

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN  
DE MOVILIDAD PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SECTOR “PLAZA  
SATÉLITE” UBICADO ENTRE LA CARRERA 33 CON CALLE 107 Y LA  
DIAGONAL 105, EN LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA Y  
FLORIDABLANCA, SANTANDER**



**KATHERINE CHAVES TAPIAS  
MAYRA ALEJANDRA SILVA RUEDA**

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

**2017**

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN  
DE MOVILIDAD PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SECTOR “PLAZA  
SATÉLITE” UBICADO ENTRE LA CARRERA 33 CON CALLE 107 Y LA  
DIAGONAL 105, EN LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA Y  
FLORIDABLANCA, SANTANDER**

**KATHERINE CHAVES TAPIAS  
MAYRA ALEJANDRA SILVA RUEDA**

*Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar por el título de*  
**INGENIERA CIVIL**

**Director**  
**CLAUDIA PATRICIA BAEZ TRUJILLO**  
**Ingeniera Civil**

**Codirector**  
**HERNÁN PORRAS DÍAZ**  
**Doctor Ingeniero en Telecomunicaciones**

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

**2017**

## DEDICATORIA

*A Dios, por la fuerza y sabiduría que me brindo a lo largo de este camino.  
A mis padres Jesús Chaves y Luz Dary Tapias por el amor, la comprensión y el apoyo incondicional. Son  
mi más grande motivación, espero que este triunfo sea el primero de muchos que les quiero dedicar.*

*A mi abuela Carmen Tapias, por consentirme y sus cuidados en esas largas noches de estudio.*

*A mi compañero de vida David Sierra, por su cariño, paciencia y apoyo incondicional que me brinda  
día a día para cumplir mis metas.*

*Ya cada una de las personas con las que he compartido a lo largo de este camino, gracias por los  
momentos disfrutados y las enseñanzas que me brindaron.*

**Katherine Chaves Tapias**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la vida, haberme bendecido con una familia como la que me dio, por brindarme salud, sabiduría y guiarme en cada paso que doy, por tantas bendiciones recibidas de parte de él y por fortalecer e iluminar mi mente para poder cumplir mis logros y sueños, por poner en mi camino a personas que sirvieron de apoyo y compañía durante el periodo de estudio.*

*A mi padre Benedicto Silva Plata que está en el cielo y a quien extraño, que, con su esfuerzo, apoyo incondicional y por sus sacrificios le debo mis éxitos presentes y futuros y a mi madre Luz Marina Rueda Aldana, que con tanto amor, dedicación, motivación y esfuerzo me apoyó y animó a culminar este proceso. A mi familia que gracias a ellos soy lo que soy ahora.*

***Mayra Alejandra Silva R.***

## **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores expresan sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este proyecto, en especial a:*

*Claudia Patricia Báez Trujillo, Ingeniera Civil, Directora de proyecto, por su colaboración, orientación y dedicación durante la ejecución del trabajo.*

*Ms.C. Yerly Fabián Martínez E., Ingeniero Civil, por su colaboración y orientación en la realización del presente proyecto.*

*El grupo de investigación GEOMÁTICA, Gestión y optimización de sistemas, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.*

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	16
1. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR EN ESTUDIO .....	17
1.1 ZONA DE INFLUENCIA.....	17
1.2 UBICACIÓN .....	18
1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MALLA VIAL.....	18
1.3.1 Principal infraestructura vial .....	19
1.3.2 Estado del pavimento .....	20
1.4 ÁREAS DE ACTIVIDAD Y USO DEL SUELO .....	21
1.5 POBLACIÓN .....	23
1.6 PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD .....	24
1.7 INVENTARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE .....	25
2. TOMA DE INFORMACIÓN EN CAMPO .....	26
2.1 ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE AFOROS VEHICULARES.....	27
2.2 APLICACIÓN DE ENCUESTAS.....	30
3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	31
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DEL TRANSPORTE .....	31
3.1.1 Estación 1: Carrera 33 - Diagonal 105.....	33
3.2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS.....	39

4.	SITUACION ACTUAL Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN .....	41
4.1	METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LA MICROSIMULACIÓN .....	41
4.2	MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	42
4.2.1	Trazado de la malla vial.....	42
4.2.2	Asignación de flujos de la red de simulación .....	43
4.2.3	Calibración de la red de simulación.....	43
4.3	DEFINICIÓN Y MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	44
4.3.1	Alternativa 1 .....	45
4.3.2	Alternativa 2 .....	47
4.3.3	Alternativa 3 .....	48
5.	RESULTADOS .....	49
5.1	DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS .....	50
5.2	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	51
5.3	IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	52
6.	CONCLUSIONES.....	55
7.	RECOMENDACIONES.....	56
	CITAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	59

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Sector Plaza Satélite, Zona de influencia.....	17
<b>Figura 2.</b> Ejes principales en estudio captado por dron. ....	18
<b>Figura 3.</b> Áreas de Actividad y Uso del Suelo de la zona de influencia.....	22
<b>Figura 4.</b> Puntos críticos de accidentalidad.....	25
<b>Figura 5.</b> Codificación Movimientos viales norma RILSA.....	27
<b>Figura 6.</b> Localización de estaciones de aforos vehiculares captado por dron. ...	29
<b>Figura 7.</b> Distribución horaria de los vehículos en el sector. ....	31
<b>Figura 8.</b> Distribución modal en el sector. ....	32
<b>Figura 9.</b> Ubicación por giros – Estación 1.....	33
<b>Figura 10.</b> Distribución horaria de flujos vehiculares – Estación 1. ....	34
<b>Figura 11.</b> Distribución modal- Estación 1.....	34
<b>Figura 12.</b> Ubicación por giros, Estación 2.....	35
<b>Figura 13.</b> Distribución horaria de flujos vehiculares – Estación 2. ....	36
<b>Figura 14.</b> Distribución modal- Estación 2.....	36
<b>Figura 15.</b> Ubicación por giros, Estación 3.....	37
<b>Figura 16.</b> Distribución horaria de flujos vehiculares -Estación 3. ....	38
<b>Figura 17.</b> Distribución modal- Estación 3.....	38
<b>Figura 18.</b> Medio de transporte en que se dirige a la Plaza Satélite. ....	39
<b>Figura 19.</b> Medio de transporte en que se desplaza. ....	40
<b>Figura 20.</b> Medio de transporte en que se dirige a la Plaza Satélite. ....	40
<b>Figura 21.</b> Trazado malla vial, situación actual software TransModeler.....	42
<b>Figura 22.</b> Trazado malla vial, alternativa 1, software TransModeler. ....	46
<b>Figura 23.</b> Trazado malla vial, alternativa 2, software TransModeler. ....	47
<b>Figura 24.</b> Trazado malla vial, alternativa 2, software TransModeler. ....	49
<b>Figura 25.</b> Figura 25 Situación actual vs Alternativa 3. ....	51
<b>Figura 26.</b> Conexión Cra. 33 con Diag. 105, propuesto. ....	53

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1 .</b> Componentes del Perfil vial actual. ....	19
<b>Tabla 2.</b> Perfil vial proyectado. ....	20
<b>Tabla 3.</b> Deterioro de la infraestructura vial. ....	21
<b>Tabla 4.</b> Áreas de Actividad, Municipio Bucaramanga. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Áreas de Actividad, Municipio de Floridablanca. ....	22
<b>Tabla 6.</b> Crecimiento anual. ....	23
<b>Tabla 7.</b> Rutas de transporte público en el sector. ....	26
<b>Tabla 8.</b> Factor de equivalencia. ....	28
<b>Tabla 9.</b> Intersección 1 Cr. 33- Diag. 105. ....	29
<b>Tabla 10.</b> Intersección 2 Cr.33 – Calle 107. ....	29
<b>Tabla 11.</b> Intersección 3 Diag. 105- Cl. 107A. ....	30
<b>Tabla 12.</b> Tamaño de la población y número de encuestas. ....	31
<b>Tabla 13.</b> Vehículos equivalentes por día. ....	32
<b>Tabla 14.</b> Resultado de calibración. ....	44
<b>Tabla 15.</b> Resultados de la situación actual. ....	44
<b>Tabla 16.</b> Resultados de la alternativa 1. ....	46
<b>Tabla 17.</b> Tiempos semafóricos intersecciones. ....	47
<b>Tabla 18.</b> Resultados de la alternativa 2. ....	48
<b>Tabla 19.</b> Resultados de la alternativa 3. ....	49
<b>Tabla 20.</b> Comparación general modelos de microsimulación. ....	50
<b>Tabla 21.</b> Comparación general con NDS. ....	50
<b>Tabla 22.</b> Comparación situación actual vs Alternativa 3. ....	52
<b>Tabla 23.</b> Criterio de diseño de glorietas. ....	53

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO A.** Inventario de la infraestructura vial zona de influencia Plaza Satélite.

**ANEXO B.** Alteraciones en la carpeta asfáltica e inventario de señalización.

**ANEXO C.** Ejes viales principales.

**ANEXO D.** Deterioro de la infraestructura vial del sector “Plaza Satélite”.

**ANEXO E.** Locales comerciales al año 2016.

**ANEXO F.** Población al año 2016.

**ANEXO G.** Puntos críticos de accidentalidad en la zona de influencia.

**ANEXO H.** Conteos 2010.

**ANEXO I.** Conteos actualizados.

**ANEXO J.** Tamaño de muestra y encuestas.

**ANEXO K.** Matriz O-D modelos microsimulación.

**ANEXO L.** Calibración modelo actual.

**ANEXO M.** Tiempos semafóricos A2.

**ANEXO N.** Tablas de resultados.

**NOTA:** Los archivos pertenecientes a anexos se encuentran en la carpeta adjunta.

## RESUMEN

**TITULO:** DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN DE MOVILIDAD PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SECTOR “PLAZA SATÉLITE” UBICADO ENTRE LA CARRERA 33 CON CALLE 107 Y LA DIAGONAL 105, EN LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA Y FLORIDABLANCA, SANTANDER.\*

**AUTORES:** KATHERINE CHAVES TAPIAS  
MAYRA ALEJANDRA SILVA RUEDA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Alternativas, Movilidad, Diagnóstico, Problemas, Transmodeler, Plaza satélite.

