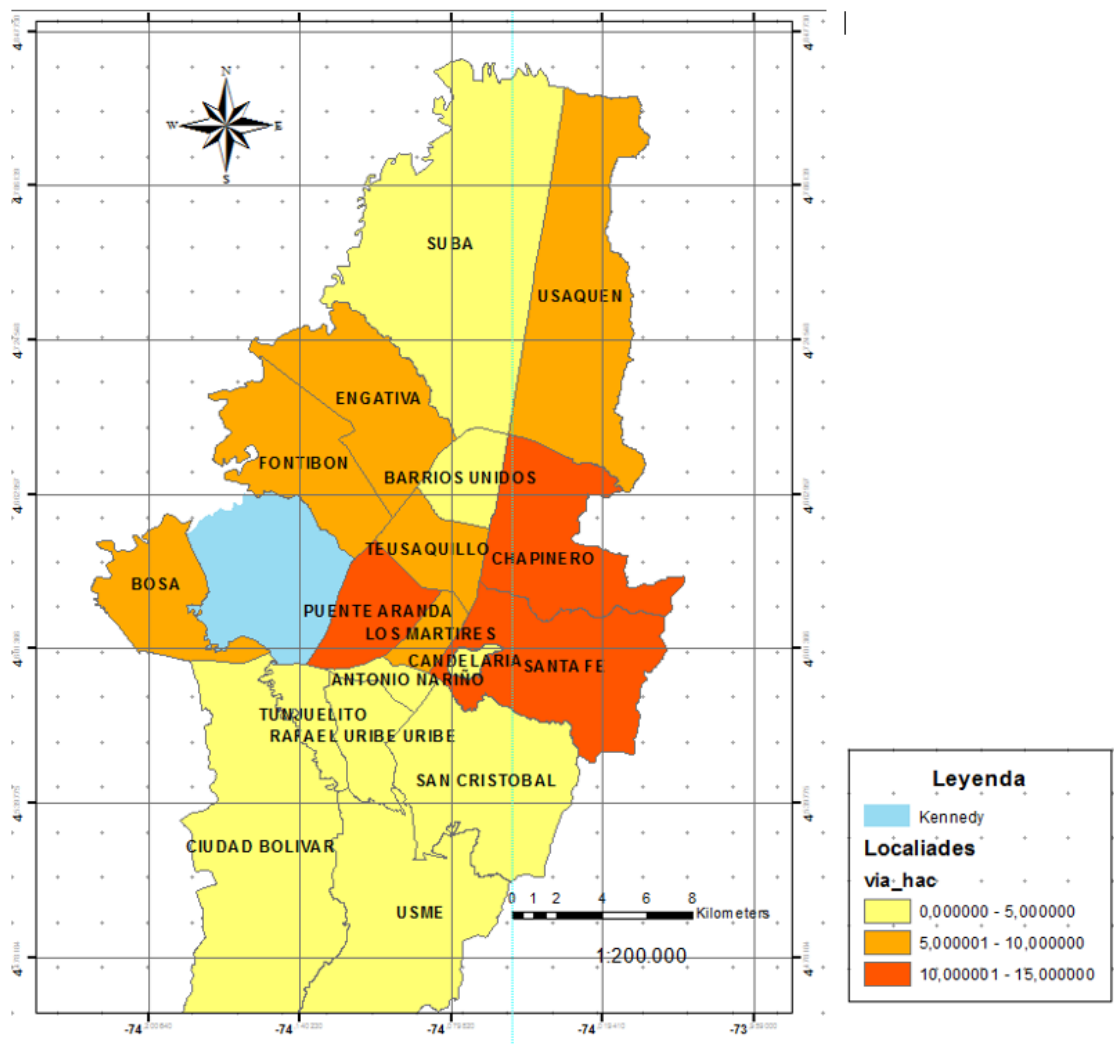
Ilustración 12: Punto de partida de otras localidades hacia Kennedy



Elaboración: Los Autores.

En la Ilustración 12 se puede observar cómo se encuentran distribuidos los puntos de partida de los viajes desde otras localidades hacia Kennedy, teniendo mayor relevancia las localidades cercanas como Ciudad Bolívar, Bosa y la misma localidad de Kennedy. Por otro lado, los puntos fríos son localidades donde existen viajes, pero no es alta su frecuencia. Adicionalmente, existen lugares donde no son relevantes los puntos de partida como lo son la localidad de Mártires y Usme. En la Ilustración 13 se observa la dinámica de movilidad desde Kennedy hacia otras localidades, siendo la localidad de Chapinero, Santa Fe y Puente Aranda los puntos de llegada más relevantes y Tunjuelito, Usme, Suba, entre otros, las localidades con menor frecuencia.

Ilustración 13: Dinámicas de movilidad desde Kennedy hacia otras localidades



Elaboración: Los Autores.

5.2. Caracterización de los tramos bajo la perspectiva de desarrollo sustentable

De acuerdo con los principios de sustentabilidad que buscan el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades [21], se encuentra como gran área de análisis el sector transporte y la movilidad, además del crecimiento incremental de la población.

Tanto la movilidad como el transporte presentan una influencia sobre la sociedad, desde un punto económico con lo referente a la canasta familiar para abarcar gastos de transporte, ya sea público o particular. De igual forma, desde un punto de vista social e incluyente, donde sin importar el estrato o nivel socioeconómico

del habitante, éste pueda hacer uso de diversos modos de transporte y, por último, desde un punto de vista ambiental con la presencia de emisiones de contaminantes locales y de GEI que a su vez inciden sobre la salud de la población y el consumo de recursos como suelo y energía.

En este contexto, se realizó una caracterización a los tramos de las ciclo rutas seleccionadas de la localidad con el fin de identificar y proyectar los procesos críticos del trinomio: sociedad, economía y ambiente. Estos procesos están representados en las características de la infraestructura para la movilidad en bicicleta que son proyectos que permitan fomentar y promover el uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte cotidiano.

5.2.1. Estado actual, ciclo ruta Avenida Boyacá

La ciclo ruta de la Avenida Boyacá es una ciclo-infraestructura en sentido bidireccional y paralela a la avenida, este tramo de ciclo ruta cuenta actualmente con 27,3 kilómetros construidos, desde la Calle 170 en el norte hasta el Parque el Tunal y atraviesa cinco localidades de la ciudad; Suba, Engativá, Fontibón, Kennedy y Tunjuelo. Para la localidad de Kennedy, la Avenida Boyacá tiene una longitud de 6,32 kilómetros representando el 23,15 % de la totalidad del tramo, esta empieza en la Avenida Calle 17 y termina en la Avenida Autopista sur; cruza por las UPZ Castilla, Bavaria, Américas y Carvajal. Se encuentra clasificada como una vía tipo V-1 y subsistema Ciudad Región, son redes viales de mayor jerarquía que actúa como soporte de movilidad y accesibilidad metropolitana y regional [76].

Así mismo, el tramo de la ciclo ruta seleccionado de la Avenida Boyacá presenta la información dada en la Tabla 13, consistente en semaforización, número de individuos arbóreos, intersecciones, estado de la vía y observaciones generadas en la visita de campo.

Tabla 13: Estado actual, ciclo ruta de la Avenida Boyacá

CICLO RUTA AVENIDA BOYACÁ				
Distancia total: 6,32 kilómetros				
SEMAFORO (Nº)	ÁRBOLES (Nº)	INTERSECCIÓN (Nº)	HUECOS (Nº)	OBSERVACIONES
7	145	22	22	El estado de la ciclo ruta es bajo, ya que presenta gran cantidad de huecos e intersecciones con gran afluencia de vehículos motorizados; así mismo, presenta pocas zonas verdes.

Elaboración: Los Autores.

5.2.2. Estado actual, ciclo ruta Avenida de Las Américas

La ciclo ruta de La Avenida de Las Américas es una ciclo-infraestructura en sentido bidireccional, paralela a la avenida y a la troncal de Transmilenio del mismo nombre, este tramo de ciclo ruta cuenta actualmente con siete kilómetros de longitud, desde la Biblioteca Tintal hasta la Carrera 50. Luego pasa a ser parte del sistema de ciclo rutas de la Calle 13 y termina en el eje ambiental. Atraviesa las localidades de Puente Aranda y Kennedy y, por último, cruza la Calle 13 atravesando así las localidades de Mártires y Candelaria.

Del total de la ciclo ruta de La Avenida Las Américas, el 60,28% corresponde a la localidad de Kennedy, la ciclo ruta inicia desde la Biblioteca Tintal y culmina en la intersección con Avenida Carrera 68. Cruza por las UPZ; Castilla, Las Américas, Corabastos, Kennedy Central y Bavaria. Es clasificada como una vía tipo V-0 del subsistema de Red Metropolitana y al igual que La Avenida Boyacá es una red de mayor jerarquía y de gran importancia para la localidad por su conexión con la troncal de las Américas [76].

Así mismo, este tramo de ciclo ruta seleccionado presenta la información dada en la Tabla 14, consistente en semaforización, número de individuos arbóreos, intersecciones, estado de la vía y observaciones generadas en la visita de campo.

Tabla 14: Estado actual, ciclo ruta de Las Américas

CICLO RUTA AVENIDA DE LAS AMÉRICAS				
Distancia total: 4,22 kilómetros				
SEMÁFORO (Nº)	ÁRBOLES (Nº)	INTERSECCIÓN (Nº)	HUECOS (Nº)	OBSERVACIONES
2	247	27	8	La mayor parte de la infraestructura de la ciclo ruta se encuentra en buen estado, además de presentar gran cantidad de árboles y pocos semáforos, lo que facilita la movilidad de los biciusuarios.

Elaboración: Los Autores.

5.2.3. Ciclo rutas y sustentabilidad

De acuerdo con el manual de señalización vial de INVIAS, la ciclo ruta es la red de vías para la circulación de las bicicletas entre un origen y destino [77], además de estar incluidos como espacios para ciclo-infraestructura de acuerdo con entidades como el BID y CAF junto a otras categorías como bicicarriles, ciclovías (depende

de cómo se definan por las políticas de cada país o administración distrital se definirá el concepto a utilizar). Estos son sistemas favorables para el uso de la bicicleta como modo de transporte en una determinada área del territorio, ya sea en escala regional o local, al igual que sea en un sistema urbano o rural [78].

De esta manera, dichos espacios diferencian toda la infraestructura proyectada para la circulación de bicicletas, apropiándolos como actores viales garantizando derecho a la vía lo que permite que aumente la percepción de seguridad y mejoren la experiencia de los viajes en bicicleta, favoreciendo también a que se eleve el número de usuarios [79]. Al garantizar espacios seguros para la circulación de bicicleta, se está promoviendo el uso de la bicicleta que dentro del marco del desarrollo sustentable es una de las acciones contra el cambio climático y la mejora de la calidad de vida en los territorios, dentro de esto tanto la bicicleta como la infraestructura reúnen las tres dimensiones del trinomio de sostenibilidad, como se puede observar en la Tabla 15.

