

**PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DE
MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO EN LA MOVILIDAD PRODUCIDO
EN LA ZONA DE INFLUENCIA CORRESPONDIENTE A LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER-SEDE CENTRAL**

JHON ALEXANDER GONZALEZ RIVERA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

**PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DE
MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO EN LA MOVILIDAD PRODUCIDO
EN LA ZONA DE INFLUENCIA CORRESPONDIENTE A LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER-SEDE CENTRAL**

JHON ALEXANDER GONZALEZ RIVERA

Trabajo de grado como requisito para optar el título de Ingeniero Civil

Director

HERNÁN PORRAS DÍAZ

PhD. en Telecomunicaciones

Tutora

CLAUDIA PATRICIA BÁEZ TRUJILLO

Ingeniera Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

Este trabajo en primera medida está dedicado a Dios, quien por medio de su santa voluntad me ha guardado, guiado y dado la victoria a lo largo de esta carrera del saber (1 Cor. 15.57); a Él sea toda la gloria y el reconocimiento.

A mis padres quienes con mucho esfuerzo siempre me han apoyado e instruido intachablemente, a mis pequeños hermanos quienes han sido esa fuente de motivación para luchar por mis sueños y también por los de ellos, y a todos mis amigos, compañeros y seres queridos que de una u otra manera me apoyaron y estuvieron ahí siempre que los necesité.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Dios Padre, a Jesucristo y al Espíritu Santo (1 Cor. 15.57), al apoyo incondicional de familia y amigos, y a los amenos consejos y significativos aportes de la ingeniera Claudia Patricia Báez Trujillo, tutora del proyecto y profesional del Grupo de Investigación Geomática, de la Escuela de Ingeniería Civil.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 MODELACIÓN DEL TRÁFICO	17
1.2 ESTUDIOS Y PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE	17
1.3 TransModeler 2.6	17
2. METODOLOGÍA	19
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO Y CONSULTA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	19
2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA	20
2.2.1 Perfiles viales	20
2.2.2 Andenes	21
2.2.3 Estado de calzadas	21
2.2.4 Señalización vertical	22
2.2.5 Señalización horizontal	23
2.2.6 Aforos peatonales	23
2.2.7 Aforos Vehiculares	24
2.2.8 Niveles de ocupación del transporte público	25
3. NÁLISIS DE LA INFORMACION LEVANTADA	27
3.1 CARACTERIZACIÓN Y ESTADO DE LAS VÍAS	27
3.2 CONDICIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO	29
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA.....	30
3.4 RUTAS ACTUALES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA.....	32
4. MODELACIÓN Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	34
4.1 METODOLOGÍA PARA EL MODELADO	34

4.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO	35
4.3 MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	37
4.4 MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS GLOBALES DE SOLUCIÓN	39
5. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN	41
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
7. CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zona de influencia directa	19
Figura 2. Perfiles viales con su respectivo código de referenciación (ID)	20
Figura 3. Estado del pavimento de la carrera 26 entre calles 9 y 10.....	22
Figura 4. Visibilidad de la señal.....	22
Figura 5. Nomenclatura para aforo peatonal en el Colegio Santander	23
Figura 6. Localización de Estaciones de Aforos Vehiculares.....	24
Figura 7. Movimientos tipo, aforados para la Estación 6 según la norma Rilsa	25
Figura 8. Estado de los andenes levantados	28
Figura 9. Estado de los pavimentos flexibles	28
Figura 10. Estado de los pavimentos rígidos	28
Figura 11. Atributos negativos y positivos de las señales verticales	29
Figura 12. Estado de las señales horizontales.....	30
Figura 13. Distribución horaria de vehículos equivalentes en la zona de influencia	31
Figura 14. Distribución modal en la zona de influencia para la hora pico	32
Figura 15. Red de simulación establecida para la situación actual	34
Figura 16. Señalización y demarcaciones-Intersección carrera 30 con calle 10.....	35
Figura 17. Vista en planta con todas las alternativas puntuales	38
Figura 18. Vista en planta de las alternativas globales	40
Figura 19. Principales corredores de estudio en el sector 1	41
Figura 20. Principales corredores de estudio	43

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estaciones de aforos peatonales	24
Tabla 2. Niveles de ocupación para transporte público.....	25
Tabla 3. Resultados de aforos peatonales por estación	30
Tabla 4. Factores de equivalencia por modo vehicular	31
Tabla 5. Resultados de calibración según el GES	36
Tabla 6. Descripción general de las alternativas puntuales formuladas.....	37
Tabla 7. Criterios adicionales empleados en las alternativas globales formuladas	40
Tabla 8. Resultados de simulación para el primer conjunto de alternativas.....	42
Tabla 9. Resultados de simulación para el segundo conjunto de alternativas	42
Tabla 10. Resultados de simulación para los escenarios globales propuestos	42
Tabla 11. Corredores analizados con su respectivo código de identificación ID....	43

LISTA DE ANEXOS*

- ANEXO N° 1 Localización del proyecto
- ANEXO N° 2 Zona normativa POT de Bucaramanga
- ANEXO N° 3 Área de Actividades
- ANEXO N° 4 Formato diligenciado para perfiles viales
- ANEXO N° 5 Formato digitalizado estado andenes
- ANEXO N° 6 Tabla de daños en pavimento rígido
- ANEXO N° 7 Tabla de daños en pavimento flexible
- ANEXO N° 8 Formato digitalizado para señalización vertical
- ANEXO N° 9 Formato digitalizado para señalización horizontal 1
- ANEXO N° 10 Formato digitalizado para señalización horizontal 2
- ANEXO N° 11 Formato digitalizado para señales horizontales tipo flecha uno (de frente)
- ANEXO N° 12 Formato digitalizado para señales horizontales tipo flecha dos (a la derecha)
- ANEXO N° 13 Formato digitalizado para señales horizontales tipo flecha tres (de frente o a la derecha)
- ANEXO N° 14 Puntos Aforos peatonales
- ANEXO N° 15 Formato de levantamiento de volúmenes peatonales para calles
- ANEXO N° 16 Formato de levantamiento de información de volúmenes vehiculares en campo
- ANEXO N° 17 Puntos donde se identificaron las rutas de transporte
- ANEXO N° 18 Perfiles viales 1
- ANEXO N° 19 Perfiles viales 2

*Ver documentos adjuntos en la base de datos de la biblioteca de la Unviersidad Industrial de Santander

ANEXO N° 20 Dimensiones de los perfiles viales según el POT para la zona de influencia

ANEXO N° 21 Relación de perfiles viales actuales

ANEXO N° 22 Resultados levantamiento de andenes

ANEXO N° 23 Resultados adicionales de la señalización vertical

ANEXO N° 24 Resultados para estaciones de aforos peatonales

ANEXO N° 25 Resultados estaciones Vehiculares

ANEXO N° 26 Rutas actuales de transporte en el sector

ANEXO N° 27 Alternativas de solución

ANEXO N° 28 Alternativas de solución Globales

ANEXO N° 29 Resultados para alternativas de solución puntual

ANEXO N° 30 Resultados con proyecciones para las alternativas de solución Globales

RESUMEN

Título: PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO EN LA MOVILIDAD PRODUCIDO EN LA ZONA DE INFLUENCIA CORRESPONDIENTE A LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER-SEDE CENTRAL*

Autores: JHON ALEXANDER GONZALEZ RIVERA **

PALABRAS CLAVE: Movilidad, Inventario, Modelo, TransModeler.

