

**Identificación y análisis de “cuellos de botella” que obstaculizan la movilidad en el
corredor de la calle 56 perteneciente a la red vial del municipio de Bucaramanga**

Camilo Andrés Angarita Granados

Mairen Giseth Pinto Montenegro

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Ing. Civil Luis David Arévalo Durán

**Especialista en Ingeniería de Tránsito y Transporte y Especialista en Administración de
Empresas.**



Universidad
Industrial de
Santander



Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2017

Agradecimientos

Los autores de la presente tesis de investigación agradecen al Ing. Luis David Arévalo quien, en su calidad de director, brindó su asesoría, colaboración y tiempo en el proceso de desarrollo del proyecto desde su fase inicial hasta su culminación. De igual manera agradecemos al Grupo de Investigación Geomática, por facilitarnos los datos solicitados.

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Marco conceptual.....	17
2. Metodología	21
2.1 Registro de puntos críticos de tráfico.....	22
2.1.1. Determinación capacidad vehicular calle 56	22
2.1.2 Realización de las encuestas	23
2.2 Identificación de los cuellos de botella.....	26
2.2.1 Recolección de Datos.....	30
2.3 Análisis de datos	31
2.3.1 Número de vehículos por minuto.....	32
2.3.2 Inicio del congestionamiento	33
2.3.3 Duración del congestionamiento (Tq)	33
2.3.4 Longitud máxima de la cola.....	34
2.3.5 Demora máxima que experimenta un vehículo	35
2.3.6 Demora total de todo el tránsito.....	35
2.3.7 Número de vehículos afectados por el cuello de botella.....	35
2.3.8 Demora promedio del tránsito	36

2.3.9 Longitud promedio de la cola	37
2.4 Determinar soluciones	39
3. Conclusiones.....	42
Bibliografía	46
Apéndices.....	48

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación del proyecto.	14
<i>Figura 2.</i> Metodología de trabajo utilizada en este trabajo.	21
<i>Figura 3.</i> Resultados pregunta 1 encuesta “cuellos de botella”.....	24
<i>Figura 4.</i> Resultados pregunta 2 encuesta “cuellos de botella”.....	24
<i>Figura 5.</i> Resultados pregunta 3 encuesta “cuellos de botella”.....	25
<i>Figura 6.</i> Resultados pregunta 4 encuesta “cuellos de botella”.....	26
<i>Figura 7.</i> Ubicación intersección vial.....	27
<i>Figura 8.</i> Ubicación intersección vial.....	27
<i>Figura 9.</i> Ubicación intersección vial.....	28
<i>Figura 10.</i> Ubicación intersección vial.....	28
<i>Figura 11.</i> Ubicación intersección vial.....	29
<i>Figura 12.</i> Ubicación intersección vial.....	29
<i>Figura 13.</i> Fórmula número de vehículos.....	32
<i>Figura 14.</i> Fórmula para determinar la longitud de cola.....	34
<i>Figura 15.</i> Fórmula número de vehículos afectados por el cuello de botella.....	36
<i>Figura 16.</i> Fórmula demora promedio del tránsito.....	36
<i>Figura 17.</i> Fórmula para la longitud promedio de la cola.	37

<i>Figura 18.</i> Capacidad vehicular vs flujo vehicular.....	38
<i>Figura 19.</i> Comparación entre carro, cicla y Metrolinea.....	42
<i>Figura 20.</i> Ubicación del cuello de botella de “San Andresito La Isla”.....	44

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Aforo capacidad de flujo</i>	22
Tabla 2. <i>Cálculo del tamaño de la muestra de encuestas para implementación de transporte mixto de cargas y pasajeros</i>	23
Tabla 3. <i>Recolección de datos para aforo</i>	30
Tabla 4. <i>Aforo vehicular calle 56</i>	32
Tabla 5. <i>Número de vehículos por minutos</i>	33
Tabla 6. <i>Duración del congestionamiento</i>	34
Tabla 7. <i>Longitud máxima de la cola</i>	34
Tabla 8. <i>Valor de la demora máxima que experimenta un vehículo</i>	35
Tabla 9. <i>Demora total de todo el tránsito</i>	35
Tabla 10. <i>Valor número de vehículos afectados por el cuello de botella</i>	36
Tabla 11. <i>Valor de la demora promedio del tránsito</i>	37
Tabla 12. <i>Valor de la longitud promedio de la cola</i>	37

Resumen

Título: Identificación y análisis de “cuellos de botella” que obstaculizan la movilidad en el corredor de la calle 56 perteneciente a la red vial del municipio de Bucaramanga*

Autores: Camilo Andrés Angarita Granados**
Mairen Gisseth Pinto Montenegro

Palabras clave: movilidad, congestión, tránsito, “Cuellos de botella”, Aforo vehicular.

Descripción

Una de las principales causas del problema de movilidad es el acelerado aumento de los volúmenes vehiculares, tanto de automóviles como de motocicletas. Bucaramanga es una ciudad que mantiene altos volúmenes de tráfico en su red vial urbana, como toda ciudad conserva los esquemas de movilidad que se manejan en las grandes ciudades del mundo entre ellos, vías locales, colectoras y arterias, una de las más importantes y que maneja un gran porcentaje de flujo vehicular es la calle 56, y como consecuencia de esto, se ha venido enfrentando constantemente a caos vehicular; entre sus más notorios problemas se encuentran los “cuellos de botella” que influyen en la congestión de algunas de las intersecciones viales que se cruzan con esta calle. En este proyecto se examinarán las causas y consecuencias de los “cuellos de botella”, identificando, registrando y analizando los diferentes puntos críticos, con la finalidad de dar soluciones de bajo costo que ayuden a mejorar los embotellamientos que se presentan en esta trascendental vía del área Metropolitana. Por otro lado, el modelo teórico demostró que los “cuellos de botella” del sistema se encontraban colapsados, esto se debe a que la tasa de flujo vehicular (llegadas) es mayor que la tasa de capacidad vehicular (salidas), utilizando como herramienta de análisis la toma de datos mediante aforos en puntos específicos durante periodos de treinta minutos en horas pico o de mayor movilidad.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Civil Luis David Arévalo Duran, Especialista en Ingeniería de Tránsito y Transporte y Especialista en Administración de Empresas.

Abstract

Title: Identification and analysis of "bottlenecks" that hinder mobility in the 56th street corridor belonging to the road network of the municipality of Bucaramanga*

Authors: Camilo Andrés Angarita Granados**
Mairen Gisseth Pinto Montenegro

Keywords: mobility, congestion, traffic, "bottlenecks", vehicular capacity.

Description

One of the main causes of the problem of mobility is the accelerated increase in vehicle volumes, both cars and motorcycles. Bucaramanga is a city that maintains high volumes of traffic in its urban road network, as every city preserves the mobility schemes that are handled in the great cities of the world including, local roads, collectors and arteries, one of the most important and that manages a great percentage of vehicular flow is the 56th street, and as a consequence of this, has been constantly facing vehicular chaos; among its most notorious problems are the "bottlenecks" that influence the congestion of some of the road intersections that cross this street. This project will examine the causes and consequences of "bottlenecks", identifying, recording and analyzing the different critical points, in order to provide low-cost solutions that help to improve bottlenecks that occur in this transcendental pathway of Metropolitan area. On the other hand, the theoretical model showed that the "bottlenecks" of the system were collapsed, this is due to the fact that the vehicle flow rate (arrivals) is greater than the vehicle capacity rate (departures), using as an analysis tool the data collection through gauging at specific points during periods of thirty minutes during peak hours or with greater mobility.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Civil Engineer Luis David Arévalo Duran, Specialist in Traffic and Transport Engineering and Specialist in Business Administration

Introducción

Las ciudades se configuran en los lugares donde las personas viven, trabajan y desarrollan una serie de actividades, ya sea dentro o fuera de los hogares. Las actividades realizadas fuera de las casas demandan el uso de formas diferentes de desplazamiento: caminata, transporte mecanizado o motorizado (autobuses, motocicletas, automóviles, ferrocarriles y metro). Para comprender qué desplazamientos se realizan y qué tipo de transporte es necesario para llevarlos a cabo, es necesario comprender cómo está estructurada la ciudad, cómo se distribuyen las actividades en su espacio, así como cuáles son los factores de mayor influencia en la movilidad de las personas y en la elección de los modos de transporte.