Tabla 15: Características sustentables de las ciclo rutas.

DIMENSIÓN DE SUSTENTABILIDAD	CARACTERÍSTICAS DE LAS CICLO RUTAS
Social	Promoción a la integración con otros sistemas de transporte público
	Descongestión y mejoras sobre el transporte cotidiano.
	Inclusión y participación de los ciudadanos en la mejora de la calidad de las ciudades.
	Fomento de la seguridad de los ciclistas durante los viajes realizados.
	Promueve buenos hábitos de salud y recreación cultural.
	Aumento de la accesibilidad de los ciudadanos a servicios y equipamientos urbanos
Económico	Reduce los gastos de las canastas en transporte.
	Promoción de medios de transporte equitativos.
	Reducción de costos provenientes de accidentes de tránsito por parte de ciclistas.
	Reducción de costos en contaminación atmosférica.
Ambiental	Reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos.
	Reducción de niveles de presión sonora.
	Renovación urbana y minimización de daños sobre el medio ambiente.
	Revitalización del paisaje del territorio.
	Promueve la reducción de consumo energético por parte del sector transporte.

Fuente: [53]

5.3. Análisis multicriterio AHP

El método aplicado AHP, se uso para determinar el peso de clasificación por dimensión, el peso por indicador y el peso en total que es la multiplicación de los dos valores anteriores; para ello, se tuvo en cuenta las características propias de los indicadores (Pertinencia, confiabilidad, interpretación, disponibilidad al público, frecuencia de muestreo, etc) y su relación con las características de la ciclo rutas evaluadas.

En la aplicación del método, se realizaron diversas ponderaciones entre dimensiones, indicadores (criterios) y alternativas (características) de los mismos implementando los valores dados en la Escala de Saaty. Una vez establecidos los criterios según las características de las ciclo rutas y las alternativas en la matriz cuadrada, se procede a realizar el análisis pertinente.

Tabla 16: Criterios y alternativas, AHP.

		CRITERIOS			
		AMBIENTAL	SALUD AMBIENTAL	SOCIOECONÓMICO	MOVILIDAD
ALTERNATIVA	PERTINENCIA				
	CONFIABILIDAD				
	INTERPRETACIÓN				
	DISPONIBILIDAD AL PÚBLICO				
	FRECUENCIA DE MUESTREO				

Elaboración: Los autores.

Se implementa el análisis multicriterio entre indicadores haciendo uso de diversas alternativas teniendo en cuenta la cantidad de indicadores y de los criterios, esto con el fin de obtener una matriz cuadrada. El análisis multicriterio para los dieciocho (18) indicadores seleccionados se puede observar en el Anexo 8.

5.4. Evaluación de indicadores

La evaluación de los indicadores se realizó en diferentes etapas; primero, mediante la aplicación respectiva de las actividades planteadas en la metodología para cada agrupación de indicadores. En la Tabla 17 se observan los valores obtenidos para cada agrupación.

Tabla 17: Resultados de la evaluación de indicadores.

DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	AV. DE LAS AMÉRICAS	AV. BOYACÁ
			RESULTADOS EVALUACIÓN	RESULTADO, EVALUACIÓN
SALUD AMBIENTAL	AltSalud	%	30,76	29,68
	ExpoPM	µg/m³	14-22	18-45
AMBIENTE	ZoVerdes	Hectárea	16,30	28,33
	PeRuido	Cantidad	Algo molesto	Muy molesto
	GEI (CO ₂ eq)	Ton/día	347,04	427,814
	ContaLocales	Ton/día	0	0
SOCIOECONÓMICO	PerPoli	Cantidad	0	2
	ReduGast	%	65	0,6
	GastoTran	%	6,68	6,24
	SeguBici	Escala cualitativa	Algo inseguro	Algo inseguro
MOVILIDAD	VoluBici	Cantidad	1.733	3116
	BiciParque	Cantidad	2	1
	PerInfra	Cantidad	1,84	2,14
	ReduAcci	Minutos	-38,60%	-45,04
	TasaAcci	Minutos	41,74	0,3623
	TiemPro	Cantidad	18 minutos	34 minutos
	VoluVehi	%	317548	262494
	Coberciclo	%	23,86	36,24

Elaboración: Los Autores.

5.4.1. Dimensión de salud ambiental

Para esta dimensión se manejaron dos indicadores:

5.4.1.1. Biciusuarios que consideran alteraciones en su salud respiratoria por contaminación atmosférica (AltSalud)

Para evaluar este indicador se tomaron datos resultantes de las encuestas elaboradas a los 115 biciusuarios que hacen uso de las dos ciclo rutas en estudio. De tal forma, el 30,76% y el 29,68% de biciusuarios han presentado alteraciones en su salud por hacer uso de las ciclo rutas de la Avenida de Las Américas y la Avenida Boyacá respectivamente.

5.4.1.2. Concentración de PM_{2.5} a la que se encuentran expuestos los biciusuarios (ExpoPM)

En promedio para el período monitoreado que fueron cuatro horas diarias durante una semana por cada tramo, se registraron valores promedio entre 29 – 65,5 µg/m³ y picos entre 63-100 µg/m³ en la franja de la mañana, para la tarde se registraron valores promedio de 14,5 -29 µg/m³ y picos máximos entre 37,5 – 50,5 µg/m³ tanto para la Avenida Boyacá como para la Avenida de Las Américas como se observa en la Tabla 18.

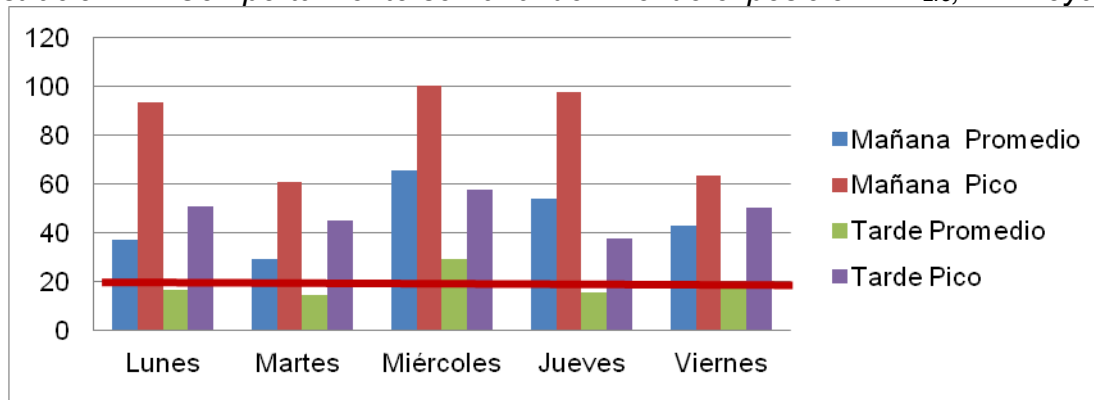
Tabla 18: Medición semanal de PM_{2.5} (µg/m³) con AirBeam en las ciclo rutas

		AV. BOYACÁ, PM _{2.5} (µg/m ³)				
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	Promedio	37	29	65,5	54	42,5
	Pico	93,5	60,5	100	97,5	63
Tarde	Promedio	16,5	14,5	29	15,5	18
	Pico	50,5	45	57,5	37,5	50
		AV. AMÉRICAS, PM _{2.5} (µg/m ³)				
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	Promedio	23	20,5	17,5	27	24,5
	Pico	43,5	41,5	35	40,5	42,5
Tarde	Promedio	21,5	13,5	18,5	9	9
	Pico	42,5	40	48	30,5	24,5

Elaboración: Los Autores.

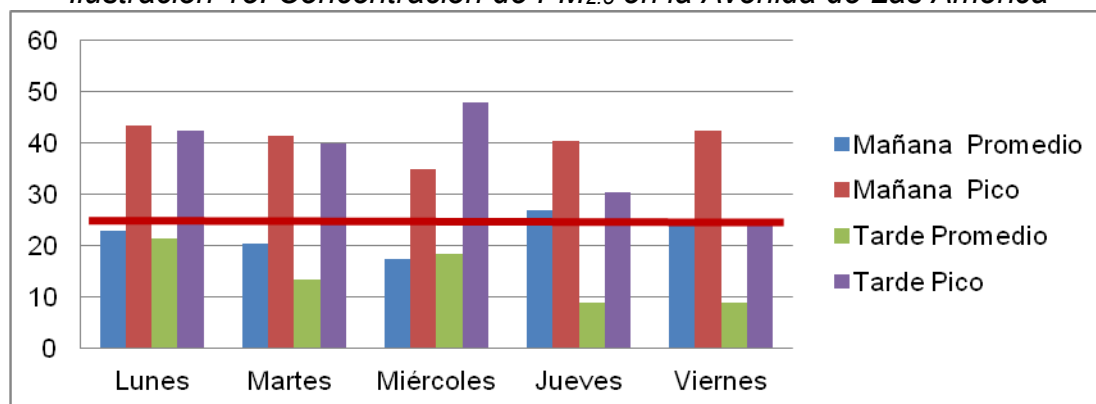
Si se asumieran las concentraciones de PM_{2.5} al que se encuentran expuestos los biciusuarios a una duración corta de 24 horas como lo establece el estándar internacional, dicha población objeto presentaría un riesgo latente que afectaría su sistema respiratorio, ya que la OMS establece un límite de inhalación de 25 µg/m³ (línea roja) diariamente como se observa en las ilustraciones 14 y 15.

Ilustración 14: Comportamiento semanal de nivel de exposición PM_{2.5}, Av. Boyacá



Elaboración: Los Autores.

Ilustración 15: Concentración de PM_{2.5} en la Avenida de Las América



Elaboración: Los Autores.

5.4.2. Dimensión ambiental

Para esta dimensión se manejaron cuatro indicadores:

5.4.2.1. Emisión GEI (CO₂ eq) proveniente de fuentes móviles

Para analizar la contaminación atmosférica se manejaron 38 categorías vehiculares y se hallaron 45 subcategorías específicas con F_e para determinar las emisiones generadas según el volumen vehicular que era de 317.548 y 257.494 para la Avenida de Las Américas y para la Avenida Boyacá respectivamente en el año 2015. Mediante la metodología Bottom-up se hallaron emisiones por día según los aforos brindados por la SDM (2012-2015) tanto de manera general como específica (Ver Anexos 9 y 10). Para evaluar las emisiones de GEI generadas por la flota vehicular que circula en las dos avenidas seleccionadas, se realizó una comparación con la investigación de Carmona (2016) [47], en la cual determinaron las emisiones provenientes de las fuentes móviles para Bogotá en el año 2013.

Tabla 19: Emisión total (ton/día) en las dos avenidas de estudio.

