

**PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN DE LOS PERFILES VIALES EN LA ZONA  
COMPRENDIDA ENTRE LA CARRERA 9 Y CARRERA 33 Y AVENIDA  
QUEBRADASECA Y CALLE 56.**

**Oscar Eduardo Mejía Badillo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2013**

**PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN DE LOS PERFILES VIALES EN LA ZONA  
COMPRENDIDA ENTRE LA CARRERA 9 Y CARRERA 33 Y AVENIDA  
QUEBRADASECA Y CALLE 56.**

**Oscar Eduardo Mejía Badillo**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil**

**Director: PhD. Hernán Porras Díaz  
Co-director: Ms.C. Yerly Fabián Martínez Estupiñan**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2013**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, y en especial a mi mamá María E. Badillo, por creer siempre en mí y ofrecerme la fortaleza y compañía incondicional necesaria para finalizar este proceso de aprendizaje.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Yerly Fabián Martínez por el apoyo, la disposición y el conocimiento brindado durante el desarrollo de este proyecto , A el Grupo de Investigación Geomatica por poner a disposición todos los medios necesarios para realizar esta investigación; y finalmente, a mis amigos, quienes siempre estuvieron en las buenas y en las malas dando una voz de tranquilidad y esperanza.

## Contenido

INTRODUCCION .....	16
1. OBJETIVOS .....	17
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
2. ALCANCE .....	18
3. JUSTIFICACIÓN .....	19
4. ESTADO DEL ARTE .....	20
4.1. Caracterización de la Zona de Influencia .....	20
4.1.1. Evolución de la población .....	20
4.1.2. Tendencias de los viajes en el área metropolitana de Bucaramanga .....	22
4.1.3. Niveles de motorización del área metropolitana de Bucaramanga .....	24
4.1.4. Clasificación vial de acuerdo con la jerarquía funcional.....	25
4.1.5. Plan maestro de movilidad.....	26
4.1.5.1. Red vial metropolitana.....	26
4.1.5.2. Red vial urbana .....	27
4.1.5.3. Red vial arterial .....	27
4.2. Clasificación por tipología vial (secciones transversales).....	27
4.2.1. Secciones transversales de los perfiles viales definidos.....	28
4.3. Marco teórico .....	31
4.3.1. Capacidad Vial.....	31
4.3.2. Calculo de la Capacidad Vial en intersecciones semaforizadas. ....	32
4.3.3. INTENSIDAD DE TRÁFICO.....	33
4.3.4. DEMORA .....	34
4.3.5. DENSIDAD DE TRÁFICO.....	35
4.3.6. VELOCIDAD .....	35
4.3.7. NIVELES DE SERVICIO.....	35
• Nivel de Servicio A .....	36
• Nivel de Servicio B .....	36

• Nivel de Servicio C .....	37
• Nivel de Servicio D .....	37
• Nivel de Servicio E .....	38
• Nivel de Servicio F .....	38
4.4. ANTECEDENTES .....	39
4.4.1. PLAN MUELAS .....	39
4.5. HERRAMIENTAS DE MODELACION .....	40
4.5.1. TransModeler .....	41
5. METODOLOGÍA .....	43
5.1.1. Toma de velocidades en campo .....	43
5.2. Recopilación de la información secundaria .....	44
5.2.1. Información de tiempos, programación y ciclos semafóricos. ....	44
5.2.2. Información histórica acerca de aforos vehiculares y velocidades.....	48
5.2.3. Plan maestro de movilidad (PMM) .....	49
5.2.3.1. Jerarquización vial utilizada en el modelo .....	49
5.3. Creación del modelo basado en la situación actual .....	49
5.3.1. Proceso de calibración del modelo para el escenario base. ....	50
5.3.2. Elaboración de los diferentes escenarios. ....	52
5.3.3. Afectación predial producida en los diferentes escenarios planteados.....	52
5.3.4. Calculo de la Afectación predial.....	52
5.3.5. Calculo de la afectación de andenes y pavimento. ....	54
5.4. Matriz Multicriterio .....	55
5.4.1. Marco Teórico .....	55
5.4.2. Desarrollo de la Matriz .....	55
5.4.3. Variables .....	56
5.4.3.1. Urbanismo .....	56
5.4.3.2. Movilidad .....	57
5.4.3.3. Pre Diseño Geométrico y Movilidad Vial .....	57
5.4.3.4. Impactos Ambientales .....	57
5.4.3.5. Impactos Sociales .....	57

5.4.3.6.	Construcción .....	57
5.4.3.7.	Inversión.....	57
6.	RESULTADOS.....	58
6.1.	Escenarios en Transmodeler .....	58
6.1.1.	Escenario 1 .....	59
6.1.2.	Escenario 2 .....	60
6.1.3.	Escenario 3.....	60
6.1.4.	Escenario 4.....	60
6.1.5.	Escenario 5 .....	61
6.2.	Interpretación de Resultados .....	61
6.2.1.	Estadísticas viaje .....	61
6.2.2.	Flujo y Tiempo de Viaje .....	62
6.2.3.	Demora.....	62
6.3.	Siglas utilizadas en las tablas de resultados .....	62
6.4.	Comparación de Resultados .....	63
6.5.	Afectación Predial de los Escenarios .....	67
6.5.1.	Escenario 1 .....	67
6.5.2.	Escenario 2.....	68
6.5.3.	Escenario 3.....	69
6.5.4.	Escenario 4.....	70
6.5.5.	Escenario 5.....	71
6.6.	Priorización .....	72
6.6.1.	Urbanismo .....	72
6.6.2.	Movilidad .....	72
6.6.3.	Pre Diseño Geométrico y Movilidad Vial.....	73
6.6.4.	Impactos Ambientales .....	73
6.6.5.	Impactos Sociales.....	73
6.6.6.	Construcción.....	74
6.6.7.	Inversión .....	74
6.7.	Matriz Multicriterio .....	75

7. PROPUESTA SELECCIONADA.....	76
8. CONCLUSIONES .....	77
9. BIBLIOGRAFIA .....	79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Comparación del % de Crecimiento Poblacional (Santander – AMB) .....	21
Figura 2 Tasa Promedio de Crecimiento Poblacional .....	22
Figura 3 Distribución de Viajes por municipios de AMB. ....	23
Figura 4 Distribución de viajes por modo, AMB.....	24
Figura 5 Perfil Vial Tipo 5 .....	29
Figura 6 Perfil Vial tipo 6 .....	29
Figura 7 Perfil Vial Tipo 8 .....	30
Figura 8 Perfil Vial Tipo 16 .....	30
Figura 9 Perfil Vial Propuesto.....	31
Figura 10 Nivel de Servicio A .....	36
Figura 11 Nivel de Servicio B .....	36
Figura 12 Nivel de Servicio C .....	37
Figura 13 Nivel de Servicio D .....	37
Figura 14 Nivel de Servicio E .....	38
Figura 15 Nivel de Servicio F .....	38
Figura 16 Perfil Vial Propuesto para el Plan Muelas .....	40
Figura 17 Ejemplo de Intersección del Modelo en 2D .....	41
Figura 18 Ejemplo de Intersección del Modelo en 3D .....	42
Figura 19 Intersecciones SemafORIZADAS .....	45
<i>Figura 20 Fases Semafóricas.....</i>	<i>46</i>
Figura 21 Ciclo de 90 Segundos para la Cra 15 con Cll 33.....	47
Figura 22 Ciclo de 120 Segundos para la Diagonal 15 con Cll 56 .....	48
Figura 23 Shape de la Zona de Influencia.....	53
Figura 24 Ejemplo de Buffer para el cálculo de la Afectación Predial .....	53
Figura 25 Puntos donde se Calculó la Capacidad Vial.....	59
Figura 26 Buffers del Escenario 1 .....	67
Figura 27 Buffers del Escenario 2 .....	68
Figura 28 Buffers del Escenario 3 .....	69
Figura 29 Buffers del Escenario 4 .....	70
Figura 30 Buffers del Escenario 5 .....	71
Figura 31 Propuesta Seleccionada .....	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Población Total.....	20
Tabla 2 Tasa Promedio de Crecimiento Poblacional % .....	21
Tabla 3 Proyección de los Niveles de Motorización .....	25
Tabla 4 Factores de Corrección .....	33
Tabla 5 Relación Nivel de servicio y tiempo de demora .....	34
Tabla 6 Ejemplo de un Ciclo de 90 Segundos.....	47
Tabla 7 Ejemplo de un Ciclo de 120 Segundos.....	47
<i>Tabla 8 Calculo para la calibración del modelo.....</i>	<i>51</i>
Tabla 9 Costos de Demolición.....	54
Tabla 10 Valores Porcentuales de las Alternativas .....	56
Tabla 11 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 13.....	63
Tabla 12 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 14.....	63
Tabla 13 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 17.....	64
Tabla 14 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 18.....	64
Tabla 15 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 22.....	65
Tabla 16 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 24.....	65
Tabla 17 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 29.....	65
Tabla 18 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 30.....	65
Tabla 19 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 35 .....	66
Tabla 20 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 36 .....	66
Tabla 21 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 37 .....	66
Tabla 22 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 56 .....	66
Tabla 23 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 56 D15.....	66
Tabla 24 Costos de la Afectación Predial Escenario.....	67
Tabla 25 Costos de la Afectación Predial Escenario 2.....	68
Tabla 26 Costos de la Afectación Predial Escenario 3.....	69
Tabla 27 Costos de la Afectación Predial Escenario 4.....	70
Tabla 28 Costos de la Afectación Predial Escenario 5.....	71
Tabla 29 Aspectos Urbano-Paisajistico.....	72
Tabla 30 Aspectos de Movilidad (Transito) .....	72
Tabla 31 Aspectos de Seguridad Vial y Pre diseño Geométrico .....	73
Tabla 32 Aspectos Ambientales .....	73
Tabla 33 Aspectos Sociales .....	73
Tabla 34 Aspectos de Construcción.....	74
Tabla 35 Aspectos Presupuestales .....	74
Tabla 36 Matriz Multicriterio .....	75
Tabla 37 Resumen de la Matriz Multicriterio .....	75

## GLOSARIO

**MOVILIDAD:** Conjunto de desplazamientos, de personas y mercancías, que se producen en un entorno físico, movilidad urbana se refiere a la totalidad de desplazamientos que se realizan en la ciudad.

**TRANSMODELER:** Es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico que incorpora ruteo dinámico de viajes basado en tiempos de viajes históricos o simulados.

**SIG:** Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica

**PERFIL VIAL:** Representación gráfica de una vía que esquematiza, en el sentido perpendicular al eje, sus componentes estructurales, tales como, andenes, calzadas, ciclo vías o ciclo rutas, separadores, zonas verdes y aquellos que conforman su amueblamiento. Se mide entre paramentos de inmuebles.

**AFECTACION PREDIAL:** Es la limitación y condiciones que se imponen por la aplicación de una ley al uso de un predio o un bien particular o estatal, para destinarlos total o parcialmente a obras de utilidad pública.

**MATRIZ MULTICRITERIO:** Es un procedimiento diseñado para cuantificar juicios u opiniones gerenciales sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios en conflicto empleados en el proceso de toma de decisión.

**CORREDOR VIAL:** Vía de circulación de tránsito terrestre donde está prohibido estacionar vehículos durante un horario determinado.

**TRANSITO:** Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista, En castellano suele utilizarse "tránsito" para describir transporte público y tráfico para describir los vehículos particulares.

**NIVEL DE SERVICIO:** Utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”.

## RESUMEN

**TÍTULO:** PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN DE LOS PERFILES VIALES EN LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LA CARRERA 9 Y CARRERA 33 Y AVENIDA QUEBRADASECA Y CALLE 56\*.

**AUTOR:** OSCAR EDUARDO MEJIA BADILLO

**PALABRAS CLAVES:** movilidad, corredor vial, perfil vial, modelo, micro simulación, afectación.

Después de la entrada del sistema integral de transporte masivo Metrolinea en la ciudad de Bucaramanga y su área Metropolitana, se establecieron restricciones en algunos corredores viales principales de la ciudad de Bucaramanga, las cuales hicieron que el transporte público y los conductores particulares debieran reasignar sus recorridos por vías alternas que no poseen la infraestructura necesaria para una adecuada movilidad. En el siguiente trabajo se parte de la propuesta de los perfiles viales dados como recomendación en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga (PMMB) (2010 – 2030) donde se determinó y estableció las secciones viales adecuadas para los corredores de la ciudad. Durante la elaboración del proyecto se tendrán en cuenta los planteamientos urbanísticos y mediante el uso de un modelo de micro simulación realizado con ayuda del software TransModeler se comparan los resultados de capacidad vial entre la situación actual y los escenarios proyectados basados en el PMMB.

El modelo a utilizar se desarrolló a partir de la malla vial actual existente del municipio, posteriormente se definieron una serie de parámetros necesarios para su calibración como: Velocidades de circulación tomadas en campo, tanto en horas valle como horas pico utilizando el método del vehículo flotante, tiempos semafóricos, conteos de los vehículos que transitan por la zona y clasificación vial de los corredores. Con la información recolectada se calibro el modelo y se proyectaron los diferentes escenarios posibles, mediante la herramienta de información geográfica ArcGis se determinó la afectación predial que cada uno de estas alternativas generaba, para poder crear la matriz multicriterio y presentar la solución más adecuada y viable económicamente.

---

\* Proyecto de grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: PhD. Hernán Porras Díaz. Co-director: Ms.C. Yerly Fabián Martínez Estupiñan.

## ABSTRACT

**TITLE:** PRIORITIES FOR ACTION BY THE ROAD PROFILES IN THE ZONE BETWEEN THE 9 AND RACE 33 RACE AND STREET AVENUE QUEBRADASECA 56.

**AUTHOR:** OSCAR MEJIA EDUARDO BADILLO

**KEYWORDS:** mobility, road runner, road profile, model, micro simulation involvement.

After entry of comprehensive mass transit system Metrolinea in the city of Bucaramanga and its metropolitan area, restrictions were placed on some major highways in the city of Bucaramanga, which led to public transport and private drivers should reallocate their travels by alternate routes that do not have adequate infrastructure for mobility. The following work is part of the proposed road profiles given as a recommendation in the Master Plan of Transportation Bucaramanga (PMMB) (2010-2030) which determined and established road sections suitable for runners of town. During the development of the project will be considered urban approaches and by using a model of micro simulation done with the software compares the results TransModeler road capacity between the current situation and scenarios based on projected PMMB.

The model used is developed from the existing road network in the municipality today, then defined a set of parameters necessary for calibration as flow rates taken in the field, both as peak-peak using the method of floating car , times traffic light counts the vehicles passing through the area and classification of road racers. With the collected data the model was calibrated and projected different scenarios, using the ArcGIS geographic information tool affected farm was determined that each of these alternatives generated, to create multi-matrix and present the most appropriate and feasible economically. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> \* Work of degree.

\*\*Phishyc- Mechanic Engineering Faculty .Civil engineering school. Director: PhD. Hernán Porras Díaz. Co-director: Ing. Ms.C. Yerly Fabián Martínez Estupiñan

## INTRODUCCION

Las ciudades a nivel mundial han estado involucradas directamente en el crecimiento económico de cada país, las perspectivas de desarrollo, llevan a que las personas se trasladen a vivir en estas en búsqueda de un mayor bienestar. El incremento en la densidad poblacional pone a prueba los centros urbanos y uno de los problemas más evidentes es la movilidad, debido a que muchas de las grandes capitales en nuestro país no cuentan con los planes y la infraestructura necesaria que permitan la movilización de los ciudadanos de una forma aceptable.

El aumento del parque automotor en nuestro país cada vez es mayor solamente en Bucaramanga la Dirección de tránsito entregó cifras del crecimiento en el área metropolitana es de aproximadamente 12.5% entre 2010 – 2011. Estos aumentos hacen que en Colombia los dirigentes de las grandes capitales deban tomar decisiones que eviten el colapso de sus ciudades, el pico y placa es una de las alternativas temporales que se implementó, pero ya está fallando debido a la compra desmedida de automóviles, haciendo cada vez peor la movilidad, por esto mejorar la infraestructura y la aplicación de sistemas de transporte masivo eficientes son la solución que evite el estancamiento en el desarrollo de los centros urbanos.

Con este trabajo se suma una nueva herramienta que puede ayudar en la toma de decisiones para mejorar la movilidad en el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga, basado en modelos de micro simulación en el software Transmodeler, con datos basados en la situación actual que se vive, la simulación arroja resultados de manera inmediata al cambio de las parámetros de entrada y muestran el comportamiento que tendrían la aplicación de las nuevas condiciones impuestas en el plan de ordenamiento territorial y en el plan maestro de movilidad, en una interfaz gráfica amigable ajustada a la realidad, a partir de estos calcular la afectación predial mediante la herramienta de información geográfica ArcGis y el costo que tendrían cada una de las alternativas propuestas para establecer la priorización mediante una matriz multicriterio.

Para realizar este proyecto se llevó a cabo estudios previos de capacitación sobre la interfaz de Transmodeler y su uso a través del V Diplomado realizado en la Universidad Industrial de Santander en la escuela de ingeniería civil por el grupo de investigación Geomática sobre: El uso de nuevas tecnologías para la investigación aplicada a la ingeniería.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer una priorización de intervención con base en el ajuste de los perfiles viales existentes a los perfiles recomendados en el plan maestro de movilidad, de la ciudad de Bucaramanga, para el mejoramiento de la movilidad vehicular y la conectividad vial en la zona comprendida entre la carrera 9 y carrera 33 y avenida Quebrada seca y calle 56.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recoger la información en campo de las velocidades de operación en la zona de estudio.
- Elaborar un modelo de la situación actual, con base en la información primaria y secundaria existente de la zona de análisis, mediante el uso del software TransModeler.
- Plantear diferentes escenarios de intervención para los corredores de la zona de estudio.
- Determinar el impacto de cada uno de los escenarios planteados mediante el uso de una matriz multicriterio.
- Estimar con la información disponible una aproximación del plan de inversión de los corredores viales propuestos en la zona de estudio.

## 2. ALCANCE

El presente trabajo muestra una alternativa novedosa y diferente que permite a través de modelos de micro simulación construidos en Transmodeler, estudiar y analizar a través de modelos computacionales el comportamiento que tiene la movilidad en el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga , utilizando variables de velocidad, tiempos semafóricos , perfiles viales , clasificación vial , volúmenes de tráfico, agresividad de los conductores , los cuales con sencillos comandos pueden ser ajustados, para obtener los resultados que más se asemejen a la realidad.

Estos modelos quieren establecer las diferentes alternativas de intervención que podría tener la zona comprendida entre la carrera 9º y la carrera 33 entre Avenida Quebrada seca y calle 56 para mejorar la movilidad adaptando los nuevos perfiles viales propuestos en el plan de ordenamiento territorial y el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga (PMMB) y comparar de qué forma se mejoraría la capacidad vial, el nivel de servicio y todos los factores que en ella intervienen. También utilizando las herramientas de los sistemas de información geográfica Arcgis calcular a la afectación predial que estos cambios generaron y así poder a través de una matriz multicriterio obtener la mejor solución.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Durante años se ha tratado de mejorar la calidad con la que transitan los vehículos por el área metropolitana de Bucaramanga, pero el continuo crecimiento del parque automotor de la ciudad y la entrada en circulación del sistema de transporte masivo Metrolinea han hecho que los conductores que utilizaban vías principales como la carrera 15 y carrera 27 deban buscar vías alternas a estas para su movilización.

Uno de los sectores más afectados por estos cambios ha sido el centro de la ciudad comprendido entre la carrera 27 y la carrera 9ª entre La avenida Quebrada Seca y la Calle 56, donde se presentan a diario grandes congestiones, sobre todo en las horas pico, los cuales disminuyen la calidad de vida de las personas tanto por la demora en los tiempos de recorrido como por la contaminación ambiental y auditiva producida por los vehículos en la zona.

La alcaldía de la ciudad de Bucaramanga en su Plan Maestro de Movilidad (2010 – 2030) determinó y estableció las secciones viales ideales para la ciudad, de acuerdo con el desarrollo de los planteamientos urbanísticos que facilite la movilidad de los ciudadanos en la ciudad en búsqueda de una mejor calidad de vida.

