

Análisis de las ventajas y desventajas a nivel de movilidad vehicular, bicicletas y peatonal en la implementación del concepto de calles completas en la ciudad de Bucaramanga

Yuber Fabian Pineda Castro, Elizabeth Sanchez Sanchez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Yerly Fabián Martínez Estupiñán

Magister en Ingeniería Civil

Codirector

Nelson Deiwer Baza Solares

Maestría de Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2022

### **Dedicatoria**

*A Dios por darme la sabiduría y fortaleza para haber sacado este trabajo adelante, y por regalarme la compañía de compañeros y personas que me apoyaron, creyeron en mí y me ayudaron a crecer como estudiante y profesional.*

*A mis padres Dioseli Sanchez y María Sanchez por sus consejos, enseñanzas, paciencia y apoyo en este proceso, por enseñarme a luchar por mis metas y sueños.*

*A mis hermanos Pablo, Darwin, Noralba y Alexander por estar en cada paso, por sus consejos y el apoyo constante en todo lo que necesite para que esta meta se cumpliera.*

*A mi compañero de trabajo de Fabian Pineda, por su paciencia y confianza para que este proyecto se desarrollara.*

***E.S.S***

*A Dios por ser mi guía y fortaleza durante estos años, por otorgarme una familia extraordinaria, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de humildad, sacrificio y superación, enseñándome a valorar lo que tengo. Principalmente a la mujer más maravillosa que hay en mi vida, mi madre, Dora Custodia Castro Niño a quien le ofrezco este trabajo por su incondicional apoyo pues sin ella no lo hubiese logrado.*

*A mis amigos por brindarme su compañía, buenos momentos y muchas enseñanzas.*

*A mi compañera y amiga Elizabeth Sanchez por su dedicación, paciencia, sabiduría para poder culminar este proyecto.*

*Agradezco a cada persona que me aportó un granito de arena en esta etapa académica.*

*Y, por último, pero no menos importante quiero agradecerme a mí por creer que lo podía lograr y por nunca renunciar.*

**Y.F.P.C**

### **Agradecimientos**

Primordialmente, queremos agradecerle a Dios, por guiarnos y acompañarnos a lo largo de nuestra carrera y permitirnos culminar esta etapa académica, brindándonos sabiduría, entendimiento y siendo nuestra fortaleza. A la Universidad por abrirnos las puertas y brindarnos una formación integral. A todos los docentes que han sido parte de nuestro camino universitario, por transmitirnos los conocimientos necesarios para culminar este proceso, especialmente nuestros sinceros agradecimientos al Ingeniero Yerly Fabian Martínez Estupiñán, por su paciencia, dedicación y los conocimientos transmitidos, siendo nuestra guía en la ejecución del presente proyecto.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo General .....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Estado del Arte.....	14
2.1 Estudios realizados a nivel internacional .....	16
2.2 Estudios realizado a nivel nacional .....	20
2.3 Casos implementados a nivel internacional .....	23
2.4 Casos implementados a nivel nacional .....	26
3. Variables Influyentes en la Selección de Corredores .....	27
3.1 Variables encontradas a nivel internacional .....	27
3.2 Variables encontradas a nivel nacional .....	29
3.3 Variables para la selección del corredor .....	31
4. Selección de Corredor.....	33
4.1 Fase 1 para la selección del corredor .....	33
4.1.1 Zonificación .....	33
4.1.2 Conectividad .....	36
4.1.3 Integración .....	39
4.1.4 Flujo vehicular, peatonal y de bici usuarios.....	41
4.1.5 Siniestralidad.....	44

4.2. Selección de corredores .....	46
4.3. Fase 2 para la selección del corredor .....	48
4.3.1 Selección del corredor.....	50
4.3.2 Caracterización del corredor .....	51
5. Evaluación del Corredor .....	53
5.1. Modelado y configuración de la red .....	53
5.2. Calibración y validación de la red modelada.....	54
5.3. Situación actual del corredor .....	56
5.3.1 Secciones transversales corredor actual.....	56
5.3.2 Resultados obtenidos del modelo base .....	58
5.4. Proceso de rediseño del corredor .....	60
5.5. Resultados obtenidos del corredor como Calle Completa.....	63
6. Conclusiones .....	65
Referencias Bibliográficas .....	67

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Variables tomadas en cuenta para la primera fase de la selección del corredor .....	32
Tabla 2 Variables tomadas en cuenta para la segunda fase de la selección del corredor .....	33
Tabla 3 Áreas de actividad de Bucaramanga .....	34
Tabla 4 Viajes totales en el día .....	42
Tabla 5 Sectores con mayor cantidad de viajes Origen .....	43
Tabla 6 Sectores con mayor cantidad de viajes Destino .....	43
Tabla 7 Comunas con mayor cantidad de siniestros .....	45
Tabla 8 Puntos críticos de Siniestralidad .....	45
Tabla 9 Corredores Seleccionados .....	48
Tabla 10 Datos 2022 Corredor correspondiente a la Calle 45 entre Carrera 27 y Carrera 38 .....	49
Tabla 11 Datos 2022 Corredor correspondiente a la Carrera 33 entre Calle 42 y Calle 52 .....	49
Tabla 12 Datos 2022 Corredor correspondiente a la Carrera 35 <sup>a</sup> entre Calle 42 y Calle 52 .....	50
Tabla 13 Caracterización física del corredor .....	51
Tabla 14 Porcentaje detectores con GEH<5 .....	55
Tabla 15 Criterio para determinación de los niveles de servicio .....	59
Tabla 16 Niveles de Servicio (NDS), según tiempos de demora, antes de rediseño .....	60
Tabla 17 Niveles de Servicio (NDS), según tiempos de demora, antes de rediseño, después de rediseño y a 5, 10 y 20 años .....	64

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Elementos de una Calle Completa.....	15
Figura 2 Áreas de actividad de Bucaramanga.....	34
Figura 3 Áreas de actividad de Seleccionadas.....	36
Figura 4 Clasificación Vial de Bucaramanga .....	37
Figura 5 Vías Seleccionadas .....	39
Figura 6 Rutas de Metrolínea.....	40
Figura 7 Ciclo-infraestructura, red existente y red a 2025.....	41
Figura 8 Mapas de Calor (viajes diarios totales), origen y destino.....	42
Figura 9 Sector con mayor cantidad de viajes diarios .....	44
Figura 10 Zona Seleccionada.....	46
Figura 11 Características físicas del corredor.....	52
Figura 12 Geometría del modelo base de la red vial .....	54
Figura 13 Detectores con GEH<5.....	56
Figura 14 Sección transversal de la Calle entre Carrera 38 y Carrera 36 antes de aplicarle el concepto de Calles Completas .....	57
Figura 15 Sección transversal de la Calle entre Carrera 36 y Carrera 33 antes de aplicarle el concepto de Calles Completas .....	57
Figura 16 Sección transversal de la Calle 45 entre Carrera 33 y Carrera 27 antes de aplicarle el concepto de Calles Completas .....	58
Figura 17 Niveles de Servicio (NDS), según relación capacidad volumen, antes de rediseño ....	59

Figura 18 Sección transversal de la Calle 45 entre Carrera 38 y Carrera 36 aplicándole el concepto de Calles Completas.....	61
Figura 19 Sección transversal de la Calle 45 entre Carrera 36 y Carrera 27 aplicándole el concepto de Calles Completas.....	62
Figura 20 Empalme en la intersección Carrera 36 con Calle 45.....	62
Figura 21 Niveles de Servicio (NDS), según relación capacidad volumen, después de rediseño	63

## Resumen

**Título:** Análisis de las ventajas y desventajas a nivel de movilidad vehicular, bicicletas y peatonal en la implantación del concepto de calles completas en la ciudad de Bucaramanga\*

**Autor:** Yuber Fabian Pineda Castro, Elizabeth Sanchez Sanchez\*\*

**Palabras Clave:** Calles Completas, Niveles de Servicio (NDS), AIMSUN, Transporte Sostenible, Corredor, Malla Vial, Flujo Vehicular.

**Descripción:** A nivel nacional en ciudades intermedias de Colombia como es el caso de Bucaramanga no existe una distribución equitativa del espacio vial dándole prioridad a los vehículos motorizados y dejando de lado los modos de transporte sostenible, esto conlleva a generar un incremento de vehículos motorizados generando un aumento en la tasa de siniestralidad y congestión. La presente investigación analizó las ventajas y desventajas que trae consigo la implementación del concepto de Calles Completas en un caso de estudio aplicado a un corredor de la malla vial de Bucaramanga el cual fue seleccionado a partir de variables identificadas mediante una revisión de la literatura de diferentes casos y estudios a nivel internacional y nacional, posteriormente se realizó una simulación en el software AIMSUN antes y después de la aplicación del concepto, en esta simulación se revisaron los NDS y el flujo vehicular del corredor antes y después de la aplicación del concepto. Las modificaciones que se le realizaron al corredor muestran un impacto positivo producto de la redistribución del flujo vehicular, generando mejores condiciones de accesibilidad, seguridad y equidad a los modos de transporte sostenible.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. Magister en Ingeniería Civil. Codirector: Nelson Deiwer Baza Solares. Maestría de Ingeniería Civil.

### Abstract

**Title:** Analysis of the advantages and disadvantages at the level of vehicular, bicycle and pedestrian mobility that the implementation of the concept of complete streets in the city of Bucaramanga\*

**Author(s):** Yuber Fabian Pineda Castro y Elizabeth Sanchez Sanchez\*\*

**Key Words:** Complete Streets, Service Levels (SL), AIMSUN, Sustainable transport, Corridor, Road Mesh, Vehicular flow.

**Description:** At the national level, in intermediate cities of Colombia, such as Bucaramanga, there is no equitable distribution of road space prioritizing motorized vehicles and neglecting sustainable modes of transport. This leads to an increase in motorized vehicles, generating a boost in the rate of accidents and congestion. This research analyzed the advantages and disadvantages that the implementation of the concept of Complete Streets brings in a case study applied to a corridor of the Bucaramanga road network which was selected from identified variables through a review of the literature of different cases and studies at the international and national level. Later, a simulation was carried out in the AIMSUN software before and after the application of the concept. In this simulation, the LS and the traffic flow of the corridor were reviewed before and after the application of the concept. The modifications that were made to the corridor show a positive impact as a result of the redistribution of the vehicular flow, by generating better conditions of accessibility, security and equity to sustainable transport modes.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. Master in Civil Engineering. Co-director: Nelson Deiwer Baza Solares. Master of Civil Engineering.

## Introducción

En la actualidad en muchas ciudades de Colombia no existe una distribución equitativa del espacio vial, una alternativa que propende establecer espacios equitativos es el concepto de “CALLES COMPLETAS”, el cual busca generar espacios seguros y equitativos en la calles para todos los usuarios independientemente de su edad, habilidad o modo de transporte; además beneficia a los usuarios más vulnerables y así fomentando el uso de modos de transporte sostenibles (transporte público, peatones y ciclistas). Dentro de su conceptualización y aplicación se busca ampliar la función de la calle ya que además de incluir el transporte, propende por establecer espacios de recreación y encuentro de comunidades.

Esta tesis busco analizar la implementación del conceto de *Calles Completas*, para analizar el impacto en la movilidad vehicular en un corredor de la ciudad de Bucaramanga seleccionado mediante el análisis de variables características identificadas en los casos de estudios realizado a nivel nacional e internacional, haciendo un rediseño mediante una simulación realiza en el software AIMSUN.

El artículo se estructura en seis capítulos, en el segundo capítulo se define el concepto de *Calles Completas* y se analizan estudios y casos implementados a nivel internacional y nacional; en el tercer capítulo se identifican las variables cualitativas y cuantitativas usadas en distintos estudios en la selección del corredor; en el cuarto capítulo se seleccionó el corredor de acuerdo a las variables encontradas en el capítulo anterior; en el quinto capítulo se describe el proceso para la elaboración del modelo base utilizado para la micro simulación y se describen los ajuste de diseño realizados al corredor, así como los resultados obtenidos en el proceso de micro simulación antes y después del rediseño; y por último en el sexto capítulo se encuentran la conclusiones.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Analizar las ventajas y desventajas de la implementación del concepto de *Calles Completas* en un sector del casco urbano de Bucaramanga mediante el uso de herramientas de simulación.

### 1.2 Objetivos Específicos

Elaborar una revisión sistemática de literatura sobre el concepto de *Calles Completas* identificando tres lugares a nivel de Latinoamérica donde ha sido aplicado, cuáles han sido sus ventajas, desventajas y resultados.

Identificar las variables características que influyen en la selección de un corredor para aplicar el concepto de *Calles Completas*.

Seleccionar un corredor del sector urbano en Bucaramanga en el que se pueda aplicar el concepto, mediante las variables identificadas para su selección.

Evaluar la operación del corredor seleccionado ante el efecto que trae consigo la implementación del concepto de *Calles Completas* mediante una herramienta de simulación.

## 2. Estado del Arte

Desde la antigüedad se vio la necesidad de generar caminos que se conectaran entre sí, ya que estos funcionaban entre muchas otras razones como rutas comerciales, para el transporte e intercambio de mercancías y artesanías, además facilitaban las actividades sociales entre la comunidad (procesiones, manifestaciones, desfiles, ferias, etc.). Con el paso del tiempo la sociedad, de manera equivocada, poco a poco empezó a dar mayor privilegio en la asignación del espacio de circulación a los vehículos motorizados, en especial a los automóviles, dejando de lado a los peatones, usuarios no motorizados y usuarios de transporte público. En la actualidad en muchas ciudades las calles han sido adecuadas con semáforos y señalización enfocada principalmente en los vehículos dejando de lado las necesidades y la seguridad de los peatones y ciclistas.