La ingeniería civil, de transporte y tránsito se basa en estudiar, diagnosticar, planificar y gestionar problemas de administración, revisión y de control en los diferentes sectores de la movilidad, con sólidos conocimientos de las ciencias físicas, matemáticas e informáticas y de la tecnología. (Yarce, 2006)

Una de las principales causas del problema de movilidad es el acelerado aumento de volúmenes vehiculares, destacándose los autos particulares y en especial las motocicletas, en ciudades donde no ha existido una buena planificación vial.

Al observar el crecimiento que se ha estado desarrollando en el Área Metropolitana de Bucaramanga durante los últimos años, se hace necesaria la evaluación socio-económica en el contexto de la movilidad sostenible, el mejoramiento del nivel de vida de los habitantes del Área Metropolitana de Bucaramanga. Muchos de estos proyectos tienen que ver con la adecuación, mejoramiento de los sistemas viales ya existentes, en aquellos sitios que así lo requieran; por esta

razón, nace la necesidad de mejorar la transitabilidad de las vías y el mejoramiento del sistema de transporte colectivo de pasajeros, que desestime el uso del auto particular.

El proyecto se localiza en el Municipio de Bucaramanga del departamento de Santander. Bucaramanga junto con los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta conforman el Área Metropolitana. Las intersecciones de la calle 56 con carrera 33, Avenida Gonzales Valencia, carrera 27, carrera 22, diagonal 15 y carrera 17c se localiza en la zona céntrica del Municipio, estas intersecciones ejercen una influencia directa sobre la conexión de oriente a occidente y viceversa para los usuarios de la calle 56 y para los que utilizan las carreras anteriormente nombradas que se dirigen de norte a sur y viceversa. La calle 56 es la vía más utilizada como acceso a la Ciudadela Real de Minas y su conexión con el centro de la ciudad.

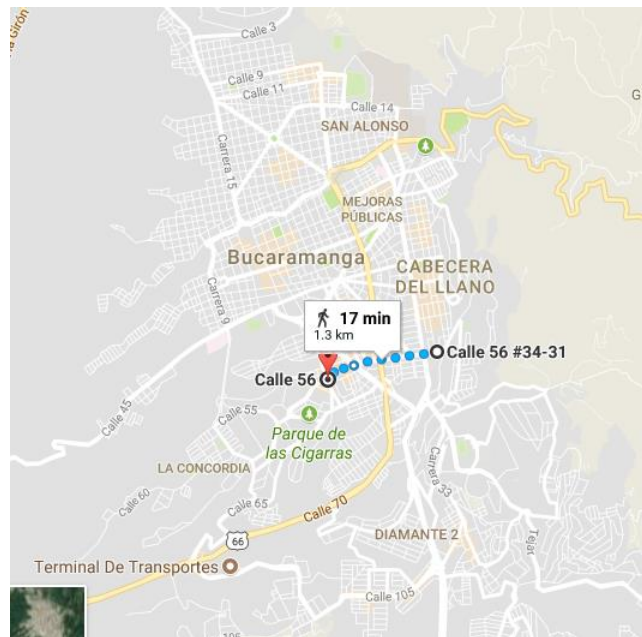


Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto.

Fuente: Google Maps.

Bucaramanga se ha convertido en una de las ciudades más importantes del nororiente colombiano por su rápido crecimiento; pero como consecuencia de este efecto se han venido presentando diferentes problemas, evidenciados sobre todo en la malla vial del área metropolitana, el aumento de flujo de vehículos y la poca capacidad de las vías, ha generado grandes deficiencias en el desarrollo de la movilidad.

La movilidad en Bucaramanga es un problema cotidiano para los ciudadanos, que se ve reflejados en incómodos trancones que se presentan en muchos sectores de la ciudad, y uno de los factores más importantes que los genera son los “cuellos de botella”.

Un estudio realizado por Waze, el cual se basó en seis factores clave: El nivel de tráfico, caracterizado por la frecuencia y gravedad de los trancones, la calidad de la infraestructura vial, la seguridad del conductor basada en la frecuencia de accidentes, los peligros en la vía y condiciones del clima, el acceso a sitios de parqueo y gasolineras y el nivel de amabilidad y felicidad dentro de la comunidad Waze. Demostró que, Bucaramanga ocupó el segundo peor lugar en el indicador de seguridad al manejar por la ciudad, con un puntaje de 3.27, superado por Cebu (Filipinas) con 2.07. (Vanguardia Liberal, 2017)

Con un puntaje de 3.43 sobre 10, la capital santandereana ocupó el puesto once en el ranking de las peores ciudades con peor experiencia para conductores en el mundo, el quinto en Latinoamérica y el segundo en Colombia, sólo superado por Cali con 3.22. (Vanguardia Liberal, 2017)

Por otra parte, el número de motocicletas y bicicletas como medios de transporte ha crecido significativamente en los últimos años por causas tales, como la necesidad de las personas de bajar costos de transporte, reducir el tiempo de traslado de un sitio a otro, la poca eficacia operacional y baja calidad del servicio que prestan Metrolinea y el transporte público urbano.

El área metropolitana de Bucaramanga tiene, según el último reporte del Runt, más de 603 mil automotores matriculados, de los cuales el 56,9% son motocicletas. El informe del Registro Único Nacional de Tránsito (Runt) con corte a 31 de enero de 2016, indica que los cuatro municipios del área suman 603.457 registros en total (contando carros y motos). (Vanguardia Liberal, 2017)

Este trabajo busca analizar y evaluar una de las causas principales del congestionamiento vehicular, en esta ciudad, como lo son “los cuellos de botella”, realizando aforos y visitas de campo a la zona de interés, identificando qué factores influyen en la circulación vehicular. Luego de evaluar las causas de los mismos, plantear soluciones alternativas de bajo presupuesto, que ayuden a corto y largo plazo a descongestionar una de las vías principales.

1. Marco conceptual

Para dar criterio a esta investigación, se presenta a continuación la conceptualización de las temáticas fundamentales en que se apoyó dicho proceso investigativo.

Movilidad: Se le llama movilidad al conjunto de desplazamientos que se realizan en un espacio físico, donde se incluyen los transportes privados y públicos, así como de personas y mercancías.

Tanto los automóviles como las bicicletas y las motos se consideran parte fundamental de la movilidad que hay en una ciudad porque son los vehículos que trasladan a las personas de un lado a otro. El objetivo de la movilidad es lograr la accesibilidad, esto es, facilitar el tránsito entre los lugares para que sea más sencillo y seguro el arribo a cada uno de los destinos de los actores. (CVMX Movilidad vial, 2017)

Por otra parte, la movilidad hace referencia a una nueva forma de abordar los problemas de transporte desde un marco integral, el cual busca hacer equitativo el uso de la malla vial por los diferentes actores, puesto que se considera un recurso escaso que nunca podrá crecer al ritmo que crece el parque automotor, con el fin de facilitar las nuevas necesidades de desplazamiento de las personas y de las mercancías, en una ciudad o región. (Flechas, 2006)

Congestión: Cuando en una calle, una avenida o una carretera (ruta) hay una cantidad excesiva de vehículos, se produce una congestión ya que se imposibilita la circulación. Así surge la congestión, también conocida como atasco o embotellamiento.