Por esta razón se quiere estudiar y comparar los resultados que se obtendrían si se implementaran los perfiles viales proyectados para las diferentes zonas de la ciudad y como mejorarían la movilidad y por ende la calidad de vida de las personas, además establecer una priorización en la intervención de los corredores viales, con el uso de una matriz multicriterio, que permita ordenar en cuanto a su impacto operacional y económico, cada una de las alternativas de intervención que sean planteadas.

## 4. ESTADO DEL ARTE

### 4.1. Caracterización de la Zona de Influencia

#### 4.1.1. Evolución de la población

A partir del censo realizado en 2005, el DANE realizó las proyecciones de población municipales que cubre el período 2005 -2020. El casco urbano de la ciudad de Bucaramanga desde 2005 hasta 2011. Ha crecido demográficamente a un ritmo promedio del (0,98%), pero su área metropolitana muestra un crecimiento mayor debido a que los municipios que la componen presentan tasas elevadas como Girón (2,96%), Piedecuesta (2,50%), Estos factores de la transformación metropolitana influyen en el volumen y en las características de la movilidad, exigiendo cambios en las condiciones de la infraestructura vial y en sus servicios de transporte público que permitan una evolución natural y no un detrimento de la calidad urbana y el nivel de vida de los ciudadanos.<sup>2</sup>

Tabla 1 Población Total

POBLACION TOTAL						
Dpto. y Municipios	Santander	AMB	Bucaramanga	Floridablanca	Girón	Piedecuesta
2009	2,000,045	1,065,087	522,905	260,042	152,608	129,532
2010	2,010,404	1,074,929	524,112	261,142	156,995	132,680
2011	2,020,664	1,084,759	525,216	262,165	161,479	135,899
2012	2,030,857	1,094,472	526,183	263,095	166,048	139,146
2013	2,040,988	1,104,045	526,940	263,951	170,706	142,448
2014	2,051,065	1,113,565	527,552	264,746	175,457	145,810
2015	2,061,095	1,122,961	527,985	265,452	180,305	149,219
2016	2,071,044	1,132,367	528,352	266,102	185,248	152,665
2017	2,080,961	1,141,694	528,575	266,669	190,283	156,167
2018	2,090,854	1,151,008	528,683	267,170	195,426	159,729
2019	2,100,733	1,160,272	528,694	267,591	200,659	163,328
2020	2,110,608	1,169,484	528,572	267,936	206,005	166,971

Fuente: DANE, Proyecciones de Población Municipales por área 2007 – 2012 a junio 30

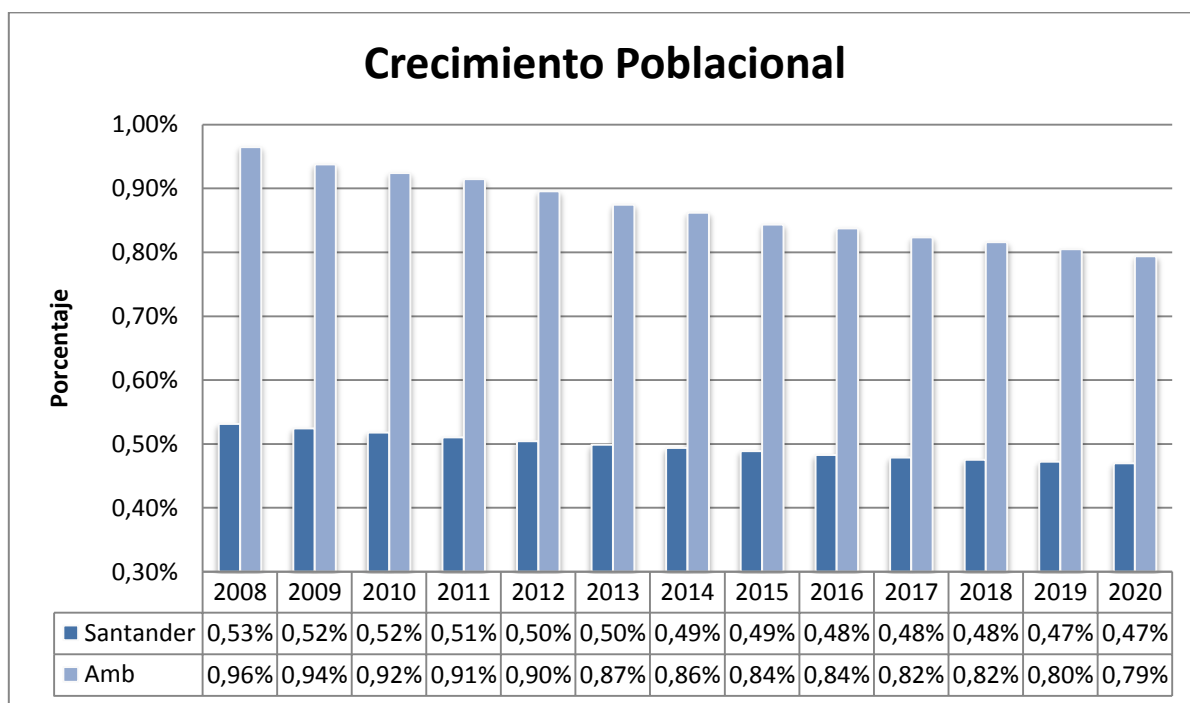
<sup>2</sup> Instituto Municipal de empleo y fomento empresarial de Bucaramanga, IMEBU. (s.f.). FACTORES DEMOGRÁFICOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.

Tabla 2 Tasa Promedio de Crecimiento Poblacional %

<b>TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO 2008-2020</b>	
<b>Dpto. y Municipios</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<i>Santander</i>	0.50%
<i>AMB.</i>	0.87%
<i>Bucaramanga</i>	0.13%
<i>Floridablanca</i>	0.30%
<i>Girón</i>	2.79%
<i>Piedecuesta</i>	2.36%

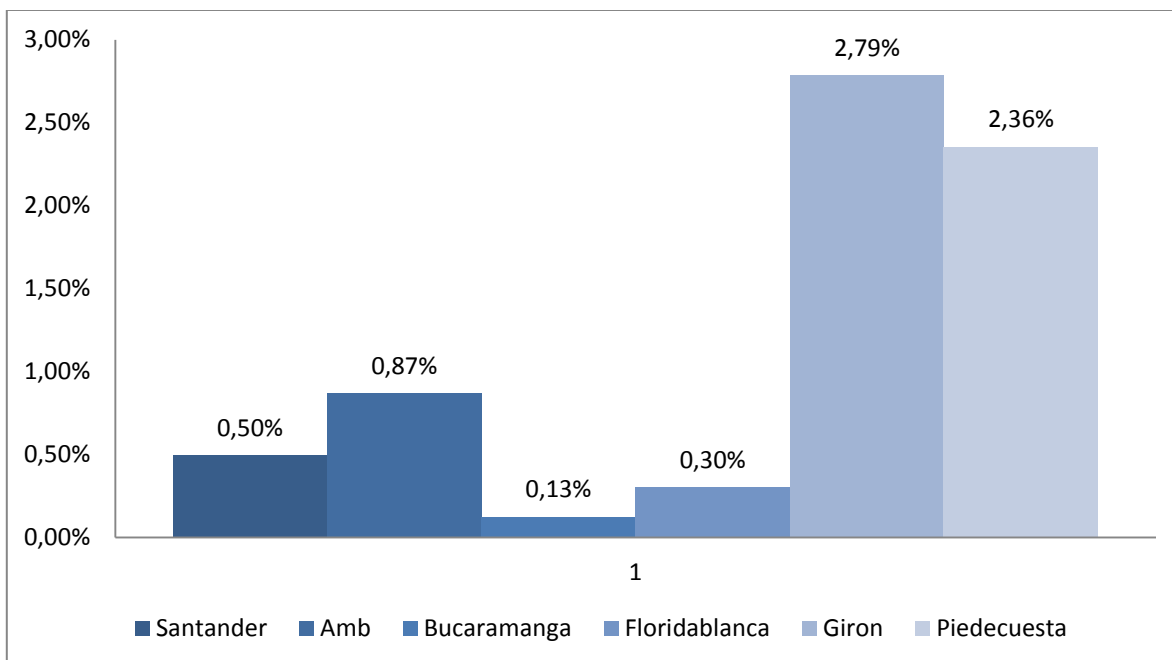
Fuente: DANE, Proyecciones de Población Municipales por área 2007 – 2012 a junio 30

Figura 1 Comparación del % de Crecimiento Poblacional (Santander – AMB)



Fuente: DANE, Proyecciones de Población Municipales por área 2007 – 2012 a junio 30

Figura 2 Tasa Promedio de Crecimiento Poblacional



Fuente: DANE, Proyecciones de Población Municipales por área 2007 – 2012 a junio 30

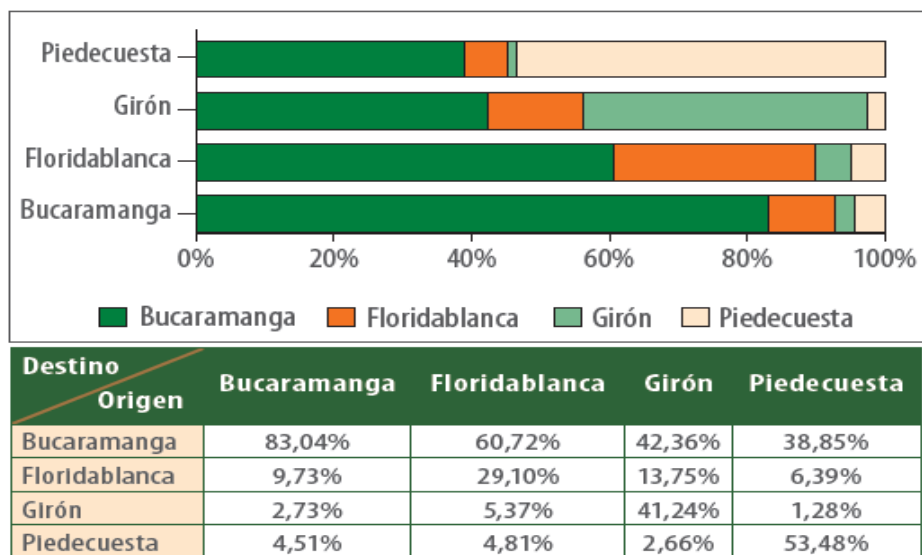
#### 4.1.2. Tendencias de los viajes en el área metropolitana de Bucaramanga

La ciudad de Bucaramanga ha sido el epicentro para el impulso de la industria, el comercio, los servicios, el desarrollo actual y futuro al contar con importantes centros de investigación y desarrollo tecnológico, universidades y centros de formación técnica y de educación básica de gran reconocimiento en el contexto regional y nacional, esto la ha convertido en la principal fuente de empleo, estudio, negocios, para los municipios aledaños que conforman su área metropolitana (Girón, Floridablanca, Piedecuesta) lo cual hace que un elevado porcentaje de la población se desplace a ella diariamente.

*“Según la distribución de viajes entre los diferentes municipios del área metropolitana, el principal destino es la ciudad de Bucaramanga para los viajes provenientes de Girón, Piedecuesta y Floridablanca; además, los viajes internos en los municipios de Girón, Piedecuesta y Bucaramanga representan más de 40% del total de los viajes; para este último, el más alto, con 83%. El mayor porcentaje se obtiene en los viajes realizados entre los municipios de Girón y Piedecuesta, con valores inferiores a 3%.”<sup>3</sup>*

<sup>3</sup> Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización. (2011). Plan de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. Bucaramanga.

Figura 3 Distribución de Viajes por municipios de AMB.

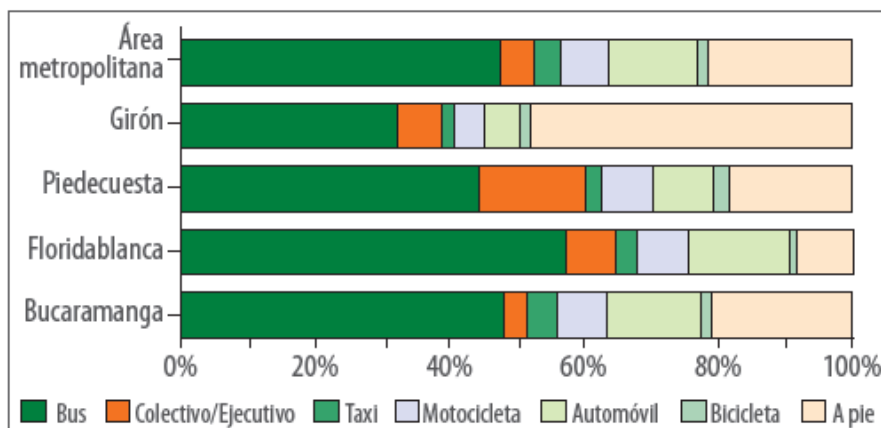


Fuente: Plan Maestro de Movilidad Bucaramanga 2010 – 2030

“Según los estudios adelantados en el año 2003, el Área Metropolitana de Bucaramanga poseía una movilización diaria de aproximadamente 580.000 viajes en transporte público colectivo, de los cuales el 7.8% corresponden a los viajes producidos en la hora pico de la mañana. En ese estudio se estimó que el Área Metropolitana de Bucaramanga tendría una movilización anual de aproximadamente 183.947.131 viajes en transporte público colectivo. Para la expansión de datos a períodos mensuales y anuales se ha encontrado que la demanda del día sábado corresponde aproximadamente al 77% de un día hábil y que el día domingo corresponde aproximadamente al 56% de un día hábil.”<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización. (2011). Plan de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. Bucaramanga.

Figura 4 Distribución de viajes por modo, AMB



Fuente: Plan Maestro de Movilidad Bucaramanga 2010 - 2030

#### 4.1.3. Niveles de motorización del área metropolitana de Bucaramanga

La experiencia mundial muestra que los países en desarrollo como Colombia el aumento de registro vehículos nuevos comenzaran a aumentar de forma acelerada, actualmente este valor no es significativo lo que es preocupante en el AMB el crecimiento poblacional y económico se ha convertido en los factores más influyentes en el aumento de su parque automotor, datos revelados por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga reportaron que a diciembre de 2011, un total de 150.362 vehículos estaban matriculados, de estos 75.576 son carros y 24.503 motocicletas, la Secretaría de Tránsito de Girón informo de 127.771 vehículos; y la Secretaría de Tránsito de Floridablanca mencionó 121.498 automotores. En 2010 en el área metropolitana había 362 mil vehículos matriculados, la comparación de estos datos nos muestra un incremento de aproximadamente el 12,5%.

*“La razón por la cual la motorización crece más rápidamente cuando el PIB pc se encuentra en niveles medios radica en que justo en este momento muchas personas acceden a la clase media y alcanzan niveles de ingreso que les permite tener acceso al vehículo particular, convirtiéndose en la porción más numerosa de la población. A medida que más personas tienen el ingreso suficiente para costear un vehículo particular, mayor es la motorización. Desde esta perspectiva, el ingreso necesario para costear un vehículo particular es un factor tan determinante de la motorización como el nivel de ingreso. La introducción de un carro económico aumenta también la motorización.”<sup>5</sup>*

Tabla 3 Proyección de los Niveles de Motorización

Año	Población (millones de Habitantes)	Carros		Motos	
		Tasa Motorización (Vehículos /Habitante)	No. Vehículos	Tasa Motorización (Vehículos /Habitante)	No. Vehículos
2010	45.5	0.066	2.99	0.052	2.35
2015	48.2	0.077	3.71	0.083	3.99
2020	50.9	0.091	5.62	0.116	5.92
2025	53.6	0.109	5.86	0.146	7.82
2030	56.3	0.129	7.28	0.167	9.39
2035	59	0.149	8.8	0.191	11.27
2040	61.7	0.169	10.42	0.209	12.93

Fuente: Cálculos de los Autores a partir de la metodología propuesta por Gómez, 2008

Esta proyección no toma en cuenta factores como las restricciones de pico y placa que ha hecho que las personas con un nivel adquisitivo medio quieran tener dos o más vehículos para evadir esta medida impuesta en la ciudad de Bucaramanga y en otras ciudades de nuestra país.

#### 4.1.4. Clasificación vial de acuerdo con la jerarquía funcional.<sup>6</sup>

La malla vial metropolitana se jerarquiza para facilitar la gestión, el control y la regulación del tránsito, así como la priorización para la inversión y la optimización de la infraestructura existente. La jerarquización vial tiene, entre otros, los siguientes objetivos:

- Restringir las actividades incompatibles con los flujos de tránsito sobre algunas rutas en que el movimiento de tráfico debe predominar.
- Aumentar la capacidad de algunas rutas, segregando ciertas formas de tránsito y restringiendo el acceso vehicular a las edificaciones ubicadas al frente de las vías.
- Reducir el riesgo de accidentes y aumentar la capacidad de las intersecciones, reduciendo el número de intersecciones y los conflictos vehiculares sobre las vías arteriales.
- Reducir el impacto ambiental del tránsito, si los flujos se concentran en menos vías.
- Orientar y/o privilegiar la circulación de vehículos con combustible más amigable con el medio ambiente, en algunos corredores o sectores de la ciudad.

<sup>4</sup> SAIP Ltda. (s.f.). Estudio de Complementación y Actualización del Diseño Operacional del SITM de Bucaramanga

<sup>6</sup> Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización. (2011). Plan de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. Bucaramanga.

- Restringir algunas actividades, como estacionamiento u operaciones de cargue y descargue, dentro de ciertos horarios para hacer una utilización más eficiente de la infraestructura.
- Identificar las competencias o jurisdicción que rige a cada eje vial, con lo que se busca identificar responsabilidades y proponer tareas de inversión.

#### **4.1.5. Plan maestro de movilidad.<sup>7</sup>**

El PMM tiene por objetivo incorporar al desarrollo del proyecto medidas técnicas apropiadas, para brindar un ambiente seguro, limpio, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, peatones, personal de obra y vecinos del lugar, bajo el cumplimiento de las normas establecidas para la regulación del tránsito.

En la elaboración de este plan maestro de movilidad metropolitano, se ha optado por denotar a todo el conjunto de corredores viales metropolitanos y urbanos que conforman el área metropolitana como el Subsistema Vial, es decir, aquellos corredores y vías que permiten la movilidad, tanto metropolitana como urbana, así como la accesibilidad a las diferentes zonas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón.

La jerarquización vial metropolitana y urbana se adopta en función de los siguientes criterios: funcionalidad, características del tránsito, tipo de transporte, continuidad de los corredores viales, articulación con la red vial nacional y conectividad entre sectores de los municipios.

##### **4.1.5.1. Red vial metropolitana**

La red vial metropolitana corresponde a la red de vías que articula operacionalmente la movilidad de mediana y larga distancia como elemento articulador a escala metropolitana. El concepto básico del trazado de la red vial metropolitana parte de la integración de los municipios del área metropolitana con la región y el país.

---

<sup>7</sup> Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización. (2011). Plan de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. Bucaramanga.

#### **4.1.5.2. Red vial urbana**

Permite la conexión urbana, propia de cada uno de los municipios que conforman el área metropolitana de Bucaramanga, y va desde las vías que hacen posible la movilidad urbana hasta el sistema vial que permite la accesibilidad de las zonas que la conforman. La red vial metropolitana en el interior de cada municipio tendrá carácter metropolitano; sin embargo, estas vías también tendrán un uso urbano.

#### **4.1.5.3. Red vial arterial**

Es la red de vías que articula operacionalmente los subsistemas de la malla arterial principal y secundaria. Facilita la movilidad de mediana y larga distancia como elemento articulador a escala metropolitana. (Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización, 2011)

### **4.2. Clasificación por tipología vial (secciones transversales)**

Esta clasificación de la red vial del área metropolitana de Bucaramanga se basa en el perfil vial, en que se muestran sus características físicas, estructurales y de mobiliario. Esta vista es en sentido transversal al eje de la vía propuesta. Los criterios de ordenamiento y jerarquización se basan en aspectos técnicos, como<sup>8</sup>:

- Planeamiento en cuanto a la seguridad de los pobladores en las diversas zonas urbanas por donde es trazada la vía, teniendo en cuenta condiciones como velocidades de operación y flujo vehicular, y medidas complementarias, como señalización y mobiliario peatonal.
- Correspondencia con medidas que permitan tomar el proyecto vial como base para sistemas complementarios de transporte, con el desarrollo de espacios públicos con dimensiones y características óptimas, como andenes, alamedas peatonales y ciclo rutas, sin interrumpir los sistemas de transporte convencional.
- Reducir el riesgo de accidentes y aumentar la capacidad de las intersecciones, reduciendo el número de intersecciones y los conflictos vehiculares sobre las vías arteriales. (Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización, 2011)

---

<sup>8</sup> Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización. (2011). Plan de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. Bucaramanga.

