

Análisis del Grado de Saturación de Vehículos del Transporte Público Colectivo por la Carrera
33 de Bucaramanga

Juan Diego Ramos Corzo, José Laureano Gómez Oviedo

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Luis David Arévalo Duran

Especialista en tránsito y transporte

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico-Mecánica

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

Este trabajo de grado no se lo dedico a nadie específicamente, se lo quiero dedicar a cualquier persona que se quiera sentir orgullosa de haber culminado mi carrera universitaria.

Juan Diego Ramos Corzo

Agradecimientos

A Dios por darme la fuerza y persistencia de culminar este ciclo.

A mis padres por el apoyo económico durante toda la carrera.

Y a nivel personal, por llevar a feliz término esta meta.

Juan Diego Ramos Corzo

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Cuerpo del trabajo	14
2.1 Marco Referencial.....	14
2.1.1 Método	18
2.1.2 Resultados	19
3. Propuesta de intervención	28
4. Conclusiones	35
Referencias bibliográficas.....	37

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Promedio norte a sur.	20
Tabla 2. Promedios sur a norte.....	24
Tabla 3. Capacidad del carril vial.	29
Tabla 4. Volumen promedio de horas calle 36.	30
Tabla 5. Carrera 33 con calle 36 sentido sur norte.....	30
Tabla 6. Carrera 33 con calle 48 sentido norte sur.....	31
Tabla 7. Carrera 33 con calle 48 sentido sur norte.....	31
Tabla 8. Carrera 33 con calle 56 norte sur.	32
Tabla 9. Carrera 33 con calle 56 sur norte.	32
Tabla 10. Saturación.....	33
Tabla 11. Grados de saturación en un carril vial para la operación de buses urbanos.	34

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa Satelital de Google.....	16
Figura 2. Flujo Vehicular.	17
Figura 3. Flujo Vehicular en dos sentidos.....	18
Figura 4. Promedios automóviles norte a sur.....	21
Figura 5. Promedio taxis norte a sur.	21
Figura 6. Promedio motos norte a sur.	22
Figura 7. Promedio metrolínea norte a sur.....	22
Figura 8. Promedio buses colectivos norte a sur.....	23
Figura 9. Promedio total sentido norte a sur.	24
Figura 10. Promedios sur a norte.	25
Figura 11. Promedio taxis sur norte.	25
Figura 12. Promedio motos sur a norte.	26
Figura 13. Promedio metrolínea sur a norte.....	27
Figura 14. Promedio buses colectivos sur a norte.....	27
Figura 15. Promedio total sur a norte.....	28

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. Aforo Carrera 33 con Calle 36 Sentido Norte Sur

Apéndice B. Carrera 33 con Calle 48 Sentido Norte - Sur

Apéndice C. Carrera 33 con Calle 56 Sentido Norte - Sur

Apéndice D. Carrera 33 con Calle 36 Sentido Sur – Norte

Apéndice E. Carrera 33 con Calle 48 Sentido Sur-Norte

Apéndice F. Carrera 33 con Calle 56 Sentido Sur-Norte

Apéndice G. Promedio Diario Norte -Sur

Apéndice H. Promedio Diario Sur-Norte

Resumen

TITULO: ANÁLISIS DEL GRADO DE SATURACIÓN DE VEHÍCULOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO POR LA CARRERA 33 DE BUCARAMANGA *

AUTOR: JUAN DIEGO RAMOS CORZO **

JOSE LAUREANO GOMEZ OVIEDO

PALABRAS CLAVE: SATURACIÓN VEHICULAR, VOLUMEN DE TRÁNSITO, CAPACIDAD DE LOS CARRILES, CARRERA 33.