El presente documento evidencia un análisis y evaluación de medidas para la situación actual de la zona de influencia directa del campus UIS-Sede principal ubicado en el municipio de Bucaramanga, con la ayuda de una toma de información en campo que caracteriza la zona a través de conteos vehiculares y peatonales, un inventario de señalizaciones, estado físico y características geométricas de las vías, y la revisión de información secundaria necesaria para identificar las problemáticas o carencias en la movilidad del sector.

El modelamiento de tráfico y el funcionamiento conjunto de todas las características de la red vial de simulación establecida para la zona en estudio, se analizan mediante las versátiles herramientas computacionales que ofrece el software Transmodeler 2.6, del cual también se describe el desarrollo metodológico empleado para representar la situación actual del sector y el proceso de calibración usado con el fin de garantizar la fidelidad del modelo.

Una vez obtenidos los resultados de simulación, se proponen una serie de alternativas de solución y medidas que puedan mitigar los principales problemas y permitan comparar características como tiempos de demora vehicular, niveles de servicio, entre otros, para así elegir la alternativa óptima de solución. En un primer plano se evalúan alternativas con soluciones puntuales para ciertos corredores de alta problemática y en un segundo plano se realiza una evaluación de alternativas en conjunto, que permita plantear soluciones a nivel general para toda la zona en estudio.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil Director: Jorge Alejandro Mendoza Rizo

Abstract

Title: INTERNSHIP IN THE GROUP OF GEOMÁTICA RESEARCH, MANAGEMENT AND OPTIMIZATION OF SYSTEMS, TO CARRY OUT THE EVALUATION OF MITIGATION MEASURES OF THE IMPACT ON THE MOBILITY PRODUCED IN THE AREA OF INFLUENCE CORRESPONDING TO THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER-CENTRAL HEADQUARTERS*

Author: JHON ALEXANDER GONZALEZ RIVERA **

KEYWORDS: Mobility, Inventory, Model, TransModeler,

This document highlights an analysis and assessment of measures for the current situation of the direct zone of influence of the UIS Campus Main branch located in the Bucaramanga county with the aid of some field-collection of information that characterizes the zone through vehicle and pedestrian countings, transit signals inventory, physical status and geometric conditions of the roads, and the revision of secondary information necessary to identify the problems or lacks in the mobility in the area.

The modeling of traffic and the joint operation of all the characteristics of the simulation road network established for the study area are analyzed through the versatile computational tools offered by the Transmodeler 2.6 software, which also describes the methodological development used to represent the Current situation of the sector and the calibration process used to guarantee the fidelity of the model.

Once the results of the simulation are obtained, a series of alternatives for solution and measures are proposed that may mitigate the main problems and that allows to compare characteristics such as vehicle delay times, levels of service, among others in order to choose the best solution alternative. In the first plane, alternatives with specific solutions are evaluated for certain high-difficulty corridors and in the second plane an evaluation of alternatives is carried out as a whole, that allows proposing solutions at a general level for the whole area under study.

* Project of grade

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering, School of Civil Engineering Director: Jorge Alejandro Mendoza Rizo

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es muy común identificar procesos de cambio a lo largo del tiempo, dentro de las ciudades o centros urbanos. Estos procesos de cambio son el resultado de intrínsecas relaciones entre los elementos que conforman el sistema de transporte a nivel de su infraestructura y operación. Dentro de este marco urbano se encuentran desarrolladas diferentes actividades socioeconómicas que son representadas a través de los usos de suelo, permitiendo así su clasificación por zonas. Cuando hay mayor distancia o dispersión entre estas zonas, se originan más necesidades de desplazamiento de la población, que, al ser tan variantes y evolutivas en el tiempo, requieren de la implementación de procesos adecuados de planificación, diseño y ejecución de estudios de tránsito y transporte que garanticen un desarrollo armónico y sostenible¹.

Es así como surge la necesidad de analizar la movilidad en la ciudad de Bucaramanga, específicamente en el campus principal de la Universidad Industrial de Santander, el cual está ubicado en una zona de gran concentración de servicios, entre las que se encuentran diversas instituciones educativas, entes hospitalarios, comerciales y residenciales que convierten a su zona de influencia en un polo atractor de viajes significativo a nivel de la ciudad y su área metropolitana, lo cual ha generado problemáticas asociadas a la congestión y a los altos volúmenes vehiculares.

En este contexto, el presente documento expone en primer lugar la descripción de la zona de influencia directa del sector en estudio; seguido de la caracterización de

¹ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE, Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte, Tercera edición. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.: 2005, Tomo 1, p.22.

las condiciones actuales del tráfico, para lo cual se realizaron registros fotográficos y aforos vehiculares y peatonales, caracterización de la información e identificación de los conflictos existentes. Se presenta las características del tránsito en la zona de influencia donde se describen los principales parámetros operacionales del sector y su área de influencia. Por último, con el ánimo de generar las condiciones adecuadas de movilidad, se formulan una serie de conclusiones y alternativas de solución con base en el análisis realizado previamente, las cuales se presentan de acuerdo con lo encontrado en campo y a los resultados generados por un modelo de micro simulación de tráfico vehicular que se realizará para la zona en estudio, mediante el software TransModeler.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 MODELACIÓN DEL TRÁFICO

Un modelo es, esencialmente, una representación simplificada de la realidad o una abstracción que se utiliza para lograr mayor claridad conceptual acerca de la realidad, reduciendo su complejidad a niveles que permitan comprenderla y especificarla de forma adecuada para su análisis. Normalmente en un modelo se expresan de forma simplificada las características más relevantes de un cierto fenómeno o situación real².

1.2 ESTUDIOS Y PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE

Se encargan de determinar la demanda, los generadores de viaje y los modos utilizados por el usuario, para proveer una alternativa óptima de prestación del servicio de transporte. La planeación del transporte abarca diversos problemas y procedimientos que varían de acuerdo con el nivel en que se lleve a cabo y el tipo de necesidad a satisfacer³.

1.3 TransModeler 2.6

TransModeler es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico. TransModeler puede

² DE DIOS ORTUZAR, J. Y WILLUMSEN, L. G, Modelos de Transporte, Tercera edición. Ed. Universidad de Cantabria, 2008, p.27.

³ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE op. Cit.p. 23

simular toda clase de redes de viales, desde autopistas hasta calles de los centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad. Usted puede animar el comportamiento de sistemas de tráfico complejos para ilustrar la circulación de tráfico, la operación semafórica, y el funcionamiento conjunto de la red⁴.

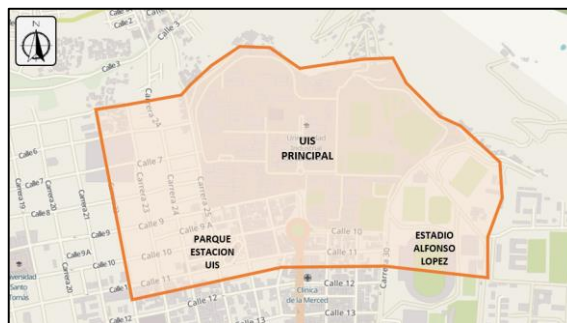
⁴ TRANSMODELER TRAFFIC SIMULATION SOFTWARE, CALIPER, [En línea]. Disponible en: <http://www.caliper.com/Transmodeler/descripcion.htm> [citado 24 de abril de 2018]

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO Y CONSULTA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

El sector en estudio se encuentra localizado en el Barrio La Universidad en la ciudad de Bucaramanga. La sede central de la Universidad Industrial de Santander alberga todo su campus e instalaciones conjuntas en una manzana delimitada entre las carreras 30 y 25 y las calles 6 y 9 (ver anexo 1). Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) el campus está ubicado en la Zona Normativa 1, la cual representa un área de actividades de tipo dotacional, donde a sus alrededores priman actividades comerciales y de servicios livianos (ver Anexo 2 y 3) ⁵. De acuerdo con lo anterior información secundaria encontrada, se definió un sector de estudio basado en la selección de corredores directamente afectados por el tráfico, que generan y atraen las actividades desarrolladas en el campus universitario con mayor proporción.