AV. DE LAS AMÉRICAS							
GEI (ton/día)				Contaminantes locales (ton/día)			
CH ₄				CO			
2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
0,12	0,14	0,14	0,15	28	34	32	33
N ₂ O				VOC			
0,018	0,021	0,020	0,021	3,66	4,50	4,40	4,72
CO ₂				NO _x			
2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
270,00	336,08	328,24	344,75	1,60	2,16	2,08	2,14
PM							

				0,065	0,074	0,078	0,095
AV. DE LA BOYACÁ							
GEI (ton/día)				Contaminantes locales (ton/día)			
CH₄				CO			
2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
0,107	0,118	0,140	0,127	29,9	33,7	39,9	35,7
N₂O				VOC			
0,016	0,018	0,021	0,019	4,20	4,85	5,94	5,341
CO₂				NO_x			
2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
360,34	403,27	478,42	420,60	2,96	3,24	3,89	3,35
				PM			
				0,111	0,118	0,138	0,128

Elaboración: Los Autores.

Como resultado se observa en la Tabla 20 que del total de las emisiones de CO₂ generadas diariamente en la ciudad para ese año de estudio, la Avenida de la Boyacá y de la Avenida de Las Américas generaron 1,41% y 1,17% respectivamente.

Tabla 20: Emisiones GEI a nivel Bogotá y en las dos avenidas.

	Bogotá	AV. BOYACÁ		AV. DE LAS AMÉRICAS	
CONTAMINANTE	Ton/día	Ton/día	%	Ton/día	%
CO₂	28652,7	403,27	1,41	336,08	1,17

Elaboración: Los Autores.

5.4.2.2. Contaminantes locales (ContaLocales)

Para la evaluación de los contaminantes locales (CO, NO_x, PM, VOC) se manejó la misma metodología que los GEI.

Tabla 21: Contaminantes locales a nivel Bogotá y en las dos avenidas.

	Bogotá	AV. BOYACÁ		AV. DE LAS AMÉRICAS	
CONTAMINANTE	Ton/día	Ton/día	%	Ton/día	%
CO	2373,8	33,7	1,42	34	1,432
NO_x	182,3	3,24	1,78	2,16	1,185
VOC	251,7	4,85	1,93	4,5	1,788
PM	3,2	0,118	3,70	0,074	2,322

Elaboración: Los Autores.

En la Tabla 21 se observa las emisiones generadas en el año 2013 según Carmona y el porcentaje que generó la flota vehicular para la Avenida Boyacá y en la Avenida de Las Américas.

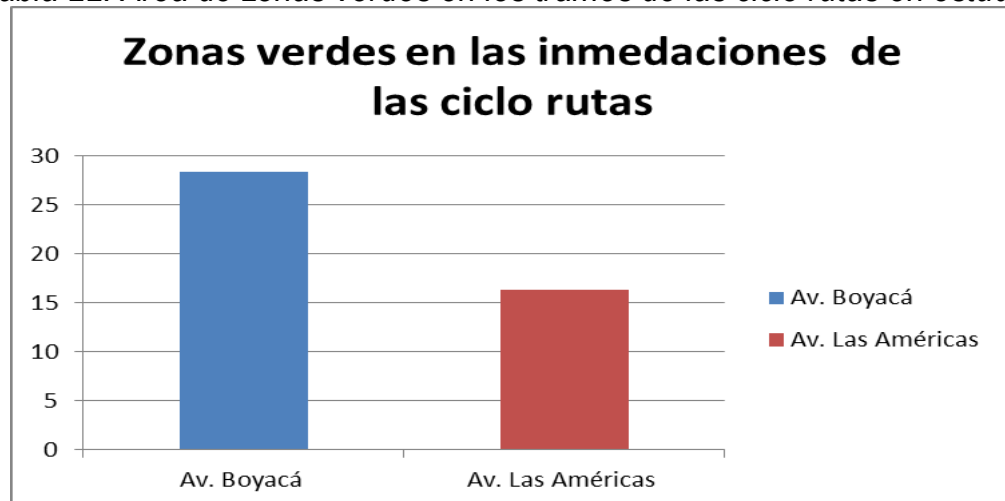
5.4.2.3. Percepcion de ruido (PerRuido)

De acuerdo a las encuestas realizadas a la población perteneciente al área de influencia y a los biciusuarios que hacen uso de los tramos seleccionados de las ciclo rutas, el ruido que proviene por parte de diferentes actividades tales como ruido de los vecinos, tráfico terrestre y aéreo, música a alto volumen, comercio y ventas ambulantes, entre otros, genera en ellos diferentes niveles de molestia. Para el caso de la Avenida Boyacá, la percepción de ruido es muy molesto y en la Avenida de Las Américas, algo molesto.

5.4.2.4. Zonas verdes

El análisis y la cuantificación de zonas verdes dio como resultado que, por un lado, la Avenida Boyacá cuenta con 28,33 hectáreas y la Avenida de Las Américas cuenta con un total de 16,30 hectáreas. La segunda avenida en estudio presenta menos área de zonas verdes a lo largo del trayecto, esto se debe a que su longitud es más corta y la ausencia de entidades que preserven el espacio público.

Tabla 22: Área de zonas verdes en los tramos de las ciclo rutas en estudio.



Fuente: Los Autores.

5.4.3. Dimensión socioeconómica

5.4.3.1. Presencia de la policía (PerPoli)

Actualmente Kennedy cuenta con dieciséis (16) CAI (Centro de Atención Inmediata) distribuidos en toda la localidad y con la octava estación de Policía Kennedy. En las inmediaciones de las ciclo rutas analizadas se pudo identificar dos CAI ubicados en la Avenida Boyacá y ningún CAI en la Avenida de Las Américas, adicionalmente se tuvo en cuenta el CAI provisional que se encuentra en el Centro Comercial Multiplaza ubicado en la Localidad de Fontibón, el cual es muy cercano a uno de los nodos del tramo de la Avenida Boyacá. Lo anterior, dado que el 18,75% de unidades de policías se encuentran en este tramo; los detalles de las estaciones de policía se pueden observar en la Tabla 23.

Tabla 23: Estaciones de policía en las ciclo rutas evaluadas

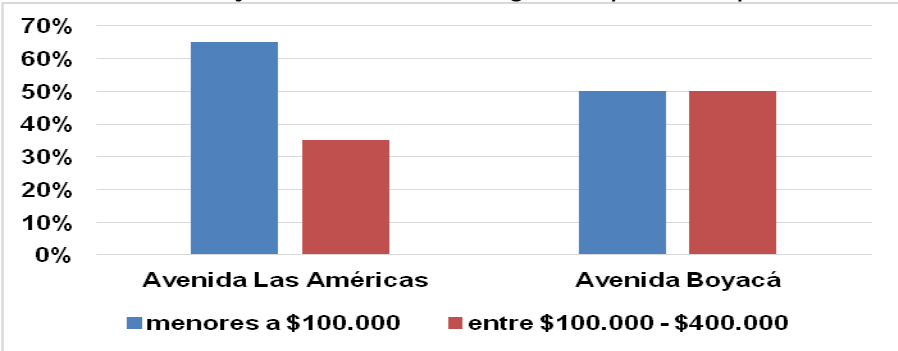
UNIDADES POLICIALES EN LAS INMEDIACIONES DE LAS CICLO RUTAS	
AV. DE LAS AMÉRICAS	AV. BOYACÁ
Ninguna	CAI Plaza de las Américas: Avenida Boyacá con Primera de Mayo
	CAI Las Delicias: Avenida Boyacá – 44 S
	CAI provisional Multiplaza: Avenida Boyacá - 17

Elaboración: Los Autores.

5.4.3.2. Reducción de gastos por transporte (ReduGast)

De acuerdo con la encuesta realizada a los biciusuarios, el 100% de ellos manifestaron tener reducción en sus gastos relacionados al transporte. Por un lado, el 65% de los usuarios de la ciclo ruta de la Avenida de Las Américas manifestaron tener una reducción entre \$100.000 - \$400.000 y el 35% son los que tienen reducciones menores a \$100.000. En el caso de la Avenida Boyacá, los porcentajes de las reducciones fueron 50% para \$100.000 - \$400.000 y el 50% tiene reducciones menores a \$100.000.

Ilustración 16: Porcentaje de reducción de gastos por transporte, biciusuarios



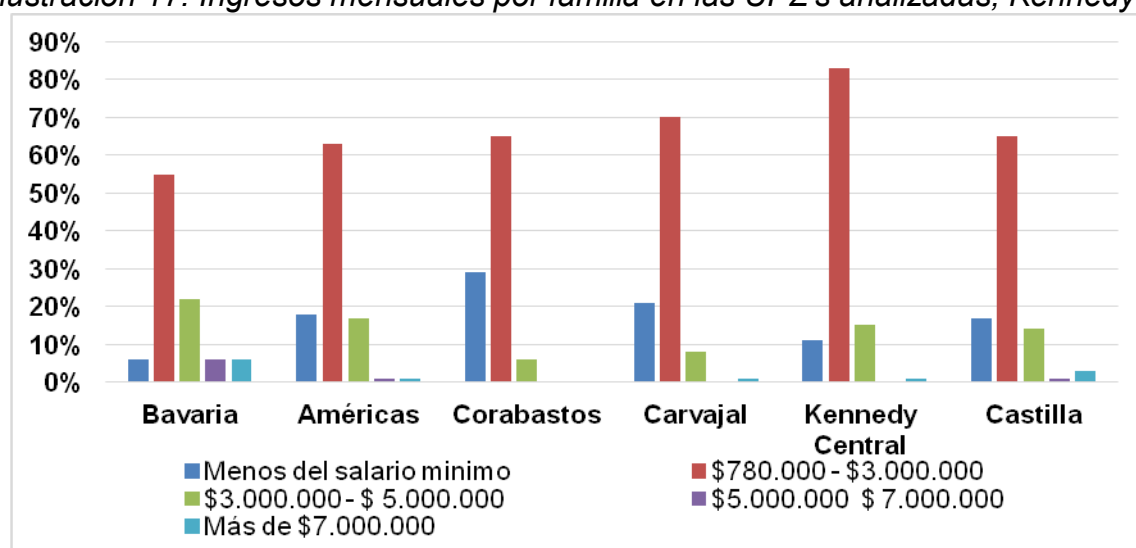
Elaboración: Los Autores.

5.4.3.3. Gastos de transporte en la canasta familiar (GastoTrans)

Con respecto a los gastos de transporte en la canasta familiar, primero se tuvo como dato principal el ingreso mensual de los habitantes de las UPZ's analizadas. De ahí se obtuvo que el ingreso promedio de los hogares en el área de servicio de las ciclo rutas se encuentra entre \$1.000.000 - \$3.000.000, en la Ilustración 17 se pueden observar los ingresos de las UPZ's analizadas.