La congestión vehicular suele aparecer en las llamadas horas pico u horas punta, que son los momentos del día en los cuales la mayoría de los conductores se encuentran en la vía pública.

Estas congestiones generan pérdidas de tiempo, provocan un consumo adicional de combustible e incrementan el riesgo de accidentes. (Definición de , 2017)

Tránsito: El tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones.

Los factores del tránsito que afectan la capacidad de las vías son: la composición y la variación de flujo del tránsito.

Flujo de saturación: Es el parámetro por el cual se define el número total de vehículos evacuados en una intersección por hora de tiempo verde. Este permite calcular el tiempo verde efectivo necesario para obtener el ciclo óptimo de los semáforos.

Velocidad de flujo: La velocidad es un parámetro que debe ser analizado para la determinación del nivel de operación del tránsito vehicular y la detección de puntos críticos de congestión. Esta depende de la intensidad del tránsito, de la naturaleza del terreno y de la jerarquía de la vía.

Flujo del tránsito: Los conteos son la fuente de información con la cual se definen las características de los flujos de tránsito, tales como: la cantidad, el sentido y la composición de vehículos. El análisis de estos flujos constituye una herramienta para realizar estudios de capacidad, cálculo de tiempos semafóricos, pasos peatonales especiales, islas para el refugio de peatones.

Tasa de flujo. El número de unidades vehiculares que pasan por un punto determinado de una vía en un periodo de tiempo específico. Durante el día el flujo vehicular sufre variaciones, presentándose la mayor ocurrencia de vehículos (horas pico) al inicio y al final de actividades normales.

“Cuellos de botella”: se presentan básicamente en aquellos tramos y situaciones donde la demanda vehicular (llegadas) al inicio del cuello de botella supera la capacidad (salidas) de éste, se presentan problemas de congestionamiento justamente en el tramo anterior al cuello de botella. (Cal y Mayor y Asociados, 1994)

En la gestión de las operaciones, la teoría de cuello de botella es una explicación de lo que ocurre cuando una parte del sistema de producción se lleva a cabo a un ritmo más bajo que el resto del sistema. La comprensión de la teoría de cuello de botella es importante para cualquier persona implicada en la gestión de las operaciones, ya que permite a un individuo optimizar la eficiencia del negocio. (Arjones, 2017)

Aforo vehicular: Para la obtención de información referente a los volúmenes de tránsito existen los métodos de aforo vehicular. El aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección. (Limache, 2017)

Es necesario conocer los siguientes términos:

Tránsito Anual (TA), es el número de vehículos que pasan durante un año.

Tránsito Mensual (TM), es el número de vehículos que pasan durante un mes.

Transito Semanal (TS), es el número de vehículos que pasan durante una semana.

Tránsito Diario (TD), es el número total de vehículos que pasan durante un día.

Tránsito Horario (TH), es el número de vehículos que pasan durante una hora.

Volúmenes de Tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

Densidad de Tránsito: Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.

Aforos Manuales: Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

- La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
 - El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.
 - Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos.
- La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

2. Metodología

Para conseguir el cumplimiento de los objetivos propuestos para este trabajo, se desarrollan las etapas que se muestran a continuación.

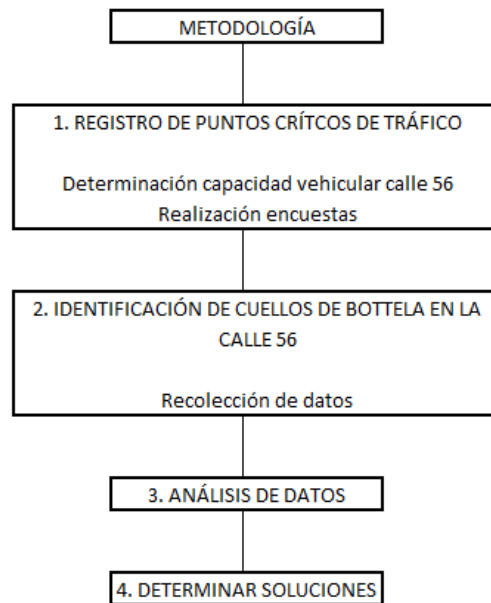


Figura 2. Metodología de trabajo utilizada en este trabajo.

2.1 Registro de puntos críticos de tráfico

2.1.1. Determinación capacidad vehicular calle 56. Se determinó la capacidad vial de la calle 56 mediante un experimento que consistió en el conteo de vehículos que transitaban en dicho corredor vial durante una hora del día en donde se presentaba una saturación considerable de vehículos, pero sin que estos generasen trancón alguno.

El experimento anteriormente mencionado arrojó los siguientes resultados:

Tabla 1.

Aforo capacidad de flujo.

intervalo	vehículos		vehículos totales
	carros	motos	
3 a 4 pm	657	783	1205,1
4 a 5 pm	615	752	1141,4

Para el cálculo de los vehículos totales se asumió como factor de equivalencia de las motos 0.7, criterio que se obtuvo de la DNP (Dirección Nacional de Planeación) para el proyecto de transmetro al no tener un factor de equivalencia propio para la región.

Obtenidos estos resultados se aproximó la capacidad de flujo vehicular de este corredor a 20 vehículos/minutos o lo que sería lo mismo 1200 vehículos/hora.

2.1.2 Realización de las encuestas. Mediante encuestas realizadas a una muestra poblacional determinada por el valor obtenido de la fórmula para el CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENCUESTAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE TRANSPORTE MIXTO DE CARGAS Y PASAJEROS, se logró la obtención de los resultados que se muestran a continuación en base a las 202 encuestas realizadas (Anexo A).

El número de encuestas se dictaminó mediante la fórmula nombrada anteriormente:

Tabla 2

Cálculo del tamaño de la muestra de encuestas para implementación de transporte mixto de cargas y pasajeros.

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENCUESTAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE TRANSPORTE MIXTO DE CARGA Y PASAJEROS					
Formula	$n = \frac{(Z^2 Q / \epsilon^2 P)}{(1 + (Z^2 Q) / (N \epsilon^2 P))}$				
N	Tamaño de la población o universo				457
Z ²	95				9025
Q=1-P	50,00				50,00
P	Proporción de individuos que poseen en la población las características del estudio: Se usa generalmente p=q=50% como la opción más segura				50,00
ε ²	5				25
n	Tamaño de la muestra				
Numerador	9025	50,00	25	50,00	361
Denominador	1	451.250	457	1.250	1,7899
T	Tamaño de la muestra				202

Fuente: Ing. Civil Luis David Arévalo Duran. Especialista en Ingeniería de Tránsito y Transporte y Especialista en Administración de Empresas

1. ¿Considera usted que la movilidad en la Calle 56 durante las horas pico es?

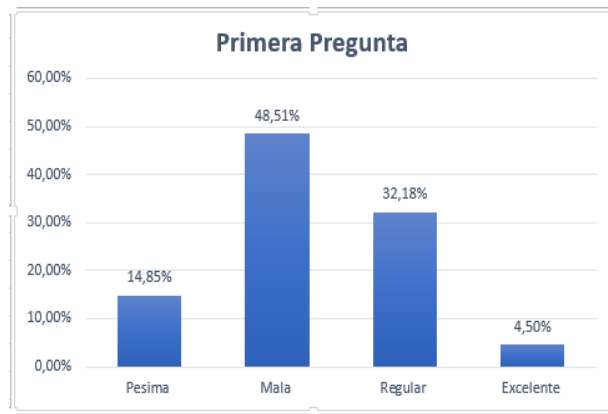


Figura 3. Resultados pregunta 1 encuesta “cuellos de botella”.