Una iniciativa relativamente nueva que ha tomado fuerza en las últimas dos décadas y que está aportando en el cambio del paradigma de priorizar el automóvil por encima de otros modos de transporte es la implementación del concepto de *Calles Completas*, que para la National Complete Streets Coalition las define como: vías diseñadas para que los usuarios de todas las edades, habilidades o modos de transporte puedan acceder de una forma segura, adecuada y cómoda a su destino (National Complete Streets Coalition, s.f).

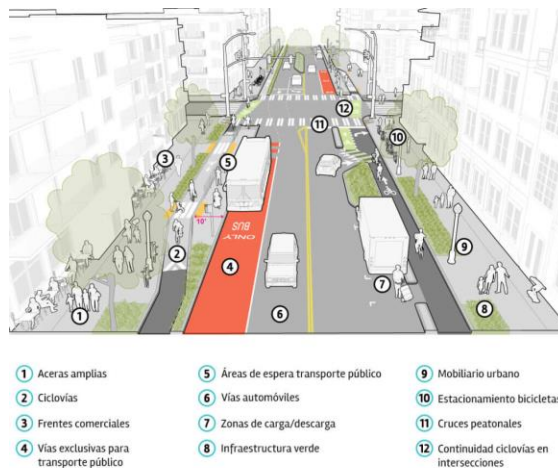
Lo fundamental de este concepto es que permite incorporar elementos particulares (andenes, franja de amoblamiento, antejardines, franja de circulación, calzada, carril, carril exclusivo, celda o franja de parqueo, ciclorruta o ciclo vías, bahías, bermas, separador, intersección vial (Londoño et al., 2017)) para cada segmento de la población, por ende no debe ser aplicado en

todas las calles de manera repetitiva, además, no es solo un programa de ciclovías y andenes peatonales y tampoco pretende excluir a los vehículos motorizados (Dirección de Planeación Urbana Sustentable, 2015).

El concepto de *Calles Completas* apareció en 2003 sugerido por David Goldber, director de comunicaciones de Smart Growth América, y fue utilizado para sustituir el término “routine accommodation” que se usaba para denominar la inclusión de la bicicleta (García, 2013). En ese mismo año Smart Growth América junto a varios grupos formaron un comité para adelantar la iniciativa de promoción y que el concepto fuese incluido en la Ley de Transportación Federal, sin embargo, a nivel federal no tuvo la acogida esperada. Por ello la National Complete Streets Coalition (NCSC) enfocó sus esfuerzos en la divulgación del concepto de *Calles Completas* en las comunidades locales, con el fin de que se tomara en cuenta la movilidad de todos los usuarios en los proyectos de infraestructura vial (García, 2013).

## Figura 1

### *Elementos de una Calle Completa*



*Nota.* La imagen muestra algunos elementos que debe incluir una *Calle Completa*. Tomado de *Calles Completas: repensando la movilidad urbana de forma integrada*, por Perrozzi, A. (2020), Transecto.

A partir de la estructuración de este concepto se han realizado estudios en diferentes países, muchos nacen de las políticas ya implementadas en Estados Unidos y Reino Unido, otros van más allá de los estudios y lo han implementado en sus calles. En los casos donde ha sido implementado, ha sido posible identificar de forma real mejoras en la seguridad de los usuarios y disminución de accidente y heridos.

A continuación, se presentan antecedentes nacionales e internacionales del estudio e implementación (en algunos casos) del concepto de *Calles Completas*. Estos estudios han sido divididos según el lugar donde se han realizado e identificado aquellos que fueron implementados.

## **2.1 Estudios realizados a nivel internacional**

Como parte del trabajo de investigación se realizó una revisión bibliográfica a nivel internacional enfocada en la investigación del concepto de *Calles Completas*, en esta se identificaron estudios realizados en Reino Unido, Canadá, Brasil y Puerto Rico principalmente. Dichos estudios estuvieron orientados en la creación de guías y políticas fundamentada en una movilidad sostenible.

Para Reino Unido desde las décadas de los 50 y 60 la prioridad en las calles había sido los vehículos motorizados provocando que las calles fueran poco atractivas para los peatones; sin embargo, con la publicación en 2007 del “Manual para calles” y el desarrollo de la guía integral “Link and Place” (Jones et al., 2008) se marcó un cambio fundamental en el diseño de las calles

otorgándoles un desarrollo integral en donde se consideren como un canal de movimiento enfocado en las necesidades de los usuarios (vehículos motorizados, no motorizados y peatones). Por otro lado, se identificó que la clasificación de las calles se convertía en una variable importante basado en los conceptos de “Link and Place”, este a su vez busca minimizar el tiempo de viaje de los usuarios independientemente del modo de transporte que usen así como amenizar los espacios de actividades comerciales y laborales ya que estas se veían interrumpidas por el alto tráfico vehicular y por el poco espacio que existía para hacer actividades que tienen que ver con estacionamiento de vehículos (carga/descarga, empleados, clientes, etc.) y para de autobuses y tranvías (transporte público (Jones et al., 2008).

En base a la guía “Link and Place” se realizó un ejercicio de participación pública y de diseño en Bloxwinch (Inglaterra) en una calle comercial de aproximadamente 700 metros de largo utilizando bloques y acetatos para que la comunidad ayudara a diseñar la vía, esto a su vez ayudo a que los resultados y opciones de diseño fuesen practicas; posteriormente los diseños realizados por la comunidad fueron perfeccionados en el software “LineMap”. En los diseños físicos se demarcó una línea de edificación fija y un ancho de paso libre, un carril de tráfico continuo en cada dirección, cantidades mínimas de marcación y un mínimo número de áreas de estacionamiento, paradas de autobús y paso peatonales (Jones et al., 2008).

Inicialmente esta consulta había sido hecha por el ayuntamiento, sin la participación directa de la comunidad, sin embargo, no fue bien recibida y fue rechazada por los políticos locales. Debido a esto, desarrollaron un nuevo esquema que reconociera los intereses y objetivos de todos los usuarios de la calle (Jones et al., 2008). Como resultado, a nivel de diseño, este enfoque garantizó que las necesidades de los usuarios fueran reconocidas, de esta manera se presentó apoyo por el público y por los profesionales interesados. Esto mostraba la funcionalidad de las calles

urbanas, de esta manera se pudo medir el rendimiento de las calles y se pudo orientar las decisiones para priorizar las inversiones e identificar que problemáticas se debían abordar.

En Canadá se creó una Guía elaborada por el Centro de Toronto para el Transporte Activo, en esta se plantearon posibles cambios que se le realizarían a la infraestructura y la política o programa que podría ayudar a implementar este cambio, por ejemplo:

- Infraestructura: “Aumento de espacios de estacionamiento en lotes municipales adyacentes o cerca de las calles principales, con suficientes conexiones a las vías peatonales” (The Toronto Centre for Active Transportation & MMM Group Ltd, 2015, p.37).
- Política/programa: “Antes de eliminar o agregar estacionamiento en la calle, el pueblo deberá considerar el contexto del área, incluidas las oportunidades para caminar y andar en bicicleta. Cuando se elimine el estacionamiento en la calle, se proporcionará suficiente estacionamiento fuera de la calle en su lugar.” Ciudad de Fuerte Erie (The Toronto Centre for Active Transportation & MMM Group Ltd, 2015, p.37).

Esta guía fue creada para dar solución a las principales preocupaciones en el ámbito del transporte vistas en los condados de Bruce y Gray en Canadá. Estas preocupaciones eran: Financiamiento, mantenimiento especializado, responsabilidad de los usuarios, percepción de seguridad, pérdida de oportunidades turísticas, coordinación jurisdiccional, variación estacional, redes ciclistas desconectadas, duración de viaje y eliminación del estacionamiento (The Toronto Centre for Active Transportation & MMM Group Ltd, 2015).

Según el centro de Toronto para el Transporte Activo la adopción de políticas y pautas que permitan implementar el concepto de *Calles Completas* generaría beneficios económicos,

turísticos, comerciales, menor mantenimiento y operaciones de costos, así como beneficios para la salud, la seguridad y el medio ambiente (The Toronto Centre for Active Transportation & MMM Group Ltd, 2015). Si bien en Canadá no existe una política que se enfoque en el concepto de *Calles Completas* si existen políticas provinciales de apoyo que tienen un enfoque en la integración de modos sostenibles de transporte y estas pueden ser guías para la creación de nuevas políticas enfocadas en el concepto de *Calles Completas*.

En Brasil debido a la falta de políticas efectivas hacia un transporte sostenible se crea la Ley Federal 12.587/2012, conocida como Política Nacional de Movilidad Urbana, esta ley tiene como fin priorizar sistemas de transporte público y vehículos no motorizados reduciendo el uso de automóviles. Una alternativa para llevar a cabo el cumplimiento de esta política fue demostrar la viabilidad del concepto de *Calles Completas*; por ende, propusieron un proyecto de rehabilitación vial con una longitud total de 1,13 km de un tramo de la avenida Antônio Basílio entre la Rua Jaguarari y la Avenida Salgado Filho en Natal, Rio Grande de Norte (Valença y Santos, 2020).

Mientras que, en Puerto Rico debido a los altos índices de fatalidades de peatones y ciclistas y en base al Proyecto de ley de la Complete Streets en Estados Unidos, se realizó un proceso de adopción del concepto de *Calles Completas*. En dicho, proceso se crea la Ley Núm. 201 del 16 de diciembre de 2010 la cual fue creada para Declarar la Política Pública sobre la Adopción del concepto de *Calles Completas* o “Complete Streets”, esta buscó promover la actividad física y proveer espacios caminables (García, 2013).

Por otro lado, varias de las organizaciones que dieron visto bueno a la ley indicaban que esta podía traer beneficios como facilitar y fomentar la vida activa, abrir las vías públicas a diferentes sectores de la población y promover la rehabilitación económica (America Association of Reetired Persons) (García, 2013). El Movimiento para el Alcance de Vida Independiente

(MAVI) señaló que existiría un beneficio general para la ciudadanía, ya que el concepto incluye personas con impedimentos en los distintos aspectos de la vida cotidiana (García, 2013).

## 2.2 Estudios realizado a nivel nacional

A nivel de Colombia también se han realizado varios estudios enfocados en la aplicabilidad del concepto de Calles Completas sin llegar a desarrollar en su totalidad el concepto, pero tomando algunos elementos que componen esta metodología.

El primer documento analizado fue una tesis de investigación realizada en la ciudad de Tunja en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Alba y Arenas, 2018). Dicho trabajo consistió en analizar la implementación de vías verdes al costado del Río Jordán, el cual es un afluente de gran importancia para la ciudad ya que la recorre de sur a norte, pasando por lugares recreativos, residenciales y transitados por una gran variedad de habitantes. En esta tesis indicaron que para el 2017 la infraestructura no permitía circular con seguridad a todos los usuarios, por ende dicho estudio planteaba a cada costado del río una ciclorruta bidireccional para tener una mejor movilidad permitiendo el tránsito seguro, esta implementación de vías verdes también incluía un sendero peatonal en paralelo a la ciclorruta conservando una distancia de seguridad de 0.5 m entre ellos y al otro costado colinda con el afluente disponiendo de un espacio de reserva de 1.5 m para instalación de iluminación y siembra de flores; con este estudio la capital de Boyacá tomaría en consideración la implementación del concepto de *Calles Completas* brindando seguridad y movilidad para sus usuarios (Alba y Arenas, 2018).

Barrera (2020), planteó una propuesta metodológica para la selección y diseño de corredores de *Calles Completas* en ciudades intermedias de Colombia. Dicha metodología

presenta un estudio de caso teniendo en cuenta componentes de planificación urbana, transporte sostenible, planificación del transporte y participación colaborativa (Barrera, 2020). En este estudio se propone seleccionar una ciudad intermedia que presente una geomorfología plana y a su vez hiciera parte de las ciudades priorizadas por el gobierno para desarrollar proyectos de movilidad sostenible (Barrera, 2020). Es decir que para la selección de la ciudad se tuvo en cuenta el tipo de geomorfología, su calidad de ciudad intermedia y la oferta de zonas verdes. Con estas variables se llegó a que la ciudad de estudio fuese Valledupar. Posteriormente, se realizó la selección de los corredores partiendo de las comunas de la ciudad, dichos corredores debían cumplir ciertas características dentro de las cuales estaban: diversificación de actividades (usos de suelos), rutas atractivas, integración, rutas por zonas de actividad.

Los diseños realizados en la investigación incorporan principalmente elementos orientados al peatón y transporte público e incluyen las propuestas realizadas por la comunidad (Barrera, 2020). Para el diseño y representación de la sección transversal usaron la herramienta digital Streetmix. Estos diseños fueron planteados a nivel esquemático o conceptual ya que la finalidad de la investigación era mostrar los elementos de *Calles Completas* que pueden ser incorporados en un corredor (Barrera, 2020).

Otro antecedente es el caso de Medellín, esta ciudad cuenta con un plan vial desde 1959, con el cual la ciudad ha implementado y desarrollado sus proyectos viales. El plan de ordenamiento territorial está en actualización para determinar proyectos viables para mayor movilidad y seguridad para la ciudad, uno de ellos es la implementación de corredores multimodales que por ahora de los 135 km en diseño y reformulación solo 25 km estaban en etapa de pre factibilidad, los cuales serían correspondientes a las calles de San Juan, Avenida Colombia y la carrera 65, así mismo, trabajaban en la revisión y reformulación de 10 km adicionales que se integran al corredor

de la avenida del poblado y la calle 10 en el tramo que va desde la transversal superior al aeropuerto Olaya Herrera (Secretaria de Movilidad, 2021).