#### **4.2.1. Secciones transversales de los perfiles viales definidos**

Para el plan maestro de movilidad del área metropolitana de Bucaramanga, se propone serie de perfiles viales, planteados en pro de mejorar las condiciones de tránsito actual y evitar congestiones viales para el tránsito proyectado, además de que permitan establecer los aislamientos y los espacios o reservas necesarias para la constitución de diferentes proyectos urbanos alrededor de los ejes que conformarán cada uno de los proyectos viales metropolitanos. Los perfiles viales metropolitanos están clasificados en trece tipos, y a su vez existen cinco categorías, que corresponden a la tipología urbana. Las secciones viales se definen con base en los siguientes criterios básicos:

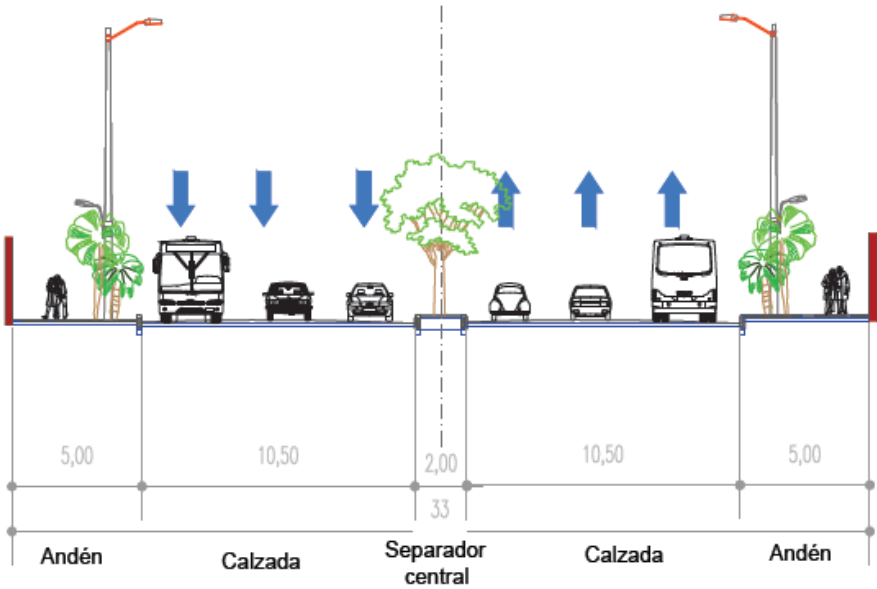
- Deben diseñarse previendo adecuadamente las dimensiones y el tratamiento urbanístico del espacio peatonal en un todo acorde con el entorno y los requerimientos del amueblamiento urbano: andenes y calzadas vehiculares (como dotación mínima), alamedas y ciclo rutas.
- El manejo de separadores de dimensión variable, como elementos asociados al espacio público peatonal, que al mismo tiempo sirvan como elementos de canalización y de seguridad para la circulación vehicular y los cruces peatonales, la fijación de anchos de carril, acordes con el entorno de las vías y con las velocidades deseadas de operación<sup>9</sup>.

De los 18 perfiles viales propuestos en el PMM se mostraran los 5 utilizados en el desarrollo del proyecto. Estos se eligieron basándose en las condiciones actuales, buscando un equilibrio entre la afectación y el nivel de servicio que proporcione un impacto social positivo.

---

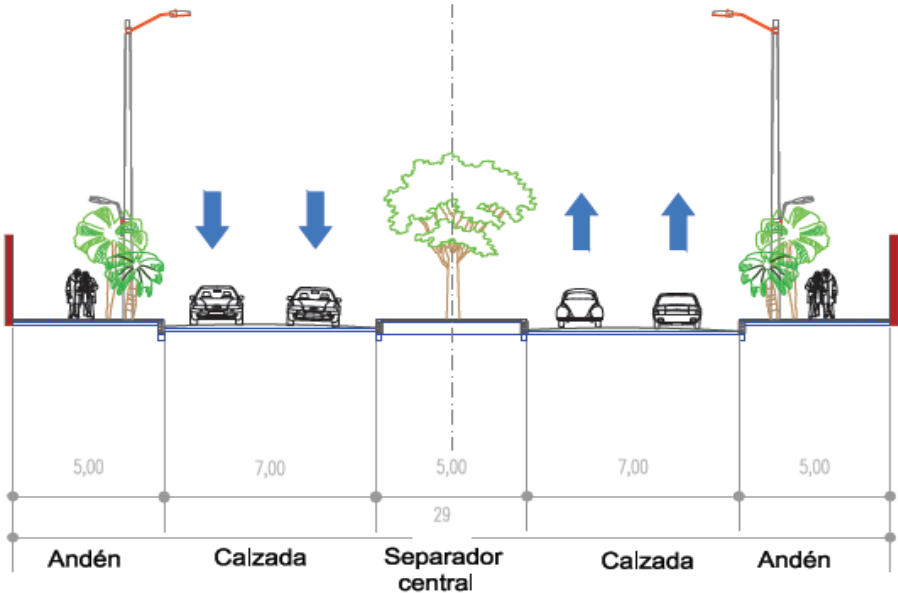
<sup>9</sup> Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomatica Grupo de gestión y optimización. (2011). Plan de Movilidad Area Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. Bucaramanga.

**Figura 5 Perfil Vial Tipo 5**



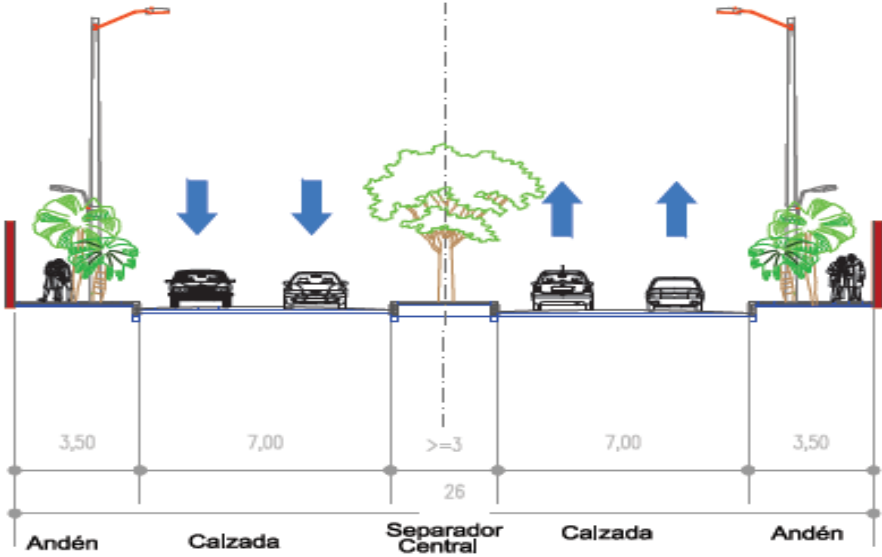
Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2010 – 2030

**Figura 6 Perfil Vial tipo 6**



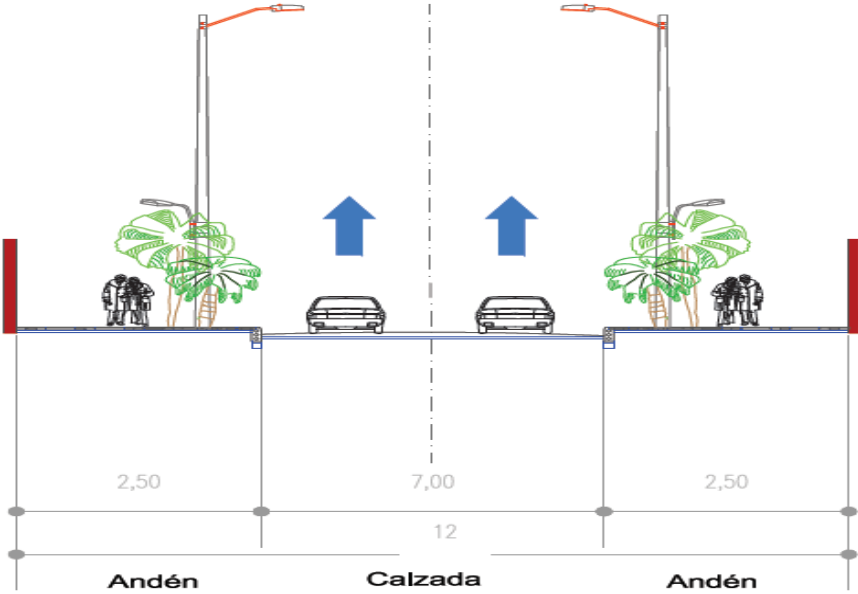
Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2010 – 2030

**Figura 7 Perfil Vial Tipo 8**



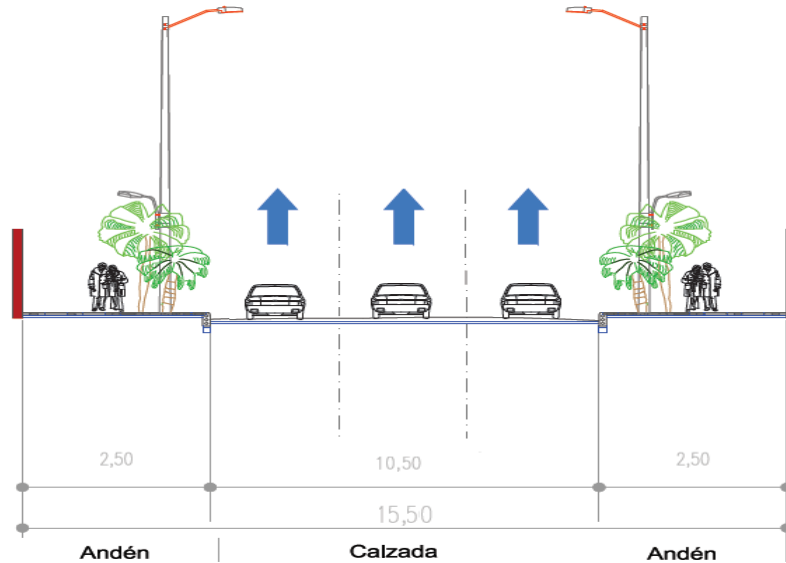
Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2010 – 2030

**Figura 8 Perfil Vial Tipo 16**



Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2010 – 2030

**Figura 9 Perfil Vial Propuesto**



Fuente: Plan Maestro de Movilidad 2010 – 2030

### **4.3. Marco teórico**

El marco teórico recopila y expone las teorías existentes sobre el objeto de estudio de este proyecto que brindan los conceptos explícitos e implícitos del problema, necesarios para el desarrollo e interpretación de los resultados.

#### **4.3.1. Capacidad Vial.<sup>10</sup>**

La capacidad en tránsito se refiere al movimiento de vehículos y personas (ya sea que circulen a pie o en bicicleta) por un tipo de infraestructura dado con características particulares. La capacidad depende del volumen del tránsito, de su forma de operar y de las interacciones entre las concentraciones de tránsito y el flujo vehicular.

Mientras que el concepto de capacidad se basa principalmente en datos técnicos y numéricos, el concepto de nivel de servicio es la forma general de evaluar el desempeño de cierta infraestructura desde el punto de vista del usuario.

La calidad del nivel de servicio en tránsito refleja dos aspectos importantes: el primero hace referencia al grado de disponibilidad de la infraestructura en ciertos periodos y lugares y el segundo aspecto, habla de la comodidad y conveniencia (calidad) del

<sup>10</sup> <sup>10</sup> TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2000). Highway Capacity Manual. Washington, D.C.

servicio proporcionado a los usuarios. Las medidas tradicionales de medir el nivel de servicio y la capacidad, tienen como objetivo dos aspectos fundamentales. El primero consiste en la medida tradicional de la calidad de servicio en vías y autopistas, la cual está orientada hacia los vehículos y personas, quienes son los usuarios de esas instalaciones. El segundo objetivo está relacionado con las medidas de desempeño económico de la infraestructura vial, con el fin de evaluar el tránsito y transporte de una ciudad o región.

#### 4.3.2. Cálculo de la Capacidad Vial en intersecciones semaforizadas.<sup>11</sup>

El método de cálculo de la capacidad más conocido y utilizado es el expuesto en el Highway Capacity Manual preparado en Estados Unidos por el Transportation Research Board. Este método está basado en estudios realizados en este país desde 1935 y ha sido objeto de cinco ediciones, la última en el año 2000. El manual americano se ha empleado con las modificaciones que la experiencia ha ido aconsejando para su adaptación a las circunstancias locales.

El Highway Capacity Manual, en su versión del año 2000, define los siguientes conceptos:

**V:** Duración de la fase verde (se permite el paso de vehículos) [seg]

**R:** Duración de la fase roja (no se permite el paso de vehículos) [seg]

**T:** Ciclo del semáforo = V + R [Seg]

**Intensidad de saturación.** Mientras el semáforo esté en su fase de verde podrá pasar por el acceso un número máximo de vehículos hora. Multiplicando esta intensidad de saturación por la relación entre la duración de la fase de verde y la del ciclo se obtiene el máximo número de vehículos que pueden pasar en una hora (**capacidad**). Si en un tramo existen carriles reservados para determinados movimientos, como giros a la izquierda o a la derecha, se estudian separadamente de los demás carriles del acceso. (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD., 2000)

$$C = S * \frac{V}{T}$$

---

10 TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2000). Highway Capacity Manual. Washington, D.C.

## Siendo

*C*: Capacidad (Vehiculos/Hora)

*S*: Intensidad de Saturación (Vehiculos/Hora)

*V*: Duracion de la fase de verde (Segundos)

*T*: Duracion del ciclo (Segundos)

### 4.3.3. INTENSIDAD DE TRÁFICO

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de carretera por unidad de tiempo.

$$S = 1900N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi}$$

*S*: Intensidad de Saturación (Vehiculos/Hora)

*N* = Numero de Carriles

*f\_a f\_{vp} f\_i f\_e f\_b f\_z f\_{gd} f\_{gi}* = Factores de Correccion

Tabla 4 Factores de Corrección

Factores de Corrección			
<i>f</i>	Corrección por	Formula	Variable
<i>f<sub>a</sub></i>	Anchura del Carril	$(5.4+A)/9$	A: Anchura del Carril (m)
<i>f<sub>vp</sub></i>	Vehículos Pesados	$100/(100+P)$	P: Porcentaje de pesados (%)
<i>f<sub>i</sub></i>	Inclinación de la rasante	$1 - I/100$	I: Inclinación de la rasante
<i>f<sub>e</sub></i>	Estacionamiento	$1 - (0.1 + M/20)/N$	M: Movimiento de estacionamiento en una hora
<i>f<sub>b</sub></i>	Paradas Autobús	$1 - B(250N)$	B: Autobuses que paran en una hora
<i>f<sub>z</sub></i>	Situación	(0.9 o 1)	En centro urbano 0.9 en otras zonas 1
<i>f<sub>gd</sub></i>	Giros ala derecha	$1 - 0.15P$	P: Proporción de vehículos que giran ala derecha
<i>f<sub>gi</sub></i>	Giros ala izquierda	$1/(1+0.05P)$	P: Proporción de vehículos que giran ala izquierda

Fuente: HCM 2000

#### 4.3.4. DEMORA<sup>12</sup>

Es el tiempo que le toma a los vehículos en ingresar a la intersección y a partir de este valor se puede calcular el nivel de servicio de la intersección.

$$d = \frac{(T - V)^2}{2T(1 - \frac{I}{S})} + 900H \left( \frac{IT}{SV} - 1 + \sqrt{\left(\frac{IT}{SV} - 1\right)^2 + \frac{8klT^2}{(SV)^2H}} \right)$$

Donde

- **I** = Intensidad en el grupo de carriles expresada en vehículos por hora.
- **S** = Intensidad de saturación expresada en vehículos por hora;
- **V** = Duración de la fase verde en segundos.
- **T** = Duración del ciclo en segundos.
- **H** = Es la duración del período en estudio y usualmente se toma 0,25.
- **K** = hace alusión al tipo de regulación entre semáforos, para semáforos aislados y fijos k se toma como 0,5.

Tabla 5 Relación Nivel de servicio y tiempo de demora

	<b>DEMORA</b>	
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Límite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>
<b>A</b>	0	10
<b>B</b>	10	20
<b>C</b>	20	35
<b>D</b>	35	55
<b>E</b>	55	80
<b>F</b>	80	Mayores

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000

<sup>12</sup> TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2000). Highway Capacity Manual. Washington, D.C.

#### 4.3.5. DENSIDAD DE TRÁFICO

Se denomina densidad del tráfico al número de vehículos que hay por unidad de longitud. Se puede obtener a través de una fotografía y contando los vehículos, pero raramente esta magnitud se mide directamente ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de intensidad y velocidad (magnitudes de las que resulta más sencillo obtener datos).

#### 4.3.6. VELOCIDAD

En este caso, el conocimiento de las velocidades instantáneas es poco representativo y es más útil trabajar con velocidades medias de recorrido para estimar la calidad de la circulación.

$$I = Vme \cdot D$$

**Vme:** Es la velocidad media espacial (velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están dentro de un tramo de vía.) El valor máximo que adquiere la intensidad representa la capacidad de la vía y a la densidad correspondiente se le conoce como densidad crítica.

#### 4.3.7. NIVELES DE SERVICIO

El concepto de nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”. Estas condiciones se describen en términos de factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la comodidad, las conveniencias y la seguridad vial. Para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS F, las peores. Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas de flujo ininterrumpido son las siguientes: <sup>13</sup>

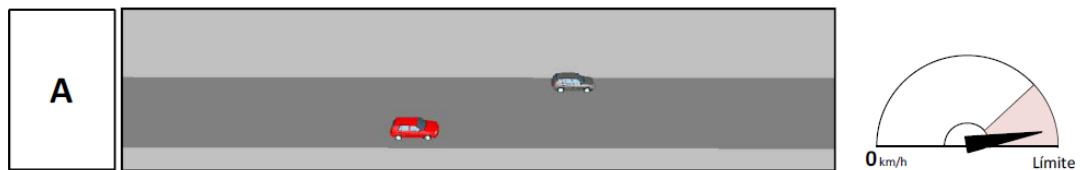
---

<sup>13</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Ing Flor Angela Cerquera. (2007). *CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO*. Tunja.

- **Nivel de Servicio A**

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón, es excelente.