Esta investigación presenta el diagnóstico de la situación actual de la zona de influencia del sector Plaza Satélite, ubicada entre la carrera 33 con calle 107 y diagonal 105 en los municipios de Bucaramanga y Floridablanca, en el departamento de Santander. Mediante la recolección de información en campo a través de la caracterización de la zona se define las áreas de actividad y uso del suelo, deterioro del pavimento e inventario de la señalización vial y puntos críticos de accidentalidad, como también actualización de conteos, aplicación de encuestas de percepción de la movilidad y revisión de información secundaria, logrando identificar diferentes problemáticas de movilidad que se presentan actualmente en el sector Plaza satélite. Se proponen tres alternativas de solución para mitigar los principales problemas de tránsito y transporte que presenta la zona actualmente, comparando cada uno de los escenarios propuestos con el escenario de la situación actual a partir de parámetros como el tiempo de parada, número de paradas, tiempo de viaje, demoras y nivel de servicio, características obtenidas como resultado de modelos de microsimulación realizados en el software de transporte TransModeler, usados con el fin de seleccionar la alternativa que evidencie mayor beneficio en la movilidad de la zona.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director: Claudia Patricia Báez Trujillo, Ingeniera Civil. Codirector: Hernán Porras Díaz, Doctor Ingeniero en Telecomunicaciones

## ABSTRACT

**TITLE:** DIAGNOSIS OF THE CURRENT SITUATION AND PROPOSED SOLUTION OF MOBILITY FOR THE AREA OF INFLUENCE OF THE SECTOR "PLAZA SATELITE" LOCATED BETWEEN THE 33 AND 107 STREET AND DIAGONAL 105, IN THE MUNICIPALITIES OF BUCARAMANGA AND FLORIDABLANCA, SANTANDER.\*

**AUTHORS:** KATHERINE CHAVES TAPIAS  
MAYRA ALEJANDRA SILVA RUEDA\*\*

**KEY WORDS:** Alternatives, Mobility, Diagnosis, Problems, Transmodeler, Plaza Satélite.

This research presents the diagnosis of the current situation of the area of influence of the Plaza Satélite sector, located between the 33 and 107 street and diagonal 105 in the municipalities of Bucaramanga and Floridablanca, in the department of Santander. Through the collection of information in the field, by the characterization of the zone defines the areas of activity and land use, deterioration of pavement and inventory of road signs and critical points of accident, as well as updating counts, application of surveys of perception of the mobility and secondary information review, achieving to identify different problems of mobility that are currently present at the Plaza Satellite sector. Three alternative solutions are proposed to mitigate the main problems of transit and transport that the area currently presents, comparing each of the scenarios proposed with the scenario of the current situation based on parameters such as stopping time, number of stops, traveling time, delays and service level, characteristics obtained as a result of microsimulation models carried out in the TransModeler transport software, used to select the alternative that shows the greatest benefit in the mobility of the area.

---

\* Graduation project

\*\* Physical-civil engineering faculty. Civil engineering department. Director: Claudia Patricia Báez Trujillo, Civil engineering. Codirector: Hernán Porras Díaz, Ph.D engineering of Telecommunications

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el crecimiento económico, social y demográfico en el Área Metropolitana de Bucaramanga, ha traído como consecuencia el incremento en la demanda de transporte, provocando aumento en la congestión, demoras en los tiempos de viaje e incremento en la accidentalidad. Debido a estos problemas las ciudades se han visto obligadas a plantear soluciones enfocadas hacia el mejoramiento de la infraestructura vial, ayudando a mitigar el impacto negativo que se produce en la movilidad [1].

Es así como este proyecto de investigación surge de la necesidad de planificar y organizar la movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga, específicamente en cercanías de la Plaza Satélite, ubicada al sur de la ciudad de Bucaramanga en el límite con el municipio de Floridablanca. Por tanto, se proponen tres alternativas para mitigar los impactos de movilidad en el sector, por medio de la caracterización de la situación actual, mediante la recolección y análisis de la información primaria y secundaria, identificando las problemáticas que se presentan en las principales intersecciones de la zona, y finalmente establecer la alternativa que evidencie mejor desempeño.

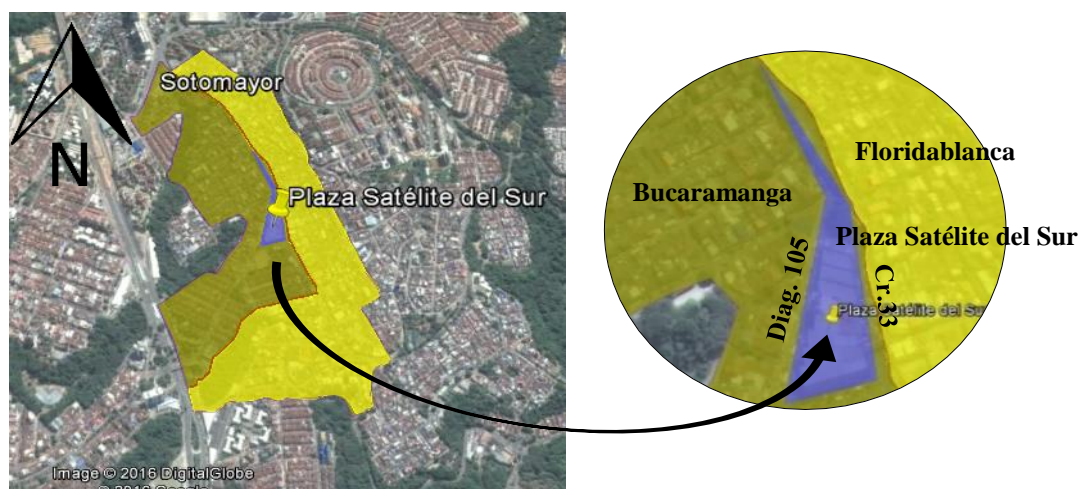
## 1. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR EN ESTUDIO

La caracterización del sector en estudio se realizó con base en un levantamiento aéreo y de campo de la zona, a través del cual se definió la zona de influencia, y se identificó su ubicación, las características de la malla vial, las áreas de actividad y uso del suelo, la población, los puntos críticos de accidentalidad e inventario de las rutas de transporte del sector.

### 1.1 ZONA DE INFLUENCIA

El área de influencia se determinó con base al reconocimiento previo del sector en estudio, en donde se definió el área comprendida entre en el municipio de Floridablanca al oriente por la carrera 34 hasta la calle 111 y en el municipio de Bucaramanga al occidente por la carrera 31 pasando por la diagonal 105 hasta llegar a la transversal 28 y en sentido N-S desde el puente de la calle 93 hasta donde comienza la transversal 112, (ver Figura 1).

**Figura 1.** Sector Plaza Satélite, Zona de influencia.



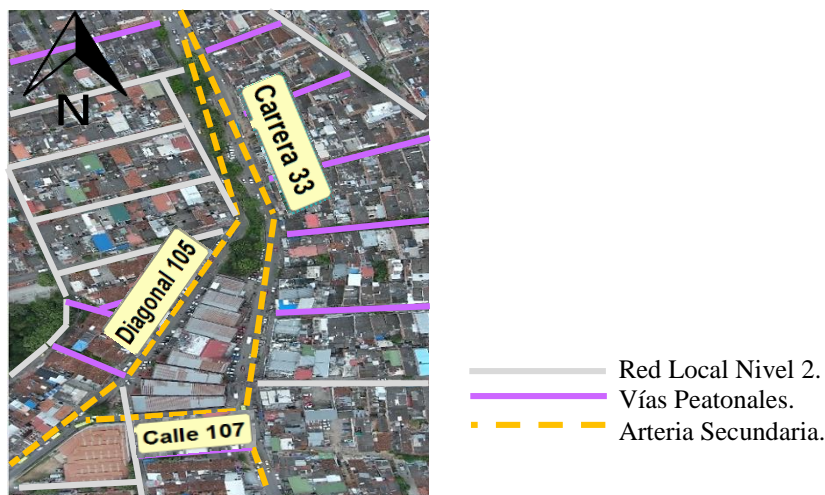
## 1.2 UBICACIÓN

El sector en estudio se encuentra localizado en el límite entre los municipios de Bucaramanga y Floridablanca - departamento de Santander, área comprendida entre la comuna No. 9 La Pedregosa y la comuna No. 4 Caldas pertenecientes a los municipios anteriormente descritos. Las vías que comprenden el sector son Carrera 33, Diagonal 105 y Calle 107, dentro de los cuales se encuentra ubicado el establecimiento Plaza Satélite del Sur, conectando al norte con el puente cacique, al occidente con el puente Provenza, al sur con el CAI Niza, y al oriente con la transversal oriental.

## 1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MALLA VIAL

En la malla vial existen tres arterias secundarias definidas según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Bucaramanga como son carrera 33, diagonal 105 y calle 107; las demás vías que comprenden la zona de influencia corresponden a vías locales nivel 2, las cuales permiten el tránsito de vehículos de toda el Área Metropolitana de Bucaramanga (ver Figura 2).

**Figura 2.** Ejes principales en estudio captado por dron.



Para caracterizar el área en estudio se llevó a cabo una inspección visual en campo, logrando identificar las configuraciones geométricas de las intersecciones, determinando el número de calzadas, el ancho de los carriles, los sentidos viales; además del estado de la señalización vial y la clasificación según el POT de cada municipio, con el fin de conocer las condiciones geométricas actuales de la misma; todo lo anteriormente descrito se encuentra en el inventario de la infraestructura vial, (ver anexo A).

Por otro lado, la señalización vertical y horizontal (señal de pare, prohibido parquear, cebras, reductores de velocidad, parada de bus) no se encuentran en su totalidad en buen estado y asimismo hay lugares que faltan por demarcar (ver anexo B).

**1.3.1 Principal infraestructura vial** Mediante la inspección visual realizada en campo, se identifica las configuraciones geométricas actuales de las vías principales que conforman al sector de la Plaza Satélite, como son Carrera 33, Diagonal 105 y Calle 107, las cuales no cuentan con la estructura peatonal requerida según lo contempla el POT del municipio de Bucaramanga el cual establece un ancho mínimo obligatorio para áreas de actividad comercial y de servicios de tres metros (3 m), (ver anexo C), en la tabla 1 se observan los componentes del perfil vial actual.

**Tabla 1 .** Componentes del Perfil vial actual.

No	Eje vial	Ancho calzada (m)	No. carril	Estado del pavimento	Estado demarcación	Estado estructura peatonal
1	Cr. 33	± 6.5	2	Flexible	Regular	Malo
2	Cl. 107	5.7	2	Flexible	Bueno	Regular
3	Diag. 105	7	2	Flexible	Regular	Regular

En la tabla 2 se muestran las características de cada uno de los perfiles proyectado por el POT del municipio de Bucaramanga.

**Tabla 2.** Perfil vial proyectado.


<b>PERFIL VIAL PROYECTADO</b>			
<b>PERFIL</b>	Perfil 28.00 A	Perfil 12.00 B	Perfil 12.00 A
<b>Eje vial</b>	<b>Cr. 33</b>	<b>Diag. 105</b>	<b>Cl. 107</b>
<b>Ancho calzada (m)</b>	7	8	8
<b>N. de carril</b>	2	2	2
<b>N. de calzadas</b>	2	1	1
<b>Separador (m)</b>	2	-	-
<b>Franja de circulación (m)</b>	2	2	2
<b>Franja ambiental (m)</b>	1.5	-	-
<b>Cicloruta (m)</b>	2.6	-	-
<b>Clasificación según POT</b>	Metropolitana secundaria	Metropolitana secundaria	Metropolitana secundaria

Fuente: Tomada de perfiles viales, POT, Municipio de Bucaramanga 2014-2027.

**1.3.2 Estado del pavimento** La zona de influencia actualmente se ve afectada por el deterioro en gran parte de su infraestructura vial, debido a esto se realizó un registro fotográfico en campo y se observó que en algunos sectores las vías presentan deterioros como: agrietamiento, baches y parches en asfalto, según lo indica el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles esto es debido a la desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares, lo cual lleva al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito [4].

En la tabla 3 se describe el estado en el que se encuentra la calle 100, evidenciando deterioro en su infraestructura, los demás registros se encuentran en el inventario de deterioro de la infraestructura vial (Ver anexo D).