De acuerdo a la pregunta No. 1 de la encuesta, el 48,51% de los encuestados en general, coincidieron que la movilidad en la calle 56 es mala y para el 32,18% es regular.

2. ¿Cuál de las siguientes intersecciones viales considera usted que es la que más afecta la movilidad en la calle 56 durante la hora pico?

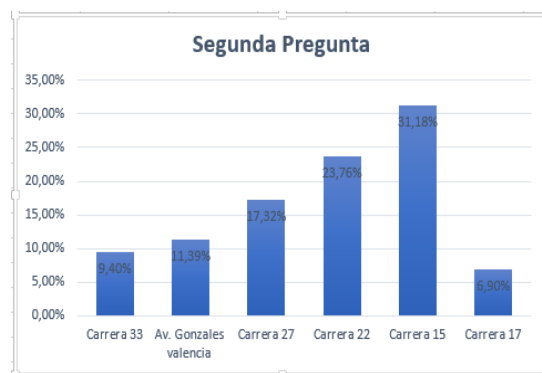


Figura 4. Resultados pregunta 2 encuesta “cuellos de botella”.

Según el resultado de la segunda pregunta, la intersección que considera la población encuestada como la de mayor afectación a la movilidad en la calle 56, es la carrera 15 con un 31.18% de resultado.

3. Indique el intervalo de tiempo que usted invierte durante la hora pico en la calle 56.

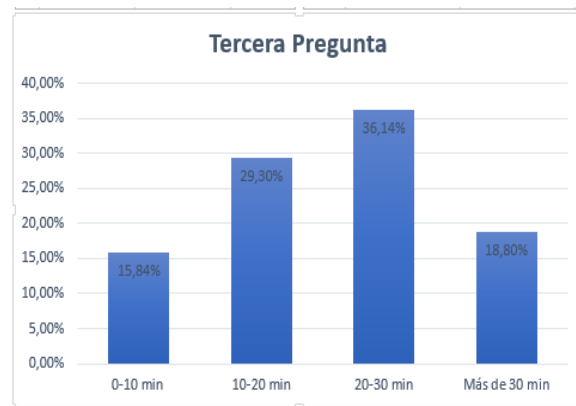


Figura 5. Resultados pregunta 3 encuesta “cuellos de botella”.

El 36.14% de los encuestados considera que el intervalo de tiempo que gasta demás en la hora de congestión oscila entre 20 y 30 minutos.

4. Indique en cuál de los siguientes tramos viales, considera usted que se generan “cuellos de botella”, entre la calle 56 con.

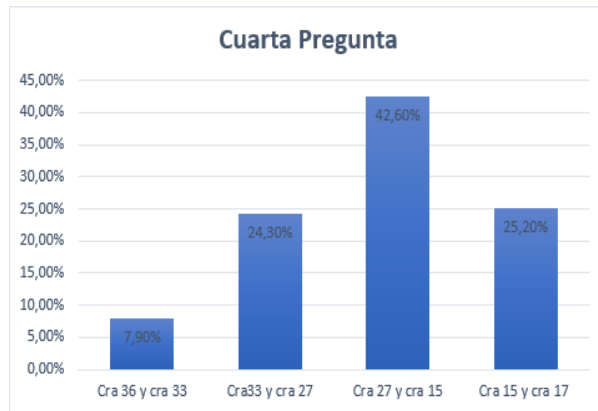


Figura 6. Resultados pregunta 4 encuesta “cuellos de botella”.

La percepción de la gente frente a la última pregunta es que el tramo entre la carrera 27 y carrera 15, es el que genera mayor número de “cuellos de botella” con un 42,60%.

2.2 Identificación de los cuellos de botella

Para el presente proyecto se propone estudiar seis escenarios viales, ubicados dentro del área metropolitana de Bucaramanga, específicamente en las intersecciones viales con la calle 56. Se busca identificar los “cuellos de botella”, luego de realizar una serie de encuestas ciudadanas concretamente en este sector vial, revisar datos solicitados al Grupo de Investigación de la UIS, Geomática y mediante recorridos de percepción visual, teniendo en cuenta la movilidad de los escenarios, la demanda vehicular y especialmente la generación de congestión vial, se determinaron los siguientes puntos para analizar.

- Tramo vial en sentido Oriente-Occidente entre la carrera 33 con calle 56

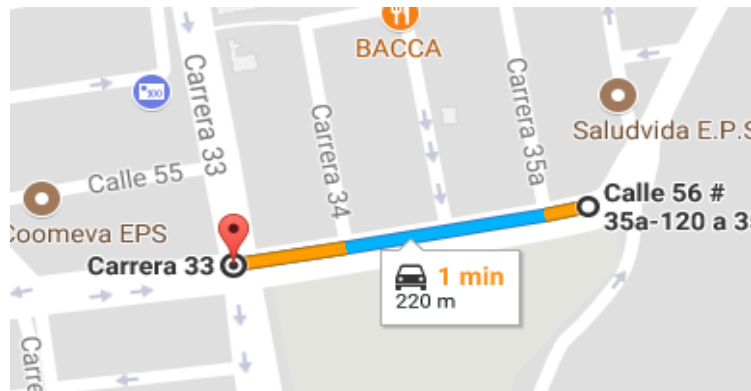


Figura 7. Ubicación intersección vial

Fuente: Google Maps

- Tramo vial en sentido Oriente-Occidente entre la avenida Gonzales Valencia con calle 56.



Figura 8. Ubicación intersección vial

Fuente: Google Maps

- Tramo vial en sentido Oriente-Occidente entre la diagonal 15 con calle 56



Figura 11. Ubicación intersección vial

Fuente: Google Maps.

- Tramo vial en sentido Oriente-Occidente entre la carrera 17c con calle 56



Figura 12. Ubicación intersección vial

Fuente: Google Maps

Estos escenarios fueron escogidos luego de haber hecho un recorrido visual durante varios días, recopilar datos del flujo vehicular durante las horas pico y horas normales.

2.2.1 Recolección de Datos. Los aforos vehiculares se realizaron en el transcurso de tres días laborales de la semana, durante cuatro semanas, un aforo por escenario, en horario del medio día y seis de la tarde, ya que estos son los horarios de mayor demanda vehicular. La recolección de datos se hizo durante los meses de mayo y julio, periodos donde aún era permitido el cruce hacia la izquierda de la calle 56 con carrera 33, situación que generaba un caso concreto de “cuello de botella” donde la vía se reducía a un solo carril por culpa de los vehículos que iban a girar hacia la carrera 33.

Para el caso en estudio se obtiene el comportamiento general de la movilidad cuantificada por cantidad de vehículos mixtos y motos, durante periodos de media hora.

Para llevar un registro de los aforos se implementó la siguiente tabla tipo:

Tabla 3

Recolección de datos para aforo

DIA	
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con
------------------	--------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30		
12:30 -1		
1 - 1:30		
1:30 -2		

DIA	
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con
------------------	--------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30		
5:30- 6		
6- 6:30		
6:30 - 7		
7- 7:30		
7:30 - 8		

Al final se mostrarán todos los datos recolectados gracias a los aforos, durante los días y las horas correspondientes. (**Anexos B-M**).

Se solicitaron datos registrados sobre el flujo vehicular en la calle 56 al Grupo de Investigación de la Universidad Industrial de Santander Geomática, los cuales fueron revisados y se determinó que eran de poca utilidad ya que no son datos recientes sino del año 2009 y el flujo vehicular ha incrementado constantemente.