Figura 10 Nivel de Servicio A

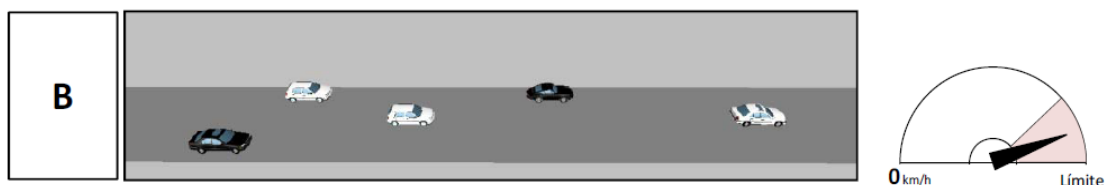


FUENTE: El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040. Bogotá

- **Nivel de Servicio B**

Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas, sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Figura 11 Nivel de Servicio B

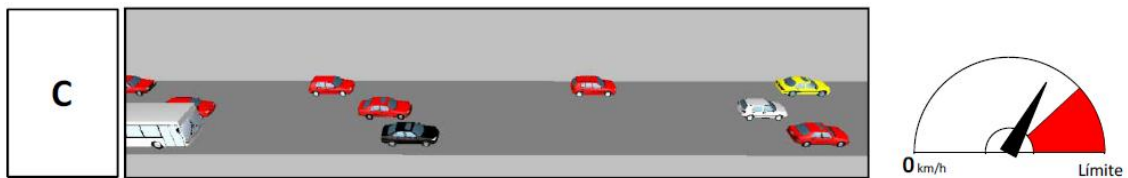


FUENTE: El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040. Bogotá

- **Nivel de Servicio C**

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

Figura 12 Nivel de Servicio C

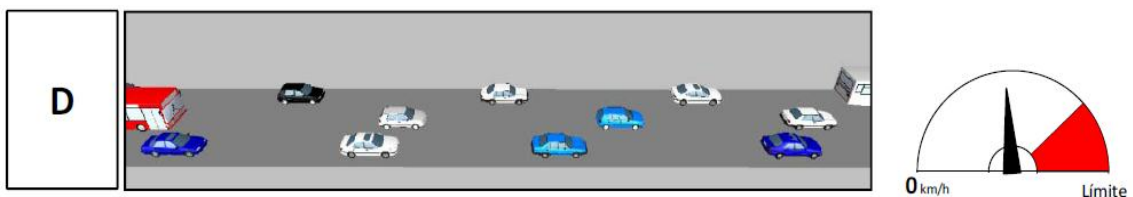


FUENTE: El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040. Bogotá

- **Nivel de Servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

Figura 13 Nivel de Servicio D

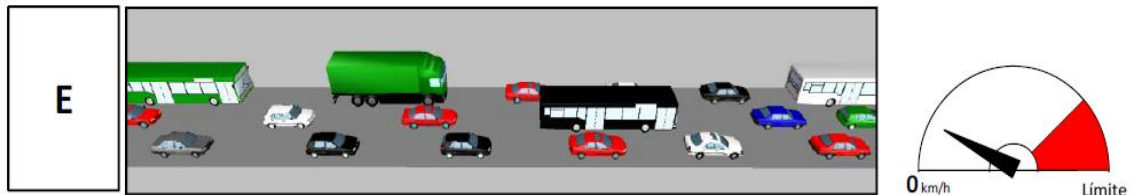


FUENTE: El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040. Bogotá

- **Nivel de Servicio E**

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.<sup>14</sup>

Figura 14 Nivel de Servicio E

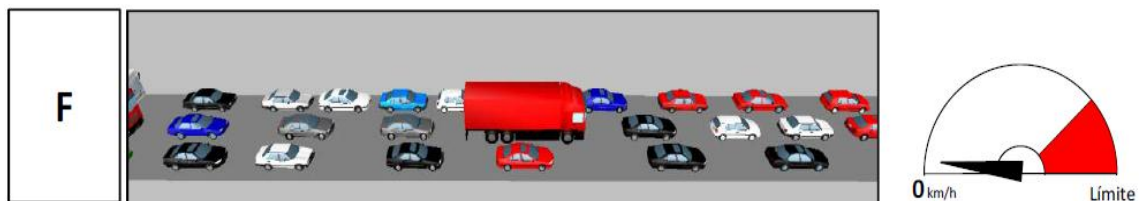


FUENTE: El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040. Bogotá

- **Nivel de Servicio F**

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables. (Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomática Grupo de gestión y optimización, 2011)

Figura 15 Nivel de Servicio F



FUENTE: El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040. Bogotá

<sup>14</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Ing Flor Angela Cerquera. (2007). CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO. Tunja.

## 4.4. ANTECEDENTES

### 4.4.1. PLAN MUELAS<sup>15</sup>

Denominado plan de recuperación de la movilidad urbana de la zona centro de la ciudad, con intervenciones puntuales. Fue un proyecto realizado por la oficina asesora del planeación municipal de la ciudad de Bucaramanga con el objetivo de recuperar la movilidad en la zona central de la ciudad a través de pequeñas intervenciones como la ampliación de los perfiles viales en los corredores más importantes y congestionados en de la zona centro determinada por las Cra 27 A Cra 9ª entre las Avenidas Quebrada seca y Calle 45, donde los principales ejes viales contarían desde Diciembre de 2010 con la entrada en circulación del SITM Metrolinea, lo cual requeriría proporcionar a la Movilidad Urbana nuevos anchos de calzada vehicular, con el simple alineamiento los actuales paramentos de construcción además de nuevos andenes peatonales.

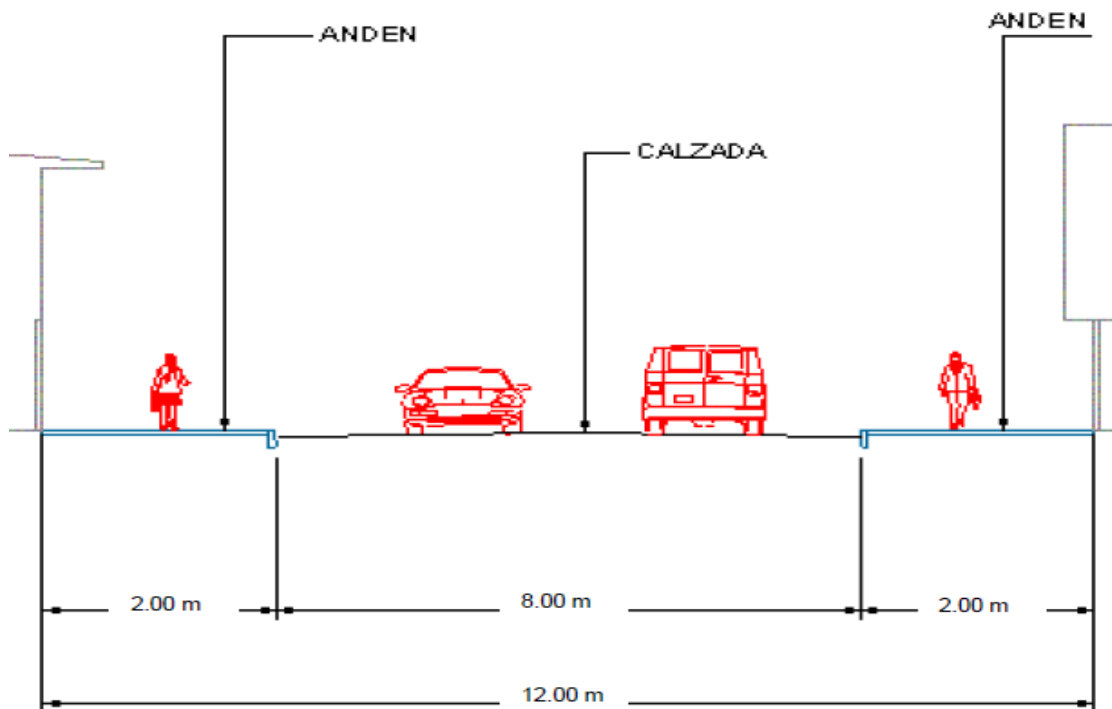
El proyecto contaba con la recuperación de los principales ejes viales, calles y carreras que se encuentran hoy en día estrangulando el ancho de calzada vehicular, por la falta alineamiento de los paramentos de construcción de algunas casa y/o locales antiguos, que faltan alinear con los nuevos perfiles viales dados en ese entonces por Planeación municipal y la Anterior Oficina de Valorización Municipal. Partiendo de esos perfiles viales establecidos y reglamentados por la Oficina Asesora de Planeación Municipal, para así poder establecer el área de Afectación Predial y cuantificar en metros cuadrados las áreas a intervenir de los Ocho (8) ejes viales más influyentes en la movilidad urbana de la zona centro de la ciudad.

- Cra. 26 > Entre Calles 37 y la Avenida la Rosita “Museo de Arte moderno de Bucaramanga.
- Cra. 25> Entre la Avenida la Rosita, y la Avenida Quebrada Seca.
- Cra. 24> Entre la Avenida Quebrada Seca, y la Avenida la Rosita.
- Cra. 20> Entre la Avenida Quebrada Seca, y la Avenida la Rosita.
- Cra. 17> Entre la Avenida Quebrada Seca, y la Avenida la Rosita.
- Cra. 14> Entre la Avenida Quebrada Seca, y la Avenida la Rosita.
- Calle 41> Entre la Avenida la Rosita, y la Carrera 9ª.
- Calle 42> Entre la Carrera 9a, y la Carrera 21.

---

<sup>15</sup> Municipio de Bucaramanga, Oficina Asesora de Planeacion Municipal. (2010). ROYECTO DE RECUPERACIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA EN EL CENTRO DE LA CIUDAD "Plan Muelas". Bucaramanga.

Figura 16 Perfil Vial Propuesto para el Plan Muelas



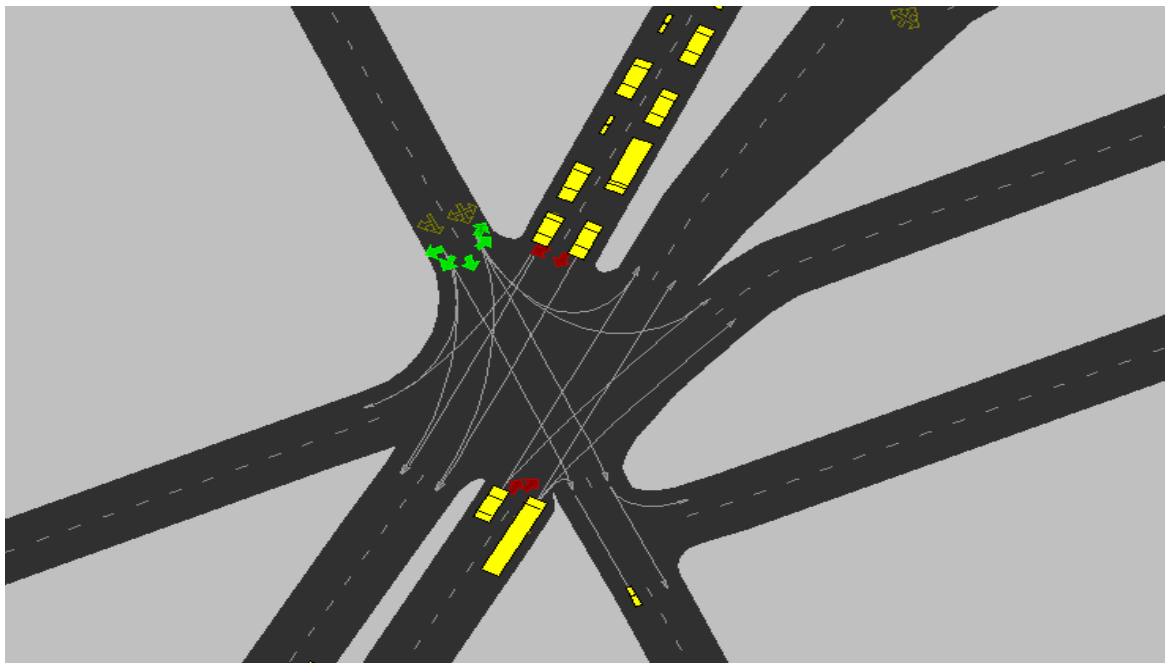
Fuente: Plan Muelas

#### 4.5. HERRAMIENTAS DE MODELACION

Las herramientas de modelación son sistemas informáticos, que se emplean para la creación de modelos de situaciones que ya existen o que se desarrollarán, permitiendo crear un "simulacro", que cuestiones de movilidad la y redes vehiculares se presentan como una pieza clave en el desarrollo vial para aumentar la seguridad y mejorar la calidad de vida de los usuarios, La simulación juega un papel principal en hacer que estos proyectos sean una realidad. Este tipo de simulación contribuye al estudio del tránsito y las intercomunicaciones propias en su amplia variedad sin tener que realizar experimentos de campo, para llegar a soluciones que no impliquen inversiones a ciegas y sin necesidad de construir nuevas y costosas infraestructuras.

#### 4.5.1. TransModeler<sup>16</sup>

Figura 17 Ejemplo de Intersección del Modelo en 2D



TransModeler es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico, desarrollado por la empresa CORSIM, líder mundial en desarrollo de software de modelación. TransModeler puede 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.

TransModeler incorpora ruteo dinámico de viajes basado en tiempos de viajes históricos o simulados. Igualmente está en capacidad de incorporar viajes pre especificado o movimientos de giro en intersecciones. Simula transporte público así como tráfico de automóviles y camiones y maneja un amplio espectro de ITS (Sistemas de transporte inteligente) como por ejemplo, recolección electrónica de peajes, guiado en ruta, y detectores de tráfico. TransModeler trabaja con software de pronóstico de demanda de viajes para suministrar una capacidad integrada para ejecutar análisis operacional de proyectos y planes de transporte. Estos resultados de las simulaciones de tráfico pueden ser empleados para retroalimentar pronósticos de demanda de viajes

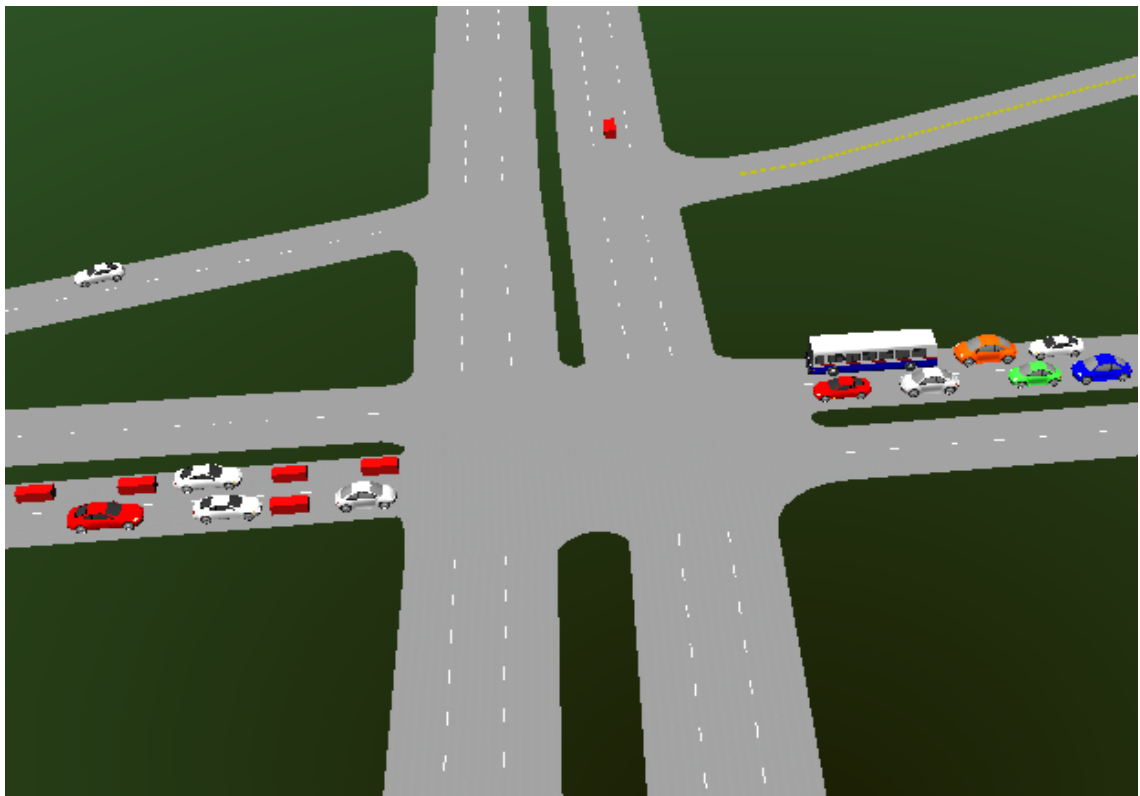
<sup>16</sup> Caliper Corporation. (s.f.). Caliper. Recuperado el 15 de 11 de 2012, de <http://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>

Se puede destacar la incorporación de imágenes satelitales, que permiten mostrar resultados fáciles de entender para personas no familiarizadas con un sistema de modelación, como suele suceder en mandos altos.

Como características principales de TransModeler se pueden destacar

- Importar datos de simulación de Corsim y TrafficWare.
- Manejar una variedad de archivos de entrada para escenarios múltiples.
- Compartir bases de datos de proyectos, planes semafóricos y otros datos de entrada entre múltiples proyectos.
- Exportar sub-áreas de redes extensas para simular la operación de tráfico a una escala menor. (Universidad Politecnica Salesiana)
- Comparar los resultados de corridas de simulación múltiples
- Generar reportes bien presentados, así como mapas y gráficos para se incluidos en reportes y presentaciones.

Figura 18 Ejemplo de Intersección del Modelo en 3D



## **5. METODOLOGÍA**

Para alcanzar cada uno de los objetivos planteados en el proyecto se estableció el siguiente conjunto de procedimientos que explican de manera detallada como el desarrollo trabajo desde la recopilación de los datos hasta la obtención y análisis de los resultados.

### **5.1. Recopilación de la información primaria**

La información primaria es la fuente documental que se ha considerado como material de primera mano para el desarrollo del proyecto, obtenida en campo con datos veraces, precisos y completos.

#### **5.1.1. Toma de velocidades en campo**

Se realizó utilizando el método del vehículo flotante establecido en el Manual de Transporte Bogotá en su capítulo 5 “Estudios de Tránsito para Tránsito Vehicular”. Que orienta la evaluación de la operación del tránsito de vehículos particulares en vías urbanas o suburbanas donde la densidad de tránsito y su regulación producen reducciones apreciables de velocidad a lo largo de los corredores, determinando las causas que influyeran en las variaciones de la esta como volúmenes y demoras.

Esta metodología, consiste en un vehículo que recorre varias veces el tramo de vía en estudio, se le dan instrucciones al conductor del vehículo flotante para que conserve una velocidad que, a su juicio, sea el promedio de la de todos los vehículos en ese momento, mientras tanto se van tomando los tiempos (Hora de paso por este punto) de paso por unos puntos de control previamente definidos para cada eje vial, luego en oficina con los datos de distancia y tiempo se obtiene la velocidad del tramo estudiado, esta metodología es recomendada en el manual de Transporte de Bogotá y sería realizada en las horas pico, estableciendo un plan de recorridos ordenado, ya que el modelo de micro simulación que posteriormente se realizara, será hecho para una de estas horas. Los corredores en los cuales se tomó esta información fueron

#### **Carreras**

- Carrera 33 sentidos norte-sur y sur norte, Carrera 27 sentidos norte-sur y sur-norte, Carrera 24 ,Carrera 22,Carrera 21 , Carrera 18 , Carrera 17, Carrera 13,Carrera 9

## **Calles**

- Avenida Quebrada seca sentidos Oriente-Occidente y Occidente-Oriente, Calle 33, Calle 34, Calle 36 sentidos Oriente-Occidente y Occidente-Oriente, Avenida La Rosita sentidos Oriente-Occidente y Occidente-Oriente, Calle 45, Calle 48, Calle 56 sentidos Oriente-Occidente y Occidente-Oriente.

### **5.2. Recopilación de la información secundaria**

La información secundaria consiste en los datos que se obtuvieron de fuentes o entidades como el Departamento de Transito de Bucaramanga, El DANE y el Grupo de Investigación Geomatica perteneciente a la Universidad Industrial de Santander.

#### **5.2.1. Información de tiempos, programación y ciclos semafóricos.**

La dirección de tránsito de Bucaramanga a través de la oficina asesora de sistemas se encarga de controlar y programar la red semafórica de la ciudad, de tal modo que el encendido de las luces de los semáforos controle la intersecciones de forma eficiente ya sea haciendo que vehículos transiten por todo el corredor sin detenerse (ola verde) o estableciendo los tiempos de verde correctos para cada ciclo de acuerdo a los volúmenes de tránsito, para aumentar la eficiencia de cada intersección semaforizada, y brindar a los conductores una mejora en la calidad de vida reduciendo el tiempo de viaje. Para poder obtener estos datos se creó un mapa para numerar cada una de las intersecciones semaforizadas que pertenecían a la zona de influencia, separándolas en dos grupos según la duración del ciclo.