**Tabla 3.** Deterioro de la infraestructura vial.

<b>Calle 100 – Diagonal 33</b>	
	<b>Observaciones</b>
	<p>En esta intersección el pavimento rígido presenta grietas de esquina, parche en asfalto, fisuras longitudinales y transversales, baches.</p>

#### 1.4 ÁREAS DE ACTIVIDAD Y USO DEL SUELO

Las áreas de actividad delimitan las zonas en los suelos urbanos y de expansión urbana [5]. En la tabla 4 y tabla 5 Según el POT de los municipios de Bucaramanga y Floridablanca se determina las diferentes áreas de actividad y uso del suelo para la zona de influencia.

**Tabla 4.** Áreas de Actividad, Municipio Bucaramanga.

<b>Residencial</b>	R-1	Residencial Neta
	R-2	Residencial con comercio y servicio localizado
	R-4	Residencial con actividad económica
<b>Comercio y Servicios</b>	C-2	Comercial y de servicios livianos y al por menor
<b>Dotacional</b>	D	Dotacional

Fuente: Tomada de Áreas de Actividad y uso del suelo, POT, Municipio de Bucaramanga.

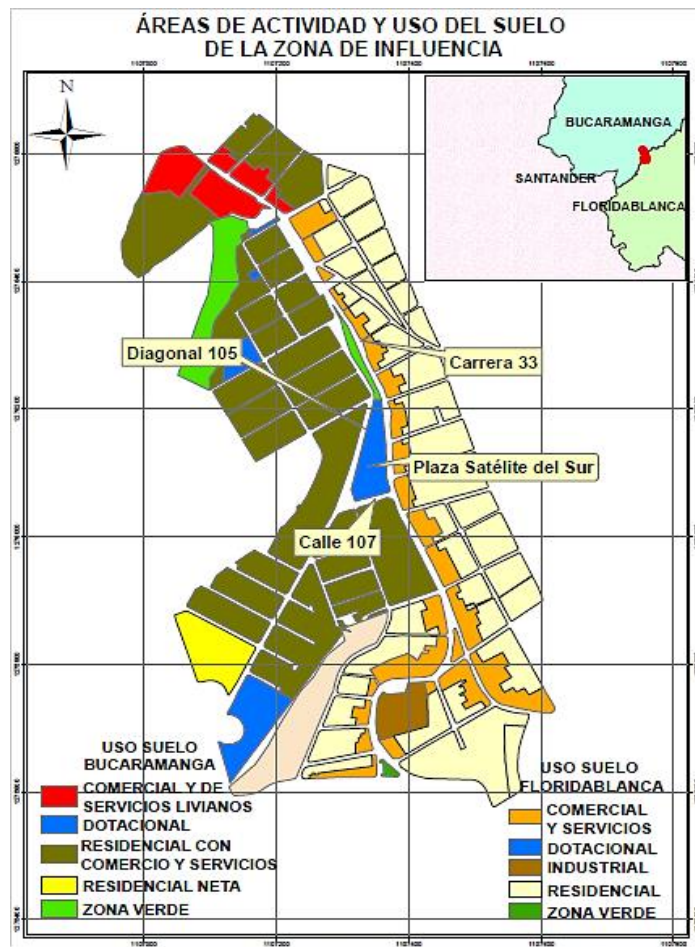
**Tabla 5.** Áreas de Actividad, Municipio de Floridablanca.

<b>Uso del suelo urbano</b>	Residencial
	Comercial y servicios

Fuente: Tomada de Áreas de Actividad y Uso del Suelo, POT, Municipio de Floridablanca.

En la Figura 3 se muestran las áreas de actividad y uso del suelo definido para la zona en estudio.

**Figura 3.** Áreas de Actividad y Uso del Suelo de la zona de influencia.



Se identificó que la actividad económica que prevalece en la zona de influencia es la residencial con comercio y servicios y comercio y servicios, lo que se ve reflejado en un gran número de locales comerciales como supermercados, tiendas, ferreterías, almacenes de ropa y calzado, droguerías, restaurantes, mercados campesinos, entre otros, que en total suman 438 para el municipio de Bucaramanga y 238 para Floridablanca (ver Anexo E).

## 1.5 POBLACIÓN

El tamaño de la población del área en estudio se determinó mediante la base de datos pública del DANE, discriminada por manzanas del último censo realizado en el año 2005; con esta información se identificaron las manzanas intervenidas por la zona de influencia, obteniendo así el total de habitantes al año 2005 en el área de estudio. En la tabla 6 se encuentra la proyección anual de la población para los municipios de Bucaramanga y Floridablanca según el DANE.

**Tabla 6.** Crecimiento anual.

<b>Crecimiento Anual %</b>	
Bucaramanga	Floridablanca
0.74	1.8

Fuente: Tomada de base de datos DANE.

Al obtener la población al año 2005 y la tasa del crecimiento anual, se calcula la población futura al año 2016 por medio de la ecuación (1).

$$P_f = P_i(1 + \iota)^n \quad (1)$$

$P_f$ = Población futura

$P_i$ = Población inicial

$i$ = Tasa de crecimiento anual

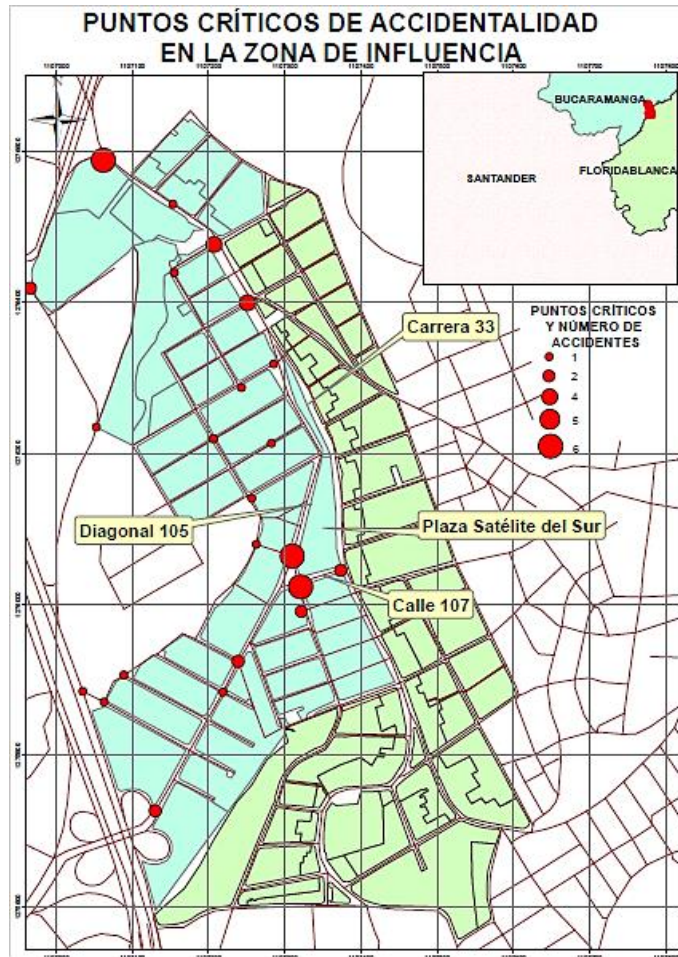
$n$ = Número de años en consideración

Donde se obtuvo 5725 habitantes correspondiente al municipio de Bucaramanga y 9161 habitantes al municipio de Floridablanca, para un total de 14886 habitantes para la zona de influencia.

## **1.6 PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD**

Según registros de la Dirección de Tránsito y transporte y con base a la espacialización realizada por parte del grupo de investigación Geomática de la Escuela de Ingeniería Civil, se definen los puntos críticos de accidentalidad en el municipio de Bucaramanga para el año 2015 en tramos aledaños a la Plaza Satélite del Sur. En las intersecciones de la Carrera 33 con calle 94, Carrera 32 con Calle 107 y Diagonal 105 con Transversal 30B, se presentan el mayor número de accidentes, como se muestra en la Figura 4 (ver anexo G).

**Figura 4.** Puntos críticos de accidentalidad.



## 1.7 INVENTARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE

Según el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), actualmente, el servicio de transporte público es prestado por diferentes modalidades como son el sistema integrado de transporte masivo (SITM) Metrolínea que cuenta con 29 rutas mediante líneas troncales y alimentadoras y el servicio de transporte público colectivo complementario por medio de 12 empresas con 49 rutas distribuidos entre buses, busetas y microbuses.

Para el sector en estudio el sistema de transporte público es prestado por 19 rutas de las cuales 15 pertenecen al sistema de transporte público colectivo complementario y cuatro al (SITM) Metrolínea. En la tabla 7 se muestra las diferentes rutas en sus respectivos recorridos.

**Tabla 7.** Rutas de transporte público en el sector.

<b>EMPRESA</b>	<b>RUTA</b>	<b>SENTIDO</b>	<b>CORREDOR VIAL</b>
Unitransa S.A.	14	N-S	Cr. 33
Transcolombia S.A.	33	S-N	
Cotrander Ltda.	17	N-OCC OCC-N	Cl. 107 Diag. 105
Lusitania S.A.	27	N-S	Cr. 33
	28	S-N	
Villa de San Carlos S.A.	50	N-S	Cr. 33
Villa de San Juan S.A.		S-N	
Transpiedecuesta S.A.	50	N-S	Cr. 33
	51	S-N	
San Juan S.A.	44	S-OCC OCC-S	Cl. 107
	AP1		
	AP2	N-S	Cr. 33
Metrolínea	AP12	N-OCC	
	P1	OCC-S	Cl. 107

Fuente: Tomada de la entidad Área Metropolitana de Bucaramanga.

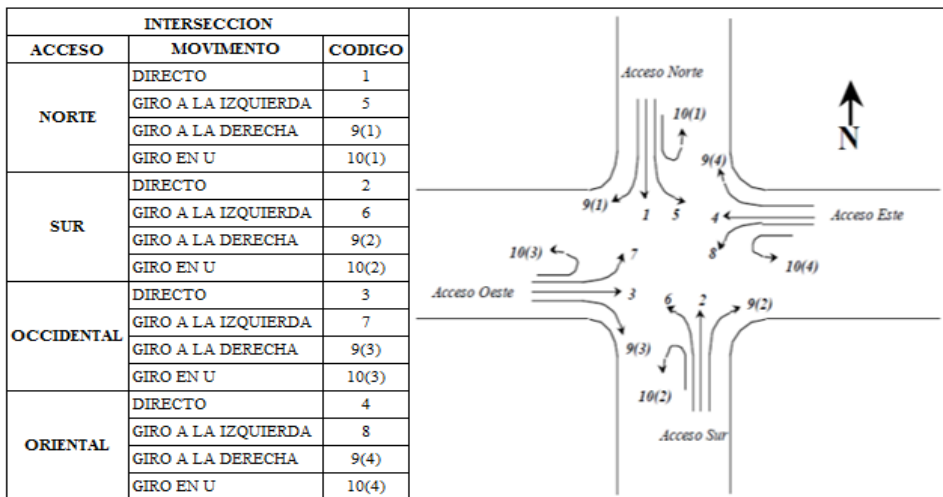
## **2. TOMA DE INFORMACIÓN EN CAMPO**

Se llevaron a cabo actividades de campo como la actualización de conteos y aplicación de encuestas para la recolección de información relacionada con la movilidad del sector en estudio.