2.3 Análisis de datos

El tratamiento de datos se efectuó mediante el análisis por cuellos de botella, para este análisis es necesario conocer la capacidad de flujo vehicular del tramo vial (calle 56), adicionalmente se debe tener un aforo vehicular dividido en intervalos iguales de tiempo, todo esto con el fin de buscar mayor facilidad a la hora de efectuar los cálculos.

El análisis por cuellos de botella es muy útil en este caso específico dado la facilidad respecto a la obtención de resultados con la recolección simple de datos, a continuación, y como cálculo tipo de este proyecto se analizará paso a paso los datos tomados en el aforo vehicular del día 4 de julio de 2017, a la hora del mediodía en la intercepción vial de la calle 56 con carrera 33.

Los datos obtenidos el día 4 de julio de 2017 fueron los siguientes.

Tabla 4

Aforo vehicular calle 56.

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	457	476
12:30 -1	372	352
1 - 1:30	324	303
1:30 -2	298	325

Los datos se tomaron en un intervalo de tiempo de 30 minutos, para una mayor exactitud a la hora de aplicar el análisis por cuellos de botella.

2.3.1 Número de vehículos por minuto. El número de vehículos por intervalo de tiempo se toma con el fin de ver con mayor facilidad el inicio de la congestión y en base a eso iniciar con el análisis de los siguientes pasos, en este proyecto el intervalo de tiempo que se determinó para mayor facilidad como unidad de medida de fue el minuto. El número de vehículos en el intervalo de tiempo se mide por la siguiente fórmula.

$$N_1 = \lambda_1 t_1$$

Figura 13. Fórmula número de vehículos.

Nota. Cal y Mayor y Asociados. (1994). “Ingeniería de Transito”, 7ma Edición.

Tomando los datos obtenidos el día anteriormente nombrado se tiene:

Tabla 5

Número de vehículos por minutos.

t1	26
t2	21
t3	18
t4	18

Teniendo la anterior tabla como base, se ve claramente el flujo vehicular por minuto en cada intervalo de tiempo tomado para el aforo en el corredor vial de la calle 56.

2.3.2 Inicio del congestionamiento. Para determinar el inicio del congestionamiento, se debe previamente establecer la capacidad de flujo vehicular en el corredor vial de la calle 56, para este caso en específico se realizó el estudio anteriormente nombrado (Tabla 1: *Aforo capacidad de flujo*) dando una capacidad de flujo vehicular de 20 vehículos por minuto.

El inicio del congestionamiento se da cuando la demanda excede la capacidad de la vía, en este caso se puede ver que el congestionamiento inicia al mediodía, cuando la demanda supera la capacidad vehicular previamente establecida.

2.3.3 Duración del congestionamiento (Tq). Se entiende como duración de congestionamiento el tiempo total en que se prolongue el trancón, este tiempo se determina en base a los intervalos de tiempo de donde la demanda excede la capacidad, y el intervalo de tiempo próximo al último intervalo que genere congestión, para el ejemplo específico, la demanda de tiempo que dio como resultado fue:

Tabla 6.

Duración del congestionamiento.

Tq=	158	minutos
-----	-----	---------

2.3.4 Longitud máxima de la cola. La longitud máxima de la cola se da al final del último intervalo que genera congestionamiento, y se entiende como el número máximo vehículos que se encuentran en el congestionamiento, la fórmula básica de donde se deriva todo el análisis de la longitud máxima se toma de la premisa que la diferencia entre demanda y el resto.

$$\text{Longitud de la cola} = \text{Demanda} - \text{Servicio}$$

Figura 14. Fórmula para determinar la longitud de cola

Nota. Cal y Mayor y Asociados. (1994). “Ingeniería de Transito”, 7ma Edición.

Dado unos ajustes a la fórmula de longitud de cola anterior y usando los datos obtenidos en el aforo vehicular del día mencionado para este cálculo tipo se obtiene que la longitud máxima de cola para el día 4 de julio de 2017 a la hora del mediodía en la calle 56 es:

Tabla 7.

Longitud máxima de la cola.

Qm=	210	vehículos
-----	-----	-----------

2.3.5 Demora máxima que experimenta un vehículo. Es la demora máxima que experimenta un vehículo durante el aforo vehicular, este tiempo se da al final del último intervalo del aforo en donde la demanda supera la capacidad vehicular, en este caso la demora máxima que experimento un vehículo fue de:

Tabla 8.

Valor de la demora máxima que experimenta un vehículo

dm=	10,43	minutos
-----	-------	---------

2.3.6 Demora total de todo el tránsito. Se define como demora total de todo el tránsito el tiempo total en que por una demanda mayor a la capacidad vehicular del corredor vial se genera alguna pérdida de tiempo para algún vehículo. Para el ejemplo del día previamente nombrado, se tiene que la demora total del tránsito fue:

Tabla 9.

Demora total de todo el tránsito.

D=	9922.849	min-veh
----	----------	---------

2.3.7 Número de vehículos afectados por el cuello de botella. El número de vehículos afectados por el cuello de botella es el producto entre la capacidad vehicular del corredor vial y la duración del congestionamiento.

$$N_q = \mu (T_q)$$

Figura 15. Fórmula número de vehículos afectados por el cuello de botella.

Nota. Cal y Mayor y Asociados. (1994). “Ingeniería de Transito”, 7ma Edición.

El número de vehículos afectados por el cuello de botella en el aforo que se está tomando de ejemplo fue:

Tabla 10.

Valor número de vehículos afectados por el cuello de botella.

$N_q =$	3160	vehículos
---------	------	-----------

2.3.8 Demora promedio del tránsito. Se conoce como demora promedio del tránsito el cociente entre la demora total de todo el tránsito y el número de vehículos afectados por el cuello de botella.

$$d = \frac{D}{N_q}$$

Figura 16. Fórmula demora promedio del tránsito.

Nota. Cal y Mayor y Asociados. (1994). “Ingeniería de Transito”, 7ma Edición.

Para el ejemplo que se está trabajando se tiene que la demora promedio del tránsito es:

Tabla 11.

Valor de la demora promedio del tránsito.

d=	3,14	minutos
----	------	---------

2.3.9 Longitud promedio de la cola. Se conoce como longitud promedio del tránsito el cociente entre la demora total de todo el tránsito y la duración del congestionamiento. Esto permite conocer la dimensión promedio del congestionamiento ocasionado por el cuello de botella durante todo el tiempo que dure este.

La fórmula que nos indica la longitud promedio de la cola está dada por:

$$\bar{Q} = \frac{D}{T_q}$$

Figura 17. Fórmula para la longitud promedio de la cola.

Nota. Cal y Mayor y Asociados. (1994). “Ingeniería de Transito”, 7ma Edición.

La longitud promedio de cola fue de:

Tabla 12

Valor de la longitud promedio de la cola.

Qp=	63	vehículos
	315	metros

A la hora de pasar el número de vehículos a una medida lineal, para este caso metros, se asignó un valor de 5 metros por vehículo, ya que se considera como medida para un flujo vehicular mixto.

En el grafico siguiente se verá evidenciada la relación entre el flujo vehicular y la capacidad vehicular de la vía, para el análisis del primer día, la cual al ser superada hace que se formen los “cuellos de botella” y el congestionamiento.