#### **Intersecciones con ciclos de 90 Segundos**

Cra 14 - Cll 36, Cra 14 - Calle 37, Cra 15 - Cll 33, Cra 15 - Cll 34, Cra 15 - Cll 36, Cra 15 - Cll 41, Cra 15 - Cll 42, Cra 15 - Cll 45, Diag. 15 - Av. La Rosita, Diag. 15 - Cra 17, Cra 17- Cll 36, Cra 17 - Cll 37, Cra 18 Av. Quebrada seca, Cra 21 - Cll 31, Cra 22 - Cll 31, Cra 18 - Cll 33, Cra 18 - Cll 34, Cra 17,18 y 19 - Cll 35, Cra 18 - Cll 36, Cra 19 y 20 - Av. Quebrada seca, Cra 19 - Cll 33 y 34, Cra 18 y 19 - Cll 37, Cra 21- Cll 33,34,35, Cra 21- Cll 36 y 37, Cra 21 y 22- Av. la Rosita, Cra 21 y 22 - Av. Quebrada seca, Cra 22 - Cll 33, Cra 22 - Cll 34, Cra 22 - Cll 35, Cra 22 Cll 36 y 37, Av. La Rosita - Cll 45, Av. Quebrada seca - 33A, Cra 33 - Cll 32, Cra 33 - Cll 34, Cra 33 - Cll 36, Cra 33 - Cll 41 y 42, Cra 33 - Cll 45, Cra 33 - Cll 48, Cra 33 - Cll 51 y 52, Cra 33 - Cll 56, Cra 19 - Cll 36, Cra 17 - Cll 55, Cra 21 y 22 - Cll 41, Cra 33 - Av. Quebrada seca, Cra 30 - Av. Quebrada seca, Cra 21 y 22 - Cll 50, Cra 33<sup>a</sup> - Cll 32, Cra 27A 28 y 29 - Cll 48, Cra 9 - Cll 45, Cra 9 - Cll 37, Cra 9 - Cll 34 y 35, Cra 13 - Av. Quebrada seca, Cra 13 - Cll 36 y

37, Cra 21 y 22 – Cll 45 , Cra 27A 28 29 - Cll 45, Cra 13 - Cll 45, Cra 31 - Cll 52, Cra 23, 24 Y 25 - Cll 36

### Intersecciones con ciclos de 120 Segundos

Diag. 15 - Calle 55, Diag. 15 - Cll 56, Cra 27 - Cll 34 ,Cra 27- Cll 35, Cra 27- Cll 36 , Cra 27 - Av. La Rosita y Cll 41, Cra 27- Cll 45, Cra 27 - Cll 48, Cra 27- Av. González Valencia , Cra 27 - Cll 54, Cra 27 y 28 - Cll 56, Cra 27 - Av. Quebrada seca, Cra 32-Cll 56 , Cra 28 - Cll 34 , Cra 21 Y 22- Cll 56, Cra 28 - Cll 36, Cra 18 - Av. La Rosita, Cra 16 - Cll 45, Cra 17 y 18 - Cll 45 , Av. González Valencia - Cll 54 y 55, Cra 30 - Cll 32 33 y 35, Av. González Valencia - Cll 50 , Cra 21- Cll 55, Cra 17C - Cll 55 y 56.

La siguiente imagen se muestra la ubicación de las intersecciones que pertenecen a la zona del proyecto.

Figura 19 Intersecciones Semaforizadas

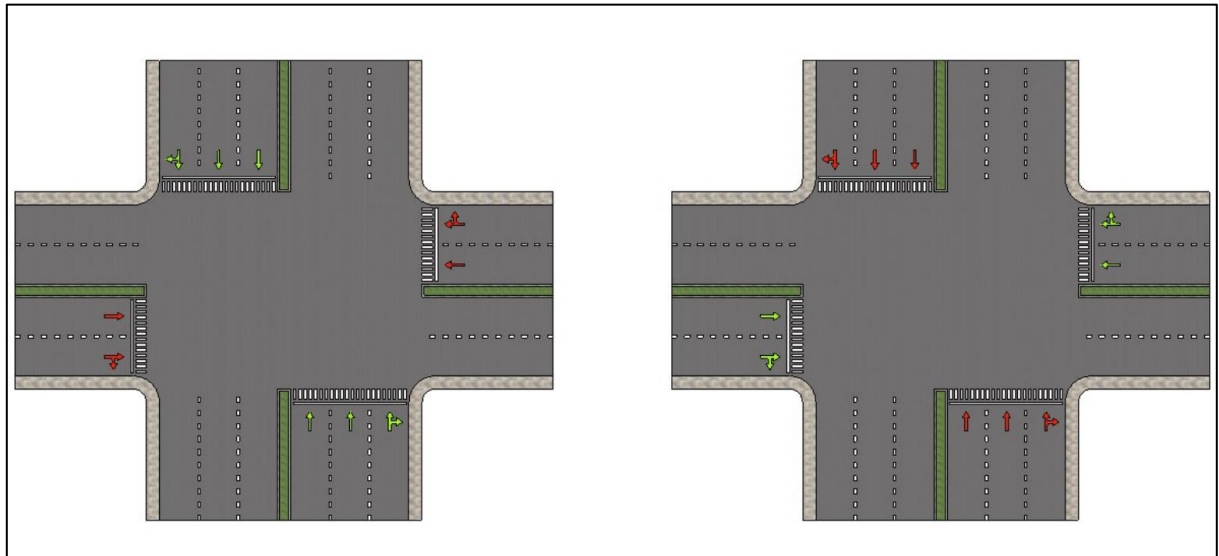


Fuente: Alternativa de mejoramiento de la operación semafórica en los corredores viales de la zona comprendida entre las carreras 9 y carrera 27 y Avenida Quebrada Seca y calle 56 de la ciudad de Bucaramanga.

## Fases Semafóricas

Las fases de los semáforos están compuestas por los diferentes números de movimientos que se pueden realizar en la intersección, en la figura 20. Se observa un ciclo definido por dos períodos la primera Norte – Sur, Sur – Norte y la segunda Oriente – Occidente y Occidente - Oriente con giros a izquierda que no afectan la movilidad en el sentido opuesto y por ende no requieren de una tercer ciclo.

*Figura 20 Fases Semafóricas*



Fuente: Alternativa de mejoramiento de la operación semafórica en los corredores viales de la zona comprendida entre las carreras 9 y carrera 27 y Avenida Quebrada Seca y calle 56 de la ciudad de Bucaramanga.

## Ciclos

La red semafórica de la ciudad se controla por ciclos de 90 y 120 segundos, los siguientes datos suministrados por la Dirección de Transito de Bucaramanga muestran dos intersecciones con sus respectivos ciclos donde se explicara su funcionamiento.

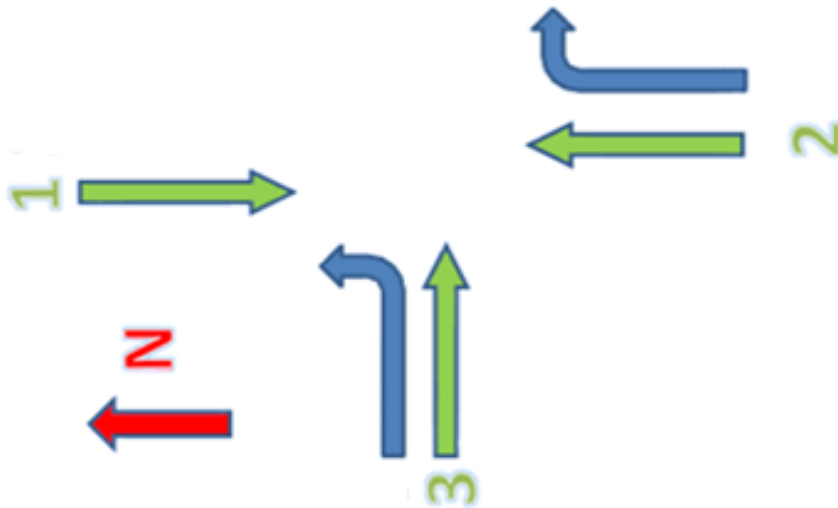
Para el primero de estos el tiempo va de 0 - 90 segundos en el todos los semáforos de la ciudad que pertenecen este conjunto, para la intersección de la Cra 15 con Cll 33 el grupo 1 tiene los vehículos que van de Norte a Sur, cuando el ciclo está en el segundo 64 empezara su tiempo de verde llegando a 90 segundos y reiniciándose hasta los 16 segundos del siguiente ciclo para una duración total de 42 segundos, el grupo 2 de los vehículos en sentido Sur – Norte lo hará en el segundo 65 y el tres en el 22 para el sentido Occidente – Oriente. Este es un cruce que posee tres grupos pero funciona con dos fases.

Tabla 6 Ejemplo de un Ciclo de 90 Segundos

Ciclo de 90 Segundos			
Cra 15 - Cll 33	Empieza	Termina	Duración
Grupo 1	64	16	42
Grupo 2	65	17	42
Grupo 3	22	59	37

Fuente: Dirección de Transito de Bucaramanga.

Figura 21 Ciclo de 90 Segundos para la Cra 15 con Cll 33



Fuente: Dirección de Transito de Bucaramanga.

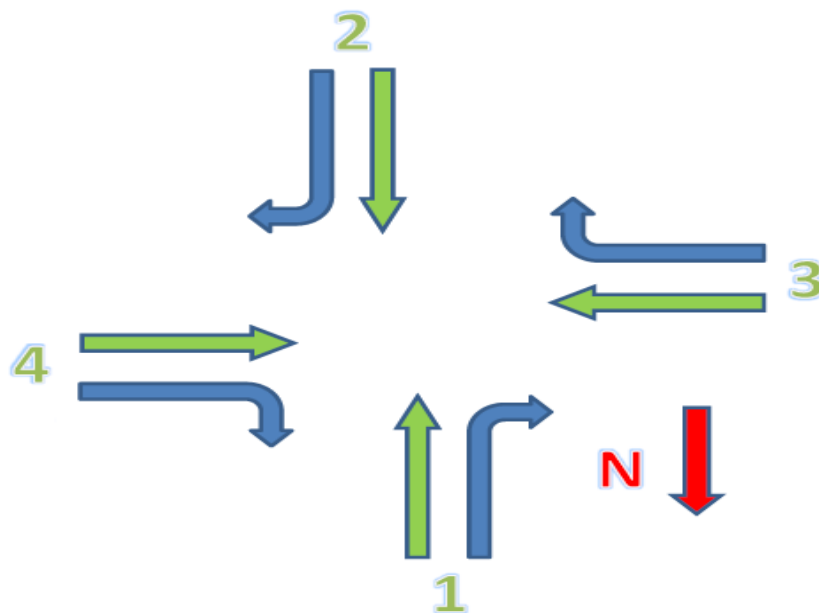
El segundo ciclo cuenta con una duración más larga debido al volumen de tráfico que maneja la intersección otorgando una mayor duración del tiempo en verde y aumentando la capacidad del corredor. La diagonal 15 con Calle 56 es un cruce que tiene 4 grupos que pertenecen a 2 fases la primera da vía a los vehículos en sentido Norte – Sur, Sur – Norte y la segunda Oriente – Occidente y viceversa como se muestra en la tabla 7 y en la figura 22. El desfase entre el segundo 24 y el 30 indica el tiempo en amarillo que posee el ciclo.

Tabla 7 Ejemplo de un Ciclo de 120 Segundos

Ciclo de 120 Seg			
Diag. 15 - Calle 56	Empieza	Termina	Duración
Grupo 1	80	24	64
Grupo 2	80	24	64
Grupo 3	30	74	44
Grupo 4	30	74	44

Fuente: Dirección de Transito de Bucaramanga.

Figura 22 Ciclo de 120 Segundos para la Diagonal 15 con Cll 56



Fuente: Dirección de Transito de Bucaramanga.

### 5.2.2. Información histórica acerca de aforos vehiculares y velocidades

El grupo de investigación Geomatica en la escuela de ingeniería civil de la universidad industrial de Santander suministro la información de los aforos realizados en los años 2009 y 2010 en la ciudad de Bucaramanga, con estos datos se pudieron determinar la forma en que circulan los vehículos por nuestra ciudad y cuáles son los corredores más utilizados y a la vez más congestionados, los conteos fueron realizados para vehículos, buses de servicio público y vehículos de carga durante las horas pico en la ciudad. Puntos aforados para la recolección de datos:

- Centro comercial MegaMall Carrefour, Mesón de los Búcaros, Puerta del Sol, Carrera 33 con calle 34, Carrera 33 con calle 36, Carrera 33 con calle 45, Carrera 33 con calle 52, Carrera 33 con calle 56, Carrera 27 con calle 34, Carrera 27 con calle 36, Carrera 27 con calle 42, Carrera 27 con Avenida Gonzales Valencia, Carrera 27 con calle 56, 7 Bocas, Avenida Quebrada Seca con Carrera 9, Carrera 9 con calle 45, Carrera 17 con calle 56, Carrera 22 con calle 34, Carrera 21 con Avenida Rosita, Carrera 22 con calle 37, Carrera 21 con calle 34, Carrera 21 con calle 36, Carrera 24 con calle 34.

### **5.2.3. Plan maestro de movilidad (PMM)**

Se realizó una clasificación previa de los perfiles encontrados en la zona de estudio y a partir de ellos plantearon los diferentes cambios de las secciones transversales en los modelos de micro simulación para comparar como se afecta la capacidad y que grado de afectación predial con lleva su implementación.

#### **5.2.3.1. Jerarquización vial utilizada en el modelo**

##### **Arteria Mayor**

- Carrera 15, Carrera 9, Carrera 27, Carrera 33, Calle 56, Calle 36, Avenida La Rosita, Avenida Quebrada Seca.

##### **Arteria Menor**

- Carrera 17, Carrera 18, Carrera 21, Carrera 22, Calle 51

##### **Vías Locales**

- Carrera 30, Calle 33, Calle 34, Calle 35, Calle 48, Calle 52

##### **Colectores**

- Carrera 12, Carrera 13, Carrera 14

### **5.3. Creación del modelo basado en la situación actual**

El modelo de micro simulación se desarrolló en el software TransModeler para la situación actual (**Escenario base**), este realizó con base en la información primaria y secundaria recopilada, teniendo en cuenta características tales como ancho y número de carriles, sentidos viales, tiempos semafóricos, flujos vehiculares, además de la

construcción de las rutas para los diferentes tipos de tráfico con ayuda del toolbox que posee este software para dicha tarea.

Se estableció la creación de las diferentes rutas basada en los conteos existentes y en los viajes más comunes origen destino, realizadas en el AMB debido a que el programa está diseñado para pequeñas intersecciones y no para modelar una malla vial de estas proporciones así que la generación una matriz origen destino se tornaba imposible de realizar nodo a nodo, además no se tenía la certeza que los automotores tomaran los corredores involucrados en el análisis de los resultados

### 5.3.1. Proceso de calibración del modelo para el escenario base.

Con la comparación de resultados como velocidades y volúmenes obtenidos en el software y los tomados en campo, se valoró el grado de calibración según el criterio de parámetros de aceptación para la calibración de modelos emitido por Wisconsin DOT Freeway, donde la estadística de GES es una fórmula utilizada en la ingeniería de tránsito, previsión del tránsito y el modelamiento de tránsito para comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico, para contar con un modelo inicial con características similares a las reales en la zona de estudio, ya que de este escenario se desprenderán los otros escenarios a trabajar.

La fórmula de GES recibe su nombre de Geoffrey E. Havers, que lo inventó en la década de 1970, mientras trabajaba como un planificador de transporte en Londres, Inglaterra. A pesar de su forma matemática es similar a una chi-cuadrado de prueba, no es una verdadera prueba estadística. Por el contrario, se trata de una fórmula empírica que ha demostrado ser útil para una variedad de efectos de análisis de tráfico.

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

#### Donde

- **M:** Volumen de tráfico por hora a partir del modelo de tráfico.
- **C:** Es la cuenta en el mundo real de tráfico por hora.

Para el trabajo de modelado de tráfico Se seleccionan aquellos valores de parámetros que minimicen el GEH promedio global a nivel de red y que además el 85% de la muestra de flujos en arcos tengan un GEH inferior a 5. para considerarse una buena correlación entre los volúmenes modelados y observados por hora. Este cálculo se hizo con las intersecciones viales planteadas más adelante para cada corredor

Los valores de flujos en arcos obtenidos utilizando la configuración anterior, así como también el valor del GEH en los distintos arcos y a nivel global, se presentan en la tabla 8.

Tabla 8 Calculo para la calibración del modelo

<b>Calibración del Modelo</b>			
<b>Intersección</b>	<b>C</b>	<b>M</b>	<b>GES</b>
Car 13 - Calle 36	2180	1281.6	21.59
Car 13 - Calle 45	2180	1193.4	24.02
Car 14 - Calle 36	1240	1069.8	5.01
Car 14 - Av. Quebrada Seca	1240	1003	7.08
Car 17 - Calle 45	1413	946	13.60
Car 17 - Calle 36	740	892	5.32
Car 17 - Av. Quebrada Seca	740	781	1.49
Car 18 - Calle 33	987	1090	3.20
Car 18 - Calle 36	987	737	8.52
Car 18 - Calle 45	987	1094	3.32
Car 18 - Av Rosita	987	1044	1.79
Car 22 - Calle 33	841	887	1.56
Car 22 - Calle 36	841	841	0.00
Car 22 - Calle 45	841	781	2.11
Car 22- Calle 56	841	775	2.32
Car 24 - Calle 36	600	611	0.45
Car 24 - Av Rosita	500	533	1.45
Car 29 - Calle 36	200	271	4.63
Car 30 - Calle 35	800	731	2.49
Calle 35 - Car 9	25	16	1.99
Calle 36 - Car 33	520	527	0.31
Calle 37 - Car 10	300	346	2.56
Calle 56 - Car 27	756	608	5.67
Calle 56 - Car 17	583	608	1.02
		<b>Promedio</b>	<b>5.06</b>

Como se observa en la tabla anterior, los flujos se ajustan de gran manera entre lo observado y simulado en el promedio global obtenido, siendo solamente la Cra 13 y un sector de la Cra 17 los que no cumplen los parámetros requeridos , con un valor de GEH por sobre 5. Tomando en cuenta que al contar con una malla vial tan amplia es difícil encontrar un balance exacto entre la realidad y lo simulado se aceptara como bueno el promedio obtenido.

### **5.3.2. Elaboración de los diferentes escenarios.**

Estos escenarios se plantearon basados en la simulación realizada en Transmodeler para la zona de estudio donde se podía observar claramente los problemas de movilidad en algunos corredores debido a sus bajas velocidades de circulación, largas longitudes de cola y en las condiciones existentes en algunos de ellos como anchos de calzada, irregularidades en el perfil vial observados en la información que contiene <http://garza.uis.edu.co/observatoriosigbucaramanga/> se propusieron 5 escenarios .

Se realizó un modelo con cada escenario planteado para realizar la comparación con la situación actual (modelo base) y así obtener resultados de velocidades, longitudes de cola, niveles de servicio para establecer la priorización.

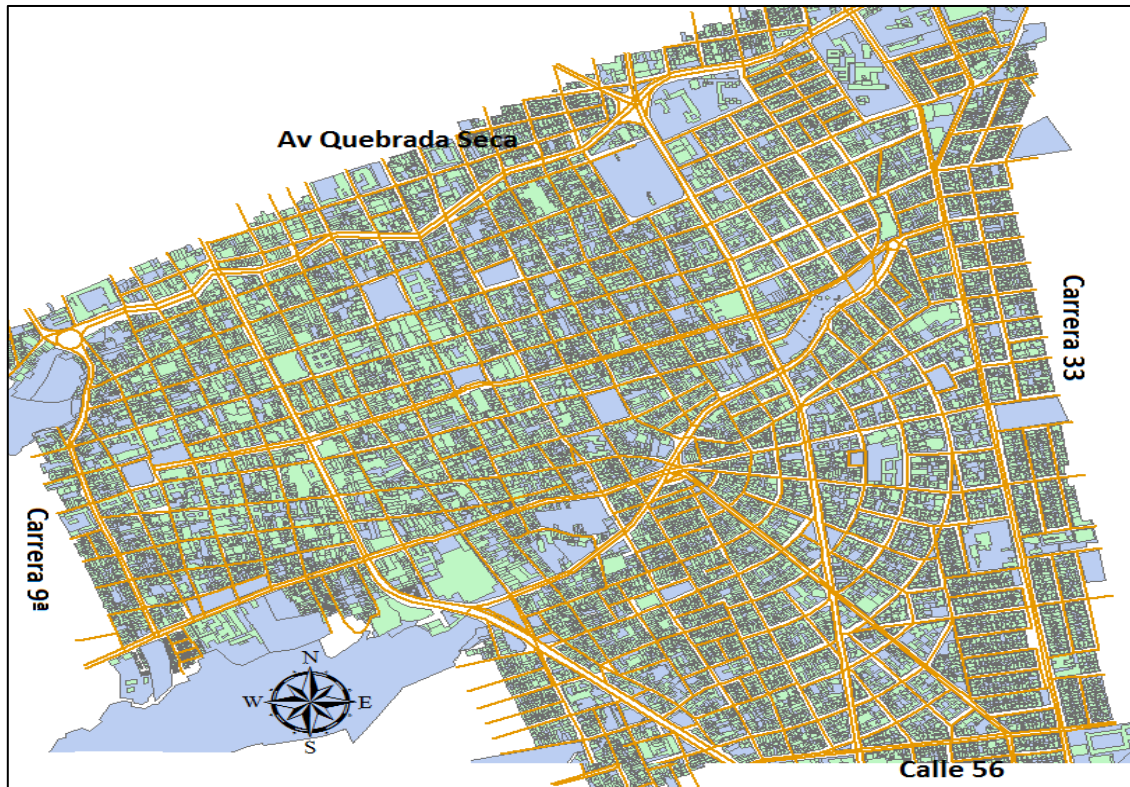
### **5.3.3. Afectación predial producida en los diferentes escenarios planteados.**

Se determinó el grado de afectación predial e intervención de infraestructura para cada uno de los escenarios propuestos , proyectando los perfiles viales establecidos en el PMM a los corredores analizados en el software Transmodeler y por medio del software ArcGis 10, calcular las áreas de afectación y su posterior cuantificación y valoración con base en información del costo predial y costos de intervención de obras viales como son construcción o demolición de andenes para comparar los resultados obtenidos y generar la matriz de priorización .