Para obtener el dato del indicador era necesario tener el costo de servicio del transporte de la zona, de ahí se tomó \$2.300 el precio actual que tiene SITP. Luego se multiplica éste por el número de viajes que se realizan en un mes, de acuerdo con SDM son dos viajes diarios en promedio y 20 viajes a la semana, siendo 40 viajes al mes. Adicionalmente, para traerlo más al contexto de la localidad se utilizó el promedio de personas por hogar en Kennedy que corresponde a 3,7 y así obtener el valor del costo mensual de transporte en las familias (\$340.400). Al final, este valor debe ser dividido entre los ingresos mensuales promedios por hogar, que para las UPZ's analizadas que se encuentran en el área de influencia de la ciclo ruta de La Avenida de las Américas y La Avenida Boyacá, estos porcentajes fueron 6,68% y 6,24% respectivamente.

Ilustración 17: Ingresos mensuales por familia en las UPZ's analizadas, Kennedy



Elaboración: Los Autores.

5.4.3.4. Percepción de seguridad de los biciusuarios (SeguBici)

Este dato se obtuvo de la encuesta de los biciusuarios, en donde se evaluó la percepción en una escala de 1–5, para la Avenida De Las Américas el promedio de la percepción fue 1,92 y para la Avenida Boyacá el valor fue 2,14. Siendo así,

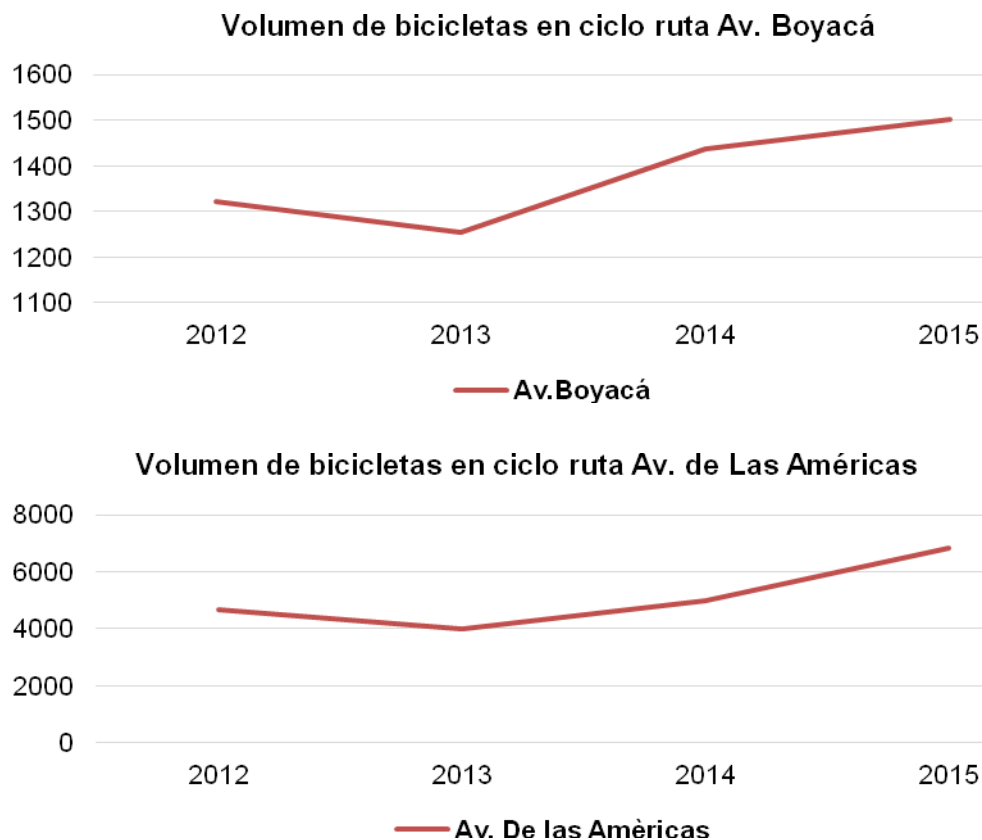
la Avenida Boyacá cuenta con una mejor percepción de seguridad que la Avenida Las Américas, es notable que los valores son muy bajos siendo un aspecto desfavorable en la implementación de ciclo rutas en la localidad.

5.4.4. Dimensión de movilidad

Volumen de Bicicletas (VoluBici)

El volumen de bicicletas se obtuvo con la información suministrada de los aforos realizados por SDM, el promedio del volumen se obtuvo con aforos en los períodos de 2012-2015 en donde la Avenida Las Américas en el tramo evaluado transitan 5.005 biciusuarios en un día y en La Avenida Boyacá el promedio de biciusuarios es de 1.378 al día.

Ilustración 18: Volumen de biciusuarios en las dos ciclo rutas evaluadas



Elaboración: Los Autores.

Como se observa en la Ilustración 18, los dos tramos han tenido un aumento en el volumen de bicicletas; para el caso de la Avenida Boyacá, el crecimiento ha sido del 12% y en la Avenida de Las Américas del 27%.

5.4.4.1. Biciparqueaderos en las inmediaciones de las ciclo rutas (BiciParque)

Los biciparqueaderos actualmente se encuentran operados por la empresa Transmilenio, en los tramos de las ciclo rutas se evidenció que en La Avenida Boyacá no se cuenta con ningún parqueadero para bicicletas cerca y por el lado de La Avenida de Las Américas se localizaron dos, los cuales se encuentran ubicados en la estación de Mundo Aventura y Banderas correspondiente a la troncal Américas.

5.4.4.2. Percepción de infraestructura de los biciusuarios (PerInfra)

Este indicador se obtuvo mediante la encuesta realizada a biciusuarios, en donde se evaluó la percepción de infraestructura de las ciclo rutas en una escala de 1–5; para la Avenida de Las Américas, el promedio de la percepción fue de 1,84 y para la Avenida Boyacá el valor fue 2,14, teniendo una mayor percepción negativa en cuanto a infraestructura la Avenida Boyacá, igualmente sigue siendo un valor muy bajo y es notorio, ya que es una de las razones que desmotivan los viajes en bicicletas.

5.4.4.3. Tasa de accidentes en la localidad de Kennedy (TasaAcci)

De acuerdo con las cifras entregadas por la SDM basadas en los reportes de la Policía de Tránsito entre el año 2012 y 2017 se presentaron 79 accidentes de biciusuarios en las inmediaciones de la ciclo ruta de la Avenida Boyacá y 91 accidentes en la ciclo ruta de la Avenida de las Américas, tal como se evidencia en la Tabla 24.

Tabla 24: Accidentes reportados en los tramos evaluados

Año	ACCIDENTES BICIUSUARIOS	
	BOYACÁ	AMÉRICAS
2012	7	12
2013	6	22
2014	12	8
2015	18	9
2016	26	20

Año	ACCIDENTES BICIUSUARIOS	
	BOYACÁ	AMÉRICAS
2017	10	20
TOTAL	79	91

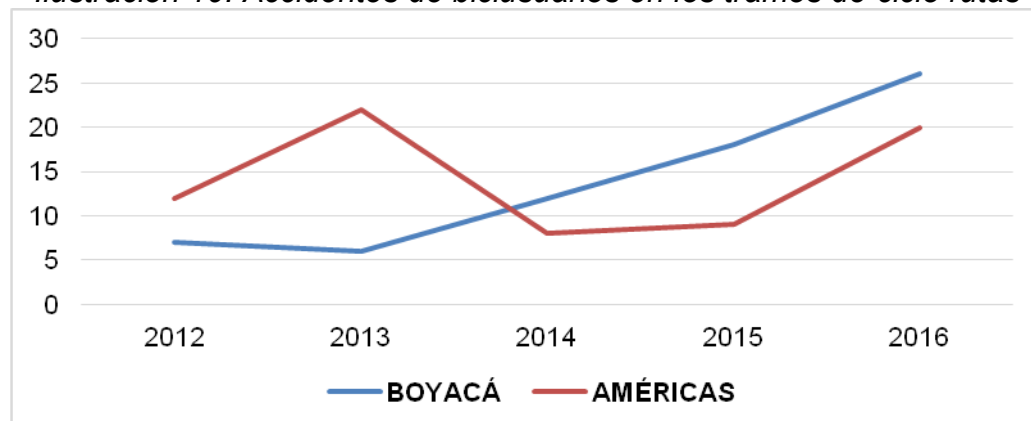
Elaboración: Los Autores.

En total, desde el año 2012 hasta el primer semestre del 2017 se han presentado 946 accidentes de tránsito en la localidad de Kennedy en donde el 9,61% de los accidentes se encuentran concentrados en el tramo de la Avenida de Las Américas y el 8,35% corresponde a los accidentes reportados en la ciclo ruta de la Avenida Boyacá. Estos dos tramos suman el 18% del total de los accidentes de biciusuarios presentes en la ciudad.

5.4.4.4. Reducción de accidentes en bicicleta (ReduAcci)

Para estimar la reducción en los accidentes se empleó la misma fuente de datos, de aquí que se utilizó la comparación del año anterior para estimar cuando habían reducido. En este caso no se presentó ninguna reducción, al contrario, aumentaron los accidentes en estos dos tramos.

Ilustración 19: Accidentes de biciusuarios en los tramos de ciclo rutas



Elaboración: Los Autores.

En la Ilustración 19 se puede observar el comportamiento de los accidentes, siendo notorio que hay un aumento en los accidentes. Por un lado, en la Avenida Boyacá los accidentes han aumentado en promedio un 45% en los últimos 5 años y un 38% de aumento en el tramo de la ciclo ruta de la Avenida de Las Américas.

5.4.4.5. Tiempo promedio (TiemPro)

El tiempo promedio de los recorridos en bicicleta por los tramos se obtuvo de los diferentes recorridos que se realizaron en el desarrollo del presente trabajo, principalmente en la campaña de campo en donde se realizaron diferentes viajes en horas tanto en la mañana como en la tarde.