Figura 1. Zona de influencia directa



Nota: Para toda la caracterización del sector se realizó un registro fotográfico a modo de evidencia, el cual se encuentra en el documento de REGISTRO FOTOGRAFICO

⁵ ALCALDÍA DE BUCARAMANGA, Plan de Ordenamiento Territorial, Segunda Generación 2013-2027. Bucaramanga, Acuerdo 011, 2014, Fichas 1 y 10

2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Con el fin de caracterizar el sector en estudio se realizó una inspección visual y un registro fotográfico de los corredores viales pertenecientes a la zona de influencia identificando número de calzadas, número de carriles, circulación vehicular y peatonal, sentidos viales, señalización presente e infraestructura vial. Además, se determinaron los volúmenes vehiculares y peatonales en las principales intersecciones y sectores del área de influencia estudiada.

2.2.1 Perfiles viales Para la recolección de información de los corredores viales se hizo un recorrido de dos comisiones por las vías del sector en estudio, levantando con cinta métrica y un GPS, el ancho de andenes, ancho de carriles, ancho de calzadas, anchos de separadores, además de las alturas de los andenes y separadores respecto a la superficie de la calzada. También se georeferenció con el sistema de coordenadas geodésicas cada punto en el que se realizaron las mediciones.

Figura 2. Perfiles viales con su respectivo código de referenciación (ID)



Para este levantamiento se tuvo en cuenta la infraestructura vial con la que contaba cada perfil a levantar, es decir, que, si el tramo a analizar presentaba varios cambios notables en su geometría, se realizaba posterior a ello, una georreferenciación en el centroide de cada segmento variante (figura 2).

El formato diligenciado en campo se puede observar en el anexo 4.

2.2.2 Andenes Inicialmente se realizó una inspección visual en la que se identificó el tipo de material y los obstáculos que impiden el flujo peatonal libre y sin interrupciones como los postes de energía eléctrica, arboles, gradas, canecas de basura y otros elementos que interfieren y entorpecen en el desplazamiento de los peatones. También, se realizó el registro de las dimensiones de las rampas existente y se georreferenciaron los obstáculos más representativos al igual que la ubicación de las rampas existentes. El formato de campo usado y diligenciado se encuentra en el anexo 5.

2.2.3 Estado de calzadas Con el propósito de establecer el estado actual del pavimento de los principales corredores perteneciente a la zona estudiada, dos comisiones de dos personas recorrieron las principales vías aledañas al campus universitario, identificando el tipo de pavimento, el estado de la capa de rodadura, el tipo de daño (según lo definido en los manuales para la inspección visual de pavimentos rígidos⁶ y flexibles⁷ del INVIAS), áreas del daño, longitud del daño (para grietas y fisuras). Ver anexo 6 y 7.

⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. Convenio interadministrativo 0587-03. Bogotá D.C.: INVIAS, 2006, pp. 5-34.

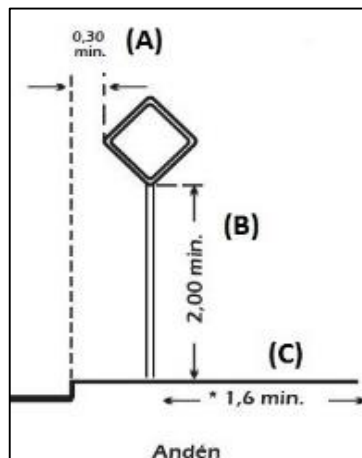
⁷ MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Convenio interadministrativo 0587-03. Bogotá D.C.: INVIAS, 2006, pp. 1-24.

Figura 3. Estado del pavimento de la carrera 26 entre calles 9 y 10



2.2.4 Señalización vertical Se identificaron en campo las señales existentes (Preventivas, Informativas, Reglamentarias y Transitorias), su respectiva codificación, la visibilidad de estas, y su estado. Para determinar si la señal es percibida por el conductor, el Manual de Señalización vial recomienda ubicarlas en lugares adecuados donde puedan ser iluminadas correctamente por los vehículos. En campo también se registraron las medidas descritas en la figura 4 para cada señal con el fin de establecer si cumplen con los criterios de visibilidad normativos⁸. Ver anexo 8.

Figura 4. Visibilidad de la señal



Fuente: MINISTERIO DEL TRANSPORTE Manual de Señalización vial. 2015

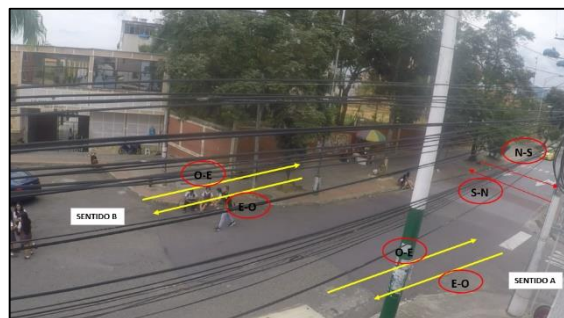
⁸ MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual de señalización vial. Bogotá D.C.: INVIAS, 2015, p.24.

2.2.5 Señalización horizontal Debido a las diversas formas geométricas de la señalización encontrada, se registró en un formato las señales tipo tránsito peatonal, pare o prohibido parquear (ver anexo 9 y 10) y en otro las señales tipo flecha, de acuerdo a las dimensiones presentes en cada una (ver anexo 11 al 13).

2.2.6 Aforos peatonales La toma de información se realizó los días 11 y 12 de octubre de 2017 por medio de cámaras digitales que grabaron desde las 5:30 a.m. hasta las 6:30 p.m. Se establecieron como puntos de control calles aledañas a las diferentes instituciones educativas de la zona como el Colegio Francisco de Paula Santander, el Colegio Dámaso Zapata y la Universidad Industrial de Santander, las cuales presentaban los flujos peatonales más altos del sector. La localización de cada punto de aforo en relación con las anteriores instituciones se observa a detalle en el anexo. 14

Para identificar fácilmente los movimientos de los peatones, se asignó una nomenclatura según los puntos cardinales, y se definió un sentido A, el cual representa el lado de la vía en el que aumenta siempre la numeración de la calle o carrera con la que esta se intercepta y viceversa (sentido B), tal y como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Nomenclatura para aforo peatonal en el Colegio Santander



La información se tabuló en el formato del anexo 15 en intervalos de 15 minutos clasificando cada punto en estaciones.