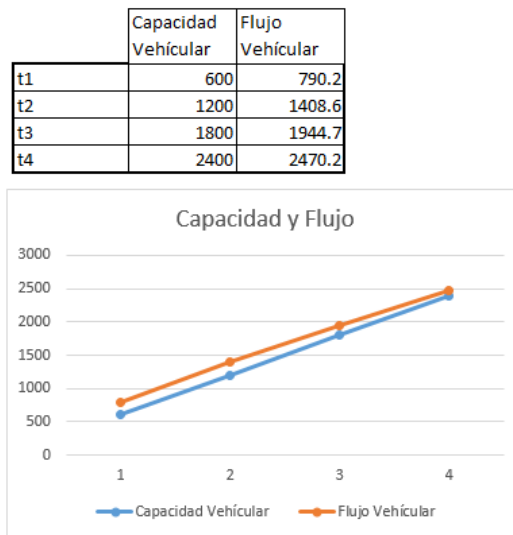


Figura 18. Capacidad vehicular vs flujo vehicular.

El análisis de todos los días en los que se aforó el número de vehículos, se encuentra resumida en dos tablas que se anexan al final, una contiene los datos recolectados al mediodía (**Anexo N**) y la otra contiene los datos que se recogieron a las 6 de la tarde (**Anexo O**), esto con el fin de dar un orden a los registros, y mostrar el comportamiento de la congestión a lo largo de los días evaluados.

2.4 Determinar soluciones

Uno de los objetivos de este proyecto, luego de hacer un análisis de los datos recolectados durante los recorridos visuales y los aforos realizados, es determinar soluciones de bajo costo que ayuden a mejorar los problemas de una de las vías más importantes del área metropolitana de Bucaramanga, buscando alternativas que den salida a los “cuellos de botella”.

A continuación, se presentarán las medidas propuestas:

✓ Inteligencia vial: hacer campañas para concientizar a la población que se ve implicada directamente en el tránsito, tanto conductores como peatones, donde se les explique la importancia de cumplir frente a las normas de tránsito para mejorar la movilidad, puesto que la congestión vehicular que hay en algunas de las principales vías se debe en gran parte al parqueo de vehículos en carriles de circulación continua, la costumbre de los conductores de servicio público de parar sus buses en cualquier sitio (no solo en las paradas establecidas), o la práctica de pasarse el semáforo en amarillo y quedar en medio de las intersecciones viales causando conflictos mayores de tráfico.

✓ Ingeniería de Transito, vigilancia y control por parte de las autoridades competentes. Al tránsito de Bucaramanga, le hace falta formular estudios que demuestren en que zonas, cruces y vías, se genera congestión vehicular, y cuáles son las causas para que, con base en estas, dar soluciones preventivas. Realizar análisis de “cuellos de botella” implica observar la raíz de la congestión, que permiten conocer de manera concisa los puntos más críticos para tomar medidas que brinden solución a esta problemática. No obstante, durante el curso de la realización de este proyecto, transito de Bucaramanga ha tomado medidas con la prohibición de los cruces de la

carrera 33 y carrera 27, como quitar el cruce de la calle 56 con carrera 27, pues el giro a la izquierda en esas intersecciones generó durante mucho tiempo colapso del tránsito, por la imposibilidad de la construcción de bahías de almacenamiento de vuelta izquierda, hacia el sur, en esas intersecciones. Antes de la medida, los altos volúmenes vehiculares que transitan por la calle 56, con destino a la Ciudadela, apenas contaban con un carril para su desplazamiento oriente-occidente, generando “cuellos de botella” que hoy día persisten en lugares como San Andresito la Isla, por la falta total de los agentes de tránsito que no controlan la incultura vial de conductores estacionados en un carril frente a ventas de comida y actividades comerciales, impactando además, el tránsito que se dirigen hacia el sur de la ciudad”. (Vanguardia Liberal, 2017)

✓ Priorizar el transporte público o desincentivar el uso del carro particular: En las principales ciudades del mundo, los impuestos o recargos que se pagan por rodamiento, parqueo en zonas públicas o por circulación en zonas con alto tránsito se usan para subsidiar el transporte público y sistemas alternativos como las bicicletas públicas. (Vanguardia Liberal, 2017)

Por consiguiente, es mejor que haya 60 personas movilizándose en un bus que 60 vehículos circulando por la misma vía.

Para que esto sea viable, hay que mejorar el servicio de Metrolinea y del bus urbano, con buen cubrimiento y buenas frecuencias, para que la gente sienta que vale la pena dejar de utilizar el carro.

Una alternativa es ofrecer subsidios a poblaciones especiales, como los estudiantes, los discapacitados y los adultos mayores.

✓ “Carpooling”: Es como se denomina al uso compartido de vehículo. En Europa y Estados Unidos es una de las estrategias que más se está promoviendo para reducir el número de carros en circulación. (Vanguardia Liberal, 2017)

Un claro ejemplo de esto, es la iniciativa de “UIS WHEELS” donde se comparte el carro con personal perteneciente a la universidad, que tomen la misma ruta, así no se usa el carro de una manera individual, si no por el contrario se emplearía de una manera colectiva, disminuyendo el número de vehículos que transitan.

✓ Horarios flexibles: Es otra estrategia que requiere de mucha pedagogía y sobre todo de voluntad tanto del sector público, como del privado.

El objetivo es liberar el tráfico de las ‘horas pico’. Para ello, hay alternativas como restringir más los horarios de carga y descarga, o el cambio de los horarios laborales.

Esto no debe ser solo una iniciativa del sector público, pues en ese caso el impacto sería mínimo.

En Bogotá y Medellín hay varias empresas que están promoviendo los horarios flexibles, para que los empleados no estén supeditados al horario de oficina. (Vanguardia Liberal, 2017)

✓ Incentivar el uso de bicicletas: es una medida que va enfocada a que las empresas tanto públicas como privadas, den estímulos a sus empleados, por ejemplo, horarios flexibles para la gente que use mínimo tres veces por semana, la bicicleta como medio de transporte, un día libre al mes para los empleados que utilicen este medio el 70% de los días laborales.

Es una estrategia que ya se está implementando en ciudades como Bogotá y Medellín, así como en las principales capitales del mundo. (Vanguardia Liberal, 2017)

De igual manera un estudio realizado por la Corporación Ciclaramanga, donde se llevó a cabo una carrera en hora pico entre, bicicleta, carro particular y Metrolinea, cuyo objetivo era determinar cuál es el medio de transporte más efectivo, para movilizarse en Bucaramanga, teniendo en cuenta cuatro variables: tiempo del viaje, velocidad promedio, costo y emisiones de dióxido de carbono, demostró que *“la bicicleta se coronó como el vehículo más eficiente. Fue el más rápido al desplazarse a una velocidad promedio de 18 kilómetros por hora. Tardó 19 minutos en completar el recorrido y emitió tan solo 0,11 kilogramos de dióxido de carbono”*. (Vanguardia Liberal, 2017)

Puesto	Medio de transporte	Distancia recorrida	Tiempo de viaje	Velocidad promedio
1.	Bicicleta	5,6 Km	19 minutos	18 Km/h
2.	Carro particular	6 Km	27 minutos	13 Km/h
3.	Metrolinea (BTR)	5,6 Km	37 minutos	9 Km/h

Figura 19. Comparación entre carro, cicla y Metrolinea.

Fuente: Vanguardia Liberal. Carro, cicla y Metrolinea: ¿Cuál es más veloz en horas pico en Bucaramanga? Disponible en: <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/410279-carro-cicla-y-metrolinea-cual-es-mas-veloz-en-horas-pico-en-bu> [citado 9 de octubre de 2017]

3. Conclusiones

Realizando el análisis de los datos, se evidenció que la hora más crítica del tránsito en cuanto a congestión es el intervalo de tiempo comprendido entre las 6 y 7 de la tarde.