En Bogotá el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la firma consultora Gelh trabajaron en conjunto entre 2020 y 2021 para apoyar al Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y a la secretaria Distrital de movilidad de Bogotá en la conceptualización de la carrera Séptima como corredor verde (Kawaguchi, 2021), este proyecto se desarrollará desde la calle 32a hasta la 93a y plantean entregar los estudios y diseños a finales del año 2022 para comenzar la construcción en febrero de 2023 (Vargas, 2022).

La conceptualización en este corredor se realizó bajo la noción central de la movilidad sostenible dirigida hacia las personas, tomando la opinión de la comunidad para orientar la estrategia y así obtener el diseño que satisface las principales necesidades de los usuarios, este estudio propone:

- Introducir iluminación a escala humana e iluminación en los edificios, esto generaría un aumento en el número de personas que caminan y les daría una mayor sensación de seguridad (Kawaguchi, 2021).
- Proporcionar conexiones seguras mediante la introducción de cruces peatonales que conecten con paradas de autobuses o con servicios claves, esto generaría disminución en los accidentes de tránsito (Kawaguchi, 2021).
- Generar carriles que proporcionen equilibrio entre los modos de transporte, con aceras anchas y continuas, enlaces peatonales seguros y accesibles, esto generaría una mejora en la calidad del aire y aumentaría la cantidad de personas que caminan (Kawaguchi, 2021).

- Reforzar la infraestructura ciclista, esto generaría un aumento de bici usuarios (Kawaguchi, 2021).
- Equipamientos urbanos que promuevan la interacción social y equipamientos que fomenten la actividad física (Kawaguchi, 2021).

Este estudio utilizó la metodología Gehl, basada en la investigación realizada por el profesor Jan Gehl como punto de partida para el diseño (Kawaguchi, 2021), esta metodología tiene un enfoque de planificación orientada a la acción y se desarrolla en tres etapas:

- Medir: Establecer el punto de partida tomando datos de la situación inicial del corredor (Kawaguchi, 2021).
- Evaluar: Implementar un proyecto piloto que satisfaga algunas de las necesidades que se presentan, para después evaluar si es viable y continuar con la implementación (Kawaguchi, 2021).
- Refinar: Avanzar hacia la implementación permanente, refinando los aprendizajes obtenidos en las otras dos etapas.

### **2.3 Casos implementados a nivel internacional**

En el 2004 en Estados Unidos se crea la organización National Complete Streets Coalition (NCSC) la cual lidera el desarrollo de la sociedad civil de este país. En la base de datos de esta organización en el año 2018 presentaban más 900 políticas de Calles Completas a nivel de gobierno municipal, estas políticas clasifican los usuarios de la calle y los modos de transporte, junto con cualquier guía para lograr concesiones entre ellos. Estas políticas buscaban guiar el desarrollo del concepto de Calles Completas para desafiar el diseño auto céntrico de las calles el

cual daba prioridad a los vehículos motorizados generando desigualdad para los usuarios (Gregg y Hess, 2019). Para el año 2020, 36 de las 40 ciudades más pobladas de los Estados Unidos tuvieron aprobación de la NCSC para las políticas de Calles Completas (Doyle, 2020).

En Estados Unidos se han realizado 37 proyectos enfocados al concepto de Calles Completas distribuidos en 31 ciudades de los 18 estados, estos lograron mejorar la seguridad y rendimiento del transporte, así mismo redujo el índice de las colisiones y lesiones; y aumentó el tráfico de peatones y bicicletas algunos de estos proyectos están en ciudades como: Washington (15th Street NW), Chicago (Kinzie Street), Columbia (Windsor and Ash Streets), Nueva Orleans (Decatur Street), Nueva York (Columbus Avenue), Seattle (Nickerson Street), Portland (NE Multnomah Street) (Anderson y Searfoss, 2015).

Por otra parte, en la ciudad de México el día 5 de noviembre de 2013 se inauguró la primera fase de la línea 5 de Metrobús el cual se fue completando hasta ser un corredor de 28.5 km que incluye en su recorrido 48 estaciones y 3 terminales, además se incluyeron 9.1 km de ciclo vías y 5 estacionamientos distribuidos a lo largo del recorrido en las estaciones del Metrobús, así mismo, se integraron elementos para facilitar el flujo peatonal (acceso a discapacitados), este corredor hace parte de la reforma de transporte y plan de desarrollo de la ciudad (primer corredor en implantarse bajo el concepto de Calle Completa), el cual proporciona espacios adecuados para todos los usuarios pero a su vez dando prioridad a los peatones, bici usuarios y el uso de transporte público (Institute for Transportation Development Policy, 2013). Su alcance era reducir en un 40% el tiempo de viaje y disminuir 10.000 toneladas de dióxido de carbono al año (Institute for Transportation Development Policy, 2013).

Por otro lado, en Chile querían fomentar la caminabilidad debido a que es el modo de transporte mayoritario especialmente en la población de ingresos medios y bajos, además aporta a

la sostenibilidad urbana desde el cuidado del medio ambiente, la salud física y mental, la seguridad y la interacción social de los usuarios, pero se vio limitado por la preferencia por parte de la planificación del transporte hacia el automóvil y la planificación centrada en el transporte de modo individual dejando a un lado la intermodalidad. Otra problemática en Chile era que cerca de un 32% de las aceras no cuentan con una infraestructura física adecuada para la seguridad, comodidad y accesibilidad para su uso, a pesar de la planificación orientada al automóvil y el mal estado de la infraestructura un 64% de la población usaba el “trío de la sostenibilidad” el cual consiste en el uso de transporte público, bicicleta y aceras peatonales (Herrmann et al., 2020).

Para dar solución a esta problemática realizaron una búsqueda de información en el continente europeo donde las calles fueran más seguras y accesibles para el tránsito de todos los usuarios, es ahí donde el concepto de Calles Completas se ajusta a estas necesidades (Herrmann et al., 2020). Herrmann, Mora y Sagaris (2020), indican que el primer ejemplo del uso de este concepto fue el Plan de Movilidad del centro de la ciudad de Santiago (Plan Centro) lanzado en 2013 y se convirtió en el primero de su tipo en dar prioridad a la movilidad no motorizada sobre los automóviles particulares, este propuso la eliminación del estacionamiento en la calle para reemplazarlo por un aumento de las aceras peatonales, mejoras de ciclovías y paradas de autobús; buscando mejorar la transitabilidad de una zona central de la ciudad muy frecuentada, que combinaba importantes actividades comerciales, residenciales, gubernamentales, entre otras, que atraían a más de 2 millones de usuarios (Herrmann et al., 2020).

“El Plan destinó el 60% de ocho vías principales al transporte público con una prohibición estricta para los automóviles durante los días de la semana” (Herrmann, Mora y Sagaris, 2020, p.146). Al principio la comunidad presentó oposición debido a que pensaron que la movilidad

estaría limitada pero aun así en 2017 el plan recibió el premio al transporte sostenible (Herrmann et al., 2020).

## **2.4 Casos implementados a nivel nacional**

El concepto de Calles Completas a nivel nacional solo se ha implementado en Bogotá. El Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá planteó la consolidación del concepto de Calles Completas mediante la creación de nuevos y mejores espacios públicos para los usuarios, así como la revitalización de los ya existentes, con esto se buscó integrar la red urbana y social, potenciando la inter y multimodalidad, ya que era necesario una redistribución urbana que priorice los modos sostenibles de transporte (peatón, bicicleta y transporte masivo). Este planteamiento proyectó 17 corredores verdes en 231 km y la ampliación de la ciclo-infraestructura en 564 km (Sarmiento, 2021).

Por otro lado, en la veeduría distrital de Bogotá se evidencia que en diciembre de 2017 se programaron \$3.9 billones para el desarrollo de tramos de vías completas con andenes y mobiliario urbanos, señalización y acceso a equipamientos urbanos y transporte público, esto se llevó a cabo mediante la rehabilitación, conservación, mantenimiento, construcción y señalización con el fin de generar espacios seguros para todos los usuarios (Veeduría Distrital, 2018).

### 3. Variables Influyentes en la Selección de Corredores

Dentro de las investigaciones revisadas se lograron identificar algunas variables que se han usado en distintos países en la selección de los corredores viales más idóneos para la aplicación del concepto de *Calles Completas*. A nivel internacional se encontraron variables en estudios realizados por: Estados Unidos, Reino Unido y Brasil; mientras que a nivel nacional se encontraron variables en los estudios en las ciudades de Valledupar y Bogotá. A continuación, se muestran las variables identificadas.

#### 3.1 Variables encontradas a nivel internacional

La Smart Growth America identifica las siguientes variables (Anderson y Searfoss, 2015):

- Conteo de modos de transporte (la cantidad de personas que caminan, andan en bicicleta y viajan en transporte público).
- Tiempo o demora de viaje en automóvil.
- Colisiones.
- Nivel de servicio del corredor.

Estas variables también pueden ser usadas en la evaluación después de que se aplique el concepto, ya que se pueden volver a medir y revisar si la aplicación del concepto de Calles Completas trajo consigo mejoras, es decir, si hay disminución o aumento de colisiones, si el nivel de servicio del corredor mejora, si la cantidad de personas que caminan, andan en bicicleta y viajan

en transporte público aumenta o disminuyen, etc. También es importante considerar objetivos comunitarios como salud, equidad y desarrollo económico (Anderson y Searfoss, 2015).

Por otro lado, en Reino Unido tienen en cuenta la conectividad que presenta la calle (“Link”) y las actividades que se realizan en ellas (“Place”) con esto se puede lograr una clasificación de indicadores de “Link and Place” convirtiéndose en una serie de niveles en función de criterios específicos que permite a ambas dimensiones recibir la misma importancia y que sean independientes la una de la otra. Para ello también es necesario tener en cuenta tres dimensiones que dan lugar al diseño de una calle dentro de las cuales se encuentran: el ancho, la longitud y el momento en el que se realizan ciertas actividades, es decir, en que día mes o año el segmento presenta mayor actividad (Jones et al., 2008).

En este estudio se identificó la importancia del concepto “Link and Place” a la hora aplicar el concepto de Calles Completas (Jones et al., 2008), y tienen en cuenta:

- Las necesidades y actividades en desarrollo y a desarrollar del corredor.
- Si el diseño actual responde a las necesidades de los distintos usuarios de las calles.
- Calidad del espacio público, es decir si el espacio que se disponible crea retrasos a los peatones y usuarios de bicicletas o se genera contaminación atmosférica y acústica.
- Disposición del espacio donde se carga y se descarga, es decir si existe una variación segura en las velocidades del tráfico que realiza este tipo de actividades.

Así mismo es importante clasificar las actividades de las más relevantes a menos e incluir a la población en el desarrollo del estudio y diseño del corredor.

Por otra parte, en Brasil los autores Valença y Santos (2020) proponen para la selección del corredor tener en cuenta las siguientes variables:

- Corredores con recorridos directos.
- Corredores en los que se usen todos los modos de transporte.
- Zonas con alta presencia de comercios y servicios.

### 3.2 Variables encontradas a nivel nacional

Barrera (2020) propone como metodología para la selección de corredores, adoptar el proceso análogo de planeación de transporte desarrollado por Ortuzar y Willumsen (2011). Así mismo en este se propone incluir a la comunidad como ente participativo en el rediseño del corredor al que se le va a implementar el concepto de Calles Completas (Barrera, 2020). Las etapas utilizadas para la selección del corredor son las siguientes:

- **Zonificación:** Se identifican áreas cuyo uso de suelo, tengan una alta actividad y densidad de personas. Se deben seleccionar preferiblemente zonas residenciales, aledañas a actividades atractivas como: parques, colegios, universidades, espacios de culto, centros comerciales, almacenes de cadena, plazas, etc. (Barrera, 2020).
- **Conectividad:** Corredores rectos y directos que sean utilizados para caminar, calles que tengan continuidad, direccionalidad e inclusión (Barrera, 2020).
- **Integración:** Corredores que en lo posible conecte con la mayoría de los modos de transporte, considerando que, al aplicar el concepto de Calles Completas, se puede circular en condiciones seguras, cómodas y eficientes (Barrera, 2020).
- **Selección:** Áreas urbanas con uso de suelo mixto. Se buscan corredores que integren los resultados de las tres primeras etapas (Barrera, 2020).

Este proceso también puede ser apoyado con datos como: volúmenes vehiculares, peatonales, ciclo-usuarios y de siniestralidad.

Para el caso específico de los estudios realizado para la conceptualización y posterior diseño del corredor verde en la Carrera Séptima de Bogotá tienen como principio de referencia tres pilares:

- Movilidad sostenible: Se debe priorizar a peatones, bici usuarios y transporte público, de esta manera generar rutas seguras para los usuarios de todas la edades y capacidades (Kawaguchi, 2021).
- Diseño ecológico y ambiental: los corredores deben reconectar con la naturaleza circundante, de esta manera se puede lograr reducir emisiones de CO2 y niveles de ruido, mejorando la salud mental y el bienestar de los usuarios y ofreciendo un desarrollo ambiental e integración social al corredor, además de crear espacios que promueven la biodiversidad (Kawaguchi, 2021).
- Sentido de lugar: Se debe construir espacios que inviten a los usuarios a quedarse, fomentando de esta manera la interacción entre personas en medio culturales, patrimoniales y espacios seguros para caminar, sentarse, etc.