### **5.3.4. Calculo de la Afectación predial.**

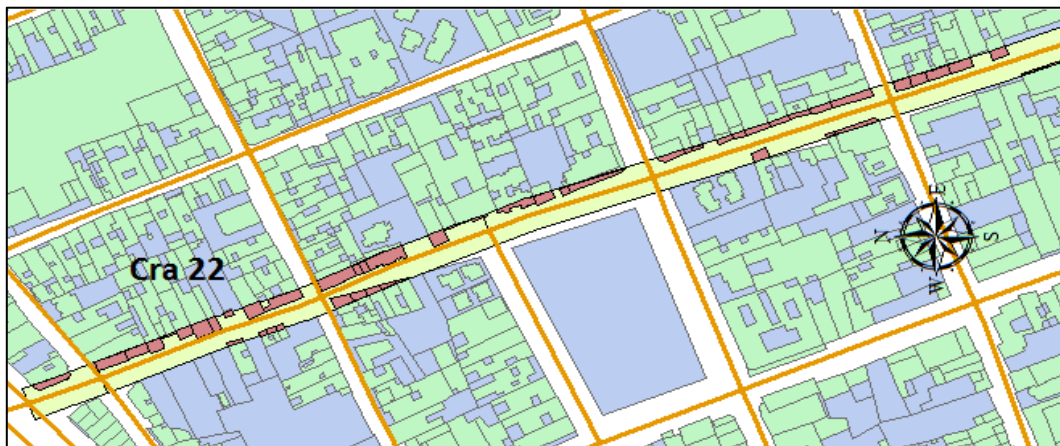
Utilizando el sistema de información geográfica realizado en ArcGis por el grupo de investigación Geomántica, se inició el cálculo de la afectación predial delimitando la zona de estudio,

Figura 23 Shape de la Zona de Influencia



Posteriormente se hace una selección por condición de cada calle o carrera según sea el caso y a partir de esta generar un buffer (Polígono que encierra el área de influencia resultante de dar una determinada distancia en torno a un punto, línea o polígono) el cual se genera teniendo en cuenta las dimensiones del perfil vial a proyectar en el corredor, para determinar la afectación que este genera sobre los predios que la delimitan.

Figura 24 Ejemplo de Buffer para el cálculo de la Afectación Predial



Utilizando el comando intersección entre el buffer creado y el Dibujo de predios generamos una nueva capa que permite a través de la tabla de atributos calcular el área de afectación de cada predio según el perfil propuesto. Para calcular los costos generados por la afectación se utilizarán los valores establecidos en el avalúo catastral tomando en cuenta que si la afectación de la vivienda supera el 50% se deberá establecer el pago total del predio.

### 5.3.5. Cálculo de la afectación de andenes y pavimento.

Mediante la observatorio web de información se recolectaron los datos donde se observan los diferentes anchos de andén a lo largo de los corredores y los espesores de los pavimentos más la información suministrada en la malla vial trabajada en ArcGis, como longitud del tramo, ancho de calzada existente y adicional la información de costos proporcionada por el grupo de investigación Geomatica permitió a través de una hoja de cálculo establecer el valor.

Tabla 9 Costos de Demolición

	ÍTEM	MEDIDA	Valor Unitario
1.	Demolición de Andenes (Incluye Disposición Final)	M <sup>2</sup>	\$ 8,198.0
2.	Demolición de Pavimento Existente (Incluye disposición final)	M <sup>2</sup>	\$ 10,031.0
3.	<b>Estructura de Pavimento</b>		
3.1	Conformación de la Subrasante	M <sup>2</sup>	\$ 500.5
3.2	Subbase Granular (Pavimento)	M <sup>3</sup>	\$ 108,214.9
3.3	Base Granular (Pavimento)	M <sup>3</sup>	\$ 110,477.0
3.4	Imprimación ART 420 Invias 2007	M <sup>2</sup>	\$ 2,996.0
3.5	Mezcla densa en caliente MDC - 1	M <sup>3</sup>	\$ 512,090.0
3.6	Mezcla densa en caliente MDC - 2	M <sup>3</sup>	\$ 522,765.0
3.7	Riego de liga ART 420 Invias 2007	M <sup>2</sup>	\$ 2,450.0

Fuente: Grupo de Investigación Geomatica

## 5.4. Matriz Multicriterio

### 5.4.1. Marco Teórico

La Matriz Multicriterio es una herramienta utilizada para la toma de decisiones en base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un suceso.

- Listar el conjunto de factores sobre el que se quiere seleccionar o priorizar
- Identificar el criterio de priorización o selección
- Ponderar los criterios de selección en base a su importancia relativa
- Construir la matriz de puntuación y anotar:
  - Factores
  - Criterios de selección / decisión
  - Valores de ponderación de cada criterio
- Criterio de puntuación de cada factor:
  - De 1 a 5
  - De 1 a 10
  - Escalas ponderadas
- Valorar los factores y obtener el orden de prioridad:
  - Para cada criterio ordenar la lista de factores y puntuar según el criterio de puntuación elegido (anotándolos en "V")
  - Multiplicar los valores "V" por los valores de ponderación (anotándolos con su signo en "T")
  - Sumar los valores "T" para cada factor
  - Establecer orden de prioridad<sup>17</sup>

### 5.4.2. Desarrollo de la Matriz

Las siguiente matriz se creó para establecer la para priorización de los diferentes escenarios propuestos en el proyecto, para esto se tuvieron en cuenta los siguientes factores que permiten analizar las diferentes condiciones que afectaran las zona debido a la implementación de las alternativas propuestas y compararlas con el escenario base.

---

<sup>17</sup> Gómez Pantoja, J. F. (2009). CRITERIOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION. Bucaramanga.

- Urbanismo.
- Movilidad.
- Pre diseño geométrico y de seguridad vial.
- Impactos ambientales.
- Impactos sociales.
- Construcción.
- Inversión.

Teniendo en cuenta que las variables requieren una ponderación para evaluar cada una de las alternativas, se proponen los valores porcentuales que debe tener cada una de ellas:

Tabla 10 Valores Porcentuales de las Alternativas

		PROPUESTO
<b>b.</b>	Tránsito y Transporte	20
<b>c.</b>	Prediseño geométrico y de seguridad vial	10
<b>d.</b>	Impactos Ambientales	10
<b>e.</b>	Impactos Sociales	10
<b>f.</b>	Construcción	10
	<i>a. Riesgos por Inestabilidades generadas</i>	1
	<i>b. Magnitud de interferencias sobre redes de servicios públicos</i>	2
	<i>c. Afectación a predios</i>	5
	<i>d. Afectación al tránsito vehicular</i>	2
<b>g.</b>	Inversión	20
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>

Fuente: Criterios de evaluación técnica de alternativas de solución

### 5.4.3. Variables<sup>18</sup>

#### 5.4.3.1. Urbanismo

- Generación de espacio público.
- Afectación al paisaje (cambios de continuidad espacial).
- Afectación al patrimonio (instituciones y demás).

<sup>18</sup> Gómez Pantoja, J. F. (2009). CRITERIOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION. Bucaramanga.

- Generación de espacio público abierto que permita el libre tránsito peatonal y evite el aislamiento de construcciones.

#### **5.4.3.2. Movilidad**

- Niveles de servicio.
- Eficacia en resolución de movimientos.
- Integración Intermodal o continuidad en las soluciones no motorizadas del proyecto.
- Aumento en la velocidad media de la red.
- Reducción en el consumo de combustible total en la red.

#### **5.4.3.3. Pre Diseño Geométrico y Movilidad Vial**

- Flujos Vehiculares
- Flujos Peatonales

#### **5.4.3.4. Impactos Ambientales**

- Intervención de Cauces
- Calidad de Aire y Ruido
- Cambio del Entorno Paisajístico

#### **5.4.3.5. Impactos Sociales**

- Modos de vida.
- Actividades económicas.
- Conflictos e incomodidades a la comunidad.
- Población a desplazar.

#### **5.4.3.6. Construcción**

- Riesgos por Inestabilidades generadas
- Magnitud de interferencias sobre redes de servicios públicos
- Afectación a predios
- Afectación al tránsito vehicular

#### **5.4.3.7. Inversión**

## 6. RESULTADOS

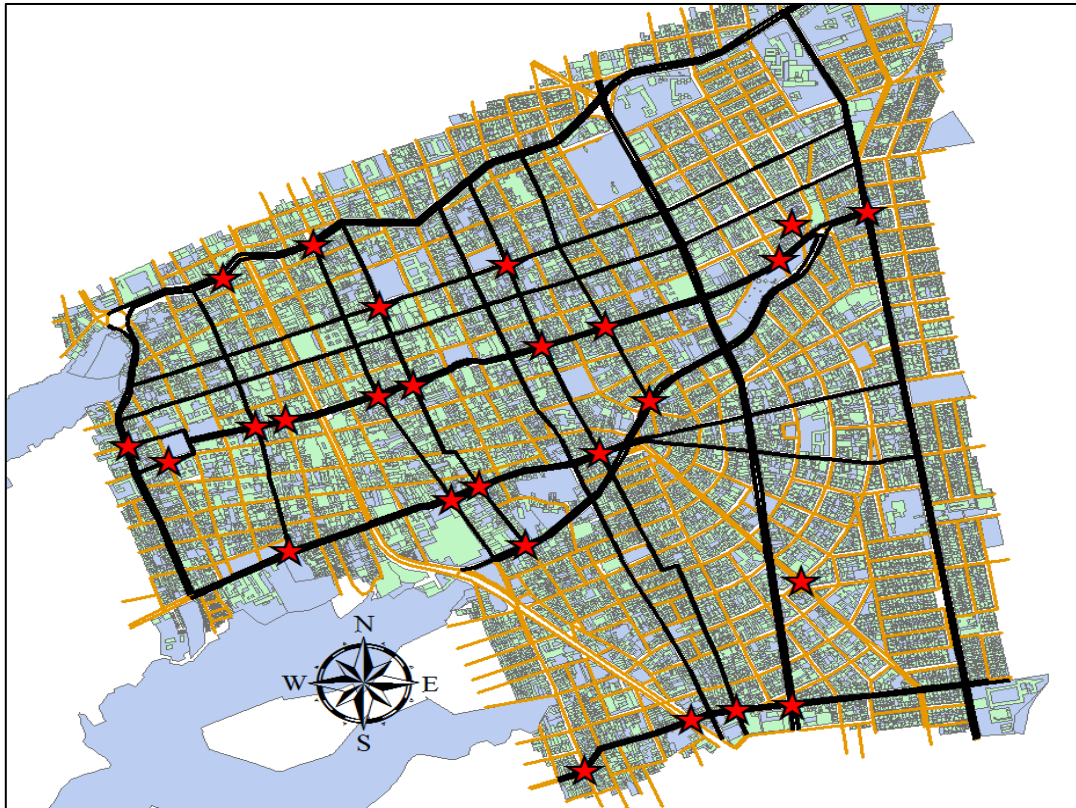
Todo el proyecto (objetivos, marco teórico, metodología) llega a su fin con los resultados donde se explica el significado de cada dato obtenido, para nuestro caso fueron arrojados por los escenarios desarrollados en Transmodeler cuyo el análisis y comparación de cada uno ellos mediante la matriz multicriterio ayudan a establecer la priorización y las conclusiones del planteamiento base.

### 6.1. Escenarios en Transmodeler

La zona de estudio como se ha visto anteriormente cuenta con numerosos corredores clasificados en cada una de las jerarquías viales , la conformación de los 5 escenarios estudiados se planteó basado en criterios como velocidades de obtenidas en campo, los conteos de vehículos suministrados donde se pueden apreciar las diferentes rutas tomadas por los conductores , en la conformación de alternativas que pudieran solucionar los problemas de movilidad observados claramente en la toma de datos y por último en la simulación previa del escenario base donde se montados los datos existentes, se muestra que algunas de las vías congestionadas en la ciudad de Bucaramanga no son generadas por problemas de capacidad. Por estas razones se plantearon estas calles y carreras para la conformación de las diferentes opciones.

A lo largo de los corredores se establecieron puntos relevantes relacionados con intersecciones semaforicas para dividir y analizar por tramos los datos obtenidos haciendo fácil su posterior comparación, proporcionado una mayor confiabilidad debido a que los tiempos de los semáforos no se modificaran logrando puntos fijos sin importar los cambios que sufra su perfil vial.

Figura 25 Puntos donde se Calculó la Capacidad Vial



Los escenarios se modelaron en Transmodeler para calcular sus niveles de servicio, velocidades, longitudes de cola y de esta manera comparar los resultados obtenidos con la situación actual.

### 6.1.1. Escenario 1

Se planteó para determinar los resultados en la zona centro de la ciudad, donde se encuentra una gran concentración de comerciantes, entidades de del estado, financieras etc., lo que hace que un gran porcentaje de los vehículos tanto públicos como privados converjan a esta zona y como no se cuenta con corredores con la capacidad vial necesaria se presente los problemas de movilidad.

- Carrera 13 Perfil tipo 16.
- Carrera 14 Perfil tipo 16.
- Carrera 17 Perfil tipo 16.
- Carrera 18 Perfil tipo 16.
- Carrera 22 Perfil Propuesto.
- Carrera 24 Perfil tipo 16

### **6.1.2. Escenario 2**

Muchos de los viajes en la ciudad de Bucaramanga terminan desembocando en la puerta del sol donde la mejor alternativa es la carrera 27 colmando su capacidad y nivel de servicio a través de este escenario se planteó la posibilidad de añadir un corredor como la Cra 22 proporcionan una nueva alternativa con condiciones similares así como mejorar el flujo de la Cll. 56 donde se presenta congestión al ser una de las salidas más importantes del sector de cabecera a tomar la autopista en la Cra 27. A esta segunda alternativa se agregaron algunos corredores complementarios.

- Carrera 22 Perfil Propuesto.
- Calle 35 Perfil tipo 16.
- Calle 36 Perfil Propuesto.
- Calle 37 Perfil tipo 16.
- Calle 56 Perfil Propuesto.
- Calle 56 D15 Perfil tipo 16
- Round Point de la Avenida la Rosita Perfil Propuesto.

### **6.1.3. Escenario 3**

Es una variación del escenario 1, proporcionando un tercer carril a las Cra 17 y 18 donde se estudió una posibilidad diferente que solucione el problema de movilidad en el centro de la ciudad, comparando la relación beneficio costo.

- Carrera 13 Perfil tipo 16.
- Carrera 14 Perfil tipo 16.
- Carrera 17 Perfil Propuesto.
- Carrera 18 Perfil Propuesto.

### **6.1.4. Escenario 4**

En una malla vial de estas proporciones es difícil determinar las variables que puedan mejorar su movilidad, a simple vista podemos definir algunos corredores que puedan estar presentando problemas, pero se debe hacer el estudio basado en los modelos planteados para determinar el comportamiento que tendrán los flujos de vehículos ante estas modificaciones, en este escenario se planteó una variación de la alternativa

2 donde se agrega la Cra 13 que es una de las más usada por las rutas de buses que no pueden utilizar la Cra 15.

- Carrera 13 Perfil tipo 16.
- Carrera 22 Perfil Propuesto.
- Calle 36 Perfil tipo 16.
- Calle 56 Perfil Propuesto.
- Calle 56 D15 Perfil tipo 16.
- Round Point de la Avenida la Rosita

### **6.1.5. Escenario 5**

Uno de los factores que afecta la movilidad de nuestra ciudad es la discontinuidad de algunas de las vías que obligan giros y cruces que provocan grandes longitudes de cola y tiempo de demora que afecta la calidad de los conductores, en este escenario se observó el comportamiento que tendrían estos corredores si fueran continuos y que mejoras tendrían en la movilidad de los sectores. Además se añade la Cra 24 que hace parte las vías de esta zona con un gran volumen de tráfico y sin contar con un perfil vial que pueda ofrezca las condiciones mínimas que necesita esta cantidad de vehículos.

- Carrera 24 Perfil tipo 16.
- Carrera 29 Perfil tipo 16.
- Carrera 30 Perfil tipo 16.

## **6.2. Interpretación de Resultados**

A continuación se muestran el significado de la terminología utilizada en Transmodeler para interpretar los resultados.

### **6.2.1. Estadísticas viaje**

Son aquellas medidas de rendimiento recogidos para cada viaje individual, como el tiempo total de viaje, distancia total recorrida, el total de demora, el tiempo de detención y el número de paradas, experimentadas entre el inicio del viaje hasta el final.

### 6.2.2. Flujo y Tiempo de Viaje

Son variables fundamentales de flujo de tráfico. Como caudal, velocidad, densidad, y tiempo de viaje.

### 6.2.3. Demora

TransModeler recopila información de demora en forma de tres variables: demora, tiempo de parada y número de paradas. Estos datos son necesarios para generar informes de retraso por intersección o segmento.

## 6.3. Siglas utilizadas en las tablas de resultados

- **C:** Capacidad y está dada en *[Vehículos / Hora]*.
- **Ccv:** Capacidad por hora verde por carril y sus unidades son *[Capacidad/Verde/Carril]*.
- **S:** Intensidad máxima y está dada en *[Vehículos / Hora]*.
- **D:** Demora es el tiempo que le toma a los vehículos en ingresar a la intersección con unidades en *[Segundos]*.
- **NS:** Nivel de servicio para el corredor.
- **Vol.:** Cantidad de vehículos que recorrieron ese corredor en una hora, *[Vehículos/Hora]*.
- **AB TTT:** AB Total Travel Time o tiempo total de viaje, es el tiempo que les tomo a todos los vehículos cargados en el modelo en transitar por este corredor en la hora de simulación.*[Segundos]*
- **AB AvgTT :** AB Average Travel Time o Tiempo promedio de viaje, es el tiempo promedio que se demoró cada vehículo en a travesar cada corredor analizado y sus unidades son *[Segundos]*
- **AB SDTT:** Es la desviación estándar del tiempo promedio de viaje.*[Segundos]*
- **Lenght:** Longitud del tramo recorrido por los vehículos en [m].
- **Avg. V:** Velocidad Promedio de los vehículos en el segmento sus unidades son [ Km/H ]

## 6.4. Comparación de Resultados

Después de la simulación realizada en Transmodeler de cada uno de las alternativas se realizaron las siguientes tablas donde se compara la capacidad, los niveles de servicio, la velocidad, etc. De cada uno de los corredores por separado en los diferentes escenarios en que se simularon.