Se registraron satisfactoriamente los puntos críticos de tráfico sobre el corredor vial de la calle 56, especialmente en las intersecciones nombradas anteriormente en este artículo, mediante observación, registro de datos y encuestas realizadas. Dando como resultado que casi la mitad de

los encuestados tienen una percepción mala sobre la movilidad de la calle 56, y arrojando como punto más crítico en términos de congestión la intersección vial de la calle 56 con diagonal 15.

El análisis de resultados por métodos de “cuellos de botella” arrojó que durante la hora más crítica donde se presentan “cuellos de botella”, la longitud máxima de cola promedio de los días aforados es de 265 vehículos, es decir una longitud de 1323 metros, por consiguiente, la demora máxima registrada promedio durante estos mismos días es aproximadamente 13.5 minutos demás que el usuario gasta en su recorrido. Siendo este un modelo poco exacto, dado que extrapola datos en base a solo unas horas de observación.

Al determinar las soluciones viables para mejorar la movilidad en este corredor vial, se pudo concluir que la relación entre demanda vehicular y capacidad de flujo vehicular es afectada por la poca inteligencia vial de los conductores, dado que se tiene la costumbre de usar un vehículo por persona. Al igual, el poco acato a las normas de tránsito como, atravesarse en las intersecciones viales, o estacionarse en sitios prohibidos generando que la vía se reduzca un carril, es un claro ejemplo de las causas generadoras de los “cuellos de botella”.

Durante los aforos realizados y gracias al análisis de datos se pudo evidenciar el gran conflicto de tráfico vehicular que se presenta en el corredor vial de la calle 56 entre diagonal 15 y carrera 17c, más exactamente frente al centro comercial “San Andresito La Isla”, donde por la falta de control por parte de las autoridades de Tránsito y la poca educación vial que existe en los conductores, se genera el mayor cuello de botella de esta importante calle. La cantidad de carros y taxistas estacionados en un carril de la vía hace que esta ruta que cuenta con gran flujo vehicular se reduzca a un solo carril, y un gran número de carros queden represados en medio de la intersección vial de la diagonal 15 con 56 generado embotellamiento. Es imperante que las autoridades de tránsito de Bucaramanga, intervengan el conflicto más importante generador del

congestionamiento a lo largo de la calle 56, pues es allí en San Andresito La Isla donde se origina el trancón que se trasmite a lo largo de la calle 56, entre otros motivos, por la falta de planeación de accesos a los centros comerciales de la ciudad, que no disponen de carriles exclusivos para su operación interna del comercio.



Figura 20. Ubicación del cuello de botella de “San Andresito La Isla”

Fuente: Google Maps.

En medio de la recolección de información, se encontró, que en la capital Santandereana se propuso desarrollar un proyecto para la Ampliación de la calle 54 con el objetivo de descongestionar la calle 56. La Conexión Vial Oriente-Occidente consiste en la ampliación de la calle 54 de Bucaramanga con el fin de conectar los sectores de Cabecera con Real de Minas. “Al comenzar la planeación del proyecto, el Municipio advirtió que no contaba con los medios tecnológicos y logísticos para desarrollar la obra, por lo que se decidió que este se financiará mediante el cobro de valorización. Pero esta decisión generó de inmediato malestar entre los dueños de los 117 predios que serían intervenidos para la construcción del llamado “Par Vial de la 54”. [13]

Desde el anuncio de la obra la ciudadanía cuestionó si esta sería o no útil, pues al desarrollarse sobre el nivel de la vía y estar muy cerca de la calle 56 podría aumentar la congestión vial existente. A juicio de Nicolás Emilio Díaz, experto en valorización e integrante del Movimiento Dignidad Ciudadana, esta obra generará dos embotellamientos entre las vías 54 y 56. [13]

Bibliografía

Aforo Vehicular. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/112868160/Aforo-Vehicular> [citado 9 de octubre de 2017]

Cal y Mayor y Asociados. (1994). “Ingeniería de Transito”, 7ma Edición.

CVMX Movilidad vial. ¿Qué es Movilidad? Disponible en: <http://www.comunidadvialmx.org/articulos/2015-05-05-qu-es-movilidad> [citado 9 de octubre de 2017]

Definición de Congestión. Disponible en: <https://definicion.de/congestion/> [citado 9 de octubre de 2017]

Flechas, L. (2006). “Movilidad y Transporte: Un enfoque territorial” [Tesis de investigación de postgrado]; Universidad Nacional de Colombia

Mora Isaza, Diana. Par vial de la 54, ¿inversión efectiva? Disponible en: <https://plataformaupb.com/publicaciones/176-par-vial-de-la-54-inversion-efectiva> [citado 11 de octubre de 2017]

Teoría del cuello de botella en la gestión de operaciones. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/teoria-del-cuello-botella-gestion-operaciones-info_443998/ [citado 9 de octubre de 2017]

Vanguardia Liberal. Bucaramanga es la quinta peor ciudad para conducir en Latinoamérica. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/319289-no-solo-con-vias-se-mejora-la-movilidad-en-bucaramanga> [citado 9 de octubre de 2017]

Vanguardia Liberal. Carro, cicla y Metrolínea: ¿Cuál es más veloz en horas pico en Bucaramanga?

Disponible en: <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/410279-carro-cicla-y-metrolinea-cual-es-mas-veloz-en-horas-pico-en-bu> [citado 9 de octubre de 2017]

Vanguardia Liberal. En el área hay más de 603 mil automotores matriculados: Runt. Disponible

en: <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/347342-en-el-area-hay-mas-de-603-mil-automotores-matriculados-runt> [citado 9 de octubre de 2017]

Vanguardia Liberal. No solo con vías se mejora la movilidad en Bucaramanga. Disponible en:

<http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/319289-no-solo-con-vias-se-mejora-la-movilidad-en-bucaramanga> [citado 9 de octubre de 2017]

Vanguardia Liberal. Prohibirán giro a la izquierda en la calle 56 con carrera 27. Disponible en:

<http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/364360-prohibiran-giro-a-la-izquierda-en-la-calle-56-con-carrera-27> [citado 11 de octubre de 2017]

Yarce, Y. (2006). “Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas. Aplicación en la ciudad de Medellín” [Tesis de investigación de Magister]; Universidad Nacional de Colombia.

Apéndices

Apéndice A. Encuesta



ENCUESTA PROYECTO DE GRADO

La siguiente encuesta se realizará con la intención de plantear soluciones a los problemas de movilidad, congestión vial y “Cuellos de botella” que se presentan en la ciudad de Bucaramanga, específicamente en el corredor vial de la calle 56, durante las horas pico del medio día y 6 de la tarde.

“CUELLO DE BOTELLA”: situación en donde la demanda vehicular de llegada en el inicio un tramo vehicular supera la capacidad de salida al final de este mismo.