Es decir que el corredor seleccionado para implementar el concepto debe cumplir con los tres pilares y deben ser:

- Corredores con conexiones frecuentes a barrios y a servicios (colegios, centros comerciales, tiendas, coliseos, etc) (Kawaguchi, 2021).
- Corredores con conexión a espacios ecológicos, como rutas verdes, senderos recreativos, cerros, etc; y en donde se pueda desarrollar y aumentar la vegetación (Kawaguchi, 2021).

- Corredores que incorporen elementos para caminar, conversar, sentarse, etc (Kawaguchi, 2021).
- Corredores que tengan acceso a transporte público, ya sea sobre el mismo corredor o sobre calles o carreras transversales a este (Kawaguchi, 2021).
- Corredores que conecten con áreas que tengan alto volumen de personas (Kawaguchi, 2021).

También es importante trabajar con la comunidad para entender las necesidades y así lograr definir soluciones, además de ello se debe tener en cuenta algunas variables de medición como:

- Conteo para determinar volúmenes de personas caminando y en bicicleta (Kawaguchi, 2021).
- Conteo para determinar volúmenes de personas que permanecen en espacios públicos (Kawaguchi, 2021).
- Conteo para determinar volúmenes por modos de transportes, identificar que modos no están presentes (Kawaguchi, 2021).
- Identificar las características que tienen los espacios: asientos, iluminación, vegetación; ya que esto puede ser la base para poder identificar si mejora la calidad del aire disminuye los ruidos, aumento de personas caminando y disminuye la inseguridad (Kawaguchi, 2021).

### **3.3 Variables para la selección del corredor**

Una vez se lograron identificar las variables representativas de cada estudio, se determinó que las variables a utilizar en la selección del corredor son las expuestas por Barrera (2020), ya

que esta investigación expone variables que coinciden con las de los otros estudios, sin embargo, en este se presenta un paso a paso mediante una metodología clara y aplicable para ciudades intermedias como es el caso de Bucaramanga.

Además, se tiene en cuenta algunas variables cuantitativas que pueden ser de ayuda para evaluar si la aplicación del concepto trae beneficios. Por otro lado, se evidencia que en la gran mayoría de los estudios revisados toman en cuenta la integración de la comunidad, logrando con esto que desde la concepción del proyecto la aceptación por parte de la comunidad para la aplicación del concepto.

La selección del corredor se realizó dividiendo las variables ya seleccionadas en dos fases: En la primera fase se clasificaron todos los corredores viales del municipio de Bucaramanga con cada una de las variables presentadas en la **Tabla 1**. En la segunda fase se tuvieron en cuenta los corredores con potencial para aplicarle el concepto de Calles Completas seleccionados en la primera fase, en esta fase se le aplican las variables presentadas en la **Tabla 2**.

**Tabla 1**

*Variables tomadas en cuenta para la primera fase de la selección del corredor*

<b>Características</b>	<b>Variables</b>	<b>Fuente</b>
<b>Cualitativas</b>	Zonificación. Conectividad. Integración.	Barrera (2020)
<b>Cuantitativas</b>	Flujo vehicular. Flujo Peatonal. Flujo de bici usuarios. Siniestralidad.	Barrera (2020) y Smart Growth America

**Tabla 2**

*Variables tomadas en cuenta para la segunda fase de la selección del corredor*

<b>Variables</b>	<b>Fuente</b>
Niveles de servicio del corredor.	Barrera (2020) y Smart Growth
Tiempo o demora de viaje.	America

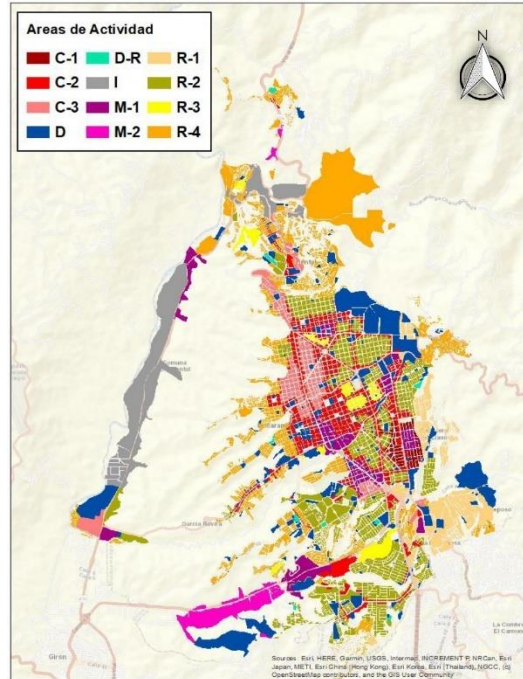
## 4. Selección de Corredor

En esta sección se detalla el proceso realizado para la selección del corredor en la ciudad de Bucaramanga, esto se realizó de acuerdo con las variables presentadas en el capítulo 3, sección 3.3.

### 4.1 Fase 1 para la selección del corredor

#### 4.1.1 Zonificación

En esta variable se planteó iniciar con la identificación de las áreas de actividad de la ciudad Bucaramanga. En la **Figura 2** se muestra las áreas de actividad de la ciudad de Bucaramanga, en la **Tabla 3** se indica cada una de las actividades y las zonas en las que se dividen.

**Figura 2***Áreas de actividad de Bucaramanga*

*Nota.* Información tomada del *Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga (2014-2027)*, por Grupo Ingeolan C.A. (s.f).

**Tabla 3***Áreas de actividad de Bucaramanga*

<b>ÁREAS DE ACTIVIDAD</b>	
<b>Residencial</b>	
<b>R-1</b>	Zona residencial neta.
<b>R-2</b>	Zona residencial con comercio y servicio localizado.
<b>R-3</b>	Zona residencial mixta vivienda, comercio y servicios.
<b>R-4</b>	Zona residencial con actividad económica
<b>Comercial y servicios</b>	
<b>C-1</b>	Zona comercial y servicios
<b>C-2</b>	Zona comercial y servicios livianos o al por menor

<b>C-3</b>	Zona comercial y de servicios pesados
<b>Actividad Múltiple</b>	
<b>M-1</b>	Zona múltiple de centralidad
<b>M-2</b>	Zona múltiple grandes establecimientos
<b>Actividad Dotacional</b>	
<b>D</b>	Dotacional
<b>D-R</b>	Dotacional recreativo
<b>Actividad Industrial</b>	
<b>I</b>	Industrial

*Nota.* Información tomada del *Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga (2014-2027)*, por secretaria de planeación (2014).

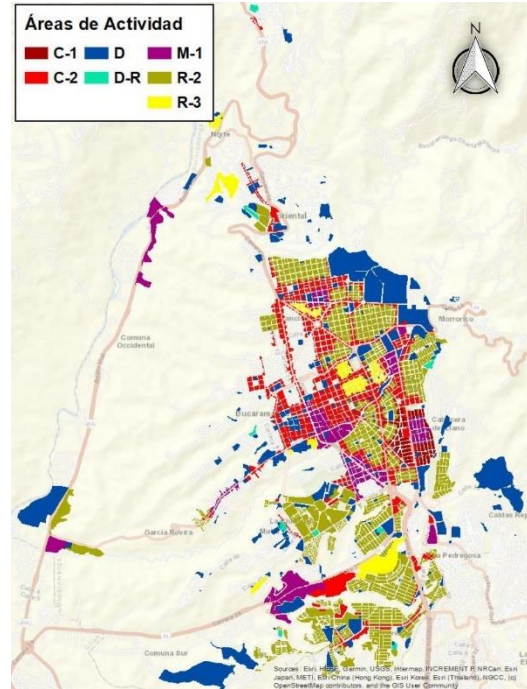
De acuerdo con la **Figura 2** y con la información indicada en la **Tabla 3**, se seleccionaron las siguientes zonas:

- Zonas residenciales con presencia y delimitadas por el comercio, esto hace referencia a las zonas R-2 y R-3 (Secretaría de Planeación, 2014).
- Zonas comerciales orientadas a servicios que satisfacen las necesidades de las personas (servicios generales, personales, empresariales y laborales), esto hace referencia a las zonas C-1 y C-2 (Secretaría de Planeación, 2014).
- Zonas múltiples que centralicen las actividades económicas (comercio, empleo y vivienda), esto hace referencia a la zona M-1 (Secretaría de Planeación, 2014).
- Áreas de actividad dotacional (actividades sociales, económicas, culturales y recreativas) (Secretaría de Planeación, 2014).

Estas zonas fueron seleccionadas de acuerdo con lo expresado por Barrera (2020), ya que en esta variable se deben priorizar zonas con tipo de suelo múltiple (zonas residenciales cercanas a áreas culturales y recreativas, parques, colegios y lugares de trabajo) y se muestra en la **Figura 3**.

**Figura 3**

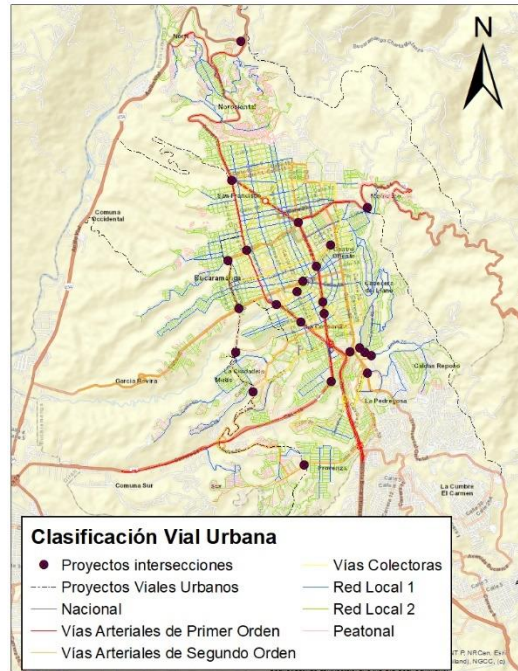
*Áreas de actividad de Seleccionadas*



*Nota.* Información tomada del *Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga (2014-2027)*, por Grupo Ingeolan C.A. (s.f).

#### **4.1.2 Conectividad**

En esta variable se tuvo en cuenta principalmente la clasificación vial para identificar vías en las que se integre a la mayor cantidad de usuarios (transporte público, privado, peatones, bici usuarios). En la **Figura 4** se muestra la clasificación vial, las vías donde se realizan proyectos viales urbanos y los puntos de proyectos de intersección.

**Figura 4***Clasificación Vial de Bucaramanga*

*Nota.* Información tomada del *Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga (2014-2027)*, por Grupo Ingeolan C.A. (s.f).

En el Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) clasifica el sistema vial urbano de la siguiente manera: Arterial Primer Orden, Arterial Segundo Orden, Colectoras, Corredores Locales, Vías Locales (Equipo de Consultoría, 2022). Sin embargo, se toma la clasificación del Plan de Ordenamiento Territorial debido a que esto está tomado del decreto 078 de 2008 (Secretaria de Planeación, 2014), mientras que la del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad es un modelo desarrollado por la AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga) (Equipo de Consultoría, 2022). El Plan de Ordenamiento Territorial categoriza el sistema vial urbano en sistema vial arterial y las vías de la red local. En el primero encontramos:

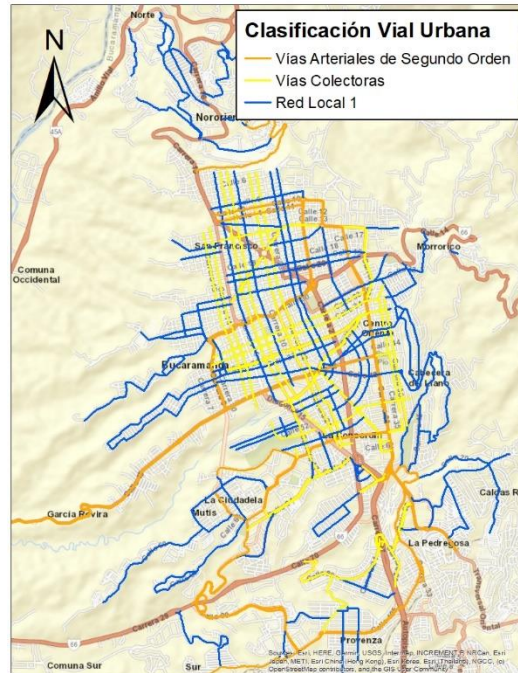
- Vías Arteriales de Primer Orden: Son vías que permiten la conexión entre el territorio metropolitano y municipal, y las vías regionales y nacionales.
- Vías Arteriales de Segundo Orden: Son vías que canalizan el tráfico rápido y permiten conexión con las vías arteriales de primer orden.
- Vías Colectoras: Son vías que canalizan el tráfico urbano lento, público y privado.

En las vías de la red local encontramos:

- Red local 1: Vías que permiten el acceso a zonas residenciales permitiendo accesibilidad al transporte público y privado y el abastecimiento de mercancías.
- Red local 2: Vías que canalizan los flujos peatonales a las zonas de mayor actividad comercial.