DESCRIPCION:

La carrera 33 de la ciudad de Bucaramanga Santander es una de las vías principales de la ciudad, la cual tiene un tráfico mixto, es decir por ella transitan buses colectivos, masivos, automóviles y motocicletas; cuenta con bermas de 20 centímetros y cuatro carriles de tres metros cada uno, dos en cada sentido divididos por un separador. La carrera 33 maneja un volumen de tránsito diario tan elevado que causa una saturación vehicular, demorando el flujo de vehículos y superando la capacidad de los carriles; esto evidenciado en la congestión y saturación que se puede notar con un análisis visual. En el presente caso, se calcula y analiza desde un punto de vista cuantitativo el grado de saturación que presenta y se sugiere una alternativa para reducir sus efectos que a partir de lo observado termina siendo la posibilidad de disminuir el flujo de buses urbanos por medio de la adaptación de una calzada exclusiva para este tipo de vehículos, que es la situación en donde se puede lograr disminuir el grado de saturación a un nivel menor del 100% que es la situación máxima que podemos permitir, esto ya que en el caso de los buses urbanos y Metrolínea la cantidad de vehículos se mantiene durante todo el día, mientras que los demás vehículos particulares si tienen variaciones importantes en cada sentido y en cada periodo de tiempo. Teniendo en cuenta que este sistema solo funcionaria si se mantiene el volumen de buses que circula actualmente ya que está en el límite de sobresaturarse, al aumentar este volumen esta solución no está garantizada.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Duran
Especialista en Tránsito y Transporte.

Abstract

TITLE: ANALYSIS OF THE DEGREE OF SATURATION OF PUBLIC TRANSPORTATION VEHICLES BY CARRERA 33 DE BUCARAMANGA*

AUTHOR: JUAN DIEGO RAMOS CORZO**

JOSE LAUREANO GOMEZ OVIEDO

KEYWORDS: VEHICULAR SATURATION, TRANSIT VOLUME, LANE CAPACITY, CAREER 33.

DESCRIPTION:

Race 33 of the city of Bucaramanga Santander is one of the main roads of the city, which has a mixed traffic, that is to say, buses, mass buses, automobiles and motorcycles; It has berms of 20 centimeters and four lanes of three meters each, two in each direction divided by a separator. The race 33 handles a volume of daily traffic so high that causes a saturation vehicular, delaying the flow of vehicles and exceeding the capacity of the lanes; This is evident in the congestion and saturation that can be noticed with a visual analysis. In the present case, it is calculated and analyzed from a quantitative point of view the degree of saturation that it presents and an alternative is suggested to reduce its effects that from the observed thing ends up being the possibility of diminishing the flow of urban buses by means of the adaptation of an exclusive roadway for this type of vehicle, which is the situation where it is possible to reduce the degree of saturation to a level lower than 100%, which is the maximum situation that we can afford, as in the case of urban buses and Metrolínea the number of vehicles is maintained throughout the day, while the other private vehicles do have significant variations in each direction and in each period of time. Taking into account that this system would only work if the volume of buses that currently circulates is maintained since it is at the limit of oversaturating, when increasing this volume this solution is not guaranteed.

*Bachelor Thesis

**Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis David Arévalo Duran Especialista en Tránsito y Transporte.

Introducción

Actualmente la población de las ciudades debe recorrer grandes distancias para poder llegar a sus destinos laborales, de estudios, o de recreación. Por esta razón los tiempos de viaje deben ser los óptimos posibles, sin congestión para una fluida movilidad.

Bucaramanga es una ciudad capital del departamento de Santander con una población sumamente extensa, donde hay 1.160.272 habitantes solamente en su área metropolitana siendo una de la quinta aglomeración de personas más grande de Colombia, que ha sido declarada según el Banco Mundial en su estudio de "ciudades competitivas para estudios y crecimientos" como la ciudad más próspera de América Latina y ejemplo para el mundo. La carrera 33 de la ciudad de Bucaramanga es una de las vías principales por la cual se movilizan gran parte de los ciudadanos y a su vez la mayoría de las rutas de transporte colectivo convencional. Este trabajo se enfoca en la determinación cuantitativa del grado de saturación que presenta esta vía, mediante una recopilación de datos y su análisis.