## 2.1 ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE AFOROS VEHICULARES

La toma de datos en campo se determinó mediante el análisis de la información proporcionada por el grupo de investigación Geomática de la Escuela de Ingeniería Civil, la cual contiene tres intersecciones aforadas el día 23 de febrero del año 2010 con diez giros identificados para un día típico en el sector de la Plaza Satélite, (ver anexo H). Con base en la información, se codificaron los giros respecto a la normal RILSA (ver Figura 5) y se procedió a realizar el análisis para conocer los volúmenes vehiculares en cada giro y establecer los tres picos correspondientes a las horas más cargadas del día, para lo cual, es necesario convertir el flujo de vehículos mixtos a vehículos equivalentes, lo que permite expresar el espacio ocupado por unidad de transporte de cada modo (bus, camión, moto, etc.) como un vehículo liviano de pasajeros [6]; los factores de equivalencia se tomaron de acuerdo a lo señalado en el Plan Maestro de Movilidad del municipio de Bucaramanga. Obteniendo los intervalos de 6:45 a 7:45 am, 11:45 a 12:45 pm y de 6:30 a 7:30 pm, (Ver anexo H).

**Figura 5.** Codificación Movimientos viales norma RILSA.



Fuente: Manual de señalización.

En la tabla 8 se muestra los factores de equivalencia para cada modo de transporte.

**Tabla 8.** Factor de equivalencia.

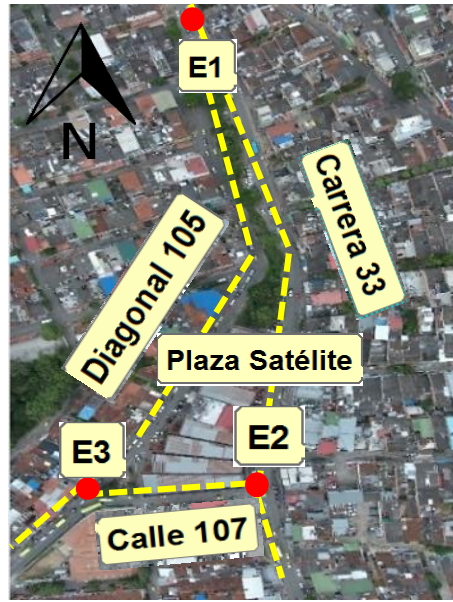
<b>Modo</b>	<b>Factor de Equivalencia</b>
BICICLETA	0.3
MOTO	0.5
LIVIANO	1
BUS	2
CAMION	2.5

Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga.

Debido a que la información proporcionada es muy antigua, como parte de la investigación se realiza la actualización de los giros aforados en el año 2010, para determinar el tránsito vehicular en este sector al año 2016.

La actualización consistió en aforar las tres intersecciones en un día típico (jueves) y otro atípico (sábado). La toma de información se realizó los días jueves 17 y sábado 19 de noviembre de 2016 en las estaciones: Carrera 33 con Calle 107, Carrera 33 con Diagonal 105 y Diagonal 105 con Calle 107A (ver Figura 6), mediante la grabación de una hora de video en los intervalos más cargados durante el día, definidos anteriormente.

**Figura 6.** Localización de estaciones de aforos vehiculares captado por dron.



Luego de recolectar la información correspondiente a las estaciones de aforo, se procede a comparar la información tomada del día típico 17 de noviembre de 2016 con la información del año 2010, para así hallar el porcentaje de crecimiento por giro al año 2016 con el fin de actualizar el conteo vehicular del sector (ver anexo I). Los resultados de la actualización por intersección se muestran a continuación:

**Tabla 9.** Intersección 1 Cr. 33- Diag. 105.

Estación 1	Año	Liviano	Bus	Total Camión	Moto	Mixto	Total Equivalencia
	2010	10661	1490	416	9133	21700	19248
2016	23420	2870	883	28553	55726	45643	

**Tabla 10.** Intersección 2 Cr.33 – Calle 107.

Estación 2	Año	Liviano	Bus	Total Camión	Moto	Mixto	Total Equivalencia
	2010	3167	1124	276	2681	7248	7446
2016	5835	1148	553	8820	16356	13923	

**Tabla 11.** Intersección 3 Diag. 105- Cl. 107A.

<b>Estación 3</b>	<b>Año</b>	<b>Liviano</b>	<b>Bus</b>	<b>Total Camión</b>	<b>Moto</b>	<b>Mixto</b>	<b>Total Equivalencia</b>
	2010	1807	656	185	1959	4607	4561
	2016	9009	773	279	25021	35082	23763

## **2.2 APLICACIÓN DE ENCUESTAS**

Con el fin de conocer la movilidad en el sector de la Plaza Satélite, se realizaron encuestas de percepción de la movilidad, definiendo tres categorías para su aplicación: compradores, vendedores y transportadores (ver anexo J), el trabajo en campo se llevó a cabo desde el día 4 al 11 de diciembre de 2016.

Se define el tamaño de la muestra con base a la población calculada del sector en estudio, por medio de la ecuación (2) cálculo del tamaño de una muestra finita.

$$n = \frac{N * Z^2 * P * (1 - P)}{(N - 1) * e^2 + P * (1 - P) * Z^2} \quad (2)$$

$n$ = Tamaño de la muestra

$N$ = Tamaño de la población

$P$ = Probabilidad de ocurrencia

$e$ = Margen de error máximo aceptado

$Z$ = Nivel de confianza, típico 95%  $Z=1.96$

Los valores utilizados son: probabilidad de ocurrencia, generalmente del 50%, el margen de error se asume del 8% y el nivel de confianza del 95%; calculando así, el tamaño total de la muestra donde finalmente se obtuvo 422 encuestas. Como se ilustra en la tabla 12.

**Tabla 12.** Tamaño de la población y número de encuestas.

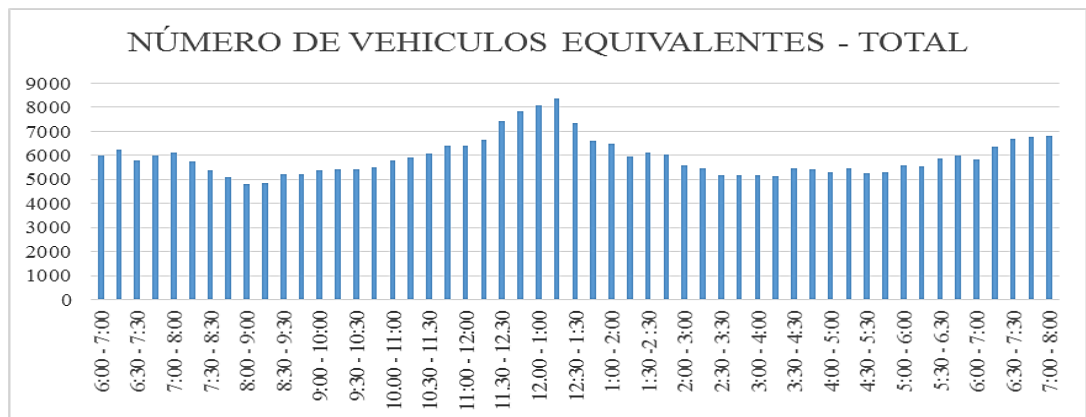
Encuesta	Dirigido a:	Población en estudio	Tamaño de la muestra
1	Compradores	Total poblacion zona de influencia	149
2	Vendedores	No. de locales comerciales aledaños a la zona de influencia	123
3	Vehiculos que transitan por el sector	Vehiculos que transitan en el horario de 6:00 am- 8:00 pm	150

### 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DEL TRANSPORTE

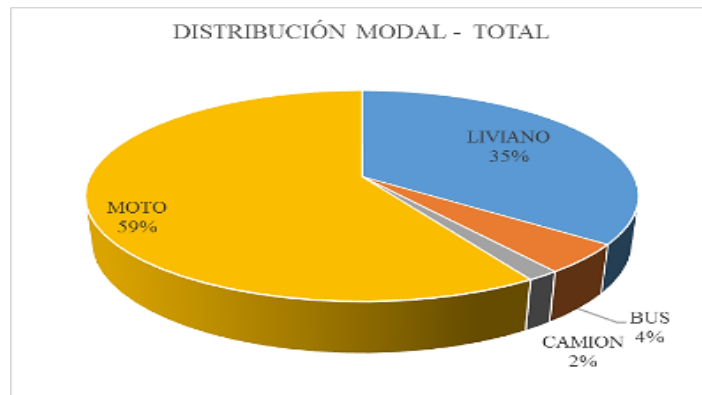
A partir de la actualización de los aforos vehiculares se determinó la distribución temporal de los flujos en el sector, donde se determinaron tres picos de intensidad a lo largo del día en los volúmenes del tráfico, presentándose el mayor de ellos en el periodo comprendido entre las 12:15 m y 1:15 pm, seguido de la hora entre las 7:00 y 8:00 pm y finalmente de 6:15 y 7:15 am (ver Figura 7). En base a la distribución horaria de los flujos vehiculares se determinó como hora pico para el sector en estudio el periodo comprendido entre las 12:15 y 1:15 pm.

**Figura 7.** Distribución horaria de los vehículos en el sector.



En la distribución modal se puede observar que los viajes en motocicletas son el 59% del total del tráfico en el sector, seguido de los viajes en vehículo liviano (automóviles, particulares y taxis) con 35%, bus con 4% y camión con 2%, por lo que se puede observar una clara preferencia de los usuarios al uso de las motocicletas (ver Figura 8).

**Figura 8.** Distribución modal en el sector.



Se comparó la información proveniente de cada una de las estaciones aforadas, con el fin de identificar la intersección más cargada a lo largo del día. Se logra evidenciar que el mayor flujo vehicular en el sector de la Plaza Satélite se presenta en la Carrera 33 con Diagonal 105 con una demanda de 45643 vehículos equivalentes por día. En la tabla 13 se evidencia lo anteriormente descrito.

**Tabla 13.** Vehículos equivalentes por día.

VEHÍCULOS EQUIVALENTES		
Intersección 1	45.643	Veh/día
Intersección 2	13.923	Veh/día
Intersección 3	23.763	Veh/día

A continuación, se realiza un análisis para cada una de las estaciones de conteo, presentando la distribución de flujos, la repartición modal y la problemática actual en cada intersección.