Teniendo en cuenta la funcionalidad y vocación de las vías presentadas anteriormente y que las características propias de una Calle Completa exigen una redistribución del espacio vial que sea segura, las vías arteriales de primer fueron descartadas ya que corresponden a vías de alto flujo vehicular y que según la normatividad propia vigente del POT de Bucaramanga no se permite la conformación de infraestructura para bicicletas, lo cual automáticamente las deja por fuera. Por lo tanto, entendiendo el concepto de conectividad y accesibilidad que debe promover el concepto de Calles Completas se seleccionaron las vías arteriales de segundo orden, vías colectoras y las vías de red local 1, para ser analizadas como posibles corredores de Calles Completas, ya que permiten accesibilidad de transporte público y privado y dan acceso a vías de flujo peatonal, permitiendo a su vez continuidad, direccionalidad e integración de todo modo de transporte.

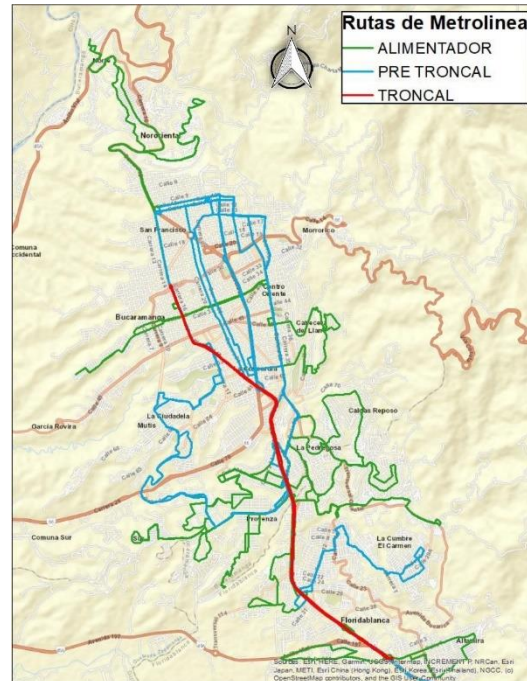
Por lo tanto, las vías seleccionadas son las que se muestran en la **Figura 5**. Se excluyen las vías e intersecciones de proyectos.

**Figura 5***Vías Seleccionadas*

*Nota.* Información tomada del *Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga (2014-2027)*, por Grupo Ingeolan C.A. (s.f).

### **4.1.3 Integración**

En esta variable se tuvo en cuenta los corredores viales por donde circulan las rutas del Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea (alimentador, pre troncal y troncal) y la red de ciclo-infraestructura vial existente en la ciudad y la planteada para el año 2025. En la **Figura 6** se muestran las rutas del Metrolínea en la ciudad de Bucaramanga.

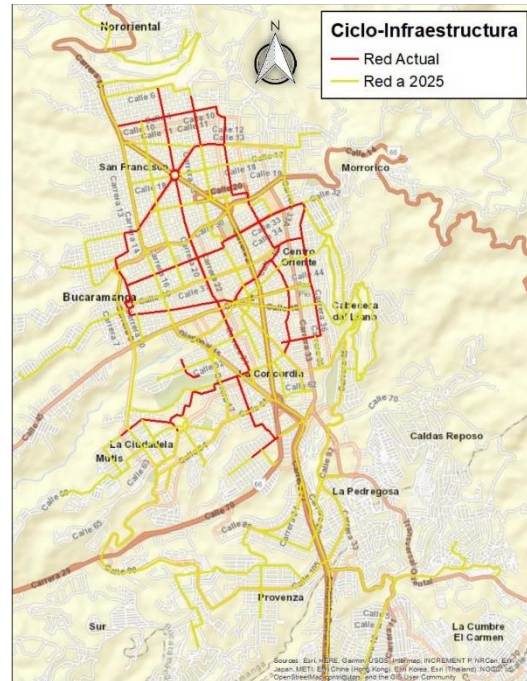
**Figura 6***Rutas de Metrolínea*

*Nota.* Información tomada de Metrolínea (s.f).

La ONU-Habitat, el Área Metropolitana de Bucaramanga, y la Alcaldía de Bucaramanga, propuso desarrollar 20 kilómetros de ciclo-infraestructura para el 2019, esta red corresponde a corredores ubicados en la meseta de Bucaramanga y correspondía a corredores que garantizaran su uso, por ello se seleccionaron corredores de mayor demanda y que conectaran con destinos educativos, comerciales y zonas residenciales de alta importancia (Pardo et al., 2018), estos 20 kilómetros son la ciclo-infraestructural existente según el Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) (Equipo de Consultoría, 2022). Para el 2025 la ONU-Habitat, el Área Metropolitana de Bucaramanga, y la Alcaldía de Bucaramanga plantearon continuar con la red de ciclo-infraestructura construyendo 50 kilómetros más. En la **Figura 7** se muestran la red de ciclo-infraestructura vial actual y la ciclo-infraestructura planteada para el año 2025.

**Figura 7**

*Ciclo-infraestructura, red existente y red a 2025*



*Nota.* Información tomada de la *Bicicleta como medio de transporte*, por Pardo et al., (2018).

De acuerdo con esto se tienen en cuenta ambas clasificaciones, tanto las vías por donde transita el Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea y las vías donde se encuentren corredores de ciclo-infraestructura, ya que estas vías permiten la circulación de transporte público y de bicicleta garantizando un espacio adecuado para los usuarios de bicicleta ya que existen rutas adecuadas para ellos.

#### **4.1.4 Flujo vehicular, peatonal y de bici usuarios**

En esta variable se tuvo en cuenta las zonas de mayor concentración de viajes tanto de origen como destino en los diferentes modos de transporte, en la **Tabla 4** se presenta el número de viajes diarios para el año 2021 en la Ciudad de Bucaramanga por cada modo de transporte. En la

**Figura 8** se muestran las zonas de concentración de flujo vehicular (transporte público, transporte privado, motocicletas, transporte informal), peatonal y de bici-usuarios.

**Tabla 4**

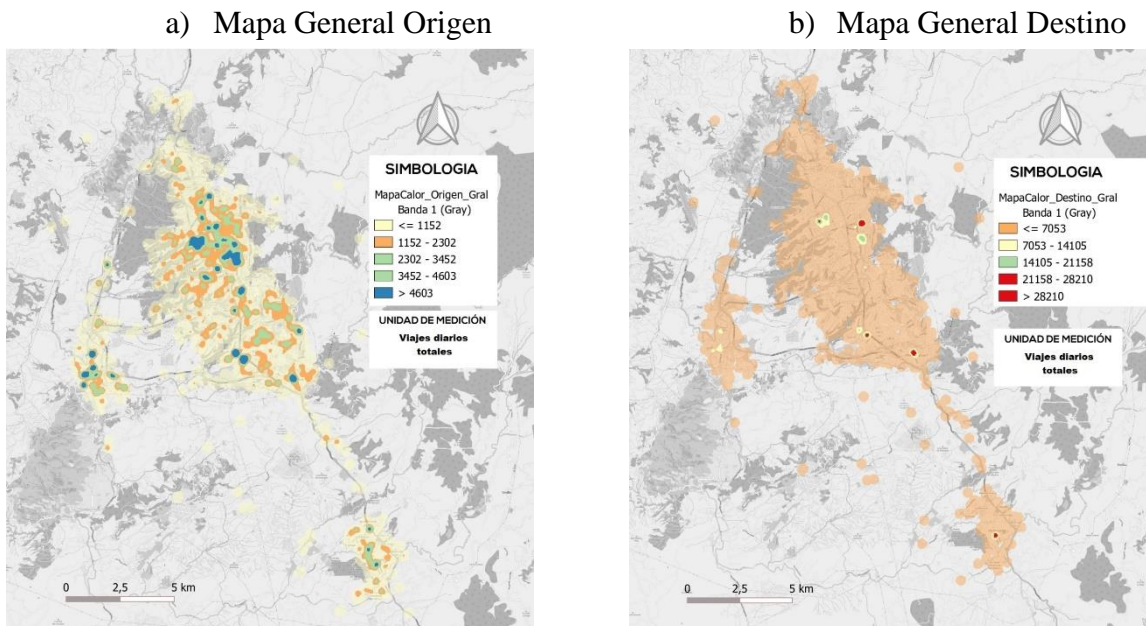
*Viajes totales en el día*

Modo de Transporte	Viajes totales día
T. Privado	58.855
T. Publico	136.438
Motocicleta	110.603
Informal/ Ilegal	105.372
Bici-usuarios	5.814
Peatonal	49.484

*Nota.* Información tomada del *Plan de Plan Maestro Metropolitano de Movilidad*, por Equipo de Consultoría (2022).

**Figura 8**

*Mapas de Calor (viajes diarios totales), origen y destino*



*Nota.* Información tomada del *Plan Maestro de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga*, por Plan Maestro de Movilidad (2022).

En la **Tabla 5** y **Tabla 6** se presentan los sectores que presentan mayor cantidad de viajes por cada modo de transporte.

**Tabla 5**

*Sectores con mayor cantidad de viajes Origen*

Modo de Transporte	Sector	Cantidad de Viajes diarios
<b>T. Privado</b>	Cr 11 a Cr 22 entre Cl 29 a Cl 36	Más de 487
	Cr 23 a Cr 27 entre Cl 27 a Cl 33	
	Cr 34 a Cr 37 entre Cl 34 a Cl 42	
	Cr 31 a Cr 38 entre Cl 51 a Cl 56	
	Cr 2 a Cr 17 entre Cl 55 a Cl 61	
<b>T. Público</b>	Cr 13 a Cr 17 entre Cl 32 a Cl 35	Más de 6.024
	Cr 33 a Cr 35 entre Cl 51 a Cl 53	
<b>Motocicletas</b>	Cr 13 a Cr 17 entre Cl 30 a Cl 34	Más de 3.438
<b>Informal</b>	Cr 14 a Cr 16 entre Cl 33 a Cl 36	Más de 5.113
<b>Bici-Usuarios</b>	Cr 25 a Cr 27 entre Cl 9 a Cl 11	Más de 440
	Cr 31 a Cr 33 entre Cl 19 a Cl 21	
<b>Peatonal</b>	Cr 14 a Cr 16 entre Cl 31 a Cl 34	Más de 2.233

*Nota.* Información tomada de los mapas de calor origen destino, por Plan Maestro de Movilidad (2022).

**Tabla 6**

*Sectores con mayor cantidad de viajes Destino*

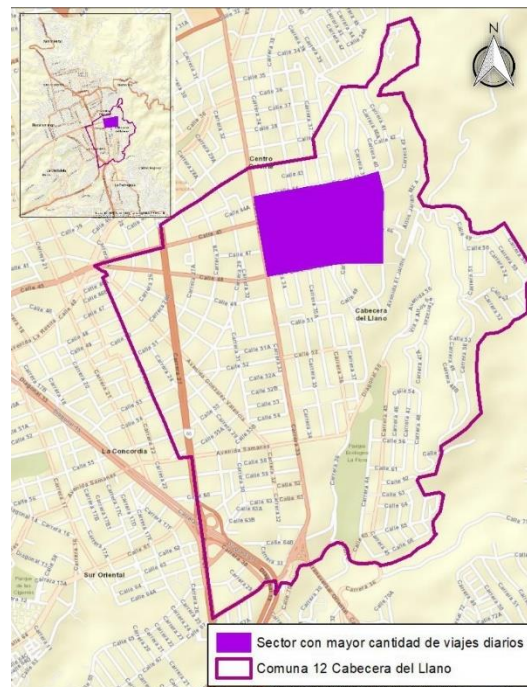
Modo de Transporte	Sector	Cantidad de Viajes diarios
<b>T. Privado</b>	Cr 34 a Cr 40 entre Cl 44 a Cl 48	Más de 2.226
<b>T. Público</b>	Cr 35 a Cr 38 entre Cl 45 a Cl 48	Más de 8.363
<b>Motocicletas</b>	Cr 36 a Cr 38 entre Cl 45 a Cl 48	Más de 8.482
<b>Informal</b>	Cr 35A a Cr 38 entre Cl 45 a Cl 48	Más de 7.057
<b>Bici-Usuarios</b>	Cr 36 a Cr 38 entre Cl 45 a Cl 48	Más de 1.075
<b>Peatonal</b>	Cr 35A a Cr 38 entre Cl 45 a Cl 48	Más de 2.233

*Nota.* Información tomada de los mapas de calor origen destino, por Plan Maestro de Movilidad (2022).

De acuerdo con la **Figura 8**, y la información presentada en la **Tabla 5** y **Tabla 6** el sector seleccionado es el que presenta mayor cantidad de viajes diarios él está cual ubicado aproximadamente entre la Carrera 33 a Carrera 40 y entre Calle 44 a Calle 48. En la **Figura 9** se presenta el sector seleccionado, el cual está ubicado en la comuna 12 Cabecera del Llano.

### **Figura 9**

*Sector con mayor cantidad de viajes diarios*



#### **4.1.5 Siniestralidad**

En esta variable se tuvo en cuenta la cantidad de siniestros agregados (lesionados, víctimas fatales y daños), ocurridos en los meses de enero a septiembre en el presente año. En la **Tabla 7** se presenta el total de siniestros de las comunas que presentan mayor cantidad de siniestros y en la **Tabla 8** se presenta los puntos críticos de siniestralidad.

**Tabla 7***Comunas con mayor cantidad de siniestros*

<b>Siniestros Por Comunas</b>	<b>Total de siniestros año 2022 Mes Enero – Septiembre</b>
Comuna 12 Cabecera del Llano	308
Comuna 3 San Francisco	269
Comuna 13 Oriental	222
Comuna 15 Centro	197
Comuna 6 Concordia	183

*Nota.* Información tomada del *Informe de Gestión Grupo Control*, por González (2022).