En este diagnóstico se tomó como puntos de aforo la intersección de las calles, 36, 48 y 56 con la carrera 33, en sentidos NORTE – SUR y SUR – NORTE.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar el grado de saturación del sistema de transporte colectivo por la Carrera 33 de Bucaramanga, frente a su capacidad vial.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar un trabajo de campo sobre la Carrera 33, para determinar el volumen de buses y vehículos en circulación, en 3 diferentes puntos estratégicos de la Carrera 33 del municipio de Bucaramanga
- Analizar e identificar la capacidad máxima de cada uno de los carriles en cada sentido de la carrera 33, el nivel de servicio que está operando, frente al volumen de vehículos en circulación
- Sugerir soluciones para la carrera 33, en función de los indicadores detectados por el estudio mencionado en el primer objetivo específico

2. Cuerpo del trabajo

2.1 Marco Referencial

- Vía: de acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito se define como zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales.
- Derecho de vía: es la faja de terreno destinada para el sistema vial incluyendo la calzada, futuras ampliaciones, y servicios para los transeúntes.
- Calzada: de acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito, se define como: zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.
- Carril: de acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito, se define como: parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.
- Capacidad Vial: de acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito la capacidad vial está asociada al área destinada para albergar los vehículos, pero también a las dimensiones de estos, al sistema de estacionamiento, al tiempo que ha de estar cada uno de estos vehículos en el estacionamiento, es decir, depende de múltiples factores, espaciales y temporales.
- Transporte público colectivo: de acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito, se define como: vehículo automotor destinado al transporte colectivo de personas y sus equipajes, debidamente registrado conforme a las normas y características especiales vigentes.
- Saturación Vehicular: la congestión vehicular según el Código Nacional de Tránsito se refiere, tanto urbana como interurbanamente, a la condición de un flujo vehicular que se ve

saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atochamientos. Este fenómeno se produce comúnmente en la hora punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

- HCM 2000 (Manual de capacidad vial): es el manual que evalúa la capacidad de las carreteras, regulando bajo normas las condiciones requeridas y adecuadas que se deben implementar.
- carrera 33 de Bucaramanga: es una vía que atraviesa la ciudad de norte a sur y tiene tráfico en los dos sentidos que permite dicho recorrido, se encuentra rodeada de grandes superficies, centros de salud, centros educativos y todo tipo de establecimientos comerciales; lo que implica que es sumamente concurrida y maneja una gran cantidad de usuarios que se desplazan a los diferentes establecimientos que se alojan a ambos costados de esta como se muestra en la imagen.

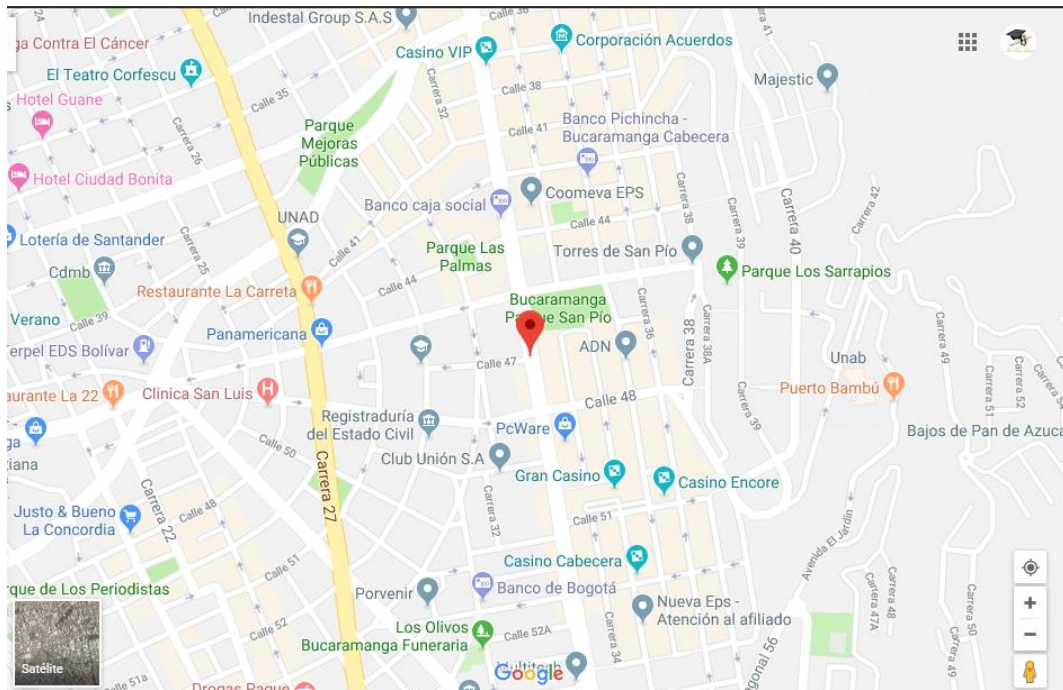


Figura 1. Mapa Satelital de Google.