Tabla 1. Estaciones de aforos peatonales

ESTACIÓN	NOMBRE
1	COLEGIO SANTANDER
2	UIS CLL 9
3	UIS KRA 27
4	COLEGIO TECNOLÓGICO

2.2.7 Aforos Vehiculares Se identificaron los puntos críticos con base a una revisión previa en campo y se consideraron las principales intersecciones aledañas a la universidad con el fin de caracterizar los flujos en la zona de influencia del sector en estudio. El conteo se realizó el día 27 de septiembre de 2017 de 5:30am a 7:00 pm y se establecieron 14 puntos de aforo en estaciones de conteos, tal y como se muestra en la figura 6.

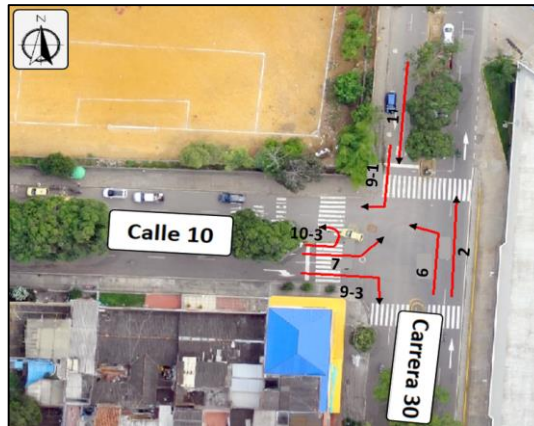
Figura 6. Localización de Estaciones de Aforos Vehiculares



Para clasificar los movimientos realizados por los vehículos en cada una de las intersecciones, se utilizó la codificación especificada en la norma RILSA y posterior a ello se registró en el formato del anexo 16 en periodos de 15 minutos, clasificándolos en bicicletas, motocicletas, autos, taxis, buses, busetas, alimentadores, padrones y camiones; estos últimos por el tipo de eje (C2P, C2G, C3 o C4, >C5), de dos, tres, cuatro o cinco ejes⁹.

⁹ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE, Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte, Tercera edición. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.: 2005, Tomo 3, pp. 305-307

Figura 7. Movimientos tipo, aforados para la Estación 6 según la norma Rilsa



2.2.8 Niveles de ocupación del transporte público Se realizó el levantamiento de información de las rutas de transporte público colectivo el día 7 de noviembre, desde las 5:30 am hasta las 7:30 pm, en los sitios indicados en el anexo 17 teniendo en cuenta el número de ruta, la empresa a la que pertenecen y el nivel de ocupación de los vehículos. Para definir el nivel de ocupación de los vehículos, se categorizó la capacidad de carga de pasajeros “tabla 2”¹⁰.

Tabla 2. Niveles de ocupación para transporte público

Categoría	Nivel de ocupación
1	Menos de la mitad de los asientos ocupados
2	Más de la mitad de los asientos ocupados
3	Menos de la mitad del pasillo ocupado
4	Más de la mitad del pasillo con pasajeros de pie
5	Pasillo totalmente lleno

¹⁰ CIS Asociados Consultores en Transporte, Medición y análisis de variables de operación, asociados al sistema de transporte público mayor urbano de la Serena y Coquimbo, Coquimbo-Chile, 2017, p.45.

El registro de la información se hizo para intervalos de 10 minutos y el formato con los resultados analizados se presentará en el siguiente capítulo.

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACION LEVANTADA

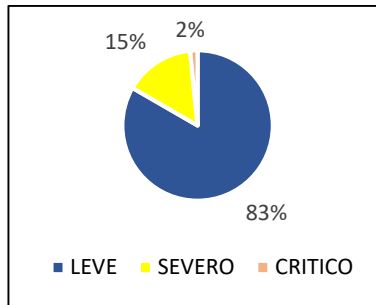
Con base en todo lo anteriormente levantado en campo, se procesó toda la información obtenida para así realizar su respectivo análisis.

3.1 CARACTERIZACIÓN Y ESTADO DE LAS VÍAS

Luego de realizar una comparación entre las medidas de los perfiles levantados en campo con los proyectados en el POT (ver anexo 18 y 19), se encontró que los perfiles que están actualmente en su mayoría no cumplen totalmente con la normativa y dimensionamiento estipulados según se expresa en el anexo 20. Además, considerándose las normas nacionales de accesibilidad de las personas al medio físico, los andenes con los que cuenta actualmente el corredor son deficientes e insuficientes para el tránsito de los volúmenes vehiculares que transitan actualmente por la zona. Los resultados de dicha comparación se muestran en el anexo 21.

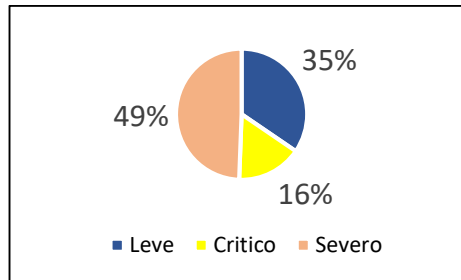
En relación con el levantamiento de andenes se encontró que, de 126 registros, el 2% presenta un estado crítico, el 15% un estado severo y el 83% equivalente a 105 andenes presentan un estado bueno o de daños leves. Los resultados relacionados al tipo de material y los obstáculos encontrados en los andenes, se encuentran en el anexo 22

Figura 8. Estado de los andenes levantados



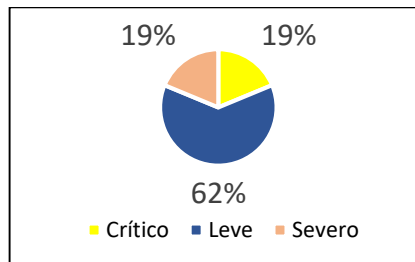
Con base en la inspección visual de los tramos viales inventariados se identificó que un 49% del total de corredores con pavimento flexible se encuentran en un estado de daño severo, otro 16% se encuentra en un estado de daño crítico y un 35% se encuentra en estado de daño leve.

Figura 9. Estado de los pavimentos flexibles



Respecto a los pavimentos rígidos, se identificó que un 19% del total de corredores se encuentran en un estado de daño severo, otro 19% se encuentra en un estado de daño crítico y un 62% se encuentra en estado de daño leve.

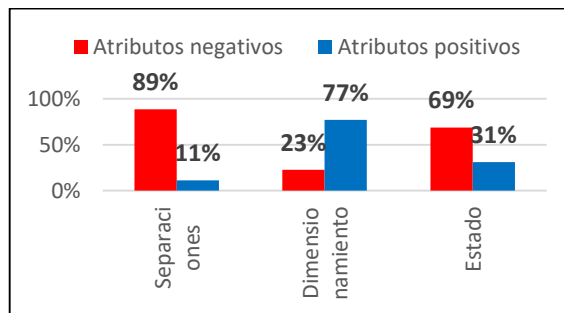
Figura 10. Estado de los pavimentos rígidos



3.2 CONDICIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

Se analizaron parámetros de dimensionamiento y funcionalidad (Ver anexo 23), con los cuales definir si cumplían con lo estipulado en el manual de señalización y si el estado físico en el que se encontraron era bueno, regular o malo. Para las señales verticales se realizó una comparación entre los anteriores parámetros mencionados en donde aquellos que no cumplían se les denominó como atributos negativos.