Tabla 25: Tiempo promedio por recorrido en los tramos de ciclo ruta

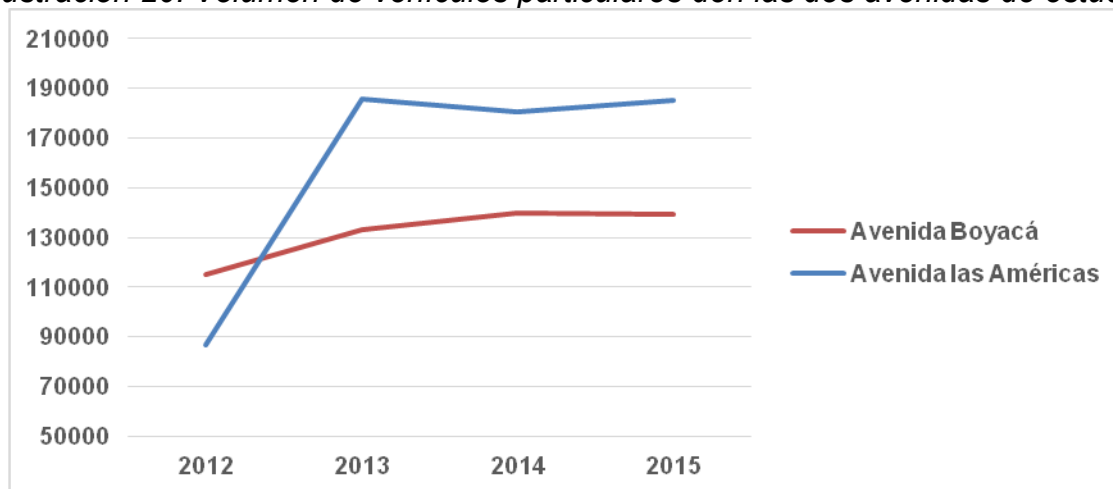
Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio
Av. Boyacá	30	38	33	27	28	31.2
Av. Américas	22	17	18	19	18	18.8

Elaboración: Los Autores.

5.4.4.6. Volumen de vehículos particulares (VoluVehi)

Al igual que las bicicletas, la información de volúmenes de vehículos particulares se obtuvo de los aforos realizados por la SDM en el período 2012-2016. En la Ilustración 20 se pueden observar los valores.

Ilustración 20: Volumen de vehículos particulares den las dos avenidas de estudio



Elaboración: Los Autores.

5.4.4.7. Cobertura de ciclo rutas (CoberCiclo)

El área de cobertura de las ciclo rutas también se le conoce como área de servicio que cubren una población específica de acuerdo a las necesidades de los ciclistas en una zona determinada [80]. Para fines de este estudio, el área de cobertura se estableció de acuerdo al indicador de proximidad a redes de bicicletas elaborado

en el Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla en España el cual establece que “Se considera un nivel de acceso aceptable aquel que permite que toda la ciudadanía pueda acceder a la red de bicicletas en menos de 1 minuto en bicicleta o de 5 minutos a pie. Este tiempo de acceso se traduce en un ámbito de influencia de 300 m desde los ejes de los tramos que conforman la red y desde el resto de elementos que complementan el propio trazado de la red: puntos de estacionamiento, servicios destinados a la bicicleta, etc.” [81].

Tabla 26: Área de cobertura de las ciclo rutas

UPZ	Uso de suelo predominante	Área UPZ (Ha)	Área cubierta ciclo ruta (Ha)	% de cobertura	Población	Población de cobertura
Américas	Centralidad urbana	381	139,76	36,68	82404	30228
Bavaria	Predominante Industrial	277,72	108,77	39,17	20316	7957
Carvajal	Residencial consolidado	435,62	162,05	37,2	81765	30416
Castilla	Residencial consolidado	500,2	159,55	31,9	146835	46836
Corabastos	Residencial de urbanización incompleta	187,51	16,9	9,01	79426	7156
Kennedy central	Residencial consolidado	337,17	8,59	2,55	78781	2007

Elaboración: Los Autores.

5.5. Estandarización de los indicadores

Con los resultados obtenidos de la evaluación de los indicadores por ciclo ruta, se procedió a la estandarización de estos con los rangos estipulados anteriormente. En la Tabla 27 y 28 se observan los resultados de la estandarización de los dieciocho indicadores tanto para la Avenida Boyacá como para la Avenida de Las Américas (Ver Anexo 11).

Tabla 27: Estandarización Avenida de Las Américas

AVENIDA DE LAS AMÉRICAS								
DIMENSIÓN	PESO POR DIMENSIÓN	INDICADOR	PESO INDICADOR	PESO TOTAL	RESULTADOS	UNIDAD	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR PESO TOTAL
SALUD AMBIENTAL	0,18	AltSalud	0,77	0,14	30,76	%	0,5	0,07
		ExpoPM	0,23	0,04	14-22	ug/m3	0,75	0,03
AMBIENTE	0,32	ZoVerdes	0,27	0,09	16,30	Ha	1	0,09
		PeRuido	0,23	0,08	Algo molesto	Escala cualitativa	0,5	0,04
		GEI (CO ₂ eq)	0,25	0,08	347,04	Ton/día	0	0,00
		ContaLocales	0,25	0,08	40,734	Ton/día	0	0,00
SOCIOECONÓMICO	0,26	FrePoli	0,29	0,0754	0	Cantidad	0	0,00
		ReduGast	0,21	0,0546	65	%	1	0,05
		GastoTran	0,2	0,052	6,68	%	0,5	0,03
		SeguBici	0,3	0,078	Algo inseguro	Escala cualitativa	0,25	0,02
MOVILIDAD	0,24	VoluBici	0,15	0,039	5005	Cantidad	0,75	0,03
		BiciParque	0,13	0,0338	2	Cantidad	1	0,03
		PerInfra	0,1	0,026	1,84	Escala cualitativa	0	0,00
		ReduAcci	0,14	0,0364	-38,60	%	0	0,00
		TasaAcci	0,13	0,0338	41,74	%	0	0,00
		TiemPro	0,11	0,0286	18	Minutos	0,75	0,02
		VoluVehi	0,12	0,0312	317548	Cantidad	0,75	0,02
		Coberciclo	0,13	0,0338	23,86	Cantidad	0,5	0,02
								0,450

Elaboración: Los Autores.

Tabla 28: Estandarización Avenida Boyacá

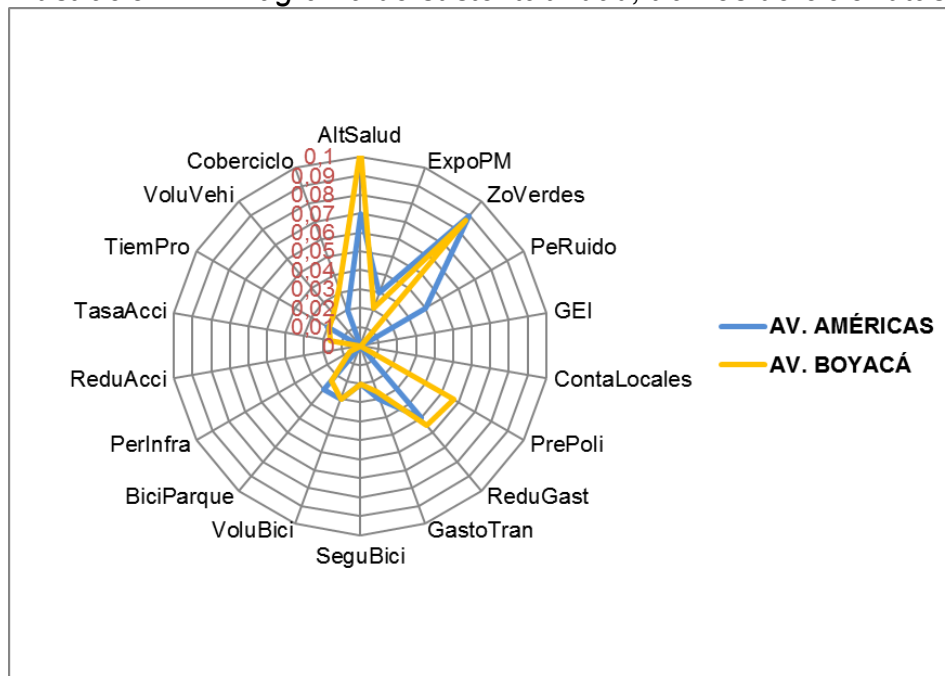
AVENIDA BOYACÁ								
DIMENSIÓN	PESO POR DIMENSIÓN	INDICADOR	PESO INDICADOR	PESO TOTAL	RESULTADOS	UNIDAD	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR PESO TOTAL
SALUD AMBIENTAL	0,18	AltSalud	0,77	0,1386	29,68	%	0,75	0,10
		ExpoPM	0,23	0,0414	18-45	ug/m3	0,5	0,02
AMBIENTE	0,32	ZoVerdes	0,271	0,086	28,33	Ha	1	0,09
		PeRuido	0,234	0,075	Muy molesto	Escala cualitativa	0	0,00
		GEI (CO ₂ eq)	0,246	0,078	427,814	Ton/día	0	0,00
		ContaLocales	0,246	0,078	41,908	Ton/día	0	0,00
SOCIOECONÓMICO	0,26	PrePoli	0,29	0,0754	2	Cantidad	0,75	0,06
		ReduGast	0,21	0,0546	0,6	%	1	0,05
		GastoTran	0,2	0,052	6,24	%	0,5	0,03
		SeguBici	0,3	0,078	2	Escala cualitativa	0,25	0,02
MOVILIDAD	0,24	VoluBici	0,1454	0,034	1378	Cantidad	0,5	0,03
		BiciParque	0,1317	0,031	1	Cantidad	0,75	0,02
		PerInfra	0,0991	0,0237	2,14	Escala cualitativa	0,25	0,01
		ReduAcci	0,1396	0,0335	-45,04	%	0	0,00
		TasaAcci	0,1312	0,0314	0,3623	%	0,5	0,02
		TiemPro	0,1077	0,0258	34	Minutos	0,75	0,02
		VoluVehi	0,1203	0,0288	262494	Cantidad	0,75	0,02
		Coberciclo	0,1326	0,0318	36,24	Cantidad	1	0,03
								0,51

Elaboración: Los Autores.

5.6. Diagrama de sustentabilidad

Luego de la estandarización se procedió a obtener los valores estandarización por peso total que es el resultado de la multiplicación del valor estandarizado previamente hallado con el peso total hallado en la matriz AHP. Los resultados de dicha operación representan el estado actual de los tramos de ciclo rutas evaluados en las cuatro dimensiones referentes a la sustentabilidad; esto mediante la implementación de un **Diagrama de sustentabilidad**, que va a representar a través de polígonos cuál de los dos tramos evaluados tiene mayor nivel de sustentabilidad en relación con los indicadores seleccionados (Ver Anexo 12). La Avenida Boyacá y la Avenida de Las Américas se representan con diferentes colores y los datos obtenidos de la evaluación de los indicadores se sitúan en los vértices de la figura; datos que se encuentren cerca a cero representan menos sustentabilidad y datos que se acerquen a uno representan mayor sustentabilidad.

Ilustración 21: Diagrama de sustentabilidad, tramos de ciclo rutas



Elaboración: Los Autores.

Como se observa en la Ilustración 21, los vértices de color amarillo son los indicadores de sustentabilidad para la Avenida Boyacá y los vértices de color azul son para la Avenida de Las Américas. De acuerdo con los valores dados después de la estandarización, se pueden concluir que el tramo de ciclo ruta evaluada perteneciente a la Avenida Boyacá (0,515) es más sustentable que el tramo de la Avenida de las Américas (0,42).