Por esa misma razón, en esta vía el tráfico es abundante como se muestra en la imagen a continuación.



Figura 2. Flujo Vehicular.



Figura 3. Flujo Vehicular en dos sentidos.

- **Trancón:** detención o reducción importante de la velocidad de circulación en una vía pública a causa de un excesivo volumen de vehículos. Que se puede presentar por múltiples razones, como lo son cierres por mantenimiento, fenómenos naturales accidentes de tránsito y sobre circulación de vehículos entre otras muchas.

2.1.1 Método. La metodología para llevar a cabo el presente proyecto se presenta a continuación:

- Toma de información de campo sobre la carrera 33 entre la calle 36 y la calle 56. La toma de estos datos se hará en un único día entre las 6:00 am y las 8:00 pm. Los tipos de aforo

que se llevarán a cabo, serán vehiculares y de tiempos.

- Con base en la metodología expuesta en el HCM 2000 se determina la capacidad de cada carril de la Carrera 33, y los niveles de servicio en los cuales está operando actualmente este corredor vial.
- El procedimiento exige la clasificación de los diferentes tipos de vehículos que circulan por la carrera 33, con el objeto de detectar todos los tipos de buses, busetas, taxis, autos particulares, motocicletas y demás tipología de transporte.
- Una vez realizada la toma de información y establecida la capacidad máxima del corredor para que trabaje en niveles de servicio adecuado (Máximo tipo D), se propondrá un modelo de asignación de tráfico óptimo, tanto de vehículos particulares como de transporte público colectivo de pasajero.
- Con la ayuda de un software de micro simulación y los datos obtenidos en campo, se realizará una simulación del tramo definido, que muestre el comportamiento del flujo vehicular que diferencie la circulación de los buses respecto a los demás automotores.

2.1.2 Resultados. El aforo vehicular para esta investigación se realizó en 3 puntos diferentes de la vía, la intersección con calle 36, con calle 48 y con calle 56. La toma de datos se hizo en una jornada continua de 06:00am a 08:00pm, tomando intervalos de 1 hora en las horas valle y de 15 minutos en las horas pico.

Respecto de los sentidos de movimiento, primero hay que aclarar que la 33 recorre la ciudad de norte a sur teniendo opción en los dos sentidos.

En la recopilación de datos se recolecto información de volumen vehicular de todos los automotores que circulan por la misma en los dos sentidos, a continuación, se exponen los que van de Norte a Sur y después los de Sur a norte.

Bajo ese orden de ideas, de norte a sur se observa lo siguiente:

Tabla 1.
Promedio norte a sur.

PROMEDIO CARRERA 33 S-N						
TIPO DE VEHICULO						
HORA	AUTOMOVIL	TAXIS	MOTOCICLETA	METROLINEA	BUSES	TOTAL BUSES
6:00	260	507	408	19	122	141
7:00	361	580	565	16	151	167
8:00	330	482	458	16	125	141
9:00	272	437	644	16	127	143
10:00	282	406	448	16	122	138
11:00	205	390	446	15	115	130
12:00	239	366	397	10	139	149
13:00	246	327	460	13	127	140
14:00	345	286	409	14	111	125
15:00	311	289	393	15	98	113
16:00	295	240	343	19	111	130
17:00	295	301	438	16	100	116
18:00	360	413	555	21	126	147
19:00	258	364	487	21	119	140

- Automóvil.

En el caso de los automóviles se puede observar un fenómeno donde hay tres picos de aumento en la cantidad de automotores que se presentan sobre la carrerea 33, donde se dobla la cantidad de vehículos que transitan él hora pico.