Figura 11. Atributos negativos y positivos de las señales verticales



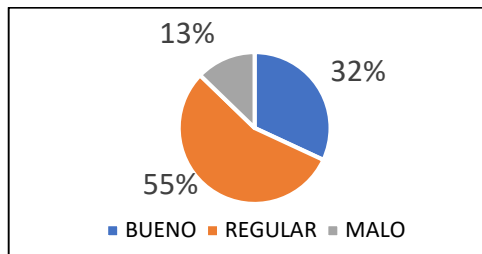
Se puede observar que, de un total de 61 señales, en resumen, 14 señales que equivalen al 23 % no cumplen las dimensiones establecidas en el Manual de Señalización, 54 señales que equivalen al 89% no están bien ubicadas y ocasionan mala visibilidad para sus usuarios y 42 señales, equivalentes a un 69%, presentan alguna característica que las clasifica entre un estado malo o regular, como tablero sucio, doblado, desteñido, oxidado y soportes inclinados, doblado u oxidado.

Para el caso de las señales horizontales se encontró que, del total de 94 señales, 12 equivalentes al 13% presentan un mal estado, siendo esta condición determinada por el deterioro de la pintura, que no permite la fácil y rápida identificación de la señal.

Para el caso de las señales horizontales se encontró que, del total de 94 señales, 12 equivalentes al 13% presentan un mal estado, siendo esta condición

determinada por el deterioro de la pintura, que no permite la fácil y rápida identificación de la señal.

Figura 12. Estado de las señales horizontales



3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA

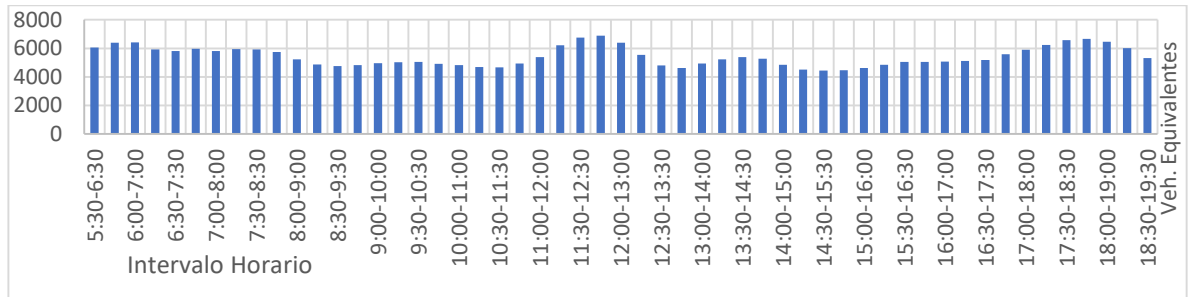
A partir de los aforos peatonales se determinó la distribución temporal de los flujos en el sector en estudio, con lo cual pudo identificarse los picos de intensidad a lo largo del día. A continuación, se muestra el total de peatones por todos los sentidos de circulación a lo largo del día y la hora de máxima demanda (HMD) encontrada para cada estación.

Tabla 3. Resultados de aforos peatonales por estación

ESTACIÓN	HMD	PEATONES
1	11:15 - 12:15	15268
2	15:30 - 16:30	34139
3	7:15 - 8:15	68388
4	11:45 - 12:45	2492

Para observar a detalle la distribución horaria de los volúmenes peatonales y demás información relevante respecto a cada estación, ver anexo 24.

Figura 13. Distribución horaria de vehículos equivalentes en la zona de influencia



Por otro lado, se analizaron los flujos vehiculares de cada estación, para lo cual fue necesario convertir los flujos de vehículos mixtos a vehículos equivalentes, ver tabla 4¹¹.

Tabla 4. Factores de equivalencia por modo vehicular

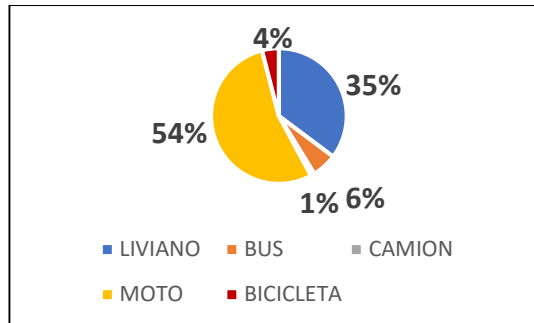
Modo	Factor de equivalencia
Bicicleta	0.3
Moto	0.5
Liviano	1.0
Bus	2.0
Camión	2.5

A partir de las anteriores conversiones, se identificaron tres picos de intensidad vehicular a lo largo del día, que coinciden con los picos que presenta la ciudad de Bucaramanga, los cuales fueron de 06:00 a 07:00, de 11:45 a 12:45 y de las 17:45 a 18:45, con un total de vehículos de 6409, 6878 y 6664, respectivamente (ver figura 13). Cabe aclarar que este gráfico representa el total de flujo por todas las estaciones, es decir para toda la zona de influencia y si se desea ver a detalle los resultados por estación, debe remitirse al anexo 25. Así, se determinó como hora pico del sector el intervalo de 11:45 a 12:45 de la tarde, el cual coincide con las

¹¹ COMISIÓN DE TRANSPORTE URBANO, Manual de diseño y evaluación social de Proyectos de Viabilidad Urbana, Santiago-Chile, 1988, pp. 43-44.

horas de ingreso y egreso de los principales entes educativos del sector. También se observó que la principal concentración de flujos en la hora pico de todo el sector, tiene lugar en la intersección de la carrera 30 con calle 10 con aproximadamente 1520 vehículos equivalentes.

Figura 14. Distribución modal en la zona de influencia para la hora pico



Hallando la repartición modal del tráfico vehicular en la zona de estudio, se encontró que los viajes realizados en motocicleta representan cerca del 54% del volumen de tráfico total, seguido de los vehículos livianos (taxis y autos particulares) con aproximadamente el 35%, un 6% del flujo total por parte de los buses, y para camiones y bicicletas un 1% y 4% respectivamente; lo cual expone el uso intensivo de los vehículos tipo particular por parte de los habitantes de Bucaramanga (ver figura 14).

3.4 RUTAS ACTUALES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA ZONA DE INFLUENCIA

Según la información tomada en campo existen rutas del sistema de transporte público Masivo Metrolínea y de transporte Colectivo Convencional que tienen influencia directa sobre el sector en estudio. En el anexo 26, se presenta el nivel de ocupación promedio a lo largo del día para cada una de las rutas, la empresa a la que pertenecen, y el código de identificación de la ruta asignado por el Área

Metropolitana de Bucaramanga. También se tuvieron en cuenta los intervalos de tiempo más críticos, es decir los periodos de máxima demanda para cada ruta, identificando así los mayores niveles de ocupación que estas presentaban en lo posible por la mañana, al medio día o en horas de la noche.

Se observó que el nivel de ocupación de las rutas a lo largo del día es en su mayoría muy bajo, pero en las horas pico o de mayor demanda si se presenta un aumento notable con niveles de hasta 2 y 3 de ocupación. Lo anterior se debe en parte al incremento en el parque automotor y la proliferación del transporte informal en la ciudad, los cuales han debilitado en gran medida el uso de este modo de transporte.

4. MODELACIÓN Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se explica de manera general el proceso con el que se elaboró el modelo de la situación actual de la zona en estudio, el cual también se tomó como base para la modelación de cada una de las propuestas de solución.

4.1 METODOLOGÍA PARA EL MODELADO

Con el ánimo de establecer las condiciones de operación de la zona en estudio, se ha identificado la necesidad de contar con una herramienta computacional de simulación, para este caso TRANSMODELER 2.6, tal que permita analizar la evaluación técnica de los puntos de conflicto en las intersecciones y describa aspectos importantes del comportamiento del sistema en tiempo real.