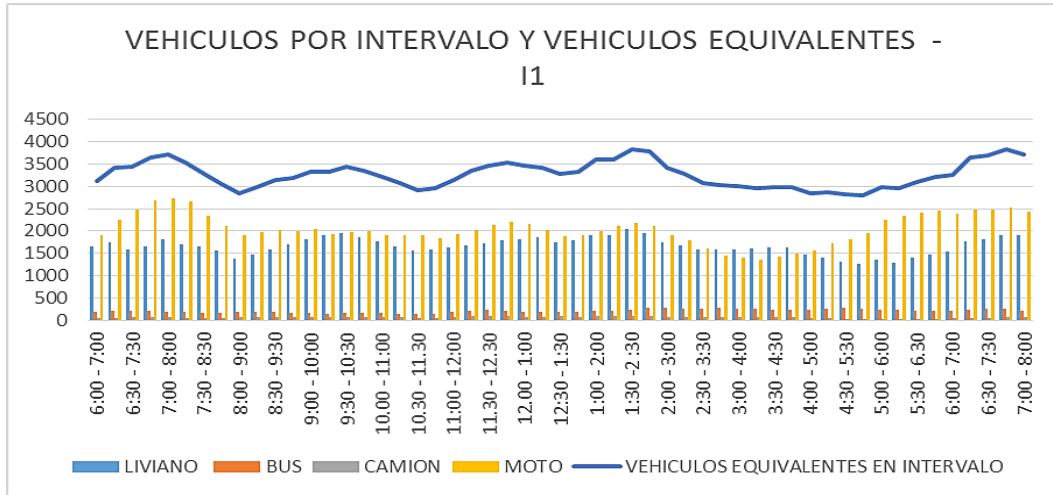
**3.1.1 Estación 1: Carrera 33 - Diagonal 105** Actualmente esta intersección presenta gran afluencia de vehículos motorizados, se evidencia falta de señalización horizontal y vertical vehicular y peatonal, ocasionando imprudencia de los conductores y peatones al momento de realizar el cruce. Asimismo, se presenta estacionamiento sobre la calzada afectando esto a la movilidad. Los movimientos aforados en esta intersección se presentan en la Figura 9.

**Figura 9.** Ubicación por giros – Estación 1.



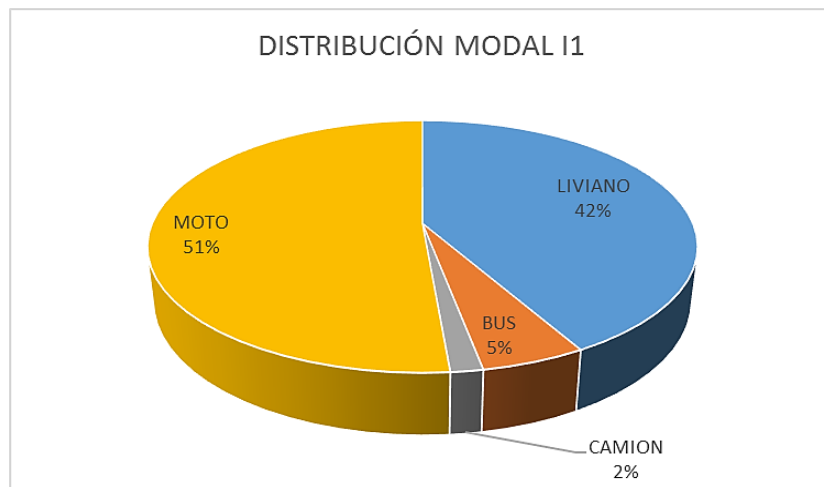
En la Figura 10 se presenta la distribución horaria de flujos vehiculares según modo de transporte en donde se evidencia que la mayor actividad de flujo vehicular se presenta entre las 1:30 pm y las 2:30 pm.

**Figura 10.** Distribución horaria de flujos vehiculares – Estación 1.



En la Figura 11 el gráfico de distribución modal pretende mostrar la distribución de viajes en la zona por modo de transporte donde se encuentra una mayor afluencia de motos con el 51% del total de vehículos equivalentes que circulan por esta intersección.

**Figura 11.** Distribución modal- Estación 1.



**3.1.2 Estación 2: Carrera 33 - Calle 107** Actualmente esta intersección presenta estacionamiento inadecuado a lado y lado de la vía por parte de vehículos privados,

de carga y descargue y motocicletas, tanto del servicio de la plaza como de los supermercados, ferreterías y mercados campesinos de la zona, generando congestión, y desorden del tránsito por este sector, además de la poca señalización vial y peatonal.

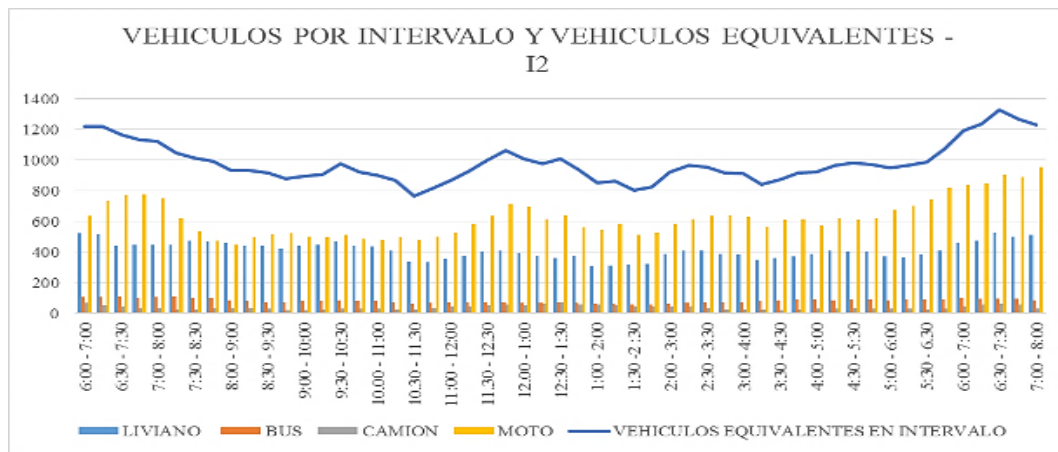
En esta zona frecuentan diariamente comerciantes y/o vendedores informales no vinculados al servicio de la plaza que invaden la zona de circulación tanto peatonal como vehicular. Los movimientos aforados en esta intersección se presentan en la Figura 12.

**Figura 12.** Ubicación por giros, Estación 2.



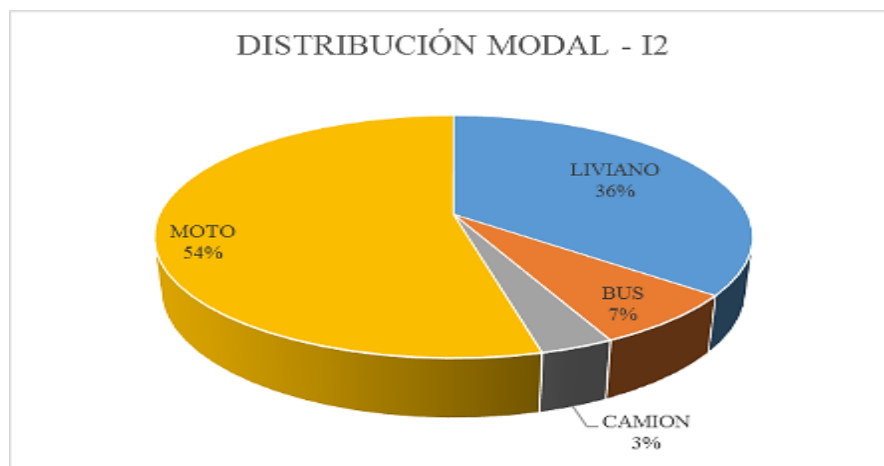
En la Figura 13 se presenta la distribución horaria de flujos vehiculares según modo de transporte en donde se evidencia que la mayor actividad de flujo vehicular se presenta entre las 6:30 pm y las 2:30 pm.

**Figura 13.** Distribución horaria de flujos vehiculares – Estación 2.



En la Figura 14 El gráfico de distribución modal pretende mostrar la distribución de viajes en la zona por modo de transporte donde se encuentra una mayor afluencia de motos con el 54% del total de vehículos equivalentes que circulan por esta intersección.

**Figura 14.** Distribución modal- Estación 2.



**3.1.3 Estación 3: Diagonal 105- Calle 107A** Actualmente está intersección, presenta flujo vehicular muy lento, debido a reductores de velocidad localizados en

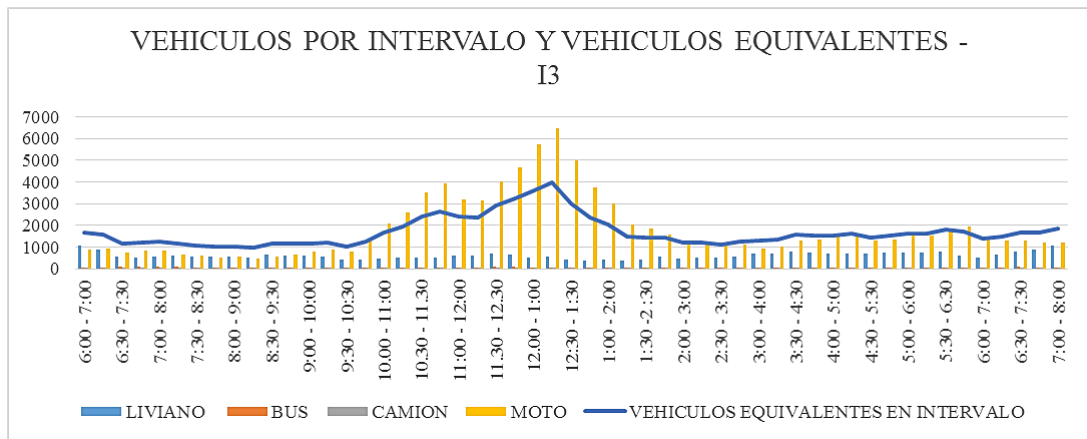
la Diagonal 105 con Transversal 29A, generando trancón en el sentido N-OCC llegando la cola de vehículos hasta la calle 105. Además de la poca señalización vial y peatonal. Los movimientos aforados en esta intersección se presentan en la Figura 15.

**Figura 15.** Ubicación por giros, Estación 3.



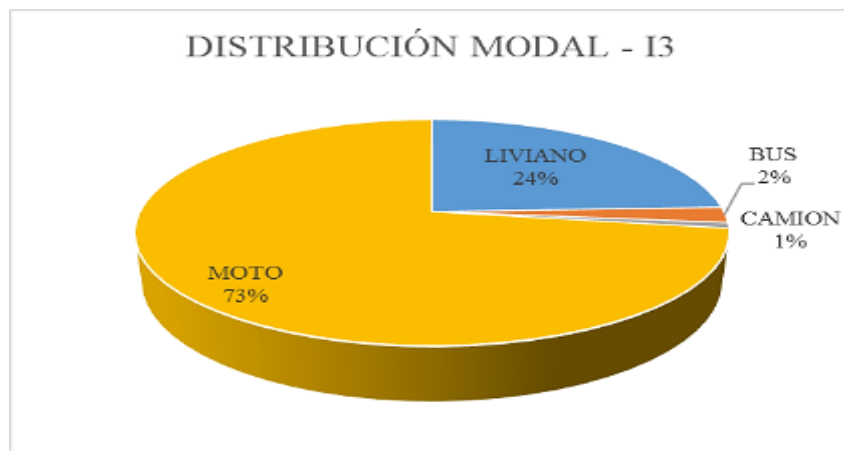
En la Figura 16 se presenta la distribución horaria de flujos vehiculares según modo de transporte en donde se evidencia que la mayor actividad de flujo vehicular se presenta entre las 12:15 pm y las 1:15 pm.

**Figura 16.** Distribución horaria de flujos vehiculares -Estación 3.



En la Figura 17 El gráfico de distribución modal pretende mostrar la distribución de viajes en la zona por modo de transporte donde se encuentra una mayor afluencia de motos con el 73% del total de vehículos equivalentes que circulan por esta intersección.