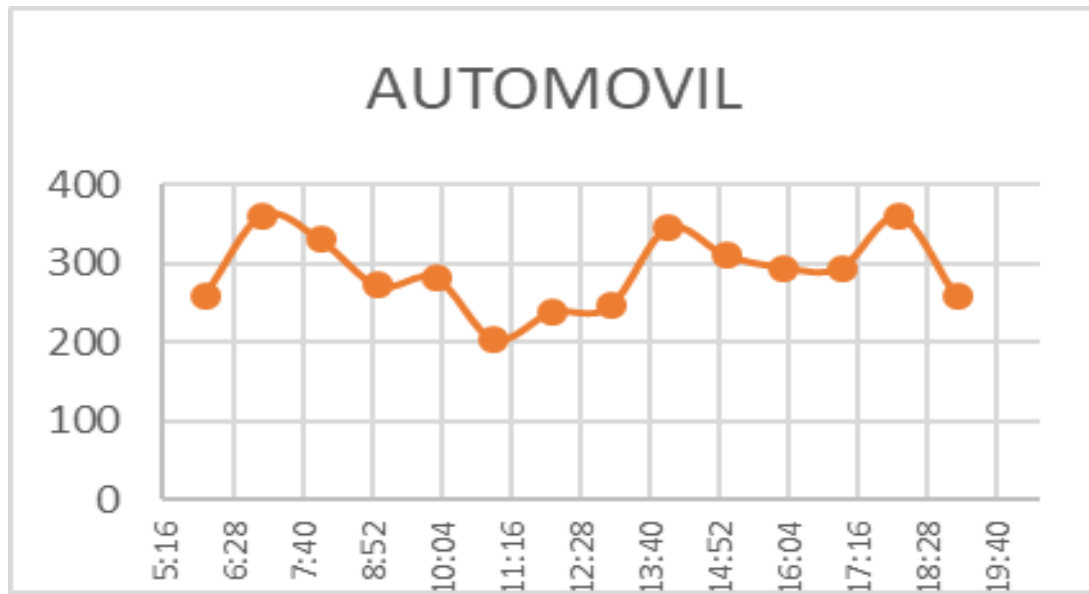


Figura 4. Promedios automóviles norte a sur.

- Taxis.

En el caso de los taxis el comportamiento tiene un marcado ascenso en las horas de la mañana, pero disminuye a lo largo del día.

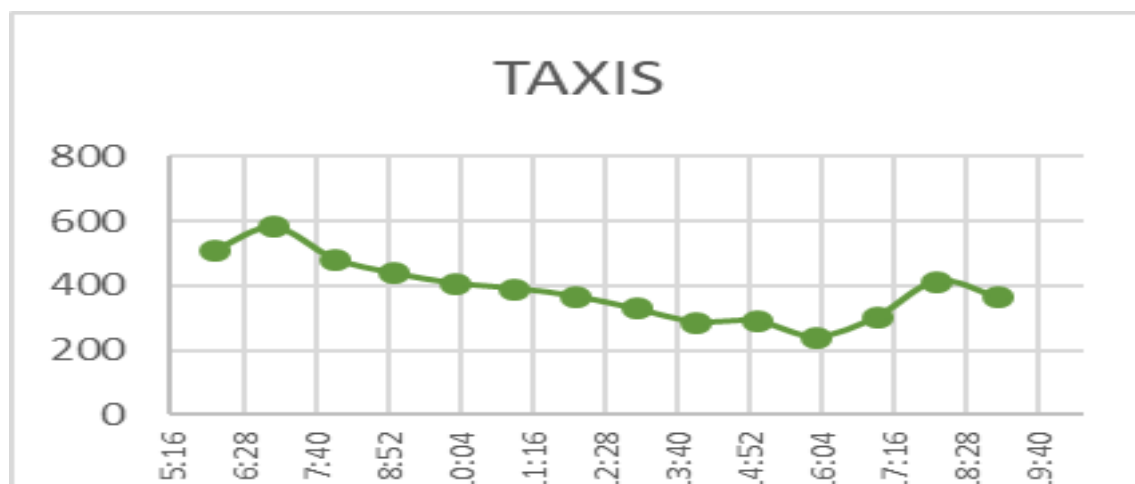


Figura 5. Promedio taxis norte a sur.

- Motocicletas.

En el caso de las motos, la congestión más notoria se presenta entre las 6 y las 8 am en el caso de la franja de la mañana y en la noche entre las 5 las 8 pm.