Tabla 11 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 13

<b>Carrera 13</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida Quebrada Seca - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1076	1211	2422	23	C	1282	28779	113	62	486	15
<i>Escenario 1, 3 y 4</i>	1131	1272	2544	22	C	849	12557	80	62	486	22
<b>Calle 36 - Calle 45</b>											
<i>Escenario Base</i>	1006	1131	2262	25	C	1193	22651	95	67	421	16
<i>Escenario 1, 3 y 4</i>	1131	1272	2544	22	C	1196	21506	90	67	421	17

Tabla 12 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 14

<b>Carrera 14</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Calle 45 - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1059	1191	2382	15	B	1070	33743	158	140	409	9
<i>Escenario 1 y 3</i>	1142	1285	2570	15	B	1106	29944	136	135	409	11
<b>Calle 36 - Avenida Quebrada Seca</b>											
<i>Escenario Base</i>	1175	1364	2644	15	B	1003	13358	93	56	506	20
<i>Escenario 1 y 3</i>	1175	1322	2644	15	B	1037	12617	85	55	506	21

Tabla 13 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 17

<b>Carrera 17</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida La Rosita - Calle 45</b>											
<i>Escenario Base</i>	2045	1364	4091	14	B	946	57441	61	56	235	14
<i>Escenario 1</i>	2092	1395	4185	14	B	959	49284	51	43	235	16
<i>Escenario 3</i>	2092	1395	4185	14	B	1022	33461	33	9	235	26
<b>Calle 45 - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1403	1343	2686	14	B	892	27189	124	129	394	11
<i>Escenario 1</i>	1321	1265	2530	14	B	900	24905	112	126	394	13
<i>Escenario 3</i>	2151	1373	4120	14	B	1001	10246	41	7	394	35
<b>Calle 36 - Avenida Quebrada Seca</b>											
<i>Escenario Base</i>	1427	1364	2568	13	B	781	17704	111	68	529	17
<i>Escenario 1</i>	1395	1256	2512	13	B	794	17029	106	61	529	18
<i>Escenario 3</i>	2272	1363	4090	11	B	930	11015	60	41	529	32

Tabla 14 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 18

<b>Carrera 18</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida Quebrada Seca - Calle 33</b>											
<i>Escenario Base</i>	1439	1295	2591	13	B	1090	11724	32	15	292	33
<i>Escenario 1</i>	1469	1322	2644	13	B	1090	11273	31	15	292	34
<i>Escenario 3</i>	2384	1430	4290	11	B	1092	9266	25	13	292	41
<b>Calle 33 - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1389	1275	2550	14	B	737	4778	53	13	271	18
<i>Escenario 1</i>	1384	1271	2542	14	B	1096	7054	19	18	271	50
<i>Escenario 3</i>	2245	1375	4124	12	B	1103	6062	16	8	271	59
<b>Calle 36 - Calle 45</b>											
<i>Escenario Base</i>	1255	1255	2510	17	B	1094	11965	66	52	407	22
<i>Escenario 1</i>	1299	1299	2598	17	B	1094	12040	67	52	407	22
<i>Escenario 3</i>	2108	1405	4215	14	B	1106	6949	38	20	407	39
<b>Calle 45 - Av Rosita</b>											
<i>Escenario Base</i>	1077	1154	2309	21	C	1044	23690	45	10	228	18
<i>Escenario 1</i>	1184	1268	2537	20	B	1045	24124	46	11	228	18
<i>Escenario 3</i>	1921	1372	4116	16	B	1057	28169	53	25	228	15

Tabla 15 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 22

<b>Carrera 22</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida Quebrada Seca - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1464	1345	2591	14	B	887	9304	43	83	291	24
<i>Escenario 1,2 y 4</i>	2386	1461	4383	11	B	918	3093	13	6	291	78
<b>Calle 36 - Calle 45</b>											
<i>Escenario Base</i>	1523	1318	2636	12	B	841	33800	120	76	289	9
<i>Escenario 1,2 y 4</i>	2482	1432	4296	10	A	896	21660	73	21	289	14
<b>Calle 36 - Calle 45</b>											
<i>Escenario Base</i>	1036	1295	2591	25	C	781	42060	160	109	384	9
<i>Escenario 1,2 y 4</i>	1697	1414	4242	20	C	904	16138	54	41	384	26
<b>Calle 45 - Calle 56</b>											
<i>Escenario Base</i>	1685	1348	2697	12	B	775	3865	80	30	969	44
<i>Escenario 1,2 y 4</i>	2712	1447	4340	10	B	903	4386	78	28	969	45

Tabla 16 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 24

<b>Carrera 24</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida Quebrada Seca - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1146	1289	2578	18	B	611	4302	50	20	620	45
<i>Escenario 1 y 5</i>	1518	1366	2732	11	B	610	4269	50	23	620	45
<b>Calle 36 - Av Rosita</b>											
<i>Escenario Base</i>	1122	1262	2525	18	B	533	18303	137	187	269	7
<i>Escenario 1 y 5</i>	1443	1299	2598	11	B	549	17472	128	178	269	8

Tabla 17 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 29

<b>Carrera 29</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida Quebrada Seca - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1168	1313	2627	16	B	271	6277	92	85	543	21
<i>Escenario 5</i>	1168	1313	2627	16	B	270	2840	42	22	543	47

Tabla 18 Resumen de la Comparación de Resultados de la Cra. 30

<b>Carrera 30</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Avenida Quebrada Seca - Calle 36</b>											
<i>Escenario Base</i>	1342	1208	2415	13	B	731	3654	38	10	609	58
<i>Escenario 5</i>	1342	1208	2415	13	B	711	9321	120	185	609	18

Tabla 19 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 35

<b>Calle 35</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Car 10 - Car 9</b>											
<i>Escenario Base</i>	899	1012	2023	30	C	16	44	10	0	86	31
<i>Escenario 2</i>	1067	1201	2401	24	C	14	43	9	0	86	35

Tabla 20 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 36

<b>Calle 36</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Car 32 - Car 33</b>											
<i>Escenario Base</i>	824	1237	2473	25	B	527	69894	133	62	128	3
<i>Escenario 2,4</i>	1327	1327	3980	22	B	529	57000	107	70	128	4

Tabla 21 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 37

<b>Calle 37</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Car 9 - Car 10</b>											
<i>Escenario Base</i>	1038	1168	2336	15	B	346	120	10	0	95	35
<i>Escenario 2</i>	1232	1386	2772	15	B	347	31	8	12	95	43

Tabla 22 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 56

<b>Calle 56</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Car 34 - Diagonal 15</b>											
<i>Escenario Base</i>	1047	1143	2285	59	F	608	40283	406	417	536	5
<i>Escenario 2 y 4</i>	1751	1273	3820	26	C	1133	20914	108	105	536	18

Tabla 23 Resumen de la Comparación de Resultados de la CII. 56 D15

<b>Calle 56 D15</b>	<b>C</b>	<b>CcV</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>NS</b>	<b>Vol</b>	<b>AB TTT</b>	<b>AB AvgTT</b>	<b>AB SDTT</b>	<b>Lenght</b>	<b>Avg V</b>
<b>Diagonal 15 - Car 17</b>											
<i>Escenario Base</i>	1519	1367	2734	11	B	608	40283	68	417	465	25
<i>Escenario 2 y 4</i>	1519	1367	2734	11	B	1133	20914	74	105	465	23

## 6.5. Afectación Predial de los Escenarios

### 6.5.1. Escenario 1

Figura 26 Buffers del Escenario 1

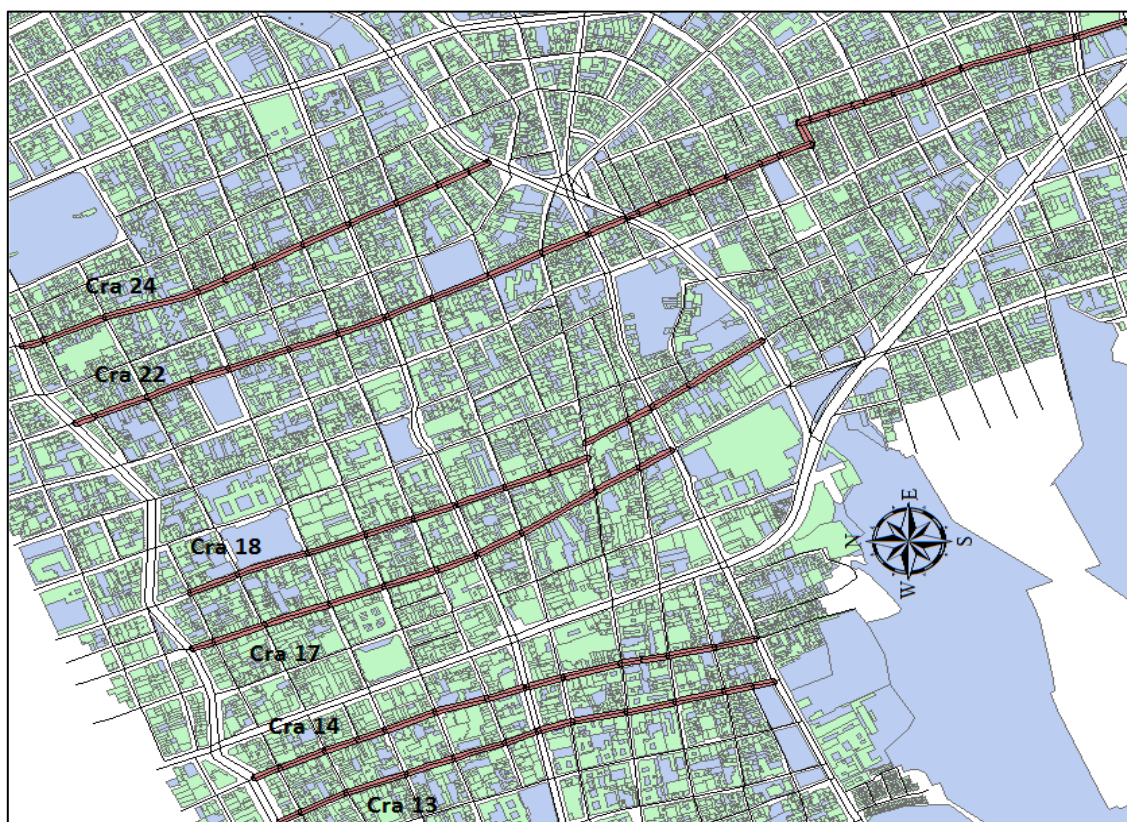


Tabla 24 Costos de la Afectación Predial Escenario

ESCENARIO 1		
PERFILES MODIFICADOS	COSTO AFECTACION	COSTO PAVIMENTOS ANDENES
CAR 13	\$ 950,448,004.18	\$ 23,297,389.28
CAR 14	\$ 1,097,979,241.46	\$ 19,960,357.57
CAR 17	\$ 1,158,393,962.79	\$ 4,828,216.14
CAR 18	\$ 1,387,113,780.25	\$ 6,967,841.49
CAR 22 PRO	\$ 2,198,700,405.88	\$ 123,165,129.54
CAR 24	\$ 433,907,211.38	\$ 5,709,313.40
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>\$ 7,226,542,605.94</b>	<b>\$ 183,928,247.43</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7,410,470,853.36</b>	

## 6.5.2. Escenario 2

Figura 27 Buffers del Escenario 2

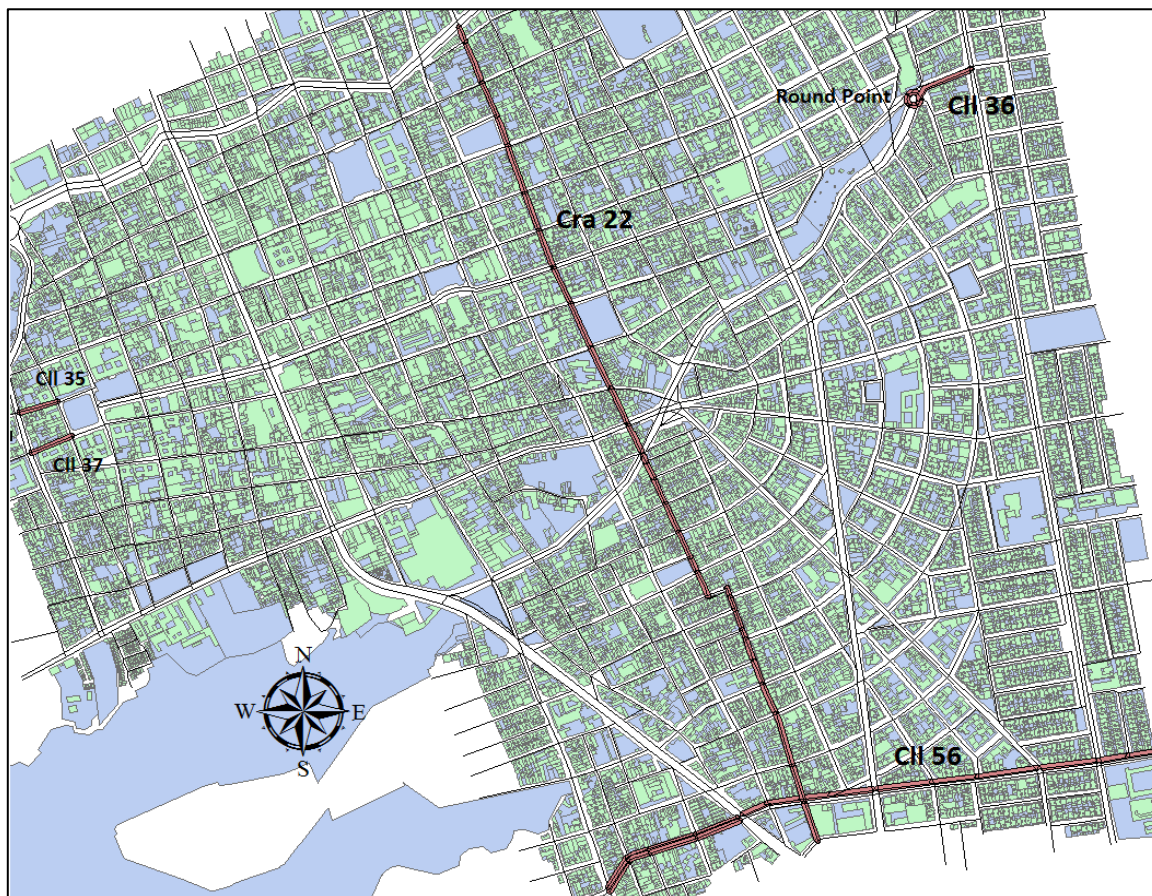


Tabla 25 Costos de la Afectación Predial Escenario 2

ESCENARIO 2		
PERFILES MODIFICADOS	COSTO AFECTACION	COSTO PAVIMENTOS ANDENES
CAR 22 PRO	\$ 2,198,700,405.88	\$ 123,165,129.54
CALL 56	\$ 1,036,713,740.69	\$ 58,858,062.92
CALL 56 D15	\$ 68,599,393.96	\$ 4,664,392.39
CALL 35	\$ 59,532,784.41	\$ 4,462,725.29
CALL 36	\$ 30,543,815.12	\$ 9,889,688.31
CALL 37	\$ 116,506,223.72	\$ 9,728,436.71
ROUNDPOINT		\$ 6,095,767.57
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>\$ 3,510,596,363.77</b>	<b>\$ 210,768,435.15</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,721,364,798.92</b>	

### 6.5.3. Escenario 3

Figura 28 Buffers del Escenario 3



Tabla 26 Costos de la Afectación Predial Escenario 3

ESCENARIO 3		
PERFILES MODIFICADOS	COSTO AFECTACION	COSTO PAVIMENTOS ANDENES
CAR 13	\$ 950,448,004.18	\$ 23,297,389.28
CAR 14	\$ 1,097,979,241.46	\$ 19,960,357.57
CAR 17 PRO	\$ 3,098,402,508.81	\$ 51,451,358.97
CAR 18 PRO	\$ 2,174,186,002.29	\$ 74,454,496.21
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>\$ 7,321,015,756.74</b>	<b>\$ 169,163,602.03</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7,490,179,358.77</b>	

### 6.5.4. Escenario 4

Figura 29 Buffers del Escenario 4

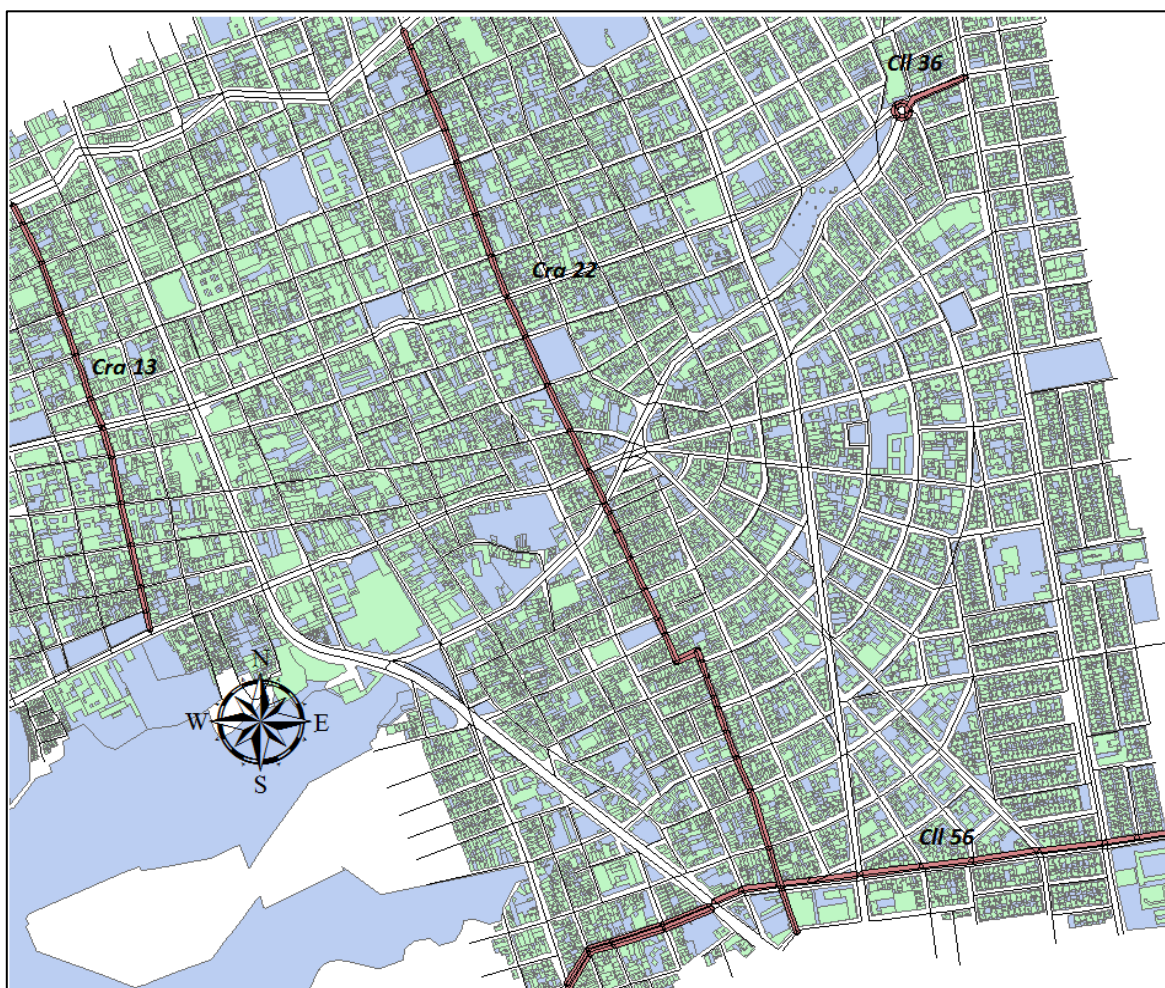


Tabla 27 Costos de la Afectación Predial Escenario 4

ESCENARIO 4		
PERFILES MODIFICADOS	COSTO AFECTACION	COSTO PAVIMENTOS ANDENES
CAR 13	\$ 950,448,004.18	\$ 23,297,389.28
CAR 22 PRO	\$ 2,198,700,405.88	\$ 123,165,129.54
CALL 56	\$ 1,036,713,740.69	\$ 58,858,062.92
CALL 56 D15	\$ 68,599,393.96	\$ 4,664,392.39
CALL 36	\$ 30,543,815.12	\$ 9,889,688.31
ROUNDPOINT		\$ 6,095,767.57
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>\$ 4,285,005,359.82</b>	<b>\$ 225,970,430.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,510,975,789.82</b>	