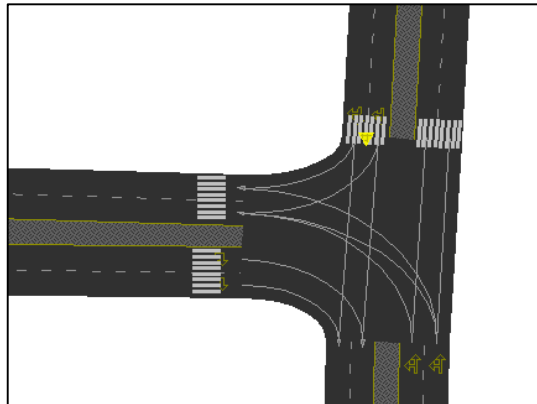
Como primer criterio básico utilizado para realizar el modelo, se estructuró una red de simulación basada en los movimientos viales de interés y en los principales corredores viales, incidentes en la zona de influencia que se caracterizó anteriormente.

Figura 15. Red de simulación establecida para la situación actual



Posterior a ello, se incluyeron todas las demarcaciones existentes en el sector y se estableció la ubicación actual con base en la información levantada en campo, definiendo así, parámetros de funcionalidad a través de las distintas herramientas que presenta la interfaz del programa y con el fin de que el modelo caracterice de forma fiel y con el mayor detalle la movilidad en la zona de estudio.

Figura 16. Señalización y demarcaciones-Intersección carrera 30 con calle 10



El análisis y la determinación de los flujos vehiculares, así como la estructuración de la red de simulación permitirán ahora realizar la asignación de tráfico al modelo, a través de la generación de rutas trazadas por los principales corredores a analizar.

Este procedimiento permite representar de manera acertada el comportamiento de los usuarios de la red. Esta asignación de flujos para los tramos viales de la red se realizó con base en los valores obtenidos para la hora pico de la zona de influencia (11:45 a 12:45), según se menciona en la información obtenida en campo.

4.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Con el fin de representar la situación actual presente en la zona de estudio con un grado de mayor fidelidad, se realizó una comparación entre los flujos vehiculares

hallados en los aforos en campo y los determinados en el modelo de microsimulación [por el software TransModeler, según el criterio de parámetros de aceptación para la calibración de modelos emitidos por Wisconsin DOT Freeway, donde empleando la estadística de GES, ecuación (1), la cual es una fórmula utilizada en la ingeniería de tránsito y el modelamiento de tránsito para comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico, se calcula un porcentaje de error que si es inferior al 5 %, puede considerarse una buena correlación entre los volúmenes modelados y observados por intervalo de 15 minutos¹².

$$G = \sqrt{\frac{2*(M-C)^2}{M+C}} \quad (1)$$

M= Volumen del tráfico por intervalo de tiempo a partir del modelo.

C= Volumen del tráfico por intervalo de tiempo a partir de la información de campo.

En la tabla 5 se muestran los resultados de la calibración para los tramos viales más representativos del modelo, con los cuales se valida la fiabilidad en la simulación de la situación actual para poder generar resultados más fiables. La numeración de los siguientes tramos viales está relacionada con los mismos corredores de la tabla 11, donde se expondrán los resultados de la modelación.

Tabla 5. Resultados de calibración según el GES

Tramo Vial	Software	Conteos	% Error (GES)
1	91	98	0,72
2	256	276	1,23
3	546	675	5,24

¹² BASTO, Cristian Andrés y QUIROZ, Erlinson. “Medición del impacto de la invasión del espacio público sobre la movilidad vehicular- caso de estudio Bucaramanga”. Trabajo de grado de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico mecánicas, 2013.

Tramo Vial	Software	Conteos	% Error (GES)
4	101	106	0,50
5	600	615	0,60
6	312	330	0,98
7	966	1005	1,23
8	550	590	1,66
9	640	665	0,99
10	477	533	2,49
11	126	131	0,40

4.3 MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Una vez caracterizada plenamente la movilidad de la zona de influencia del campus universitario y demás equipamientos que representan fuentes de atracción y generación de viajes importantes, se propusieron y analizaron 9 alternativas orientadas a mitigar las problemáticas de movilidad, encontradas en los puntos más críticos.

Tabla 6. Descripción general de las alternativas puntuales formuladas

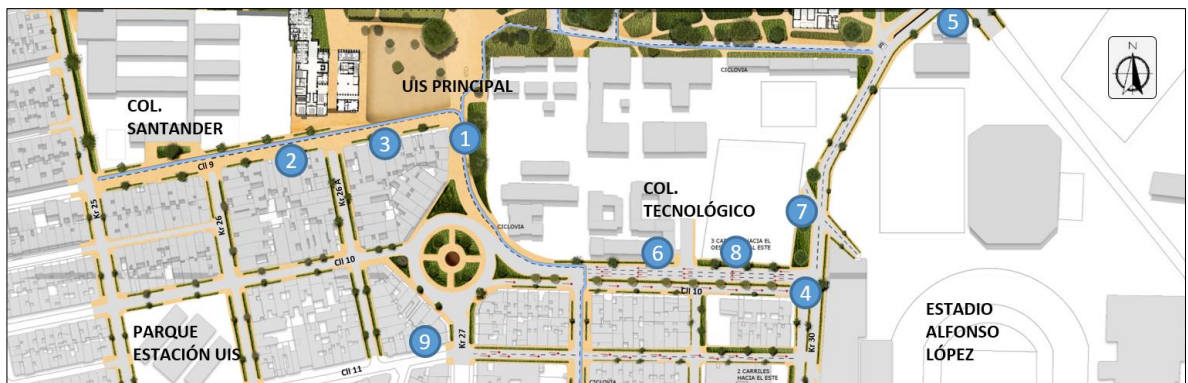
#	Descripción General
1	Deprimido en la Cra 27 con Cll 9. Nivel superior peatonalizado y circulación de vehículos en el nivel inferior.
2	Peatonalización exclusiva para el tramo comprendido entre la Cra 27-Cll10, prolongándose por la Cll 9 hasta la Cra25.
3	Mismas intervenciones de la alternativa 2, pero generando una vía de tráfico calmado (1 solo carril).
4	Cerramiento del separador existente entre la Cra 30 con Cll 10 (sentido Oeste-Sur).
5	Mini glorieta que evite los entrecruzamientos a la entrada y salida de la Portería en la Cra 30.
6	Implementación de 4 carriles solo en sentido Este-Oeste sobre la Cll 10 entre la Cra 30 y 27.

#	Descripción General
7	Retorno después de la intersección Cra 30-Cil 10 (Hacia el Norte) para los flujos que salen del Estadio Alfonso López.
8	Similar a la alternativa 6, pero con 3 carriles Este-Oeste y 1 en sentido Oeste-Este.
9	Invertir los sentidos viales de las calles 10 y 11, desde la Cra 27 hasta la Cra 15.

En el anexo 27 se muestran mapas e información a detalle para cada alternativa.