**Figura 17.** Distribución modal- Estación 3.

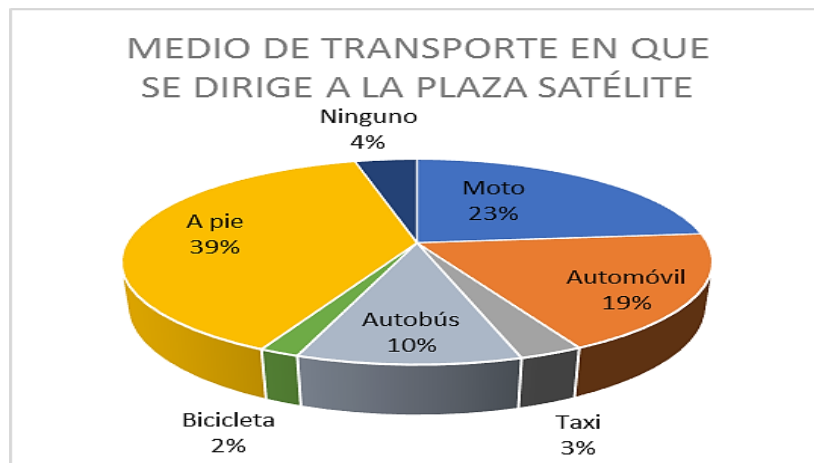


### 3.2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas dirigidas a compradores, vendedores y transportadores. Dentro de la población encuestada se encuentran 253 hombres y 169 mujeres. Se encontró que el 36 % tiene entre 21 a 35 años seguido por un 22% en el rango de 36 a 45 años, siendo la mayor parte de los encuestados residentes del municipio de Bucaramanga.

En las encuestas dirigidas a compradores y vendedores, se evidenció que el medio de transporte más utilizado para desplazarse desde sus hogares al sector de la Plaza Satélite es caminando con un 39 % (ver Figura 18), logrando evidenciar que la problemática de movilidad que enfrenta el sector no es exclusiva a la actividad comercial que se desarrolla en la zona.

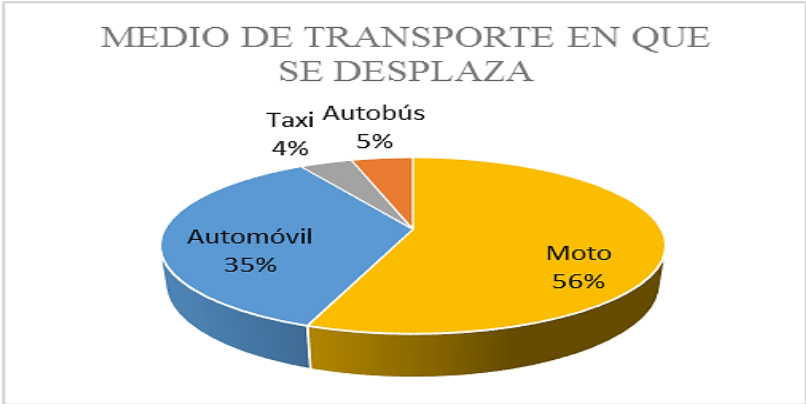
**Figura 18.** Medio de transporte en que se dirige a la Plaza Satélite.



Por otra parte, el análisis realizado a los transportadores que transitan por el sector evidencio que el medio de transporte más usado es la motocicleta con un 56% de

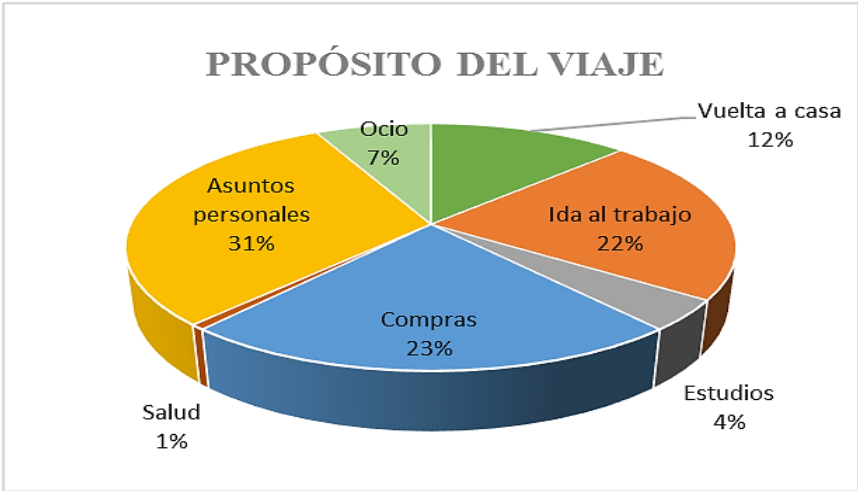
participación seguido del automóvil con 35% (ver Figura 19), Tomando con frecuencia la ruta a diario, siendo el municipio de Bucaramanga el principal destino con un 74% y el municipio de Floridablanca con un 26%.

**Figura 19.** Medio de transporte en que se desplaza.



El principal motivo de viaje es por asuntos personales con 30.7% seguido de compras con 23%, (ver Figura 20).

**Figura 20.** Medio de transporte en que se dirige a la Plaza Satélite.



Estos resultados muestran que el flujo vehicular que transita por las vías principales de la Plaza Satélite es utilizado mayormente por personas que no residen en el sector, con fines de conexión entre los municipios.

#### **4. SITUACION ACTUAL Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN**

Con el fin de modelar la problemática actual se pensó en la realización de un modelo que permita la comparación entre cada escenario propuesto con la situación actual, para extraer resultados como apoyo en la toma de decisiones.

Es por esto que con ayuda del software de simulación de transporte TransModeler se busca realizar modelos de microsimulación de transporte para conocer de forma simplificada las características más importantes para un caso en estudio, como son el número de paradas, el tiempo total de viaje, demoras en cada uno de los corredores e intersecciones, generando la perspectiva de la situación actual y de cada una de las alternativas propuestas para mejorar los diferentes problemas que se presentan.

##### **4.1 METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LA MICROSIMULACIÓN**

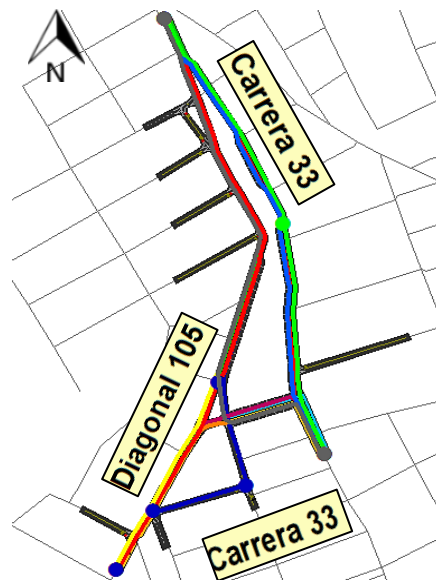
El proceso para la realización de los diferentes modelos de microsimulación para la zona de influencia de la Plaza satélite comienza con definir los flujos vehiculares en base a la información primaria recolectada en campo evidenciada en el numeral 4 del presente artículo, una vez se determinan los sentidos y flujos vehiculares de interés, se procede con la estructuración de la red de simulación teniendo en cuenta las características geométricas presentadas en el ítem 3.3 del presente artículo además de las rutas para el transporte público.

## 4.2 MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Después de definir los flujos vehiculares de interés y la estructuración de la malla vial actual, se procede a realizar el modelo de la situación actual.

**4.2.1 Trazado de la malla vial** Para empezar, se realiza el trazado de la malla vial para la situación actual, la cual comprende la carrera 33 desde la intersección con la calle 100 hasta la calle 108, la carrera 32 desde el cruce con la calle 102, hasta convertirse en diagonal 105 finalizando en el cruce con la transversal 29B. En la Figura 21, se muestra la malla vial modelada con los corredores planteados para el presente análisis.

**Figura 21.** Trazado malla vial, situación actual software TransModeler.



Una vez se tiene la malla vial modelada se continua con la asignación de flujos de red y su correcta calibración, la cual nos permite verificar la validez del modelo y nos das paso a modelar las alternativas propuestas.

**4.2.2 Asignación de flujos de la red de simulación** La determinación de los flujos vehiculares y la estructuración de la red de simulación permiten realizar la asignación de tráfico y simular las condiciones actuales y proyectadas del sector de la plaza satélite. La asignación propuesta se realizó con base en un intervalo crítico de 15 minutos, es decir la hora con mayor número de vehículos equivalentes por hora a lo largo de un día típico, resultado del proceso de análisis de la información recolectada en campo correspondiente a la actualización de los conteos al año 2016. El intervalo se identificó en cada uno de los giros permitidos del flujo vehicular, obteniendo un matriz origen destino para nodos externos para la estructura de la red de simulación (ver anexo K).

**4.2.3 Calibración de la red de simulación** El proceso se realizó mediante la comparación de los datos determinados en la asignación de flujos de la red con los datos que representan la realidad en el sector obtenidos por la microsimulación en el software Transmodeler, según el criterio de parámetros de aceptación para la calibración de modelos emitidos por Wisconsin DOT Freeway, donde la estadística de GES, ecuación (3) es una fórmula utilizada en la ingeniería de tránsito y el modelamiento de tránsito para comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico, calculando un porcentaje de error inferior al 5 %, para considerarse una buena correlación entre los volúmenes modelados y observados por intervalo de 15 minutos [7].

$$G = \sqrt{\frac{2 * (M - C)^2}{M + C}} \quad (3)$$

$M$  = 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 14 se muestran los resultados de la calibración, proceso más detallado (ver anexo L).

**Tabla 14.** Resultado de calibración.

<b>C</b>	<b>M</b>	<b>GES (%)</b>
268	339	4.02

Al verificar la validez del modelo de la situación actual, se observan los resultados obtenidos de este análisis. En la tabla 15 se evidencia el alto tiempo y número de paradas, tiempo total de viaje, demoras y el nivel de servicio (NDS) de los corredores el cual se clasifica por letras desde la A a la F, siendo A excelente y disminuyendo hasta la F con definición de Malo.

**Tabla 15.** Resultados de la situación actual.

<b>FACTORES</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>
Tiempo total de paradas (seg.)	629
Número de paradas	3749
Tiempo total de viaje (seg.)	1860
Demoras totales (seg.)	1766
NDS	F

#### **4.3 DEFINICIÓN Y MODELACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

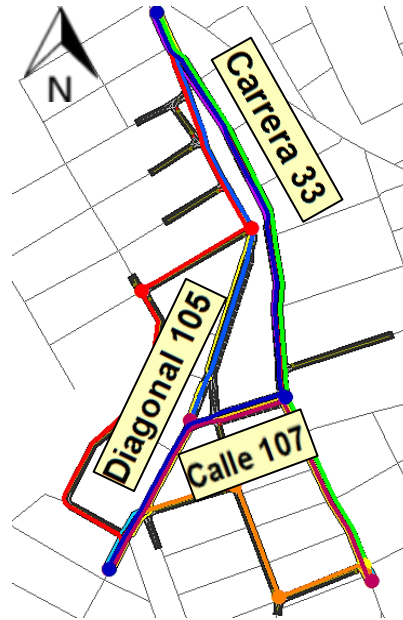
Con base a los resultados obtenidos después de realizar el análisis de la información recolectada en campo y de revisar la información secundaria de la zona de influencia, se plantean tres alternativas de solución a corto y mediano plazo que ayuden a mitigar el impacto negativo de la movilidad que presenta actualmente el sector.