### 6.5.5. Escenario 5

Figura 30 Buffers del Escenario 5

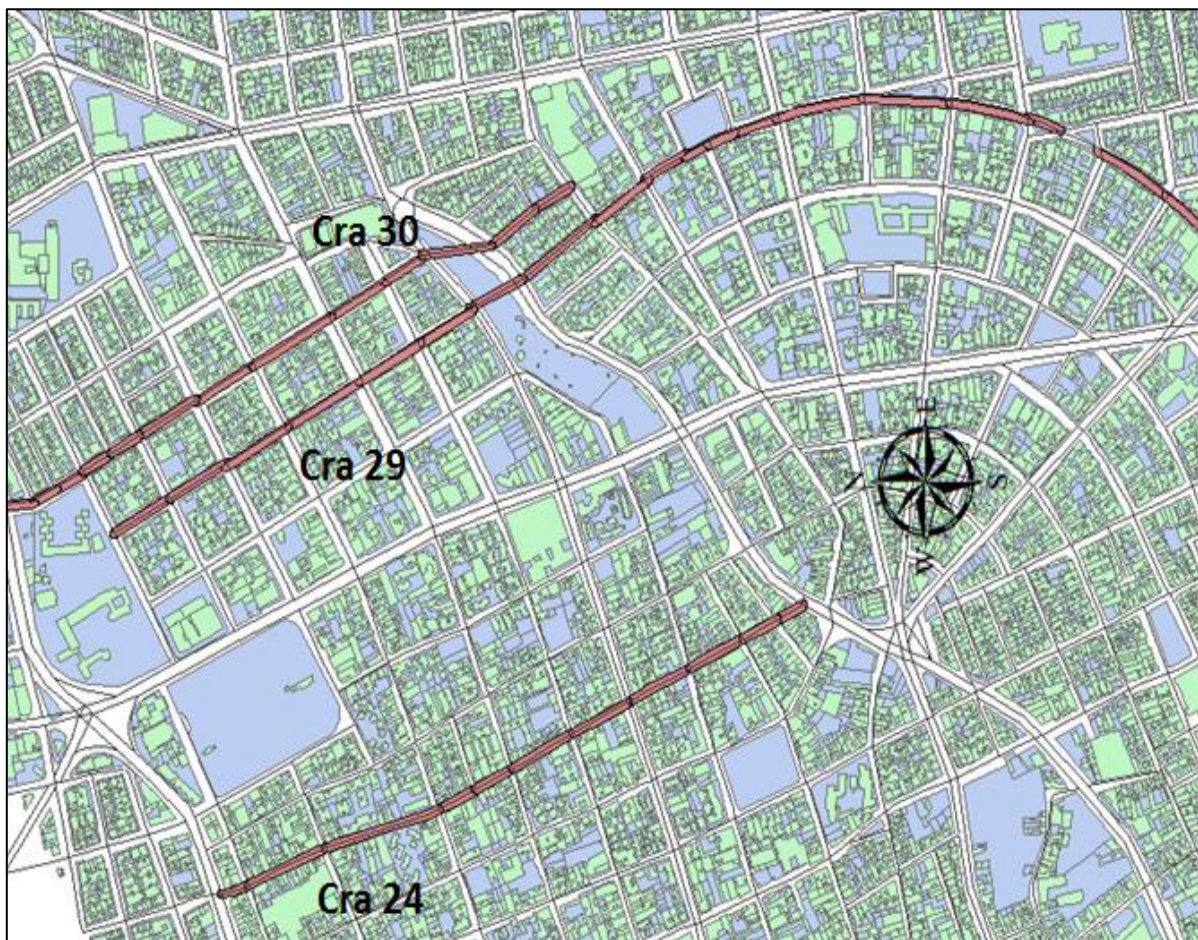


Tabla 28 Costos de la Afectación Predial Escenario 5

ESCENARIO 5		
PERFILES MODIFICADOS	COSTO AFECTACION	COSTO PAVIMENTOS ANDENES
CAR 24	\$ 433,907,211.38	\$ 5,709,313.40
CAR 29	\$ 1,546,998,553.69	\$ 2,757,715.04
CAR 30	\$ 170,368,940.66	\$ 4,085,112.18
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>\$ 2,151,274,705.73</b>	<b>\$ 12,552,140.62</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,163,826,846.36</b>	

## 6.6. Priorización

Con la simulación de los escenarios y el cálculo de la afectación predial se establece la priorización tomando en cuenta los diferentes factores estudiados en la matriz multi criterio la cual reuniendo cada uno de ellos determina un escalafón para cada alternativa planteada según su porcentaje de mayor a menor.

### 6.6.1. Urbanismo

Tabla 29 Aspectos Urbano-Paisajistico

<b>ASPECTOS URBANO-PAISAJISTICOS</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>20.0%</b>
<b>1</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	17.0%
	<b>ESCENARIO 2</b>	17.0%
	<b>ESCENARIO 3</b>	17.0%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	16.4%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	15.8%
<b>4</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	14.0%

### 6.6.2. Movilidad

Tabla 30 Aspectos de Movilidad (Transito)

<b>ASPECTOS DE MOVILIDAD (TRANSITO)</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>20.0%</b>
<b>1</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	16.25%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	15.38%
	<b>ESCENARIO 3</b>	15.38%
	<b>ESCENARIO 4</b>	15.38%
	<b>ESCENARIO 5</b>	15.38%
<b>3</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	11.25%

### 6.6.3. Pre Diseño Geométrico y Movilidad Vial

Tabla 31 Aspectos de Seguridad Vial y Pre diseño Geométrico

<b>ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL Y PREDISEÑO GEOMETRICO</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>10.00%</b>
<b>1</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	7.50%
	<b>ESCENARIO 1</b>	7.50%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	6.25%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	5.00%
<b>4</b>	<b>ESCENARIO 3</b>	3.75%
<b>5</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	2.50%

### 6.6.4. Impactos Ambientales

Tabla 32 Aspectos Ambientales

<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>10.00%</b>
<b>1</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	6.00%
	<b>ESCENARIO 3</b>	6.00%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	5.50%
	<b>ESCENARIO 4</b>	5.50%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	1.00%
<b>4</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	0.00%

### 6.6.5. Impactos Sociales

Tabla 33 Aspectos Sociales

<b>ASPECTOS SOCIALES</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>10.00%</b>
<b>1</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	5.00%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	2.50%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	-3.50%
<b>4</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	-4.00%
<b>5</b>	<b>ESCENARIO 3</b>	-7.00%
<b>6</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	-7.50%

### 6.6.6. Construcción

Tabla 34 Aspectos de Construcción

<b>ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>10.00%</b>
<b>1</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	7.60%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 3</b>	7.35%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	3.95%
<b>4</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	3.70%
<b>5</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	2.00%
<b>6</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	1.90%

### 6.6.7. Inversión

Tabla 35 Aspectos Presupuestales

<b>ASPECTOS PRESUPUESTALES</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>PESO PORCENTUAL</b>	<b>20.0%</b>
<b>1</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	20.0%
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	19.0%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	18.0%
<b>4</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	15.0%
<b>5</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	10.0%
	<b>ESCENARIO 3</b>	10.0%

## 6.7. Matriz Multicriterio

Tabla 36 Matriz Multicriterio

VARIABLES A EVALUAR	MATRIZ MULTICRITERIO							
	PUNTAJE MAXIMO	PESO PORCENTUAL	SITUACION ACTUAL	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5
	200.00	20.00%	14.00%	17.00%	17.00%	17.00%	15.80%	16.40%
<b>1. IMPLANTACIÓN</b>	<b>60.00</b>	<b>6.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>3.00%</b>	<b>3.00%</b>	<b>3.00%</b>	<b>1.80%</b>	<b>2.40%</b>
a. Afectación con el entorno	60.00	6.00%	0.00%	3.00%	3.00%	3.00%	1.80%	2.40%
<b>2. CALIDAD DEL DISEÑO</b>	<b>140.00</b>	<b>14.00%</b>	<b>14.00%</b>	<b>14.00%</b>	<b>14.00%</b>	<b>14.00%</b>	<b>14.00%</b>	<b>14.00%</b>
a. Interferencias visuales	20.00	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
b. Cambio Volumétrico	20.00	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
c. Generación de espacio público	50.00	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
d. Afectación al patrimonio arquitectónico (instituciones y demás)	10.00	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
e. Espacio público con transitabilidad peatonal segura	40.00	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
<b>ASPECTOS DE MOVILIDAD (TRANSITO)</b>	<b>200.00</b>	<b>20.00%</b>	<b>11.25%</b>	<b>15.38%</b>	<b>16.25%</b>	<b>15.38%</b>	<b>15.38%</b>	<b>15.38%</b>
Nivel de Servicio Vehicular	75.00	7.50%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Eficacia en resolución de movimientos	50.00	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Continuidad en las soluciones no motorizadas	25.00	2.50%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%
Aumento de la velocidad media de la red	25.00	2.50%	0.00%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Reducción en el consumo de combustible total en la red	25.00	2.50%	0.00%	1.63%	2.50%	1.63%	1.63%	1.63%
<b>ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL Y PREDISEÑO GEOME</b>	<b>100.00</b>	<b>10.00%</b>	<b>7.50%</b>	<b>7.50%</b>	<b>6.25%</b>	<b>3.75%</b>	<b>2.50%</b>	<b>5.00%</b>
Grado de dificultad de la maniobra, en función de convergencias, divergencias y/o entrecruzamientos de flujos vehiculares	50.00	5.00%	5.00%	5.00%	3.75%	1.25%	0.00%	2.50%
Independencia del flujo peatonal respecto al vehicular. (Si no garantiza el paso seguro de todos los peatones se obtendrá un puntaje máximo de 50 %)	50.00	5.00%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>	<b>100.00</b>	<b>10.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>6.00%</b>	<b>5.50%</b>	<b>6.00%</b>	<b>5.50%</b>	<b>1.00%</b>
Componente Físico y Biótico	100.00	10.00%	0.00%	6.00%	5.50%	6.00%	5.50%	1.00%
<b>ASPECTOS SOCIALES</b>	<b>100.00</b>	<b>10.00%</b>	<b>5.00%</b>	<b>-7.50%</b>	<b>-3.50%</b>	<b>-7.00%</b>	<b>-4.00%</b>	<b>2.50%</b>
Componente Socioeconómico y sociopredial	100.00	10.00%	5.00%	-7.50%	-3.50%	-7.00%	-4.00%	2.50%
<b>ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>100.00</b>	<b>10.00%</b>	<b>2.00%</b>	<b>7.60%</b>	<b>3.70%</b>	<b>7.35%</b>	<b>3.95%</b>	<b>1.90%</b>
Riesgos por Inestabilidades generadas	10.00	1.00%	0.00%	0.50%	0.00%	0.50%	0.00%	0.00%
Magnitud de interferencias sobre redes de servicios públicos	20.00	2.00%	2.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Afectación a predios	50.00	5.00%	0.00%	4.50%	1.50%	4.25%	1.75%	0.50%
Afectación al tránsito vehicular	20.00	2.00%	0.00%	1.60%	1.20%	1.60%	1.20%	0.40%
<b>ASPECTOS PRESUPUESTALES</b>	<b>200.00</b>	<b>20.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>10.00%</b>	<b>18.00%</b>	<b>10.00%</b>	<b>15.00%</b>	<b>20.00%</b>
Inversión	200.00	20.00%	0.00%	10.00%	18.00%	10.00%	15.00%	20.00%
<b>TOTAL</b>	<b>1000.00</b>	<b>100.00%</b>	<b>39.75%</b>	<b>55.98%</b>	<b>63.20%</b>	<b>52.48%</b>	<b>54.13%</b>	<b>62.18%</b>

Tabla 37 Resumen de la Matriz Multicriterio

TABLA RESUMEN		
ORDEN	PESOPORCENTUAL	100.0%
<b>3</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	<b>63.2%</b>
<b>6</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	<b>62.2%</b>
<b>2</b>	<b>ESCENARIO 1</b>	<b>56.0%</b>
<b>5</b>	<b>ESCENARIO 4</b>	<b>54.1%</b>
<b>4</b>	<b>ESCENARIO 3</b>	<b>52.5%</b>
<b>1</b>	<b>SITUACION ACTUAL</b>	<b>39.8%</b>

## 7. PROPUESTA SELECCIONADA

De la comparación realizada en la matriz multicriterio se llegó al escenario 2 como la alternativa que en el conjunto de los factores establecidos obtuvo el puntaje más elevado proporcionando a la ciudad de Bucaramanga mejoras en la movilidad con una mediana afectación predial.

Figura 31 Propuesta Seleccionada



Fuente: Google Earth

Esta alternativa implementó el perfil propuesto, el cual consta de 3 carriles de 3.50 m de ancho que proporciona una mayor capacidad vial, aumento en la velocidad de circulación a la calle 36, calle 56, Calle 56 D15, Carrera 22 y el Round Point encontrado en la Av. La Rosita y el perfil tipo 16 a las calles 35 y 37, con una mediana afectación predial como se ve en la tabla 30 de Aspectos sociales donde la carrera 22 cuenta con el mayor impacto al afectar 316 viviendas, las otras vías con este perfil no tienen este problema porque cuentan con unas especificaciones de andenes sobredimensionadas que podrán utilizarse en estas ampliaciones.

## 8. CONCLUSIONES

La invasión del espacio público por parte vendedores ambulantes es uno de los problemas que afectan la zona centro. La calle 34 una vía que en la realidad tiene problemas visibles de movilidad, cuando se simula en Transmodeler, no presenta ningún inconveniente debido a que cuenta con las condiciones necesarias para brindar una capacidad y un buen nivel de servicio a la cantidad de autos que la recorren. La demora que producen los buses al transitar a reducida velocidad en espera de pasajeros provoca grandes longitudes de cola, incomodidades a los demás conductores tanto de vehículos públicos y privados. La falta de conciencia y de responsabilidad ciudadana son factores directos de muchos de las congestiones ocasionadas, los cuales se podrían evitar y disminuir con soluciones tan sencillas como el respeto, no invadiendo el espacio público, transitando a una velocidad adecuada para las condiciones suministrada, parqueando en zonas donde no afecte la movilidad reduciendo la capacidad y respetando las normas de tránsito.

Algunos de los corredores que pertenecen a la zona de estudio no se tomaron en cuenta debido a que sus perfiles viales cumplen con todas las especificaciones como la carreras 33, 27 , 21 , 9ª y Calle 45, donde se puede transitar a una velocidad cómoda en horas valle y durante las horas pico se presentan congestiones debido a que su capacidad vial llega a tope pero este razón no justifica la ampliación de sus calzadas.

Durante el desarrollo del proyecto la dirección de tránsito de Bucaramanga realizó modificaciones en diferentes intersecciones viales para reorganizar la red vial y mejorar los flujos vehiculares, algunas de estas estaban relacionadas directamente con la zona de estudio produciendo un retraso ya que el modelo base se realizó con la situación actual y no habían tenido en cuenta estos cambios, por esta razón se debió actualizar algunos cruces y rutas establecidas.

No se tomaron en cuenta todas las vías de la zona de estudio por que una de las ventajas que tiene la movilidad en una malla vial, es la afectación indirecta que se produce en otros tramos con la implementación de mejoras en ciertos corredores. La ampliación de la carrera 22 proporciona una capacidad y velocidad de circulación mayor con la ventaja de cruzar el centro de la ciudad de Sur – Norte dando la posibilidad a los conductores de tener una alternativa para no tomar la Car 27 contando con las mismas condiciones, la carrera 56 a tres carriles mejora la movilidad de la carrera 33 en sentido Sur – Norte , porque muchos de los vehículos en zona de cabecera la utilizan para bajar a tomar la Cra 27 y posteriormente la autopista y cuando se colma la capacidad de la Cll 56 produce grandes longitudes de cola en la carrera 33.

La simulación hace parte de ese ensayo y error necesario por esta razón no todas las alternativas podrían arrojar buenos resultados, es así que el escenario 5 donde se planteó la posibilidad para la continuación de las carreras 29 y 30 a través del parque de las mejoras públicas para evitar recorridos más largos para retomarlas no contemplaba la implementación de 3 y 4 semáforos respectivamente los cuales afectaron tanto la velocidad y la comodidad de las calles cercanas como la 36 , 41 , 42 , Avenida La Rosita , sin contar con la afectación predial y el impacto ambiental generados a uno de los parques más representativos.

La afectación predial que se generó con la implementación de los perfiles viales de del PMM tiene un impacto social negativo por la falta de visión en el crecimiento de la ciudad, no cuenta con el espacio necesario para desarrollar una infraestructura vial requerida sin afectar las viviendas de muchas familias, haciéndoles una privación de sus bienes por causas justificadas como la utilidad pública y el interés social debido a que están implícito en el planeamiento urbanístico de la ciudad , por esto se debe hacer el pago de indemnizaciones cumpliendo con el valor del avalúo catastral ya sea un porcentaje o el total de su predio.

La elección del escenario 2 como la mejor propuesta a través de la matriz multicriterio modifica los parámetros en los perfiles viales de la Carrera 22, las calles 35, 36, 37, 56 y la glorieta ubicada sobre la Avenida La Rosita con una inversión cercana a los tres mil ochocientos millones de pesos. Mejorando la movilidad en el sector del centro añadiendo un corredor alternativo de 3 carriles con mayor nivel de servicio, que atraviesa la ciudad en sentido norte a sur. Descongestiona las calles 36, 56 y la glorieta al contar con una mayor capacidad vial para movilizar el número de vehículos que las utilizan a diario, aumentando su velocidad de circulación. Y otorgando un segundo carril a las calles 35 y 37. En total se estarían mejorando tres kilómetros de vías en su capacidad y nivel de servicio que en comparación con otros mega proyectos como los intercambiadores donde la solución es puntual y mucho más costosas justifican una inversión como estas que pueda mitigar los problemas de movilidad en la ciudad de Bucaramanga.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Manual de Transporte de Bogotá*. Bogotá DC.
- ALCALDIA MUNICIPAL DE BUCARAMANGA. (2008). *POT Plan de ordenamiento territorial*. Bucaramanga.
- Caliper Corporation. (s.f.). *Caliper*. Recuperado el 15 de 11 de 2012, de <http://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>
- Comisión de las comunidades Europeas. (2007). *Libro verde. Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*. Bruselas.
- Gomez Pantoja, J. F. (2009). *CITERIOS DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION*. Bucaramanga.
- Instituto Municipal de empleo y fomento empresarial de Bucaramanga ,IMEBU. (s.f.). *FACTORES DEMOGRÁFICOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA*.
- LOPEZ LAMBAS, M. E. (2004). *Los planes de movilidad urbana sostenible (PMUS) desde una perspectiva europea*.
- MONTEZUMA, R., & PÉREZ, B. (2004). *Ciudades amables ¿Cómo construirlas desde movilidad urbana sostenible?* Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. DNP.
- Municipio de bucaramanga, U. I. (s.f.). Observatorio sig bucaramanga. Recuperado el 06 de 11 de 2012, de <http://garza.uis.edu.co/observatoriosigbucaramanga/>
- Municipio de Bucaramanga, Oficina Asesora de Planeacion Municipal. (2010). *ROYECTO DE RECUPERACIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA EN EL CENTRO DE LA CIUDAD "Plan Muelas"*. Bucaramanga.
- SAIP Ltda. (s.f.). *Estudio de Complementacion y Actualizacion del Diseño Operacional del SITM de bucaramanga*.
- S. C. Bradbury. (01 June (2006) ). Transport, mobility and social capital in developing countries. Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability, Volume 159, Issue 2, .
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.

- Universidad de los Andes. (2008). *El transporte como el soporte al desarrollo del país 2040 (Libro Blanco)*. Bogota.
- Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Geomática Grupo de gestión y optimización. (2011). *Plan de Movilidad Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030*. Bucaramanga.
- Universidad Nacional de Colombia Área temática: Modelación de tránsito . (s.f.). *Calibración de un modelo de simulación microscópica y evaluación operacional de una vía urbana*. Medellín , Colombia.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia , Ing Flor Angela Cerquera. (2007). *CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO*. Tunja.
- Universidad Politécnica Salesiana. (s.f.). *dspace.ups.edu.ec*. Recuperado el 2012 de 10 de 8, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/148/4/Capitulo%203.pdf>
- UTN Facultad Regional Transporte Público Urbano. (s.f.). *Evaluación cualitativa para la mejora de la prestación del transporte de pasajeros entre Santa Fe y Santo Tomé Caso de Estudio: Tren Liviano de Superficie*. Santa Fe, Argentina.
- Z. Z. Yang, Y. L. ((2009)). Developing a road traffic control system with GIS. *Proceedings of the ICE - Transport.*, Volume 162, Issue 4 Volume 162, Issue 4, pages 189 – 194.