1. Considera usted que la movilidad en la Calle 56 durante las horas pico es
 - Pésima
 - Mala
 - Regular
 - Buena
 - Excelente
- 2.Cuál de las siguientes intersecciones viales considera usted que es la que más afecta la movilidad en la calle 56 durante la hora pico:
 - Calle 56 con cra 33
 - Calle 56 con Av. Gonzales Valencia
 - Calle 56 con cra 27
 - Calle 56 con cra 22
 - Calle 56 con diagonal 15
 - Calle 56 con cra 17
3. Indique el intervalo de tiempo que usted invierte durante la hora pico en la calle 56:
 - 0-10 min
 - 10-20 min
 - 20-30 min
 - Más de 30 min
4. Indique en cuál de los siguientes tramos viales, considera usted que se generan “cuellos de botella”, entre la calle 56 con:
 - Cra 36 y cra 33
 - Cra 33 y cra 27
 - Cra 27 y diagonal 15
 - Diagonal 15 y cra 17

Apéndice B. Calle 56 con cra 33

DIA	16-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 33
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	457	476
12:30 -1	372	352
1 - 1:30	324	303
1:30 -2	298	325

DIA	16-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 33
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	278	273
5:30- 6	318	290
6- 6:30	452	429
6:30 - 7	435	433
7- 7:30	373	298
7:30 - 8	332	276

Apéndice C. Calle 56 con Gonzáles Valencia

DIA	17-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con gonzales valencia
-----------	--------------------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	466	486
12:30 -1	382	376
1 - 1:30	324	320
1:30 -2	298	276

DIA	17-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con gonzales valencia
-----------	--------------------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	352	368
5:30- 6	351	305
6- 6:30	457	448
6:30 - 7	432	450
7- 7:30	347	336
7:30 - 8	309	322

Apéndice D. Calle 56 con Cra 27

DIA	18-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 27
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	443	467
12:30 -1	368	372
1 - 1:30	321	330
1:30 -2	303	278

DIA	18-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 27
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	349	328
5:30- 6	355	342
6- 6:30	439	420
6:30 - 7	432	440
7- 7:30	352	315
7:30 - 8	316	321

Apéndice E. Calle 56 con cra 22

DIA	23-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 22
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	403	426
12:30 -1	367	363
1 - 1:30	352	328
1:30 -2	327	310

DIA	23-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 22
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	345	316
5:30- 6	357	357
6- 6:30	439	420
6:30 - 7	423	452
7- 7:30	331	330
7:30 - 8	312	309

Apéndice F. Calle 56 con cra 15

DIA	24-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 15
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	453	460
12:30 -1	392	381
1 - 1:30	346	322
1:30 -2	332	317

DIA	24-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 15
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	346	331
5:30- 6	368	348
6- 6:30	443	436
6:30 - 7	416	412
7- 7:30	337	326
7:30 - 8	318	297

Apéndice G. Calle 56 con cra 17

DIA	25-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 17
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	432	423
12:30 -1	403	398
1 - 1:30	339	317
1:30 -2	321	303

DIA	25-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 17
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	355	353
5:30- 6	361	348
6- 6:30	446	451
6:30 - 7	428	438
7- 7:30	342	321
7:30 - 8	309	276

Apéndice H. Calle 56 con cra 33

DIA	30-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 33
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	426	415
12:30 -1	392	383
1 - 1:30	342	327
1:30 -2	321	308

DIA	30-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 33
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	340	354
5:30- 6	365	337
6- 6:30	437	443
6:30 - 7	421	429
7- 7:30	332	327
7:30 - 8	311	304

Apéndice I. Calle 56 con González Valencia

DIA	31-may
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con gonzales valencia
-----------	--------------------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	427	438
12:30 -1	402	396
1 - 1:30	343	328
1:30 -2	321	305

DIA	31-may
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con gonzales valencia
-----------	--------------------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	355	331
5:30- 6	361	336
6- 6:30	448	454
6:30 - 7	425	432
7- 7:30	339	324
7:30 - 8	313	312

Apéndice J. Calle 56 con cra 27

DIA	1-jun
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 27
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	431	445
12:30 -1	389	372
1 - 1:30	327	351
1:30 -2	332	316

DIA	1-jun
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 27
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	342	339
5:30- 6	356	361
6- 6:30	437	428
6:30 - 7	419	421
7- 7:30	336	321
7:30 - 8	306	297

Apéndice K. calle 56 con cra 22

DIA	6-jun
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 22
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	409	398
12:30 -1	375	406
1 - 1:30	332	351
1:30 -2	349	327

DIA	6-jun
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 22
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	342	329
5:30- 6	351	342
6- 6:30	432	429
6:30 - 7	416	407
7- 7:30	341	328
7:30 - 8	315	309

Apéndice L. Calle 56 con cra 15

DIA	7-jun
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 15
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	408	441
12:30 -1	366	382
1 - 1:30	318	363
1:30 -2	339	324

DIA	7-jun
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 15
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	347	346
5:30- 6	352	335
6- 6:30	426	442
6:30 - 7	391	401
7- 7:30	339	321
7:30 - 8	310	296

Apéndice M. Calle 56 con cra 17

DIA	8-jun
HORA	12 A 2

DIRECCION	Calle 56 con cra 17
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
12- 12:30	421	430
12:30 -1	369	371
1 - 1:30	353	321
1:30 -2	334	319

DIA	8-jun
HORA	5 A 8

DIRECCION	Calle 56 con cra 17
-----------	---------------------

HORA	CARROS	MOTOS
5 - 5:30	347	351
5:30- 6	355	342
6- 6:30	429	437
6:30 - 7	407	401
7- 7:30	348	319
7:30 - 8	317	305

Apéndice N. Cronograma 12m

Fechas	Intercepción	número de vehículos	Hora inicio congestiónamiento	Duración del congestiónamiento (Minutos)	Long. Máx de la cola (vehículos)	Demora máxima (Min)	Demora Total (Min-veh)	Número veh. Afectados	Demora promedio (Minutos)	Longitud prom. De la cola (Metros)
Día 1	carrera 33	2470	12 m	158	209	10	9923	3160	3,14	315
Día 7	carrera 33	2484	12 m	242	177	9	6924	4840	1,43	145
Día 2	av. Gonzalez	2491	12 m	205	251	13	11537	4100	2,81	280
Día 8	av. Gonzalez	2520	12 m	293	213	11	8332	5860	1,42	140
Día 3	carrera 27	2448	12 m	184	198	10	9055	3680	2,46	245
Día 9	carrera 27	2518	12 m	271	192	10	8074	5420	1,49	150
Día 4	carrera 22	2448	12 m	259	122	6	5244	5180	1,01	100
Día 10	carrera 22	2502	12 m	257	147	7	5369	5140	1,04	105
Día 5	Diag. 15	2559	12 m	305	234	12	10121	6100	1,66	165
Día 11	Diag. 15	2488	12 m	221	150	8	6316	4420	1,43	145
Día 6	carrera 17	2504	12 m	221	210	10	8088	4420	1,83	185
Día 12	carrera17	2486	12 m	263	151	8	6488	5260	3,14	125

Apéndice O. Cronograma 6 p.m.

Fechas	Intercepción	número de vehículos	Hora inicio congestiónamiento	Duración del congestiónamiento (Minutos)	Long. Máx de la cola (vehículos)	Demora máxima (Min)	Demora Total (Min-veh)	Número veh. Afectados	Demora promedio (Minutos)	Longitud prom. De la cola (Metros)
Día 1	carrera 33	2597	6:00 p. m.	247	290	15	11033	4940	2,23	225
Día 7	carrera 33	2553	6:00 p. m.	200	268	13	10240	4000	2,56	255
Día 2	av. Gonzalez	2634	6:00 p. m.	288	318	16	12404	5760	2,15	215
Día 8	av. Gonzalez	2590	6:00 p. m.	231	293	15	11521	4620	2,49	250
Día 3	carrera 27	2586	6:00 p. m.	249	273	14	9948	4980	2	200
Día 9	carrera 27	2525	6:00 p. m.	180	250	13	9419	3600	2,62	260
Día 4	carrera 22	2563	6:00 p. m.	209	272	14	9931	4180	2,38	240
Día 10	carrera 22	2535	6:00 p. m.	203	233	12	8827	4060	2,17	215
Día 5	Diag. 15	2544	6:00 p. m.	199	253	13	9830	3980	2,47	245
Día 11	Diag. 15	2488	6:00 p. m.	164	207	10	8241	3280	2,51	250
Día 6	carrera 17	2565	6:00 p. m.	196	296	15	11490	3920	2,93	295
Día 12	carrera17	2524	6:00 p. m.	196	223	11	8625	3920	2,23	220