6. IMPACTO SOCIAL

La población, para poder cumplir con sus actividades diarias necesita de un sistema de transporte y movilidad que le permita circular por el territorio de una manera efectiva y eficiente [82, 28, 36, 25]; de acuerdo con el desarrollo del presente trabajo, se evidenció que estos son aspectos críticos dentro del desarrollo urbano de las ciudades.

Bogotá es una ciudad que afronta diariamente problemas de tráfico, congestión, ineficiencia y altos costos de los sistemas de transporte público e infraestructura en mal estado que dificultan los desplazamientos de los ciudadanos, estos problemas sumados a otros [83]; como accidentalidad y seguridad vial que desmejoran la calidad de vida de las personas [28, 84].

Es por eso, que hoy en día la bicicleta se ha convertido el medio de transporte de muchos trabajadores, estudiantes y demás personas que lo usan como modo cotidiano de transporte, ya que este le garantiza un viaje más económico, más eficiente y una experiencia más agradable en comparación con otros medios de transporte [40, 85, 3]. De esta manera, uno de los propósitos de este trabajo es verificar la viabilidad económica, ambiental y social del uso de la bicicleta, para fomentar y promover su uso, buscando una mejora de la calidad de vida de las personas pertenecientes a la población objetivo, además de contribuir con el desarrollo sustentable de la ciudad, disminuyendo la contaminación atmosférica local y apoyando como una acción de mitigación frente al cambio climático (COP21) [86].

Para lograr este propósito, las ciclo rutas desempeñan un papel muy importante, ya que representan espacios que permiten la movilidad de biciusuarios de una manera segura, inclusiva y de apropiación del territorio de los ciclistas como actores viales [87]. Dicho esto, este trabajo invita a una reflexión sobre la necesidad de analizar las ciclo rutas desde las dimensiones de la sustentabilidad, y que planificadores, gestores públicos y ciudadanos incluyan criterios de sustentabilidad al momento del diseño, ejecución, mantenimiento y circulación por estos espacios, logrando impulsar la bicicleta como un medio de transporte sustentable.

7. CONCLUSIONES

En la elaboración de este trabajo se desarrollaron principalmente dos grandes temáticas; por un lado, las ciclo rutas como sistema objeto a evaluar su sustentabilidad y la segunda, la aplicación de indicadores de sustentabilidad para hacer esta evaluación. Para así, finalmente obtener un índice por cada uno de los tramos seleccionados a analizar.

Considerar las ciclo rutas como un sistema a analizar a lo largo del trabajo, implicó profundizar en nociones como la sustentabilidad y sostenibilidad , y como se explicó previamente en el documento, para fines de este trabajo se emplea la palabra sustentabilidad como el término que representa más las necesidades actuales de la Localidad y de la zona de estudio, ya que como lo menciona Villamizar la sustentabilidad es un proceso que exige compromiso y responsabilidad por todos los actores de la sociedad en los procesos del trinomio, con el fin garantizar la calidad de vida de la población, en este caso Kennedy para enfocar su desarrollo local en el marco de sustentabilidad debe concordar con las acciones realizadas por las entidades locales, distritales, privadas y de los mismos habitantes. Siendo así, las ciclo rutas son infraestructura orientada a contribuir a la mejora en la movilidad de la ciudad, para generar un beneficio sobre el medio ambiente e impactos positivos sobre la economía y el bienestar de los biciusuarios y de la sociedad.

Las ciclo rutas tienen características intrínsecas que alimentan procesos de sustentabilidad, como la disminución de emisiones de contaminantes locales, gases de efecto invernadero por promover el uso de modos no motorizados, disminución gastos por transporte ya que los modos de transporte son de bajo adquisición y mantenimiento, descongestión de las vías y a su vez se vuelve un equipamiento urbano que revitaliza el espacio público. Sin embargo, como lo menciona Villamizar y se ratifica en este estudio, debe haber un compromiso y responsabilidad en toda la gestión de las ciclo rutas, desde su diseño, su construcción y su operación para que se armonice de manera integral la movilidad en bicicleta con la infraestructura dispuesta para usarse.

Para determinar la evaluación de sustentabilidad en este trabajo se emplearon indicadores de sustentabilidad. Esta herramienta permite evaluar el estado de un sistema, al igual que su desempeño en el tiempo; para el caso de las ciclo rutas, esta herramienta es recientemente utilizada, ya que las ciclo rutas no han sido objeto de estudio dentro de perspectivas de sustentabilidad. Se analizan internamente dentro de los estudios de movilidad sustentable pero ya más específicos, los trabajos son recientes y muy pocos como se ratifica con el estudio realizado por Almeida [50]. Es así, que para este trabajo fue necesario realizar una adaptación a los indicadores ya existentes y modificar su alcance para usarlos en las ciclo rutas seleccionadas.

Como beneficios de emplear indicadores para la evaluación de sustentabilidad, se identificó principalmente que se puede realizar y construir un indicador compuesto basado en unidades de análisis a niveles inferiores y a nivel de micro datos, considerando los hogares o individuos e incluso ciclo rutas. De ahí también que los indicadores sintetizan la información y permite agrupar por dimensiones como se hizo en el presente trabajo: Ambiental, Socioeconómico, Salud Ambiental y Movilidad, recalcando la característica más relevante que se le puede atribuir a los indicadores de sustentabilidad que es la de resumir en un valor numerosos aspectos que pueden estar interrelacionados.

Como aspectos negativos, los indicadores necesitan ser alimentados por datos con un alto grado de rigurosidad, la fuente de donde se obtienen o la forma en la que son calculados directamente debe tener altos niveles de certeza; estas características darán la confiabilidad y el nivel de pertinencia de los indicadores.

Para el caso de estudio presente, indicadores como los de emisiones de GEI y contaminantes locales fueron datos suministrados por entidades distritales (SDM) y como variable de entrada se necesitaba contar con un aforo detallado de la cantidad de vehículos que circulan. La SDM realiza aforos aleatorios en diferentes épocas del año sin ningún criterio de muestreo continuo. Otro caso, fueron las encuestas realizadas a los biciusuarios, ya que la información suministrada depende del grado de veracidad con que el encuestado responda las preguntas. Dicho esto, la construcción de la metodología y del levantamiento de información debe tener en cuenta todas estos imprevistos que pueden afectar el resultado final del indicador.

Para realizar la estandarización y evaluación de la batería de indicadores propuestos, en un principio, se había planteado emplear la metodología propuesta por el ayuntamiento de Sevilla “Diagrama de sostenibilidad local”. Al emplear esta metodología se infirió que no era apta para la aplicación de este estudio, ya que su enfoque es para evaluar sistemas de orden territorial, en pocas palabras, se emplea para evaluar territorios con una determinada escala como municipios, pueblos, ciudades y no para sistemas alternos de análisis como las ciclo rutas. Al final, se realizó una evaluación determinada por la combinación de la metodología AHP dando una ponderación a cada agrupación de indicadores y posteriormente, una ponderación a los indicadores. La estandarización se realizó por medio de los rangos que proponen el trabajo de Almeida y la metodología semáforo empleada por el BID en donde se establecen unos rangos de evaluación. Esta combinación de metodologías dio como resulta una propuesta metodológica para la evaluación de sustentabilidad de ciclo rutas.

Como resultado final se obtuvo un índice de sustentabilidad dentro de un rango de 0,00 – 1,00 donde La Avenida Boyacá tiene un índice de 51,26% y La Avenida de Las Américas de 44,96. Se evidencia un resultado bajo de sustentabilidad en los dos tramos de acuerdo con los indicadores planteados; esto se fundamenta

principalmente en que la zona en la que se encuentra los tramos presenta complejidades en las dimensiones del trinomio.

Como puntos negativos de las ciclo rutas, el grupo de indicadores ambientales muestran que las emisiones que producen los vehículos que transitan paralelo a los tramos evaluados están por encima del estándar internacional en cuanto al tipo de factor de emisión por contaminante, esto se puede asociar con la regulación que se le está dando a la edad de vehículos, a los catalizadores de emisiones y al tipo de combustible que se usa en el mercado; lo que puede incidir en el comportamiento de las emisiones presentes en los tramos. Así mismo, los niveles de ruido que perciben los biciusuarios son altos, siendo muy molesto para la experiencia de los viajes.

Por el lado de los aspectos socioeconómicos, los gastos por transporte siguen siendo altos en relación con los ingresos del sector, lo que demuestra que es importante fomentar el uso de la bicicleta como un medio de transporte muy económico y para ello, es importante garantizar la infraestructura necesaria para su movilidad. Para los temas de seguridad, los niveles son muy bajos y la presencia de policía es prácticamente ineficiente, lo que genera un aspecto a trabajar en este sector.

El grupo de indicadores de salud ambiental es uno de los más preocupantes por algunos autores como se evidenció en la revisión bibliográfica, aunque en estos resultados aún no hay ciclistas que manifiestan actualmente enfermedades o alteraciones que involucren su sistema respiratorio, los altos niveles de PM que se concentran en la zona y superan los límites nacionales e internacionales ponen en alarma las condiciones de salud ambiental que experimenta la población y los biciusuarios, estos últimos aún más por su alto grado de exposición a contaminantes.

Por último, los indicadores de movilidad muestran otra realidad preocupante y es el aumento de accidentes en estos tramos, que a nivel Bogotá también aumenta. Los accidentes de biciusuarios se han multiplicado en los últimos años notoriamente, esto se debe también a que hay mayor cantidad de ciclistas en las calles y que no existe una pedagogía tanto para biciusuarios como para otros actores viales al momento de circular por la infraestructura existente. En materia de infraestructura es un punto crítico, ya que muchos biciusuarios manifestaron un mal estado de los tramos evaluados, lo que conlleva que éstos hagan uso de carriles mixtos en vez de la infraestructura diseñada para el uso de la bicicleta.

Es así, a manera de conclusión que se perciben falencias en diferentes dimensiones del trinomio de sustentabilidad lo que pone en tela de juicio que la implementación y el diseño de estos espacios no tienen en consideración aspectos que se deben incluir al momento de pensar en una movilidad sustentable, debilitando un proyecto que puede mejorar la calidad de vida muchas personas, al igual que las condiciones de un ambiente más sano para la ciudad.