Cada alternativa propone soluciones geométricas o estructurales diferentes, adicionalmente se plantea de forma general complementar y readecuar la señalización horizontal y vertical tanto vehicular como peatonal, adecuar los espacios destinados para el tránsito de peatones en el sector como se estipula en el ítem 3.3.1. En términos de infraestructura vehicular se recomienda la repavimentación de la carrera 33 a la altura de las calles 94 a la 110 pertenecientes a la zona de influencia para brindarles un mejor desplazamiento a los usuarios. A continuación, se presentan las alternativas propuestas con su descripción y proceso de modelación.

**4.3.1 Alternativa 1** Se propone el cierre del flujo N-OCC en la diagonal 105 entre las calles 105 y 107A, originando dos rutas alternas para realizar el recorrido N-OCC, la primera por la carrera 33, bajando por la calle 107, y retornando nuevamente a la diagonal 105, la segunda por la carrera 32, bajando por la calle 105 hasta llegar a la carrera 31 para tomar más adelante de nuevo la diagonal 105 por la transversal 29B. También desviar el paso del transporte público en la calle 107 en sentido S-OCC por la calle 110 y habilitar el flujo a doble sentido de la calle 108 entre la carrera 32 y la diagonal 105, para que realicen el recorrido por la carrera 32, tomando la calle 108 para finalmente ingresar a la diagonal 105.

El modelo se realiza teniendo en cuenta la metodología realizada para la situación actual de la mano de lo propuesto, hasta la asignación de flujos de la red de simulación. En la Figura 22, se muestra la malla vial modelada con los corredores planteados para el presente análisis.

**Figura 22.** Trazado malla vial, alternativa 1, software TransModeler.



Una vez modelada la alternativa 1, en la tabla 16 se evidencia los resultados obtenidos.

**Tabla 16.** Resultados de la alternativa 1.

<b>FACTORES</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>
Tiempo total de paradas (seg.)	335
Número de paradas	1965
Tiempo total de viaje (seg.)	2086
Demoras totales (seg.)	1944

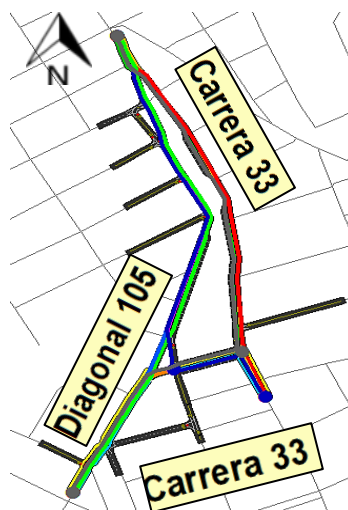
**4.3.2 Alternativa 2** Se propone la implementación de intersecciones semaforizadas en los cruces de la Carrera 33 con Diagonal 105, Carrera 33 con Calle 107 y Diagonal 105 con Calle 107A. Para la correcta modelación se deben calcular los tiempos semafóricos para cada una de las intersecciones, los cuales se determinan mediante la distribución de los tiempos del semáforo, según el libro Ingeniería de tránsito Call y Mayor (ver anexo M) [8]. En la tabla 17 se evidencia el tiempo semafórico para cada una de las intersecciones.

**Tabla 17.** Tiempos semafóricos intersecciones.

INTERSECCIÓN	TIEMPO SEMAFÓRICO (SEG)	
	FASE 1	FASE 2
Diag. 105 – Cr. 33	4	24
Cr. 33 – Cl. 107	8	11
Cl. 107A – Diag. 105	4	26

En la Figura 23, se muestra la malla vial modelada con los corredores planteados para el análisis.

**Figura 23.** Trazado malla vial, alternativa 2, software TransModeler.



Una vez modelada la alternativa 2, en la tabla 18 se evidencia los resultados obtenidos.

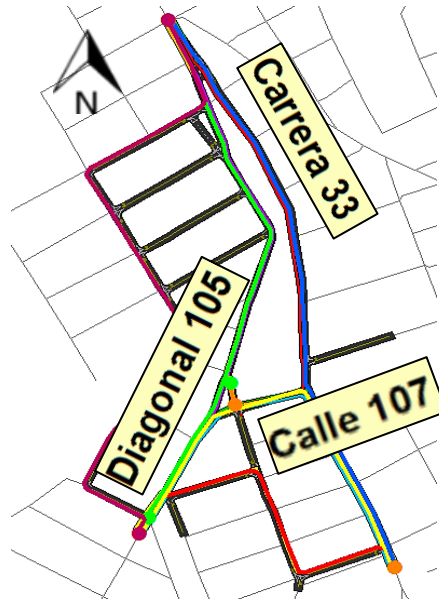
**Tabla 18.** Resultados de la alternativa 2.

<b>FACTORES</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>
Tiempo total de paradas (seg.)	507
Número de paradas	1988
Tiempo total de viaje (seg.)	1377
Demoras totales (seg.)	1301

**4.3.3 Alternativa 3** Se propone una solución geométrica, buscando obtener corredores viales óptimos con flujo vehicular constante, es decir similitud a una glorieta, con ancho de carril 3.5m, una calzada con dos carriles en una sola dirección el flujo vehicular, replanteando los corredores adyacentes a la Plaza Satélite del Sur a un solo sentido. El recorrido sería la carrera 33 en sentido S-N, siguiendo por la diagonal 105 en sentido N-OCC, retornando por la calle 107 en sentido OCC-N; contemplando en la intersección de la carrera 33 con diagonal 105 una intervención geométrica y estructural con afectación predial, con el fin de habilitar el giro S-OCC en ese punto.

El modelo se realiza teniendo en cuenta la metodología realizada para la situación actual de la mano de lo propuesto, replanteando la asignación de flujos de la red de simulación, debido a los cambios de sentidos viales, asignando nuevos corredores que las rutas que actualmente existen. En la Figura 24, se muestra la malla vial modelada con los corredores planteados para el análisis.

**Figura 24.** Trazado malla vial, alternativa 2, software TransModeler.



Una vez modelada la alternativa 2, en la tabla 19 se evidencia los resultados obtenidos.

**Tabla 19.** Resultados de la alternativa 3.

<b>FACTORES</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>
Tiempo total de paradas (seg.)	191
Número de paradas	1577
Tiempo total de viaje (seg.)	2028
Demoras totales (seg.)	1869

## 5. RESULTADOS

La comparación de los resultados de la simulación de cada uno de los escenarios se presenta en la tabla 20 en términos de tiempo total y número de paradas, y tiempo total de viaje (ver anexo N).

**Tabla 20.** Comparación general modelos de microsimulación.

<b>Análisis general</b>	<b>No. de vehículos</b>	<b>Tiempo total de parada (seg)</b>	<b>No. Total de parada</b>	<b>Tiempo total de viaje (seg)</b>
<b>Situación actual</b>	338	628	3749	1860
<b>Alternativa 1</b>	350	335	1965	2086
<b>Alternativa 2</b>	262	506	1988	1377
<b>Alternativa 3</b>	344	191	1577	2028

En la tabla 21 se presentan los niveles de servicio y velocidad de operación en los corredores involucrados.

**Tabla 21.** Comparación general con NDS.

<b>Corredores</b>	<b>Situación actual</b>		<b>Alternativa 1</b>		<b>Alternativa 2</b>		<b>Alternativa 3</b>	
	<b>NDS</b>	<b>v (m/s)</b>	<b>NDS</b>	<b>v (m/s)</b>	<b>NDS</b>	<b>v (m/s)</b>	<b>NDS</b>	<b>v (m/s)</b>
<b>Cra. 33 (N-S)</b>	F	14.63	F	13.34	F	15.31	N/A	N/A
<b>Cra. 33 (S-N)</b>	F	12.64	D	23.68	F	11.01	C	28.67
<b>Cl. 107 (OCC - S)</b>	F	9.33	F	9.38	F	10.94	F	10.60
<b>Cl. 107 (N-OCC)</b>	F	7.12	F	12.70	F	7.19	N/A	N/A
<b>Cl. 107 (S-OCC)</b>	F	3.72	F	15.22	F	3.42	N/A	N/A
<b>Diag. 105 (N-OCC)</b>	F	6.85	N/A	N/A	F	10.40	F	14.30
<b>Diag. 105 (OCC-N)</b>	F	11.57	F	14.42	F	4.22	N/A	N/A

## 5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

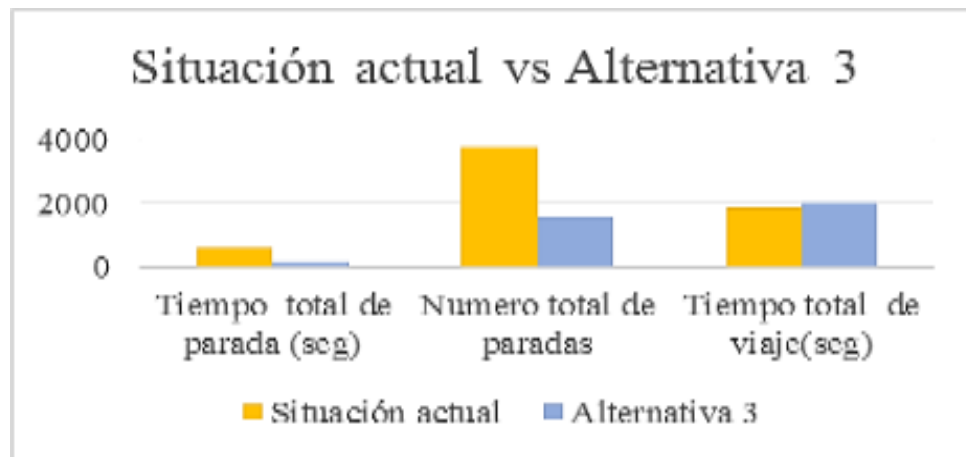
Al analizar la tabla 19 se debe tener en cuenta los parámetros en orden de importancia a evaluar, para así seleccionar la alternativa más conveniente para el caso. En primer lugar, se observa el número de vehículos que lograron terminar su recorrido por la malla vial modelada en el tiempo total de simulación, en segundo lugar, se debe revisar el tiempo y número total de paradas que se realizan, en tercer lugar, el tiempo total de viaje que significa la suma de los tiempos que tardan en realizar el recorrido en la malla vial los diferentes tipos de vehículos. En la tabla 20

se analiza el parámetro del nivel de servicio clasificado por letras desde la A a la F, por último, el parámetro de la velocidad de recorrido.

## 5.2 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

La alternativa más conveniente para dar solución a la problemática del sector, con base en las comparaciones anteriormente presentadas, resulta ser la alterativa 3, esta alternativa permite flujo vehicular libre, disminuyendo tiempo y número de paradas de forma considerable como se muestra en la Figura 25, además permite mayor velocidad de recorrido, pero aumenta el tiempo de viaje al convertir el flujo de los principales corredores viales en uno solo, debido a que la distancia es mayor en comparación a la situación actual.