**Tabla 8***Puntos críticos de Siniestralidad*

<b>Vías</b>	<b>Total de Siniestros año 2022 Mes Enero – Septiembre</b>
Avenida Quebrada Seca	90
Diagonal 15	65
Autopista Florida Bucaramanga	54
Transversal Metropolitana	34
Boulevard Bolívar	22
Autopista Cúcuta	20
Avenida La Rosita	15
Avenida González Valencia	8

*Nota.* Información tomada del *Informe de Gestión Grupo Control*, por González (2022).

Se selecciona la comuna con mayor siniestralidad debido a que uno de los beneficios que puede traer consigo el concepto de Calles Completas es generar calles seguras para todos los modos de transporte, en caso de implementación del concepto se busca una disminución en la siniestralidad de la zona o del corredor. De acuerdo con la **Tabla 7** y **Tabla 8**, se selecciona la comuna 12 ya que es la zona donde se presenta mayor accidentalidad, en esta zona se encuentran dos puntos críticos la Avenida La Rosita y la Avenida González Valencia.

## 4.2. Selección de corredores

Luego del análisis realizado en la primera fase, la comuna 12 Cabecera del Llano, resultó seleccionada debido a que sus características la posicionan como un sector con alto potencial para la implementación del concepto de Calles Completas según las variables estudiadas anteriormente. Posteriormente se seleccionan los posibles corredores con potencial para aplicarle el concepto de Calles Completas en dicha zona.

En cuanto a la variable de zonificación la comuna 12 cuenta con las siguientes áreas de actividad: zonas comerciales y servicios, zonas residenciales con comercio y servicio localizado, actividades dotacionales y zona múltiple de centralidad, además en esta comuna se encuentran colegios, parques, iglesias, centros comerciales y universidades.

Por otra parte, para las variables de integración y conectividad la comuna 12 cuenta con vías arteriales de segundo orden, vías colectoras, vías de red local 1, ciclo-infraestructura existente y también presenta propuesta a 2025.

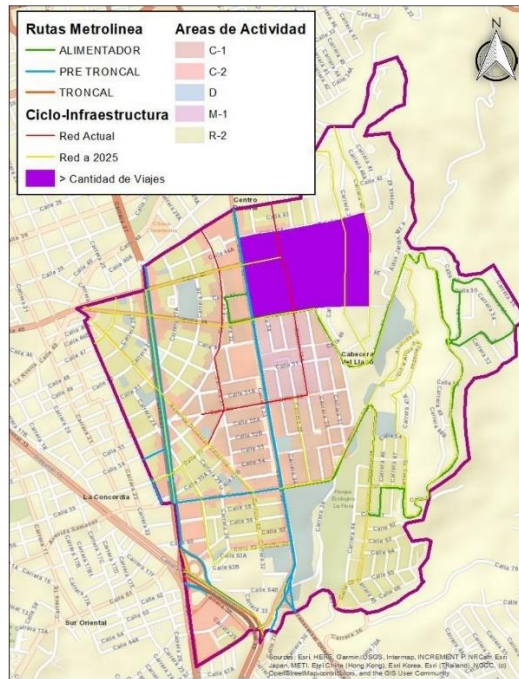
En cuanto al flujo vehicular, peatonal y de bici usuarios y siniestralidad en esta comuna se presenta la zona con mayores cantidades de viaje (origen-destino), y es la comuna con mayor cantidad de siniestros.

En la **Figura 10** se muestra las características que presenta la comuna 12 para cada una de las variables descritas anteriormente.

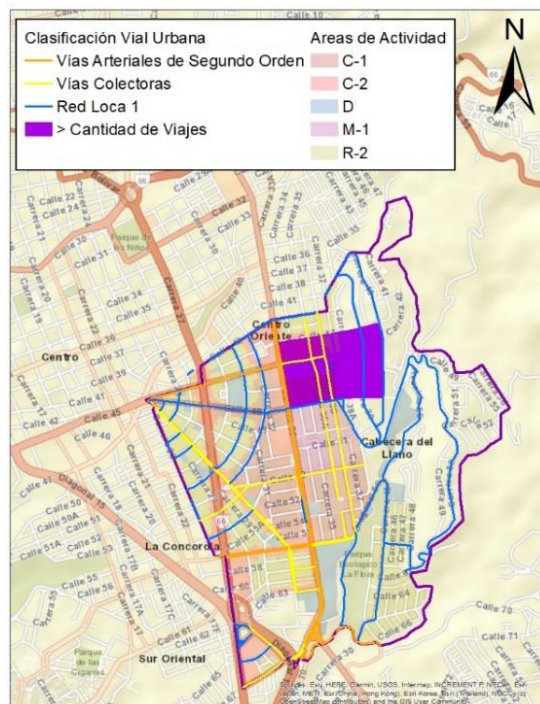
### **Figura 10**

#### *Zona Seleccionada*

- a) Características de la comuna doce (rutas Metrolínea, ciclo-infraestructura, áreas de actividad y zona con mayor cantidad de viajes)



b) Características de la comuna doce (clasificación vial, áreas de actividad y zona con mayor cantidad de viajes)



A continuación, se presentan los corredores seleccionados pertenecientes a la comuna 12 con mayor potencial para la aplicación del concepto de Calles Completas, y se describen en **Tabla 9**.

9.

**Tabla 9**

*Corredores Seleccionados*

<b>Corredores</b>	<b>Características</b>
<b>CI 45 entre Cr 27 - Cr 38</b>	Este corredor está clasificado como vía arterial de segundo orden, en este está planteado construir ciclo-infraestructura a 2025, aledaño a rutas de Metrolínea y presenta alto flujo vehicular, peatonal y bici usuarios.
<b>Cr 33 entre CI 42 – CI 52</b>	Este corredor está clasificado como vía arterial de segundo orden por el cual circulan rutas de Metrolínea, aledaño a ciclo-infraestructura existente y planteada a 2025 y presenta alto flujo vehicular, peatonal y bici usuarios.
<b>Cr 35A entre CI 42 - CI 52</b>	Este corredor esta clasificación como vía colectoras por este existe ciclo-infraestructura, aledaño a rutas de Metrolínea y presenta alto flujo vehicular, peatonal y bici usuarios.

Además, estas vías presentan continuidad permitiendo accesibilidad e integración a todos los modos de transporte.

#### 4.3. Fase 2 para la selección del corredor

En esta fase se tuvo en cuenta los Niveles de Servicio (NDS), Tiempo de Espera Promedio (TEP), Tiempo de Viaje (TVC), Flujo Vehicular, Flujo Peatonal y Flujo de ciclistas en horas de máxima demanda (HMD), para los tres corredores seleccionados en la fase 1.

En la **Tabla 10**, **Tabla 11** y **Tabla 12**, se muestran los datos correspondientes a cada intersección de cada uno de los corredores seleccionados.

**Tabla 10**

*Datos 2022 Corredor correspondiente a la Calle 45 entre Carrera 27 y Carrera 38*

<b>Corredor</b>	<b>Cl 45 entre Cr 27 – Cr 38</b>					
<b>Intersección</b>	Cl 45 – Cr 27	Cl 45 – Cr 28	Cl 45 – Cr 33	Cl 45 – Cr 35a	Cl 45 – Cr 36	Cl 45 – Cr 38
<b>NDS (HMD)</b>	E	D	E	E	D	C
<b>TEP (seg)</b>	295	189	279	270	174	142
<b>TVC (min)</b>	21.3					
<b>FHMD (veh/hr)</b>	890					
<b>FHMD (peat/hr)</b>	256					
<b>FHMD (cicl/hr)</b>	34					

*Nota.* Información suministrada por el Grupo de Investigación de Geomática de la Universidad Industrial de Santander.

**Tabla 11**

*Datos 2022 Corredor correspondiente a la Carrera 33 entre Calle 42 y Calle 52*

<b>Corredor</b>	<b>Cr 33 entre Cl 42 - Cl 52</b>			
<b>Intersección</b>	Cr 33 - Cl 42	Cr 33 - Cl 45	Cr 33 - Cl 48	Cr 33 - Cl 52
<b>NDS (HMD)</b>	D	E	E	E
<b>TEP (seg)</b>	194	289	309	279
<b>TVC (min)</b>	17.5			
<b>FHMD (veh/hr)</b>	1106			
<b>FHMD (peat/hr)</b>	429			
<b>FHMD (cicl/hr)</b>	28			

*Nota.* Información suministrada por el Grupo de Investigación de Geomática de la Universidad Industrial de Santander.

**Tabla 12**

*Datos 2022 Corredor correspondiente a la Carrera 35ª entre Calle 42 y Calle 52*

Corredor	Cr 35a entre Cl 42 - Cl 52			
Intersección	Cr 35a - Cl 42	Cr 35a - Cl 45	Cr 35a - Cl 48	Cr 35a - Cl 52
<b>NDS (HMD)</b>	C	E	E	E
<b>TEP (seg)</b>	139	324	291	294
<b>TVC (min)</b>	19.5			
<b>FHMD (veh/hr)</b>	945			
<b>FHMD (peat/hr)</b>	311			
<b>FHMD (cicl/hr)</b>	83			

*Nota.* Información suministrada por el Grupo de Investigación de Geomática de la Universidad Industrial de Santander.

#### **4.3.1 Selección del corredor**

De acuerdo con los datos expuestos en la **Tabla 10**, **Tabla 11** y **Tabla 12**, se selecciona el corredor correspondiente a la Calle 45 entre Carrera 27 y Carrera 38, ya que en este se presenta un mayor tiempo de viaje por el corredor, y menos flujo peatonal en comparación a los otros dos corredores.

Con la aplicación del concepto de Calles Completas se pretende disminuir el tiempo de viaje y el tiempo de espera promedio por el corredor y aumentar el flujo de peatones, además de ello, se pretende disminuir el flujo vehicular y aumentar el flujo de ciclistas, aunque estos datos no son críticos en comparación a los otros corredores.

Por otra parte, en este corredor existe conectividad en intersecciones tanto de ciclo-infraestructura como de transporte público, algunas intersecciones están conectadas con corredores principales de Bucaramanga (Carrera 27 y Carrera 33), además de ello, por este corredor transita

TPC (Transporte Público Colectivo) y está planificado para el 2025 la construcción de ciclo-infraestructura.

#### 4.3.2 Caracterización del corredor

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el corredor vial seleccionado corresponde a la Calle 45 entre carrera 27 y carrera 38, en la **Tabla 13** se describen las características físicas de la calle y en la **Figura 11** se muestra el registro fotográfico de la calle 45.

**Tabla 13**

##### *Caracterización física del corredor*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Clasificación vial según POT</b>	Vía Arterial de Segundo Orden
<b>Sentido Vial</b>	Unidireccional sentido Este – Oeste
<b>Número de carriles</b>	2
<b>Longitud</b>	810 m
<b>Estado de andenes</b>	Buena (Andenes en losas de concreto y adoquinados, con presencia de antejardines y acceso universal)
<b>Estado de calzada</b>	Buena (pavimento asfáltico)
<b>Bahías</b>	Si
<b>Estacionamiento inadecuado en la vía</b>	Si
<b>Ancho de andén</b>	Varía de 1.5 a 2.9 m Varía de 4 a 5.2 m (Con infraestructura verde)
<b>Ancho de la calzada promedio</b>	7 m
<b>Ciclo-infraestructura</b>	A 2025
<b>Infraestructura verde</b>	En ambos costados
<b>Transporte público</b>	TPC (Transporte público colectivo)
<b>Modos de transporte</b>	Particular, público, bici-usuarios y peatonal
<b>Demarcación y señalización</b>	Pasos peatonales, semaforización, señales (PARE, prohibido parquear)
<b>Zonas escolares</b>	Aledañas a la calle
<b>Zona actividad</b>	Residencial, comercial (centro comercial, restaurantes, tiendas parqueaderos), dotacional (parque e iglesia).

**Figura 11***Características físicas del corredor*

- a) Cl 45 entre Cr 27A – Cr 27    b) Cl 45 entre Cr 28 – Cr 27A    c) Cl 45 entre Cr 29 – Cr 28



- d) Cl 45 entre Cr 33 – Cr 29    e) Cl 45 entre Cr 34 – Cr 33    f) Cl 45 entre Cr 35 – Cr 34



- g) Cl 45 entre Cr 36 – Cr 35    h) Cl 45 entre Cr 37 – Cr 36    i) Cl 45 entre Cr 38 – Cr 37



## 5. Evaluación del Corredor

En esta sección se detalla el proceso para la elaboración del modelo base de micro simulación del corredor seleccionado haciendo uso del software AIMSUN, así mismo se describen los ajustes de diseño realizados al corredor; posteriormente se realizó la comparación de los resultados obtenidos en el software antes y después del rediseño del corredor.

### 5.1. Modelado y configuración de la red

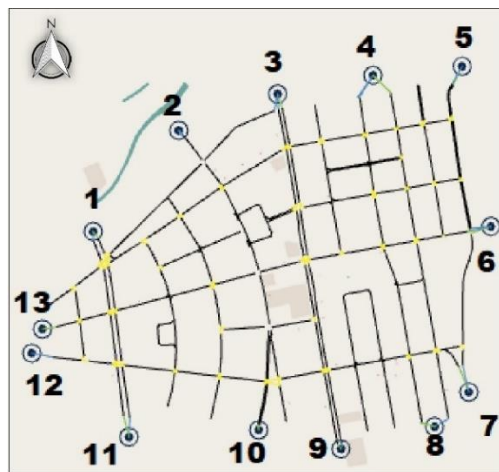
Para la modelación de la red vial se tuvo en cuenta la geometría dada por el software obtenida desde Open Street Maps, para generar una simulación más real se ajustó la geometría de la red vial a partir de una fotografía aérea proporcionada por el Grupo de Investigación de Geomática, en este ajuste se tuvo en cuenta ancho de carriles, número de carriles y señalización, seguido de esto se asignaron grupos semafóricos en cada intersección teniendo en cuenta los tiempos tomados en campo; para luego asignar cada grupo a un plan maestro de control.