8. RECOMENDACIONES

- En el presente trabajo varias de las actividades desarrolladas, principalmente en la etapa de levantamiento de información, tuvieron limitantes que no permitieron realizarse con la rigurosidad que exige. Para el caso de las mediciones de PM_{2.5}, el monitor de calidad empleado es un equipo de bajo costo que tiene como aplicabilidad ejercicios académicos y sirve como premisa para analizar el fenómeno de exposición a contaminantes por parte de los biciusuarios. Es por eso, que se recomienda hacer uso de equipos certificados al momento de realizar investigaciones de esta índole.
- La metodología desarrollada en el presente trabajo es la combinación de dos trabajos relacionados a la evaluación de sustentabilidad de diversos sistemas; por un lado, Almeida (2016) evalúa sistemas de ciclo rutas y Jesús María, evalúa sistemas de orden territorial (Municipios – ciudades).
- De acuerdo los resultados obtenidos del análisis y evaluación del presente trabajo, se recomienda que para la planificación y el diseño de ciclo rutas futuras se tengan en cuenta criterios de sustentabilidad a través de estudios en relación con la población a servir, estudios rigurosos de movilidad para caracterizar la flota vehicular en el área de influencia de las ciclo rutas. Adicional, sería pertinente llevar un seguimiento y evaluación periódica sobre el estado de las ciclo rutas tanto en infraestructura como en servicio y a los usuarios que hace uso de éstas.
- Se recomienda a las entidades públicas y a las autoridades competentes incluir criterios de sustentabilidad específicos para tener en cuenta en el diseño de ciclo rutas, es importante considerar el aumento de zonas verdes para disminuir afectaciones en la salud de los biciusuarios, además de mejoras y el cumplimiento con normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire y emisiones provenientes de fuentes móviles.
- Se recomienda a diferentes entidades y a la academia a continuar estudios rigurosos en relación en estimación de emisiones de fuentes móviles, cálculo del nivel de ruido mejorar, estimación de la tasa de población afectada por continua exposición a material particulado y a contaminantes locales, además de estudio donde se priorice a la población que hace uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte.
- Por último, se recomienda tener en cuenta esta propuesta para poder implementar una batería de indicadores de sustentabilidad oficial para que el distrito evalúe continuamente las ciclo rutas existentes y futuras de la ciudad.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Amézquita, D. Durán y D. Fajardo, «Destino y eficiencia en modos de transporte urbano: un análisis de la movilidad de Bogotá,» *Semestre Económico*, vol. 19, nº 39, pp. 91-111, 2016.
- [2] S. J. Camacho Mata, «El uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá: ¿Qué deben hacer las empresas y el gobierno colombiano para incentivar su utilización?,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2016.
- [3] A. E. Rodríguez Lozano y J. A. Chamorro Ramírez, «Análisis de la operación del sistema de ciclo rutas en la ciudad de Bogotá, comparando con los modelos aplicados en Medellín, Chile, Guadalajara, Canadá y Holanda,» Universidad Católica, Bogotá, 2015.
- [4] Banco Interamericano de Desarrollo BID, «Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe,» BID, 2015.
- [5] Semana , «Bogotá es la ciudad con más kilómetros de ciclovías en América Latina,» *Semana*, 2017. [En línea]. Available: <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/bogota-es-la-ciudad-con-mas-kilometros-de-ciclovias-en-america-latina/34445>. [Último acceso: 10 Enero 2018].
- [6] L. Mejía Garzón, «Transporte público y desigualdades sociales en Bogotá: Una mirada al sistema de transporte público desde la equidad,» Universidad del Rosario, Bogotá, 2016.
- [7] D. Romero Villamizar y L. H. Duque Gómez , «Espacio urbano abierto para interacción multimodal en la movilidad de Bogotá futura,» Pontificia Universidad Javeriana , Bogotá, 2013.
- [8] G. Bravo Andrade, «Determinación y evaluación de la exposición personal a PM2.5 de ciclistas de la comunidad de la Universidad de Los Andes,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2015.
- [9] J. F. Franco Ramírez, «Exposición a PM2.5 y Carbono Elemental en Modos Activos: Bicicleta y Peatón en Bogotá,» Universidad EAN, Bogotá, 2016.
- [10] N. Rojas y N. Peñaloza, « Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2010.
- [11] J. Echeverry, «The economics of transmilenio a mass transport system for Bogotá,» CEDE, 2004.

- [12] Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá , «Informe anual de calidad del aire de Bogotá año 2016,» Alcaldía Mayor de Bogotá- Secretaria Distrital de Ambiente, Bogotá D.C., 2017.
- [13] Secretaria Distrital de Movilidad, «La bicicleta en Bogotá,» Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, 2016.
- [14] Observatorio de Movilidad , «Balance de Movilidad de 2007 - 2016, Reporte Anual de Movilidad 2016,» Universidad de los andes - Cámara de comercio de Bogotá-, Bogotá, 2017.
- [15] W. E. Vargas, E. Mozo y E. Herrera, «Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá,» *Revista Topográfica Azimut*, vol. 4, 2014.
- [16] J. M. Sanchez Gonzalez, «Análisis de la sostenibilidad local de los municipios sevillanos de la comarca de doñana,» Sevilla, 2015.
- [17] UNEP, «Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/>. [Último acceso: 2017].
- [18] G. E. Leal, «Desarrollo conceptual y metodológico de una propuesta de desarrollo urbano sostenible para la ciudad- Región de Bogotá en clave de ciudad Latinamericana,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2009.
- [19] H. G. Cortés Mura y J. I. Peña Reyes, «De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos,» *Escuela de Administración de Negocios*, 2015.
- [20] T. Waas, J. Hugé, A. Verbruggen y T. Wright, «Sustainable Development: A Bird's Eye View,» *Sustainability*, vol. 3, nº 10, pp. 1637-1661, 2011.
- [21] M. A. Chiriboga Méndez, «La sostenibilidad y sustentabilidad en los museos, dos enfoques principales: la museología tradicional y la nueva museología. Estudio de caso en dos museos de la provincia de pichincha,» Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, 2012.
- [22] A. P. Noguera Echeverri , «Complejidad Ambiental: Propuestas éticas emergentes del pensamiento ambiental latinoamericano,» *Gestión y ambiente* , pp. 5-30, 2008.
- [23] Naciones Unidas, «El ciclismo y los objetivos de desarrollo sostenible,» Organización de Naciones unidas, 2015.
- [24] T. F. Pontes, «Avaliacao da Mobilidade Urbana na Área Metropolitana de Brasília,» Brasília, 2010.

- [25] A. L. Flechas Camacho, « Movilidad y transporte:un enfoque territorial,» Universidad Nacional de Colombia - Departamento Civil y agrícola, Bogotá, 2006.
- [26] Unesco, «Movilidad sostenible,» *Revista internacional de ciencias sociales*, nº 176, 2012.
- [27] OECD, «Report on the OECD Conference Environmentally Sustainable Transport (EST): Futures, Strategies,» Estados Unidos, 2002.
- [28] E. Alcántara Vasconcellos, Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad, Bogotá: CAF, 2010.
- [29] G. Kenneth M, «Ciudades en movimiento: Una revisión del Banco Mundial sobre la estrategia del transporte urbano : Ciudades en movimiento: Revisión de la estrategia de transporte urbano del Banco Mundial (Español),» 2005.
- [30] C. Trentadue y H. Carranza, «La eficiencia energética en el transporte, un megayacimiento posible,» Petrotecnia, 2014.
- [31] J. A. Barbero y R. Rodriguez Tornquist, «TRANSPORTE Y CAMBIO CLIMÁTICO: HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE Y DE BAJO CARBONO,» *Revista Transporte y Territorio*, nº 6, pp. 8-26, 2012.
- [32] c. Huizenga y S. Bakker, «Los NAMA para el sector transporte: Estudios de caso de Brasil, Indonesia, México y la Republica de china,» BANCO interamericano de desarrollo, 2010.
- [33] IDEAM, «Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero - Colombia,» IDEAM, 2015.
- [34] B. M. DIRF-AIF, «Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita),» Laboratorio Nacional de Oak Ridge , 2014. [En línea]. Available: https://datos.bancomundial.org/indicador/en.atm.co2e.pc?name_desc=false.
- [35] J. C. León Andrango, «Repositorio institucional: Universidad Técnica de Cotopaxi,» Julio 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2927>. [Último acceso: Febrero 23 2018].
- [36] Biblioteca del congreso nacional de Chile, «Uso de la bicicleta en América Latina: en busca de mayor ciclo-inclusión,» Biblioteca del congreso nacional de Chile, 29 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.bcn.cl/observatorio/americas/noticias/uso-de-la-bicicleta-en-america-latina-en-busca-de-mayor-ciclo-inclusion>. [Último acceso: 29 Noviembre 2017].

- [37] Embajada Real de Dinamarca, «La Ciudad de los ciclistas - Copenague,» 2009.
- [38] R. A. Ríos Flores, A. P. Taddia, C. F. Pardo y N. Lleras, «Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta,» Banco interamericano de desarrollo, 2015.
- [39] DINERO , «Al igual que los ciclistas, el mercado nacional de las 'bicis' vive una nueva era dorada,» DINERO, 8 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/venta-de-bicicletas-en-colombia-durante-2017/248414>. [Último acceso: 21 Diciembre 2017].
- [40] Fenalco, «Así se mueven los bogotanos en "bici",» Fenalco, Bogotá, 2016.
- [41] BBC Mundo, «Cuáles son las mejores ciudades de América Latina para andar en bicicleta,» BBC, 19 Abril 2016. [En línea]. Available: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160419_bicicleta_america_latina_paises_ciudades. [Último acceso: Enero 2 2018].
- [42] R. Quiroga Martinez, «Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el caribe,» CEPAL, Santiago de Chile, 2007.
- [43] A. S. Crosara Benelli, «Identificación de indicadores de sustentabilidad en plantaciones de Eucalyptus Globulus en el litoral del país,» Montevideo, 2001.
- [44] A. Tolón Becerra, R. Vicent y D. Ramíres Román, «Bases para la definición de un metamodelo de indicadores de sostenibilidad de procesos de desarrollo,» Almería, 2010.
- [45] X. Gan, I. Fernández, J. Guo, W. Maxwell, Y. Y. Zhao, B. Zhou y J. Wu, «When to use what: methods for weighting and aggregatin sustainability,» *Ecological indicators*, vol. 80, pp. 491 - 502, 2017.
- [46] OECD, «Handbook on constructing composite indicators,» European Commission, 2008.
- [47] L. G. Carmona Aparicio, M. A. Rincón Pérez, A. M. Castillo Robles, B. R. Galvis Remolina, H. E. Saénz Pulido, R. A. Manrique forero y j. E. Pachón Quinche , «Conciliación de inventarios top-down y bottom-up de emisiones de fuentes móviles en Bogotá, Colombia,» *Tecnura*, vol. 20, nº 49, 2016.
- [48] V. Gonzáles Prida, L. Barberá, P. Viveros y A. Crespo, «Dynamic Analytic Hierarchy Process: AHP method adapted to a changing environment,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2012.