**Figura 25.** Figura 25 Situación actual vs Alternativa 3.



Los resultados arrojados por la alternativa elegida se presentan en la tabla 22, se observa que las demoras disminuyen, gracias a que la característica principal de una glorieta es el flujo constante. De forma que se muestra la superioridad de la solución escogida.

**Tabla 22.** Comparación situación actual vs Alternativa 3.

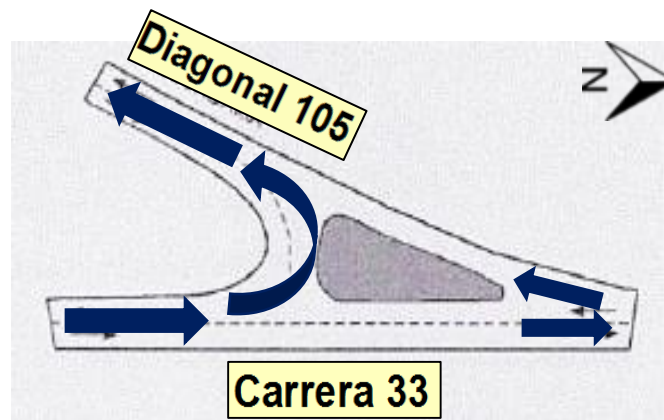
<b>Análisis de demoras</b>	<b>Intersección</b>	<b>No. Vehículos</b>	<b>Demoras (seg)</b>	<b>Tiempo de parada (seg)</b>	<b>No. de paradas</b>
<b>Situación actual</b>	Cra. 33- Diag. 105	592	861	826	549
	Cra 33. – Cl. 107	979	2738	2717	844
	Diag. 105 – Cl. 107A	323	153	143	652
<b>Alternativa 3</b>	Cra. 33 – Diag. 105	75	1	0	0
	Cra. 33 - Cl. 107	189	4	0	1
	Diag. 105 – Cl. 107A	134	1	0	0

### **5.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA**

La alternativa final pretende simular flujo libre, característico de una glorieta, la cual es una intersección giratoria que se caracteriza por la confluencia de los ramales en un anillo de circulación rotatoria en sentido anti horario alrededor de una isleta central (en este caso el establecimiento de la Plaza Satélite del Sur), teniendo prioridad de paso aquellos vehículos que circulan por ella [9].

La implementación de la alternativa seleccionada consta de habilitar en un solo sentido los corredores adyacentes al establecimiento de la Plaza Satélite del Sur, en sentido anti horario donde la intersección de la Carrera 33 con Diagonal 105 requiere de intervención para el correcto funcionamiento. Se plantea realizar un relleno en ese punto con el fin de generar el giro que comunique estos dos corredores, formando una isleta al terminar la conexión entre estas, como se ilustra en la Figura 26.

**Figura 26.** Conexión Cra. 33 con Diag. 105, propuesto.



Fuente: Manual de Carreteras, Luis Nañón Blázquez.

La implementación debe cumplir mínimo con los siguientes criterios de diseño geométrico aplicable a las glorietas, establecidos en el Manual de diseño geométrico de carreteras [10]. En la tabla 23 se evidencia los criterios mínimos de diseño.

**Tabla 23.** Criterio de diseño de glorietas.

DESCRIPCIÓN	unidad	MAGNITUD	
Diámetro mínimo de la isleta central	m	25	
Diámetro mínimo del círculo inscrito	m	50	
Relación W/L (sección de entrecruzamiento)		Entre 0,25 y 0,40	
Ancho de sección de entrecruzamiento(W)		Máximo 15	
Radio interior mínimo en los accesos	De entrada De salida	m m	30 40
Angulo ideal de entrada		60°	
Angulo ideal de salida		30°	

*Nota:* Tomada de Manual de diseño geométrico de carreteras Tabla 6.5.

Habiendo cumplido con los criterios definidos para el diseño, debe darse paso a las soluciones complementarias como la planificación y organización del sector, reglamentar las paradas de buses con sus respectivas bahías y el horario y lugar de cargue y descargue correspondiente para la mercancía de los locales comerciales; tener el acompañamiento respectivo de las autoridades competentes para erradicar la invasión del espacio público por parte de los vendedores y transportadores informales, y el parqueo en vía; destinar zona de parqueo en lugares aledaños al establecimiento de la Plaza Satélite del Sur con control de ingreso y salida, todo lo anterior para así contribuir al mejoramiento de la movilidad.

## 6. CONCLUSIONES

El estudio demostró mediante la toma de información de campo que los principales ejes viales del sector de la Plaza Satélite son utilizados por los usuarios como corredores alternos de conexión entre los municipios del área metropolitana de Bucaramanga. Debido al estado regular de la malla vial, la falta de señalización peatonal y vehicular, la actividad que se desarrolla en la zona, vendedores informales sobre la vía y el espacio destinado para el tránsito de peatones, oferta del transporte informal, la falta de organización de las bahías destinadas para parqueo, y la no reglamentación de paradas de buses hace de este recorrido un caos para todos los medios de transporte, por esta razón los usuarios recurren a la imprudencia para transitar.

El tráfico vehicular en la zona de estudio presenta una clara superioridad en la participación de los viajes realizados en motocicleta con respecto a los demás medios motorizados presentando el 56% del volumen total del tráfico.

Es por esto que la alternativa seleccionada de la mano con la correcta organización del sector de la Plaza satélite regula la situación actual, implementando como alternativa final el diseño de una simulación de glorieta, permitiendo el flujo libre de circulación, obligando a los usuarios peatonales a usar la infraestructura pertinente para su paso de un lugar a otro, disminuyendo el riesgo de accidentalidad.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda cumplir correctamente el horario de cargue y descargue de mercancía en horarios de 5:00 pm a 8:00 am por parte del establecimiento de la Plaza Satélite del Sur y locales comerciales aledaños a este.
- Reglamentar paradas de buses de transporte público y de (SITM) Metrolínea en los siguientes puntos: Carrera 33 con calle 100 en sentido N-OCC, en la Carrera 33 con Calle 109 en sentido S-N, y en la Diagonal 105 con Transversal 29A en sentido OCC-N, antes de entrar a la intersección a nivel propuesta.
- Control estricto por parte de las autoridades competentes, para regular el parqueo prohibido, el transporte informal que se presenta en la zona y la invasión del espacio público por parte de vendedores informales.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CAMACHO, Fabián Eduardo y TROUCHON, Jorge Leonardo. Análisis del impacto en la movilidad vehicular por la implementación de estrategias basadas en sistemas inteligentes de transporte, un caso de estudio para la ciudad de Bucaramanga mediante el uso de herramientas de simulación. Trabajo de grado de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2015. 61 p.

[2] ARDILA, Euclides. Un estudio advierte que el caos vial tiende a empeorar en Bucaramanga. EN Vanguardia.com [seriado en línea]. 2014, septiembre, 17. Recuperado de: <http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/278866-un-estudio-advierte-que-el-caos-vial-tiende-a-empeorar> el 23 de enero de 2017.

[3] GARCÍA ARDILA, Brayner. Transitar por la Plaza Satélite de Floridablanca es insoportable: comunidad. EN Vanguardia.com [seriado en línea]. 2016, febrero, 05. Recuperado de: <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/floridablanca/346060-transitar-por-la-plaza-satelite-es-insoportable-comunidad> el 20 de junio de 2016.

[4] MINISTERIO DE TRANSPORTE INTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Convenio interadministrativo 2587-03. Bogotá D.C.: INVIAS, 2006. 56 p.

[5] ALCALDIA DE BUCARAMANGA. Plan de ordenamiento territorial. Segunda generación 2013-2027. Bucaramanga. Acuerdo 011, 2014. 344 p.

[6] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Grupo de investigación GEOMATICA, Gestión y optimización de sistemas. Elaborar el diseño de la infraestructura prioritaria para el tránsito de vehículos de carga y de pasajeros por la ejecución del proyecto de modernización de la refinería de Barrancabermeja (pmrb), sobre el corredor puerta norte – calle 71 – obras públicas – barrio Boston. Bucaramanga: 2015. Serie de informes Técnicos: 1828 de 2014. 107p.

[7] 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. 97p.

[8] REYES, Rafael Cal y Mayor y CÁDENAS, James. Ingeniería de Transito Fundamentos y aplicaciones. México D.F. 1994. 395 p. ISBN: 970-12-1003-4.

[9] BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis. Manual de carreteras, Generalidades, Ingeniería del Tráfico y Trazado de Carreteras. Trabajo fin de carrera especialidad construcciones civiles. España: Universidad Alicante. 1999. [en línea], septiembre, 15. Recuperado en 2017-01-22. Disponible en: [https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/)

[10] MINISTERIO DE TRANSPORTE INTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C.: INVIAS, 2008. 276 p.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DE BUCARAMANGA. Plan de ordenamiento territorial. Segunda generación 2013-2027. Bucaramanga. Acuerdo 011, 2014. 344 p.

ARDILA, Euclides. Un estudio advierte que el caos vial tiende a empeorar en Bucaramanga. EN Vanguardia.com [seriado en línea]. 2014, septiembre, 17. Recuperado de: <http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/278866-un-estudio-advierte-que-el-caos-vial-tiende-a-empeorar> el 23 de enero de 2017.

BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis. Manual de carreteras, Generalidades, Ingeniería del Tráfico y Trazado de Carreteras. Trabajo fin de carrera especialidad construcciones civiles. España: Universidad Alicante. 1999. [en línea], septiembre, 15. Recuperado en 2017-01-22. Disponible en: [https://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/)

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. 97p.

CAMACHO, Fabián Eduardo y TROUCHON, Jorge Leonardo. Análisis del impacto en la movilidad vehicular por la implementación de estrategias basadas en sistemas inteligentes de transporte, un caso de estudio para la ciudad de Bucaramanga mediante el uso de herramientas de simulación. Trabajo de grado de Ingeniería Civil. Bucaramanga, Santander: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2015. 61 p.

GARCÍA ARDILA, Brayner. Transitar por la Plaza Satélite de Floridablanca es insoportable: comunidad. EN Vanguardia.com [seriado en línea]. 2016, febrero, 05. Recuperado de: <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/floridablanca/346060-transitar-por-la-plaza-satelite-es-insoportable-comunidad> el 20 de junio de 2016.

MINISTERIO DE TRANSPORTE INTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C.: INVIAS, 2008. 276 p.

MINISTERIO DE TRANSPORTE INTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Convenio interadministrativo 2587-03. Bogotá D.C.: INVIAS, 2006. 56 p.

REYES, Rafael Cal y Mayor y CÁDENAS, James. Ingeniería de Transito Fundamentos y aplicaciones. México D.F. 1994. 395 p. ISBN: 970-12-1003-4.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Grupo de investigación GEOMATICA, Gestión y optimización de sistemas. Elaborar el diseño de la infraestructura prioritaria para el tránsito de vehículos de carga y de pasajeros por la ejecución del proyecto de modernización de la refinería de Barrancabermeja (pmrb), sobre el corredor puerta norte – calle 71 – obras públicas – barrio Boston. Bucaramanga: 2015. Serie de informes Técnicos: 1828 de 2014. 107p.