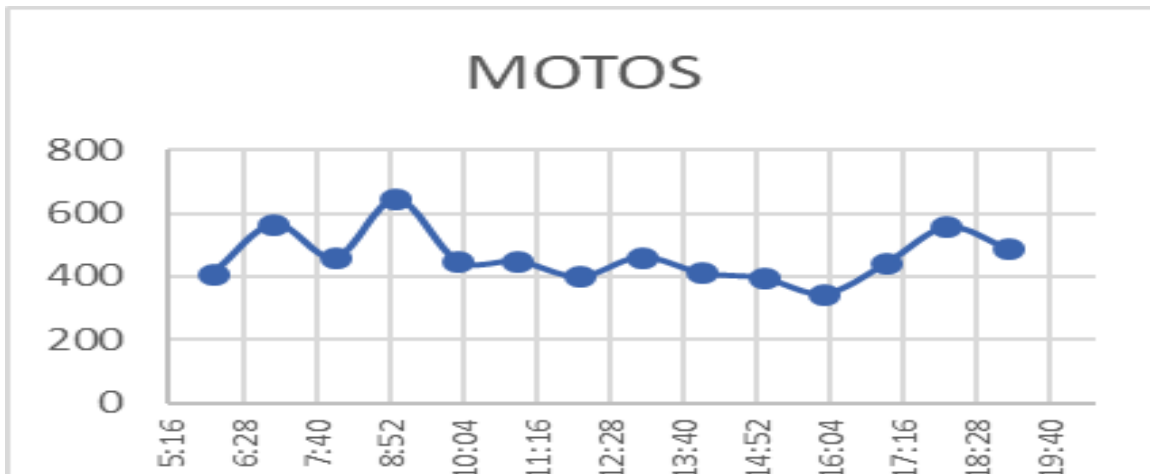


Figura 6. Promedio motos norte a sur.

- Metrolínea.

Los boses de Metrolínea tienen un comportamiento estándar, ya que las variaciones no son significativas en la cantidad de buses que transitan a lo largo del día.

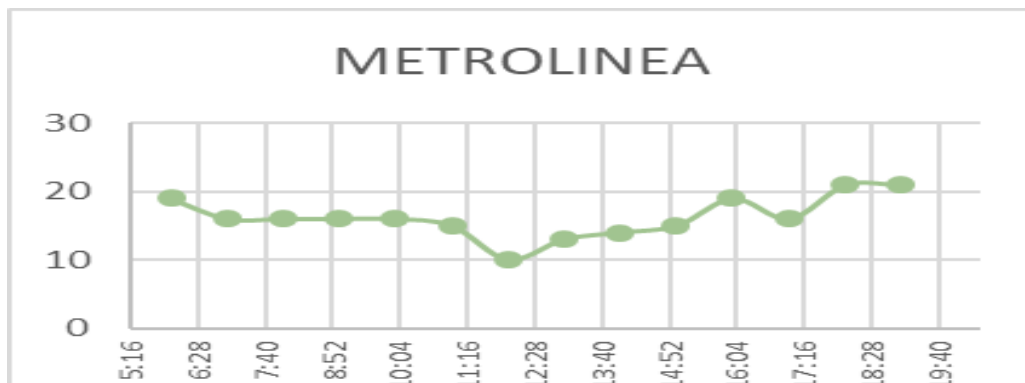


Figura 7. Promedio metrolínea norte a sur.

- Buses colectivos.

Por el lado de los buses colectivos, estos si tienen comportamientos con cantidades agrupadas, mostrando una mayor cantidad de vehículos en las horas pico, sin embargo el descenso en las horas valle no es muy significativo.