- [49] Secretaría Distrital de Movilidad, «Plan Maestro de Movilidad,» Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, 2013.
- [50] Banco interamericano de Desarrollo (BID), «Anexo indicadores: Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenible Tercera Edición,» 2016.
- [51] European Environmental Agency , «Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe. "Laying the Foundations for Greener Transport",» EEA Report N 7 , 2011.
- [52] L. Machado, «Índice de Mobilidade Sustentável para Avaliar a Qualidade de Vida Urbana,» Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- [53] R. Almeida Motta, «Método para a determinação da sustentabilidade de ciclovias,» Universidad de Brasília, Brasília, 2016.
- [54] F. E. d. M. y. Provincias, «Códigos de buenas prácticas ambientales,» Barcelona , 2004.
- [55] M. d. S. y. P. Social, «Guía metodológica. Sistema estándar de indicadores básicos de salud en Colombia,» Bogotá D.C., 2013.
- [56] IDEAM, «Formato común de hoja metodológica de indicadores ambientales,» Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C., 2016.
- [57] Alcaldía local de Kennedy, «Plan institucional de gestión ambiental - PIGA,» Bogotá, 2016.
- [58] T. Meneses y P. Iral, «Análisis espacio-temporal de variables que inciden en la generación de isla de calor urbana en la localidad de Kennedy,» Bogotá, 2017.
- [59] Dirección de Planeación Proyectos Estratégicos - Subdirección de Análisis sectorial, Poblacional y Local, «Ficha Local Kennedy - Diciembre 14 de 2016,» Secretaría Distrital de Cultura, Bogotá, 2016.
- [60] A. d. B. D.C, «Proyecto de Acuerdo N° 045 de 2014,» Alcaldía de Bogotá D.C, Bogotá D.C, 2014.
- [61] Secretaría de movilidad de Bogotá, «Volúmenes vehiculares en la ciudad de Bogotá,» Secretaría de movilidad de Bogotá, Bogotá, 2017.
- [62] P. Rodríguez y E. Behrentz, «Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá, a través de mediciones directas,»

Universidad de los Andes, Bogotá, 2009.

- [63] H. Hernandez González y R. Jiménez, «Desarrollo de un inventario georreferenciado de emisiones de dióxido de carbono por fuentes móviles en el área urbana de Bogotá. Bogotá,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2011.
- [64] Secretaría Distrital de Ambiente, «Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá,» Secretaria Distrital de Ambiente, Bogotá, 2011.
- [65] Secretaria Distrital de Ambiente y Universidad Nacional de Colombia , « Inventario de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) proveniente de fuentes fijas, móviles y de área. Convenio 1360 de 2010,» Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá, 2010.
- [66] C. D. Waldron, «Combustión Móvil,» de *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero*, 2006.
- [67] La Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital, IDECA, «Mapas de referencia,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.ideca.gov.co/es/servicios/mapa-de-referencia>. [Último acceso: 2018].
- [68] S. D. d. Movilidad, «Encuesta de Movilidad 2015,» 2015. [En línea]. Available: <http://movilidadbogota.gov.co/web/node/1990>. [Último acceso: 2017].
- [69] S. D. d. Ambiente, «Red de Calidad del Aire, Bogotá,» [En línea]. Available: <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>.
- [70] A. L. d. Kennedy, «Localidad de Kennedy, mapa UPZ,» [En línea]. Available: <http://www.kennedy.gov.co/mi-localidad/mapas>. [Último acceso: 2018].
- [71] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., «Plan Ambiental Local- Kennedy mejor para todos localidd ejemplo para todos 2017-2020,» Bogotá, 2016.
- [72] Unidad de Atención del Sur , «Atlas de salud pública localidad de Kennedy,» Bogotá, 2015.
- [73] A. e. s. d. s. y. g. d. c. (ASIS), «Atlas de salud pública, Kennedy 2015,» Bogotá, 2016.
- [74] W. Galindo García, «Dinámica de las construcciones por usos de la localidad de Kennedy 2002 y 2012,» Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, 2013.
- [75] Camara de Comercio de Bogotá, «Perfil económico y empresarial - Localidad de Kennedy,» Bogotá, 2006.

- [76] INSITUTOS DE ESTUDIOS URBANOS , «Bogotá en Datos,» DAPD, [En línea]. Available: <https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0200/02-050-transporte/docs/KENNEDY.pdf>. [Último acceso: 4 Febrero 2018].
- [77] Invías, «Manual de señalización vial: Dispositivos univformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia,» Ministerio de Transporte de Colombia, Bogotá, 2015.
- [78] Subdirección territorial y de inversiones públicas, «Construcción de cicloinfraestructura y servicios complementarios Versión 2.0,» Departamento Nacional de Planeación , Bogotá, 2017.
- [79] S. Pires, «Potencialidades Ciclovías no Plano Pilot,» Maestría en Arquitectura y urbanismo, Univerisidad de Brasilia, Brasilia, 2008.
- [80] A. Henao Gonzalez y D. E. Gonzalez Ocampo, «Elaboración de un modelo que determine la mejor ruta para ciclistas de la ciudad de Pereira y Dosquebradas, implementando los sistemas de información geográfica.,» Universidad de Manizales, Manizales, 2014.
- [81] Ayuntamiento de Sevilla, «Plan especial de indicadores Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla,» 2007. [En línea]. Available: http://www.sevilla.org/urbanismo/plan_indicadores/Index.html.
- [82] E. Alcántara Vasconcellos, Urban Transport, Enviroment and equity, Nueva York , 2001.
- [83] A. Ardila y G. Menckoff, «Transportation Policies in Bogota, Colombia: Building a Transportation System for the People,» *Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1817, 2014.
- [84] L. M. Casablanca González, «Movilidad urbana estado y caracterización de la movilidad en bicicleta para las principales ciclo rutas de las localidades de Usaquén y Chapinero,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2012.
- [85] M. Gartor, «El sistema de bicicletas públicas BiciQuito como alternativa de movilidad sustentable: aportes y limitaciones,» *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* , nº 18, pp. 249-263, 2015.
- [86] C. García Arbeláez, G. Vallejo Lopez, M. L. Higgins y E. M. Escobar, «En el acuerdo de París así actuará Colombia frente al cambio climático,» WWF, Cali, 2016.
- [87] J. Stehlin, «Regulating Inclusion: Spatial Form, Social Process, and the Normalization of Cycling Practice in the USA,» *Mobilities*, vol. 9, nº 1, pp. 21-

41, 2013.

- [88] J. Quintero González , «El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano,» *Ingeniería y Región*, vol. 14, nº 2, pp. 87-97, 2016.
- [89] N. Y. Rojas, «Determinación de la exposición de los usuarios de la ciclo ruta en la calle 80 de Bogotá al PM10,» de *II Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública*, Cartagena de indias., 2009.
- [90] Enviromental science, «What Is Sustainability and Why Is It Important?,» Enviromental science, 2015. [En línea]. Available: <https://www.environmentalscience.org/sustainability>. [Último acceso: 6 Enero 2018].
- [91] Fenercom, «Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental,» Comunidad de madrid, Madrid, 2010.
- [92] CEPAL, América Latina y el Caribe: crecimiento económico sostenido, población y desarrollo, 2000.
- [93] M. Colville-andersen, «THE 20 MOST BIKE-RIENDLY CITIES ON THE PLANET,» wired, 6 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://www.wired.com/2015/06/copenhagenize-worlds-most-bike-friendly-cities/#slide-2>. [Último acceso: 1 Febrero 2018].
- [94] J. C. Solís Ávila y C. Sheinbaum Pardo, «Energy consumption and CO 2 emission from road transport in Mexico and mitigation scenarios,» *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 32, nº 1, pp. 7-23, 2016.
- [95] B. Muñoz y M. G. Romana , «Secretaría de movilidad de Bogotá,» *Pensamiento matématico*, vol. 1, nº 2, pp. 27-46, 2016.
- [96] J. C. Osorio Gòmez y C. J. P. Orejuela, «EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO.,» *Scientia Et Technica*, vol. 14, nº 39, pp. 247-252, 2008.
- [97] Ayuntamiento de Sevilla, «Plan especial de indicadores Sostenibilidad Ambiental de,» [En línea]. Available: http://www.sevilla.org/urbanismo/plan_indicadores/Index.html. [Último acceso: Octubre 2017].
- [98] T. Hurtado, «Capitlu II Proceso de analisis jeràrquico,» de *El proceso de análisis jerárquico (AHP)*, Lima.
- [99] C. R. Solórzano, «Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas

hidrográficas,» Instituto Nacional de Ecología , 2002.

- [10 C. Universidad de los Andes, «Manual de movilidad. Mapa red de ciclo
0] rutas.,» 2017. [En línea]. Available:
[https://movilidad.uniandes.edu.co/index.php/en-bici-ext/112-ciclo rutas](https://movilidad.uniandes.edu.co/index.php/en-bici-ext/112-ciclo_rutas).
[Último acceso: 2018].
- [10 UNEP, «PNUMA,» [En línea]. Available: [https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-](https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/)
1] [and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/](https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/). [Último acceso:
2017].
- [10 Secretaria Disitrital de Ambiente, «Observatorio Ambiental de Bogotá,»
2] Alcaldía Mayor de Bogotá, [En línea]. Available:
<http://oab.ambientebogota.gov.co/>. [Último acceso: 15 Enero 2018].
- [10 Secretaría Distrital de Ambiente, «Agenda Ambiental Localidad de Kennedy,»
3] Secretaria Distrital de Ambiente, Bogotá, 2009.
- [10 Taller del Espacio Público, Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría
4] Distrital de movilidad, Secretaría de Planeación , «Cartilla de Andenes de
Bogotá D.C,» Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, 2015.
- [10 J. Macedo, F. Rodriguesa y F. Tavares, «Urban sustainability mobility
5] assessment: indicators proposal,» *Procedia Engineering*, vol. 134, pp. 731 -
740, 2017.
- [10 E. E. Agency, «Monitoring CO2 emissions from passenger cars and vans in
6] 2015,» EEA, 2015.
- [10 EPA, «Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories,» EPA, 2014.
7]
- [10 D. N. Ligterink, P. Van Zyl y V. Heijne, «Dutch CO2 emission factors for road
8] vehicles,» TNO report, 2016.
- [10 F. E. d. M. y. Provincias, «Código de buenas prácticas ambientales,»
9] Barcelona, 2004.
- [11 A. Henao González y D. E. Gonzalez Ocampo, «Elaboración de un modelo
0] que determine la mejor ruta para ciclistas de la ciudad de Pereira y
Dosquebradas, implementando los sistemas de información geográfica.,»
Universidad de Manizales, Manizales, 2014.
- [11 C. Rodríguez Solórzano, «Diseño de indicadores de sustentabilidad por
1] cuencas hidrográficas,» Instituto Nacional de Ecología, Ciudad de México,
2002.

- [11 A. C. Prada Mendoza, «El uso de la bicicleta como alternativa en los procesos
2] de revitalización y recuperación de áreas degradadas. Caso de estudio:
sector de las universidades en el centro de Bogotá. Periodo: 1998-2010,»
Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Bogotá D.C.,
2013.