Ya ajustada la geometría de la red vial, se procede a asignar el flujo vehicular generado y atraído por trece centroides a los cuales se les asignaron las matrices de Origen – Destino (OD) organizadas a partir de la proyección de aforos de intersecciones dentro y fuera del corredor de estudio para cada uno de los modos de transporte (automóvil, motocicleta, camión, taxi y bus). En la **Figura 12** se muestra la geometría y centroides asignados a la red vial.

El método utilizado para la asignación de tráfico fue la elección estocástica de rutas, ya que esta se basa en comportamiento reales otorgando rutas cortas, con menor tiempo de viaje y menor costo (AIMSUN, s.f).

## Figura 12

*Geometría del modelo base de la red vial*



*Nota.* Imagen tomada del Software AIMSUN.

## 5.2. Calibración y validación de la red modelada

Para lograr que la micro simulación tenga un comportamiento basado en la realidad se debe realizar una calibración y validación del modelo. La calibración se realizó mediante varias fases, dentro de las cuales se encuentra: la revisión de la geometría, comportamiento de los vehículos en la simulación y modelos matemáticos; para el modelo base se utilizó el modelo matemático C-Logit con parámetros de 0,5 de escala, 0,5 de beta y 1 de gamma, con estas fases se logró simular de manera realista el movimiento de los vehículos (AIMSUN, s.f).

La validación se efectuó mediante la creación de detectores cuya función es registrar los datos simulados y mediante el método estadístico GEH utilizado por el software, realiza una comparación del flujo vehicular observado en campo y el flujo vehicular simulado. Este método estadístico considera un ajuste bueno cuando un 85% de arcos a nivel de la red tiene un GEH inferior a 5 (AIMSUN, s.f).

En el modelo base se implementaron 29 detectores y se ejecutaron 10 replicaciones, a partir de esto se calculó la media y se revisaron los datos obtenidos de GEH para cada modo de transporte, revisando que cumpliera con las condiciones dadas anteriormente. En la Tabla 14 se muestran el número de detectores con  $GEH < 5$  para cada modo de transporte y se observa que cumple con la validación ya que en todos los modos de transporte los arcos a nivel de red están por arriba del 85% es decir, el GEH es inferior a 5 y en la Figura 13 se muestra gráficamente la validación del modelo.

**Tabla 14**

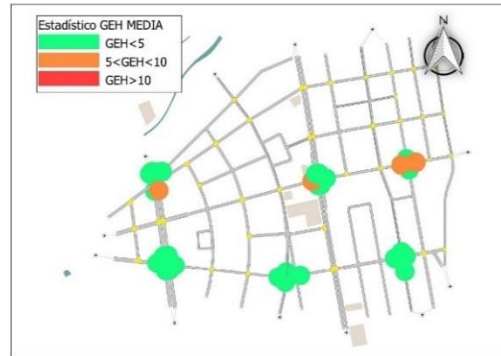
*Porcentaje detectores con  $GEH < 5$*

<b>Modo de Transporte</b>	<b>GEH &lt; 5</b>
<b>Automóvil</b>	86.21%
<b>Buses</b>	100%
<b>Motocicletas</b>	100%
<b>Camiones</b>	100%
<b>Taxis</b>	100%

*Nota.* Información suministrada de la simulación hecha en el software AIMSUN.

**Figura 13**

*Detectores con GEH < 5*



*Nota.* Imagen tomada del Software AIMSUN.

**5.3. Situación actual del corredor**

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en la micro simulación del corredor de la Calle 45 entre Carrera 27 y Carrera 38, además de ello se muestra las secciones transversales antes de implementar el concepto de *Calles Completas*.

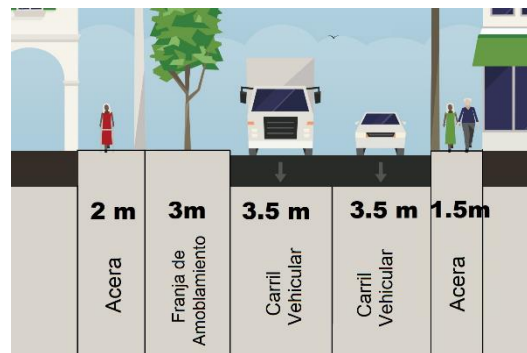
**5.3.1 Secciones transversales corredor actual**

Mediante una visita a campo se observó que el corredor no es simétrico en toda su sección transversal, se observó que el ancho de la vía con carril, andén y franja amueblamiento era de 13,5 metros de la Carrera 38 hasta la Carrera 36 y de 16,5 metros desde la Carrera 36 hasta la 27. A continuación, se muestran las secciones transversales encontradas con cada una de sus características:

- c) Calle 45 entre Carrera 38 y Carrera 36, esta sección cuenta con dos carriles cada uno con un ancho de 3,5 m, una acera con vegetación de 5 m y una acera de 1,5 m sin vegetación.

### Figura 14

*Sección transversal de la Calle entre Carrera 38 y Carrera 36 antes de aplicarle el concepto de Calles Completas*

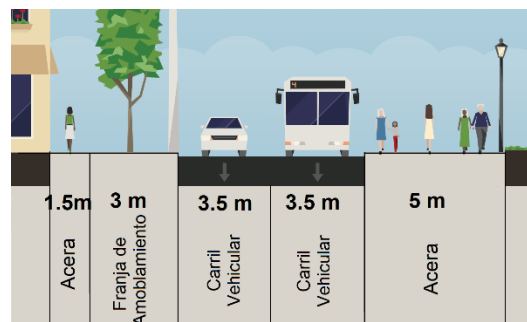


*Nota.* Generada en Streetmix.

- d) Calle 45 entre Carrera 36 y Carrera 33, esta sección cuenta con dos carriles cada uno con un ancho de 3,5 m, una acera con vegetación de 4,5 m y una acera de 5 m sin vegetación.

### Figura 15

*Sección transversal de la Calle entre Carrera 36 y Carrera 33 antes de aplicarle el concepto de Calles Completas*

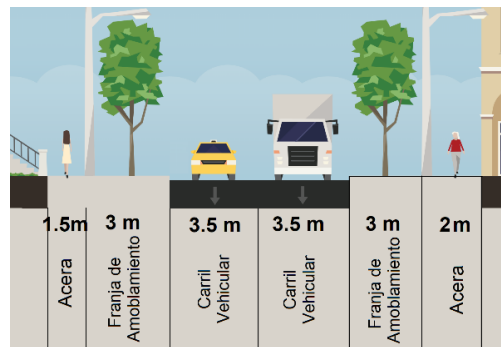


*Nota.* Generada en Streetmix.

- e) Calle 45 entre Carrera 33 y Carrera 27, esta sección cuenta con dos carriles cada uno con un ancho de 3,5 m, las acera con vegetación de 4,5 m a un costado y al otro con 5 m.

### Figura 16

*Sección transversal de la Calle 45 entre Carrera 33 y Carrera 27 antes de aplicarle el concepto de Calles Completas*



*Nota.* Generada en Streetmix.

### 5.3.2 Resultados obtenidos del modelo base

A partir del modelo base ya calibrado y validado, se tomaron datos de referencia como Niveles de Servicio (NDS), y flujo vehicular que pasa por el corredor, para posteriormente rediseñar el corredor y comparar estos datos.

Para calcular los NDS, se tomó como referencia el tiempo de demora entregado por el software en las intersecciones principales del corredor, para determinar lo NDS se tienen en cuenta los criterios mostrados en la **Tabla 15**, además de ello se tiene en cuenta que para una relación de volumen capacidad (v/c) mayor a uno el nivel de servicio por defecto será de F según el HCM, 2010 (Estrada y Rodríguez, 2018). En la **Figura 17** se muestran los NDS de acuerdo con la relación

volumen capacidad obtenidos para la red simulada y en la **Tabla 16** se muestran los NDS de acuerdo con los tiempos de demora de las intersecciones principales del corredor seleccionado.

**Tabla 15**

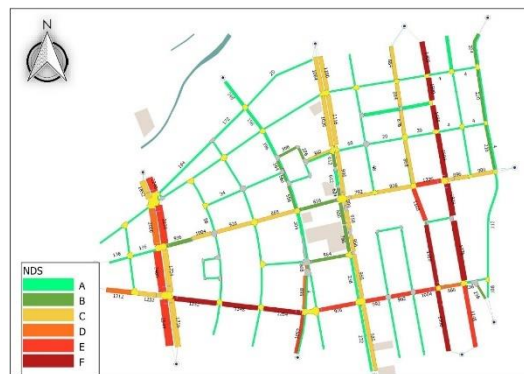
*Criterio para determinación de los niveles de servicio*

NDS	Tiempo de demora TD (s)
A	$\leq 10$
B	>10 – 20
C	>20 – 35
D	>35 – 55
E	>55– 80
F	>80

*Nota.* Información suministrada del documento *Propuesta para Mejorar los Niveles de Servicio en dos Intersecciones de la Av. Simón Bolívar, comprendidas entre las Avenidas José San Martín y Paso de los Andes – Pueblo Libre*, por Estrada y Rodríguez (2018).

**Figura 17**

*Niveles de Servicio (NDS), según relación capacidad volumen, antes de rediseño*



*Nota.* Imagen tomada del Software AIMSUN.

**Tabla 16**

*Niveles de Servicio (NDS), según tiempos de demora, antes de rediseño*

<b>Intersección</b>	<b>Tiempo de demora TD (s)</b>	<b>NDS</b>
<b>Cr 38 con Cll 45</b>	10,54	B
<b>Cr 36 con Cll 45</b>	24,64	C
<b>Cr 35A con Cll 45</b>	46,89	D
<b>Cr 33 con Cll 45</b>	14,94	B
<b>Cr 28 con Cll 45</b>	11,42	B
<b>Cr 27 con Cll 45</b>	10,84	B

*Nota.* Información suministrada de la simulación hecha en el software AIMSUN.

Como se observa en la **Tabla 16**, el NDS más crítico se da en la Carrera 35A con Calle 45, y aunque se observa que los niveles de servicio no son tan críticos, en la **Figura 17**, se observa que la Calle 45 presenta un nivel de servicio C según la relación volumen capacidad, además de ello el flujo vehicular de todo el corredor es de 915 vehículos por hora.

#### **5.4. Proceso de rediseño del corredor**

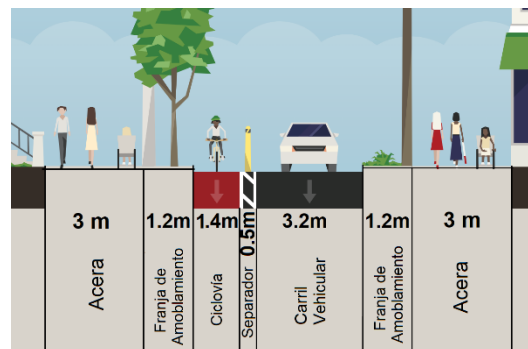
Para el rediseño del corredor se analizaron las secciones transversales del corredor seleccionado en su situación actual representadas en la **Figura 14**, **Figura 15** y **Figura 16**, observando la asimetría de las secciones del corredor se realizaron dos secciones tipo a las cuales se les aplicó el concepto de *Calles Completas*, ampliando las franjas de circulación peatonal, añadiendo franjas de amueblamiento, añadiendo ciclo-infraestructura vial y disminuyendo el ancho de los carriles. A continuación, se muestran las secciones tipo creadas para el rediseño:

- Calle 45 entre Carrera 38 y Carrera 36, para esta sección los cambios realizados con respecto a la **Figura 16**, fueron agregar un carril de ciclo-infraestructura con

ancho mínimo de 1.4 metros y un separador de 0.5 metros de ancho de acuerdo a la Guía de Ciclo Infraestructura Colombiana [34], se aumentó el ancho de la franja de circulación peatonal a ambos costados de esta sección, de 2 metros a 3 metros y de 1.5 metros a 3 metros respectivamente; además a un costado del corredor se modificó la franja de amueblamiento de 3 metros a 1.2 metros mientras que al otro costado se agregó la franja de amueblamiento con un ancho de 1.2 metros el cual es el mínimo permitido de por el Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 798 de 2010) [35], para lograr estos cambios y no afectar las edificaciones aledañas se modificó la calzada de 7 metros con dos carriles a un carril de 3,2 metros, en la **Figura 18** se representan los cambios mencionados anteriormente.

### Figura 18

*Sección transversal de la Calle 45 entre Carrera 38 y Carrera 36 aplicándole el concepto de Calles Completas*



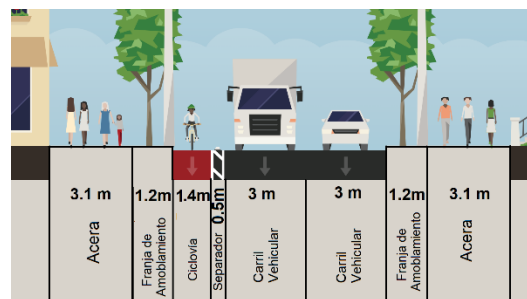
*Nota.* Generada en Streetmix.