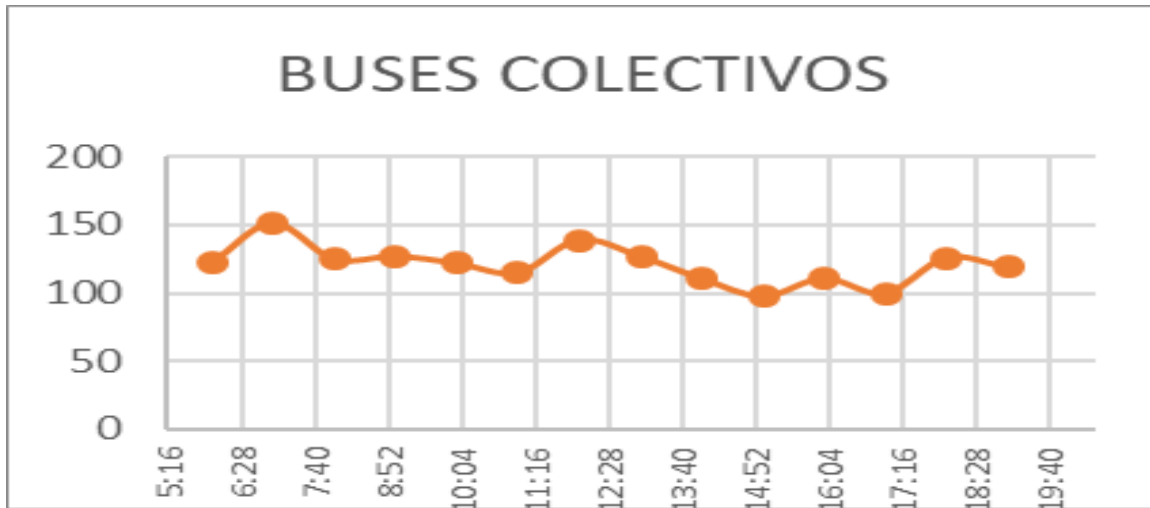


Figura 8. Promedio buses colectivos norte a sur.

- Total

En términos generales se puede decir que la cantidad de vehículos de todos los órdenes tienen una manifestación importante a lo largo del día, mostrando algunas variaciones en las horas pico, sin embargo, la mayor cantidad de vehículos son de servicio público, ya que estos permanecen circulando sin mayor variación durante todo el día.

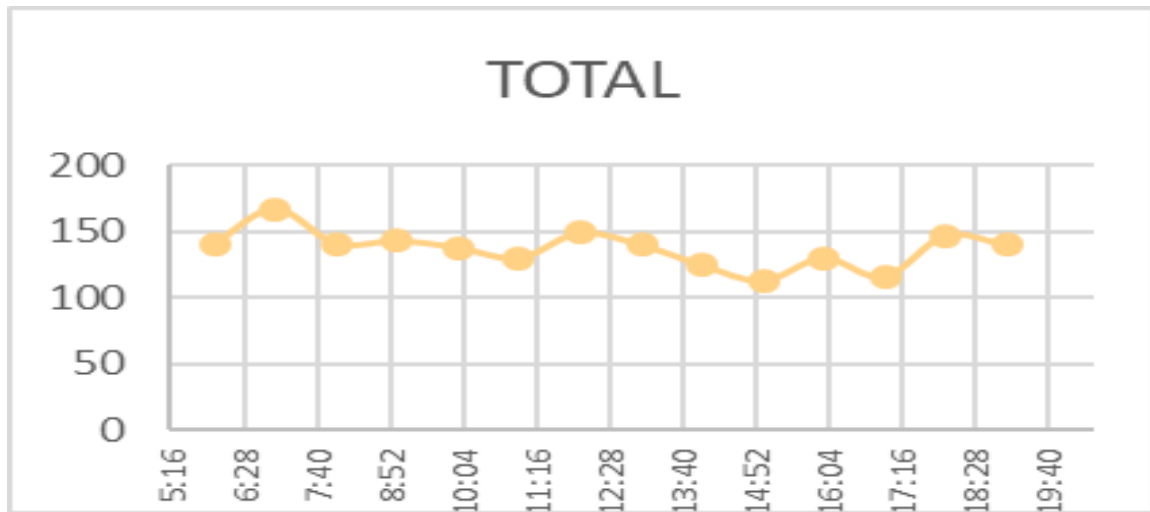


Figura 9. Promedio total sentido norte a sur.

En el caso del sentido Sur a norte se observó que:

Tabla 2. Promedios sur a norte.