Entre las principales problemáticas que se tratan de mitigar puntualmente, está la alta congestión en las vías colindantes a la entrada principal del Campus UIS, debido a la invasión de espacios públicos con comercio informal sobre la calzada, el transporte informal de dimensiones significativas a la entrada, el alto flujo peatonal por parte del estudiantado, la reducción de la calzada por un carril exclusivo para taxis junto a una ciclorruta con terminaciones no reglamentadas y discontinuidad (Alternativas 1,2 y 3); el estacionamiento ilegal de vehículos particulares y busetas escolares sobre la calle 10 a la altura del colegio Dámaso Zapata debido a la gran actividad estudiantil y la carencia de bahías y demás infraestructura vial, que genera que la congestión se extienda sobre la carrera 30 también y que los conductores opten por hacer giros prohibidos (alternativas 4,6,7 y 8).

Figura 17. Vista en planta con todas las alternativas puntuales



Por último, la alternativa 9 busca disminuir los entrecruzamientos y las altas congestiones sobre la calle 11 al buscar salida hacia el sur por la carrera 27 o hacia el este buscando la carrera 33.

Todas las alternativas anteriores se pueden evidenciar espacialmente, sobre los corredores viales que mayor impacto generaría la implementación de cada una, según se muestra en la figura 17.

4.4 MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS GLOBALES DE SOLUCIÓN

Con el ánimo de analizar escenarios globales, que no busquen mitigar problemáticas en puntos críticos que puedan trasladar los conflictos a otros sectores, sino que analicen el sector de forma global y que permitan generar soluciones concretas e integrales para la zona de estudio. A continuación, se presentan una serie de alternativas llamadas “globales” que buscan poner en práctica dos o más soluciones de las anteriormente presentadas, como un conjunto en busca de optimizar el tráfico global del sector.

De acuerdo con lo anterior se optó por formular la peatonalización mencionada en la alternativa 2, para todos los siguientes escenarios globales y además se planteó un único sentido de tráfico en el sector comprendido por la carrera 30 desde la intersección con calle 10 hacia la entrada superior de la UIS, solamente para las alternativas globales 1, 2 y 3.

Tabla 7. Criterios adicionales empleados en las alternativas globales formuladas

#	Alternativas y aspectos adicionales empleados en cada escenario global
1	Contraflujo (Alt. 9)
2	Un carril deshabilitado sobre la carrera 25 frente al Colegio Santander.
3	Alt. 6 pero dos carriles deshabilitados
4_1	Alt. 8 pero con un carril fuera de servicio
4_2	Alt. 8 pero con dos carriles deshabilitados

La razón por la que se deshabilitaron carriles en algunos casos se debe a querer brindarle mayor fidelidad a los modelos de simulación, en donde se evidenciara la obstrucción que genera el parqueo informal y el comercio informal a las salidas de los entes educativos. La figura 18 muestra los tramos viales afectados positivamente por cada una de las propuestas globales, mencionadas anteriormente. Las implicaciones gráficas a detalle de cada una se encuentran en el anexo 28.

Figura 18. Vista en planta de las alternativas globales



5. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

Los resultados detallados para las alternativas puntuales mencionadas anteriormente se encuentran en el anexo 29 y 30, en el cual también se contemplan los respectivos valores proyectados a 5 y 10 años. A continuación, se muestran los generales, agrupando las alternativas por sectores, de acuerdo con los corredores en común sobre los que más tienen influencia puntual o cambios representativos cada una.

Para el primer sector, la figura 19 expresa los ocho corredores principales sobre los que se analizaron resultados según las alternativas 1, 2, 3 y 9. Cabe resaltar que para el segundo sector la codificación (ID) de los tramos viales analizados, es la misma que se considera para los corredores descritos en la tabla 11.

Figura 19. Principales corredores de estudio en el sector 1



A continuación, se exponen en las tablas 8 y 9 los resultados obtenidos de implementar las alternativas puntuales, en donde se expresan la cantidad de vehículos que circularon sobre los corredores (veh), el tiempo de demoras en

segundos (Td) y el nivel de servicio (NS o NDS) encontrado para cada tramo en estudio.

Tabla 8. Resultados de simulación para el primer conjunto de alternativas

ID	SITUACIÓN REAL			ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3			ALTERNATIVA 9		
	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS
1	550	12	B	555	8	A	0	0		536	97	F	515	11	B
2	546	719	F	550	556	F	399	1804	F	536	615	F	540	754	F
3	101	39	E	101	41	E	102	43	E	99	40	E	429	252	F
4	640	9	A	642	9	A	1118	18	C	617	8	A	440	28	D
5	16	1	A	18	1	A	0	0		17	2	A	17	3	A
6	477	583	F	438	632	F	506	585	F	472	631	F	622	33	D
7	567	265	F	573	15	C	0	0		553	69	F	532	230	F
8	966	29	D	954	28	D	975	39	E	916	27	D	844	60	F

Tabla 9. Resultados de simulación para el segundo conjunto de alternativas

ID	SITUACIÓN REAL			ALTERNATIVA 4			ALTERNATIVA 5			ALTERNATIVA 6			ALTERNATIVA 7			ALTERNATIVA 8		
	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS
1	91	2	A	89	2	A	189	4	A	91	2	A	171	69	F	88	2	A
2	256	285	F	51	279	F	340	474	F	261	108	F	340	422	F	261	132	F
3	546	719	F	519	2038	F	462	570	F	502	2138	F	469	431	F	550	535	F
4	101	39	E	143	57	F	102	41	E	0	0	A	102	38	E	102	37	E
5	600	144	F	592	158	F	614	106	F	602	61	F	596	102	F	597	65	F
6	312	20	C	143	11	B	394	22	C	215	18	C	397	26	D	319	22	C

Tabla 10. Resultados de simulación para los escenarios globales propuestos

ID	SITUACIÓN REAL			COMBO 1			COMBO 2			COMBO 3			COMBO 4_1			COMBO 4_2		
	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS	Veh	Td	NS
1	91	2	A	89	1	A	99	1	A	100	1	A	90	2	A	56	1	A
2	256	285	F	0	0	A	0	0	A	0	0	A	258	86	F	259	76	F
3	546	719	F	505	493	F	420	2187	F	547	1921	F	547	561	F	327	1119	F
4	101	39	E	425	191	F	102	40	E	0	0	A	101	44	E	102	46	E
5	600	144	F	597	132	F	566	669	F	693	304	F	597	81	F	364	713	F
6	312	20	C	425	20	C	164	9	A	0	0	A	314	19	C	315	17	C
7	567	265	F	0	0	A	0	0	A	0	0	A	0	0	A	0	0	A
8	550	12	B	0	0	A	547	23	C	0	0	A	0	0	A	0	0	A
9	640	9	A	375	26	D	588	8	A	1343	25	C	1202	21	C	1071	18	C
10	477	583	F	1052	57	F	462	663	F	333	693	F	474	503	F	508	379	F
11	567	11	B	124	11	B	126	11	B	120	11	B	125	11	B	126	11	B

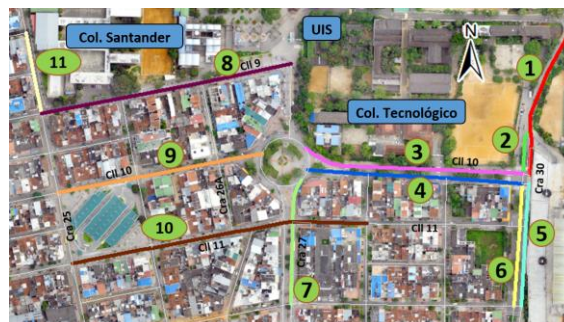
Posterior a ello y centrándose en un escenario conjunto y de soluciones más concretas, en el análisis de las alternativas globales se seleccionaron ciertos corredores, donde la movilidad se hacía más crítica según lo observado en la simulación y en contraste con la situación actual del sector (ver tabla 10).