- Calle 45 entre Carrera 36 y Carrera 27, para esta sección los cambios realizados con respecto a la **Figura 14** y **Figura 15**, fueron agregar un carril de cicloinfraestructura con ancho mínimo de 1.4 metros y un separado de 0.5 metros de ancho de acuerdo a la Guía de Ciclo Infraestructura Colombiana [34], se ajustó el

ancho de la franja de circulación peatonal a ambos costados de esta sección a 3.1 metros y la franja de amueblamiento a 1.2 metros a ambos costados del corredor mientras que al otro costado se agregó la franja de amueblamiento con un ancho de 1.2 metros [35], para lograr estos cambios y no afectar las edificaciones aledañas se disminuyó el ancho de la calzada pasando de 7 metros a 6 metros, además de esto se redujo el ancho del andén (franja de circulación peatonal y franja de amueblamiento) a ambos costados, dándole prelación a los peatones, en la **Figura 19** se representan los cambios mencionados anteriormente.

### Figura 19

*Sección transversal de la Calle 45 entre Carrera 36 y Carrera 27 aplicándole el concepto de Calles Completas*



*Nota.* Generada en Streetmix.

Debido a que al ancho de la sección de la Calle 45 entre Carrera 38 y Carrera 36 es menor a la sección entre la Carrera 36 y Carrera 27, y a que cambia de un Carril a dos entre secciones al aplicar el concepto de *Calles Completas* se realiza un empalme antes de la intersección de la Calle 45 con Carrera 36, este empalme se muestra en la **Figura 20**.

### Figura 20

*Empalme en la intersección Carrera 36 con Calle 45*



*Nota.* Imagen tomada del Software AIMSUN.

### 5.5. Resultados obtenidos del corredor como Calle Completa

Al modelo base se le agrego el carril de Ciclo-Infraestructura y se disminuyeron los anchos de carril de acuerdo con los valores mencionados en el numeral 5.3.; y se agregó el empalme en la intersección de la Calle 45 con Carrera 36. Posteriormente se realizan las replicaciones de la simulación para obtener los NDS y el flujo vehicular que pasa por el corredor, para posteriormente hacer la comparación con los datos obtenidos en el modelo base antes de aplicar el concepto de Calles Completas.

#### Figura 21

*Niveles de Servicio (NDS), según relación capacidad volumen, después de rediseño*



*Nota.* Imagen tomada del Software AIMSUN.

**Tabla 17**

*Niveles de Servicio (NDS), según tiempos de demora, antes de rediseño, después de rediseño y a 5, 10 y 20 años*

Intersección	NDS	Después del Rediseño			
		Actual	5 años	10 años	20 años
<b>Cr 38 con Cll 45</b>	B	D	F	F	F
<b>Cr 36 con Cll 45</b>	C	B	C	C	F
<b>Cr 35A con Cll 45</b>	D	D	F	F	F
<b>Cr 33 con Cll 45</b>	B	B	B	B	E
<b>Cr 28 con Cll 45</b>	B	B	B	D	D
<b>Cr 27 con Cll 45</b>	B	B	B	C	C

*Nota.* Información suministrada de la simulación hecha en el software AIMSUN.

Como se observa en la **Tabla 17**, en el caso de la intersección entre la Calle 45 y la Carrera 38 el NDS disminuye debido a la modificación que se le realizó a la calzada pasándola de dos carriles a un carril, este cambio se evidencia tanto en actualidad después del rediseño como en las proyecciones hechas, mientras que en las demás intersecciones el NDS se mantiene sin embargo en las proyecciones se observa que el NDS aumenta. Antes de la aplicación del concepto de Calles Completas el flujo vehicular de todo el corredor era de 915 vehículos por hora, al aplicar el concepto el flujo disminuyó a 870 vehículos por hora, con esto se dedujo que al aplicar el concepto de Calles Completas los modos motorizados disminuyen debido a la redistribución del flujo dándole opción a los peatones y bici-usuarios de recorrer la calle con seguridad.

## 6. Conclusiones

A partir de la revisión bibliográfica se logró observar que en lugares donde ha sido implementado el concepto se identificaron mejoras en la seguridad de los usuarios y disminución de accidentes y heridos, abriendo consigo paso a los modos de transporte sostenible, además de ello se evidencia que el concepto garantiza que las necesidades de los usuarios sean reconocidas. Este concepto es una alternativa relativamente nueva que ha tomado fuerza los últimos años, ya que a nivel de Latinoamérica se han creado leyes enfocadas al transporte sostenible como es el caso de Brasil y Puerto Rico y adoptando el concepto de Calles Completas como es el caso de México, Chile y Colombia.

Para la selección de corredor se tuvo en cuenta variables cualitativas dentro de las cuales se encuentran zonificación, conectividad e integración y variables cuantitativas como flujo vehicular, flujo peatonal, flujo de bici usuarios y siniestralidad, al revisar estas variables en la ciudad de Bucaramanga dio como resultado el Corredor de la Calle 45 entre Carrera 38 y Carrera 27 como corredor de estudio para la implementación del concepto de Calles Completas.

La aplicación del concepto de Calles Completas trae consigo la disminución del flujo Vehicular abriéndole paso a los modos de transporte sostenible, y no trae consigo un gran impacto a los niveles de servicio del corredor, sin embargo, para aplicación del concepto se debe realizar modificaciones al carril disminuyendo el flujo vehicular.

Como se evidencia en la Tabla 17 los NDS van desmejorando, esto se debe a que la simulación que se realizó para la proyección fue con los mismos aforos, una alternativa para que los NDS no sean afectados con gran impacto al pasar los años sería incentivar a la comunidad al

uso de modos de transporte sostenible para así tratar de aprovechar en su totalidad los beneficios que trae consigo la implementación del concepto de Calles Completas al corredor.

Para futuras investigaciones sobre las ventajas y desventajas que trae consigo la implementación del concepto de Calles Completas es recomendable tener en cuenta a la comunidad para rediseñar el corredor, además para obtener resultados de manera más realista de niveles de servicio y flujo vehicular en la simulación se deben tener datos de aforos recientes a la fecha de estudio, en dado caso que no sea posible sería adecuado revisar si las tasas de crecimiento usadas para hacer las proyecciones de los aforos sean acordes con lo que realmente sucede en las calles realizando una comparación con datos actuales tomado por el investigador en algún punto de aforo.

### Referencias Bibliográficas

- AIMSUN. (s.f). “*Dynamic scenarios*”. Aimsun next users manual 22.0.1.  
<https://docs.aimsun.com/next/22.0.1/UsersManual/DynamicScenariosAndExperiments.html>
- AIMSUN. (s.f). *Calibration and validation*. Aimsun next users manual 22.0.1.  
<https://docs.aimsun.com/next/22.0.1/UsersManual/CalibrationAndValidationOfAimsunModels.html>
- Alba, L.y Arenas, Y. (2018). Formulación de vía verde como alternativa de movilidad y recuperación ambiental del río Jordán Tunja. (*Trabajo de Pregrado*). *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja*.  
<https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3090>
- Anderson, G & Searfoss, L. (2015). Safer streets, stronger economies. Complete Streets project outcomes from across the country. *Smart Growth America, National Complete Streets Coalition*.
- Barrera, P. (2020). Propuesta metodológica para la selección y diseño de corredores de calles completas en ciudad intermedia de Colombia.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78623>
- Decreto 798 de 2010. [con fuerza de ley]. Por medio del cual se reglamenta parcialmente la Ley 1083 de 2006. 11 de marzo de 2010. D.O. N°47648
- Dirección de Planeación Urbana Sustentable. (2015). *Calle Completa*. Instituto Municipal de Planeación y Competitividad de Torreón (IMPLAN).  
<http://www.trcimplan.gob.mx/proyectos/calle-completa.html>

- Doyle, S. (2020). *Cities advance Complete Streets policies*. Smart Growth America (Improving lives by improving communities). <https://smartgrowthamerica.org/cities-advance-complete-streets-policies/>
- Equipo de Consultoría, Unión Temporal Trasconsult – PROFIT, Gallego, M., Gantiva, J. y Restrepo, G. (2022). Consultoría para la Actualización del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) del Área Metropolitana de Bucaramanga. Línea Base y Diagnostico.
- Equipo de Consultoría, Unión Temporal Trasconsult – PROFIT, Gallego, M., Gantiva, J. y Restrepo, G. (2022). Consultoría para la Actualización del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) del Área Metropolitana de Bucaramanga. Visión del Plan y Objetivos del PMMM del AMB.
- Estrada, L., Rodríguez, L. (2018). Propuesta para mejorar los niveles de servicio en dos intersecciones de la Av. Simón Bolívar, comprendidas entre las avenidas José de San Martín y Paso de Los Andes – Pueblo Libre. *Universidad Peruana de Ciencia Aplicada (UPC), Lima, Perú*.
- García, L. (2013). El Proceso de adopción del concepto de calles completas como política pública en Puerto Rico. *Revista de Estudios Críticos del Derecho*. 9, 37-82.
- González, N. (2022). Informe de Gestión Grupo Control Vial. *Alcaldía Municipal de Bucaramanga*.
- Gregg, K. & Hess, P. (2019). Complete streets at the municipal level: A review of American Municipal Complete Street Policy. *International journal of sustainable transportation*, 13(6), 407-418. <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1476995>
- Grupo Ingeolan C.A. (s.f). *Cartográfica del Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Bucaramanga POT 2014-2027*. POT Bucaramanga 2014-2027.

<https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5c32765bb4d544d1a20182ca13fc16b1>

Herrmann, M., Mora, R. & Sagaris, L. (2020). Persistence of walking in Chile: lessons for urban sustainability. *Transport Reviews*, 40(2), 135-159.  
<https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1712494>

Institute for Transportation Development Policy. (2013). *Complete Street Model Featured in the New metrobus Corridor*. <https://www.itdp.org/2013/11/06/complete-street-model-featured-in-new-metrobus-corridor/>

Institute for Transportation Development Policy. (2013). *Primera fase: Metrobús Línea 5 – Calle Completa*.

Jones, P., Marshall, S. & Boujenko, N. (2008). Creating more people-friendly urban streets through “Link and Place” street planning and design. *IATSS research*, 31(1), 14-25.  
[https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60196-5](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60196-5)

Kawaguchi, M. et al. (2021). Corredor Verde, Carrera Séptima, Informe de socialización de los resultados de los estudios del Banco Interamericano de Desarrollo y Gehl.

Londoño, M., Restrepo, A. y Zuluaga, L. (2017). Calles para todos. Repensando las calles. *Modulo Arquitectura – CUC*. 18(1), 91-108. <https://doi.org/10.17981/moducuc.18.1.2017.05>

Metrolínea. (s.f). *Rutas del sistema*. <https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/rutas-del-sistema>

National Complete Streets Coalition. (s.f). *Complete Streets*. Smart Growth America (Improving lives by improving communities). <https://smartgrowthamerica.org/what-are-complete-streets/>

Ortúzar, J. y Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport*. WILEY, A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.

- Pardo, C., Moscoso, M., Olivares, C., Van Laake, T., Gómez, D., y Herrera, I., Eds. (2018). La bicicleta como medio de transporte: Estrategia 2019-2030 para Bucaramanga y su Área Metropolitana. *Área Metropolitana de Bucaramanga, Alcaldía de Bucaramanga y ONU-Habitat*. <http://www.bucaramanga.gov.co/la-ruta/cicloinfraestructura/>
- Pardo, C. y Sanz, A., Eds. (2016). Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombiana. *Ministerio de Transporte de Colombia*.
- Perrozzi, A. (2020). *Calles Completas: repensando la movilidad urbana de forma integrada*. Transecto. <https://transecto.com/2020/06/calles-completas-repensando-la-movilidad-urbana-de-forma-integrada/>
- Plan Maestro de Movilidad. (2022). Matriz Origen-Destino del Plan Maestro de Movilidad. *Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB)*. <https://www.amb.gov.co/actualizacion-plan-maestro-de-movilidad/>
- Sarmiento, G. (2021). *Peatones y espacio público en el POT*. Miblogotá: Pensando en una Mejor Bogotá. <https://miblogota.com/tag/calles-completas/>
- Secretaría de Movilidad. (2021). *Avanza el diseño de corredores viales multimodales en Medellín que contribuirán a la consolidación de la Ecociudad*. Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/avanza-el-diseno-de-corredores-viales-multimodales-en-medellin-que-contribuiran-a-la-consolidacion-de-la-ecociudad/>
- Secretaria de Planeación. (2014). Componente Urbano, Documento Técnico de Soporte. Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga, segunda generación 2013-2027.
- The Toronto Centre for Active Transportation & MMM Group Ltd. (2015). *Complete Streets Policy & Implementation Guide for Grey Bruce*. Public Health Grey Bruce Health Unit.

- Valença, G. y Santos, E. (2020). A relação entre o conceito de ruas completas e a Política Nacional de Mobilidade Urbana: aplicação a um projeto viário em Natal-rn, Brasil. *Revista EURE Revista de Estudios Urbano Regionales*, 46(139), 73-89.
- Vargas, C. (2022). *Corredor Verde de Séptima y 26 proyectos, parte de la nueva cara de Chapinero*. Bogotá. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/corredor-verde-de-la-septima-y-otros-26-proyectos-en-chapinero>
- Veeduría Distrital. (2018). Seguimiento a metas del sector movilidad en el plan distrital de desarrollo “Bogotá mejor para todos” (2016-2020).