Para este análisis de carácter más global, se tuvieron en cuenta un mayor número de corredores de acuerdo al impacto que generaba implementar cada propuesta; los mencionados se encuentran descritos en la tabla 11 y referenciados espacialmente por su código de identificación, en la figura 20.

Tabla 11. Corredores analizados con su respectivo código de identificación ID.

ID	CORREDOR
1	Carrera 30 entre Calle 8 y 10 (S-N)
2	Carrera 30 entre Calle 8 y 10 (N-S)
3	Calle 10 entre Carrera 30 y 27 (E-O)
4	Calle 10 entre Carrera 30 y 27 (O-E)
5	Carrera 30 entre Calle 11 y 10 (S-N)
6	Carrera 30 entre Calle 11 y 10 (N-S)
7	Carrera 27 entre Calle 9 y 10 (S-N)
8	Calle 9 entre Carrera 26a y 25 (E-O)
9	Calle 10 entre Carrera 26a y 25
10	Calle 11 entre Carrera 25 y 27
11	Carrera 25 entre Calle 9 y 8 (S-N)

Figura 20. Principales corredores de estudio



6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al analizar las alternativas puntuales, se evidencia que, al aumentar los volúmenes vehiculares en la zona de estudio, los niveles de servicio sobre algunos corredores que no presentan problemas empiezan a disminuir y a aumentar las demoras, lo cual es de esperarse, aunque la disminución no es significativa, vale la pena tenerlo en consideración.

De los resultados de la primera alternativa, se encontró que, aunque es una solución que permite mitigar la problemática actual sobre la carrera 27 a la altura de la UIS, implicaría costos muy altos para su implementación y que no generarían mayores beneficios para el sector, ya que las problemáticas presenten en los corredores cercanos no se ven impactadas de forma positiva por esta propuesta.

Dentro de las alternativas particulares que sí representan mejoras e impactos positivos, se encuentra la cuarta, donde se evidencia mejoría en los NDS presentes en el corredor comprendido por la carrera 30 entre calles 10 y 8, lo cual supone que disminuir los entrecruzamientos existentes en la intersección, puede mejorar el comportamiento del tránsito en la intersección. También la alternativa 6, con mejoras en el corredor comprendido por la calle 10 entre Carrera 30 y 27 (O-E), en donde los NDS son óptimos, sin embargo, la problemática sobre el corredor de la calle 11, se ve visiblemente afectada por los desvíos generados por la implementación de esta.

La alternativa 9 considera el cambio de sentidos viales del par conformado por las calles 10 y 11. Los resultados asociados a este escenario presentan una mejora significativa en los NDS asociados al corredor de la calle 11, el cual actualmente presenta valores deficientes.

Por otro lado, comparando los corredores para cada uno de los escenarios globales de aplicación, se ratifica que en conjunto representan mejoras significativas en los niveles de servicio, disminuyen los tiempos de demora y aumentan las velocidades de operación en la zona estudiada.

7. CONCLUSIONES

Se han evidenciado conflictos de movilidad importantes en la zona de influencia de la sede Principal de la Universidad, entre los que cabe mencionar el parqueo indebido de automotores en la vía pública, invasión de espacio público, accidentalidad, alto flujo vehicular y peatonal, señalización deficiente, desorganización del tráfico, déficit de infraestructura peatonal, entre otros conflictos.

De acuerdo con los resultados del levantamiento y sabiendo que la señalización horizontal y vertical de vital importancia para el ordenamiento y la gestión del tráfico en una ciudad, se recomienda realizar el mantenimiento necesario a las señales existentes y se sugiere que se intervengan los sectores que no poseen la señalización con el fin de brindar seguridad e información a la población del sector.

La mayoría de la infraestructura peatonal en el sector en estudio no cumple actualmente con la reglamentación municipal ni nacional para el tránsito de peatones sobre ellas. Se recomienda como primera medida, asegurar las condiciones mínimas de transitabilidad sobre el sector, considerando que los volúmenes peatonales presentes en el mismo son considerablemente altos.

Se consideraron gran cantidad de alternativas, en escenarios individuales y globales, con el fin de evaluar diferentes tipos de intervención con diferentes alcances para cada una de ellas. Algunas son intervenciones que pueden generar costos muy altos y cuyas implementaciones pueden darse a muy largo caso, pero igual fueron consideradas debido a que se proyecta un crecimiento importante del sector y se plantean para futuros estudios generar conexiones con el sector norte de la ciudad para brindar mayor accesibilidad a esta población.

Se evidencia en los resultados obtenidos en la modelación, que las alternativas globales que consideran el cambio de sentido bidireccional a unidireccional sobre la carrera 30 entre calles 10 y 8, presentan resultados favorables para la organización del tráfico en el sector.

El conjunto de alternativas mostradas, si bien no representan soluciones totales a los conflictos actuales en la zona de estudio, en conjunto la suma de los esfuerzos puede sopesar impactos positivos sobre el tránsito del sector y hacer un aporte significativo para la mitigación de algunas de las dificultades existentes.

Es de vital importancia entender que la principal problemática del sector, radica en las malas prácticas de los diferentes modos de transporte, lo cual se adiciona con el inexistente control de las autoridades en la zona y la total falta de cultura vial por parte de los habitantes del sector, por tal, se recomienda a la entidad encargada efectuar controles periódicos en el sector acompañados de la debida socialización de medidas a implementar y de campañas educativas que orienten a la comunidad universitaria y a los habitantes del sector, hacia las buenas prácticas de movilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA, Plan de Ordenamiento Territorial, Segunda Generación 2013-2027. Bucaramanga, Acuerdo 011, 2014, Fichas 1 y 10.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, Secretaría de Tránsito y Transporte, Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte, Tercera edición. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.: 2005, Tomo 1, p.22.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, Secretaría de Tránsito y Transporte, Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte, Tercera edición. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.: 2005, Tomo 3, pp. 305-307

BASTO, Cristian Andrés y QUIROZ, Erlinson. “Medición del impacto de la invasión del espacio público sobre la movilidad vehicular- caso de estudio Bucaramanga”. Trabajo de grado de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico mecánicas, 2013.

CIS Asociados Consultores en Transporte, Medición y análisis de variables de operación, asociados al sistema de transporte público mayor urbano de la Serena y Coquimbo, Coquimbo-Chile, 2017, p.45.

COMISIÓN DE TRANSPORTE URBANO, Manual de diseño y evaluación social de Proyectos de Viabilidad Urbana, Santiago-Chile, 1988, pp. 43-44.

DE DIOS ORTUZAR, J. Y WILLUMSEN, L. G, Modelos de Transporte, Tercera edición. Ed. Universidad de Cantabria, 2008, p.27.

MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual de señalización vial. Bogotá D.C.: INVIAS, 2015, p.24.

MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. Convenio interadministrativo 0587-03. Bogotá D.C.: INVIAS, 2006, pp. 5-34.

TRANSMODELER TRAFFIC SIMULATION SOFTWARE, Caliper, [En línea]. Disponible en: <http://www.caliper.com/Transmodeler/descripcion.htm> [citado 24 de abril de 2018]

ANEXOS

Ver Documentos adjuntos