PROMEDIO CARRERA 33 N-S						
TIPO DE VEHICULO						
HORA	AUTOMOVIL	TAXIS	MOTOCICLETA	METROLINEA	BUSES	TOTAL BUSES
6:00	203	334	364	20	140	160
7:00	184	282	405	16	145	161
8:00	155	259	317	17	143	160
9:00	154	198	268	14	133	147
10:00	186	241	294	14	124	138
11:00	195	230	294	16	124	140
12:00	178	381	276	14	156	170
13:00	171	231	289	15	124	139
14:00	136	179	217	12	102	114
15:00	191	198	245	10	101	111
16:00	222	232	288	15	106	121
17:00	221	237	340	12	108	120
18:00	242	294	448	15	109	124
19:00	247	284	405	21	105	126

- Automóvil.

En el sentido sur a norte el comportamiento de los autos particulares muestra una cantidad de vehículos circulando, donde esta aumenta en las horas de la mañana y la noche de forma significativa.

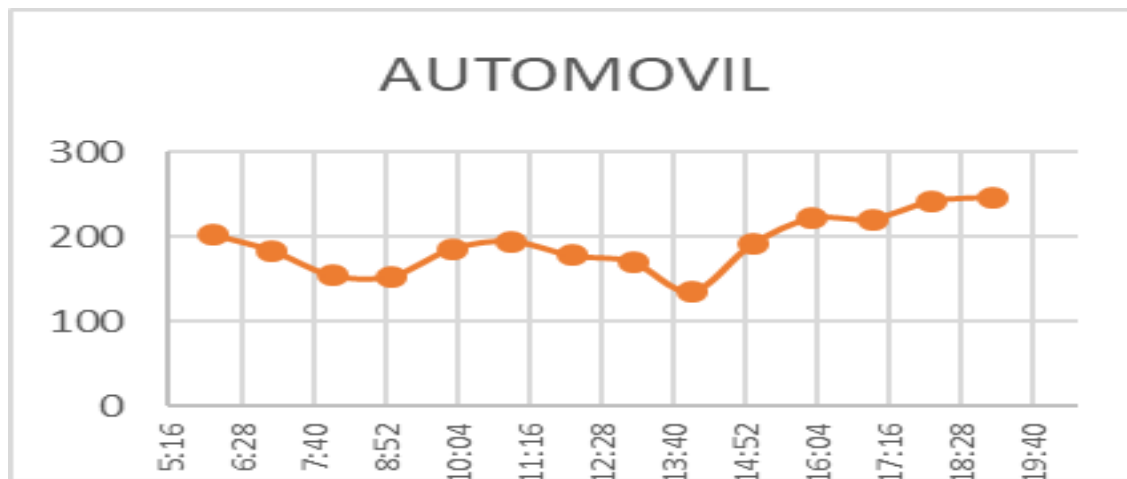


Figura 10. Promedios sur a norte.

- Taxis.

Los taxis hacen tres picos durante el día, el primero termina a las 8 am, el segundo entre las 11 y la 1 pm y el tercero desde las 5 pm en adelante como se muestra en la siguiente figura.

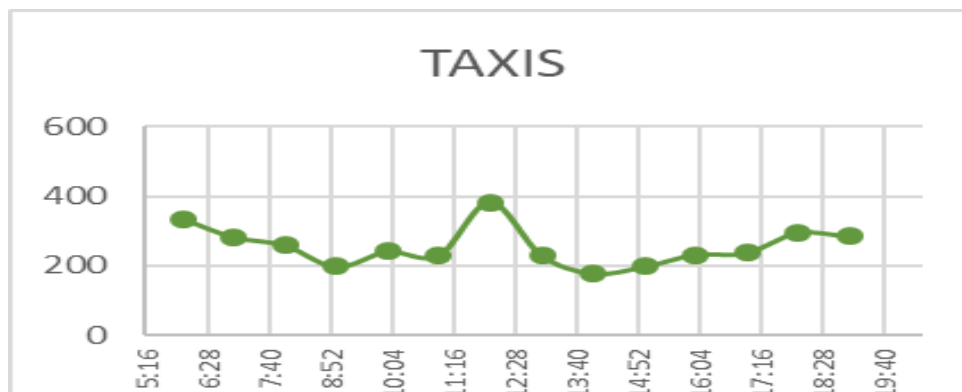


Figura 11. Promedio taxis sur norte.

- Motocicletas.

En el caso de las motos, hay dos pisos uno en la mañana y otro en la noche, donde en efecto coincide con las horas de desplazamiento de las personas a sus lugares de estudio y trabajo.

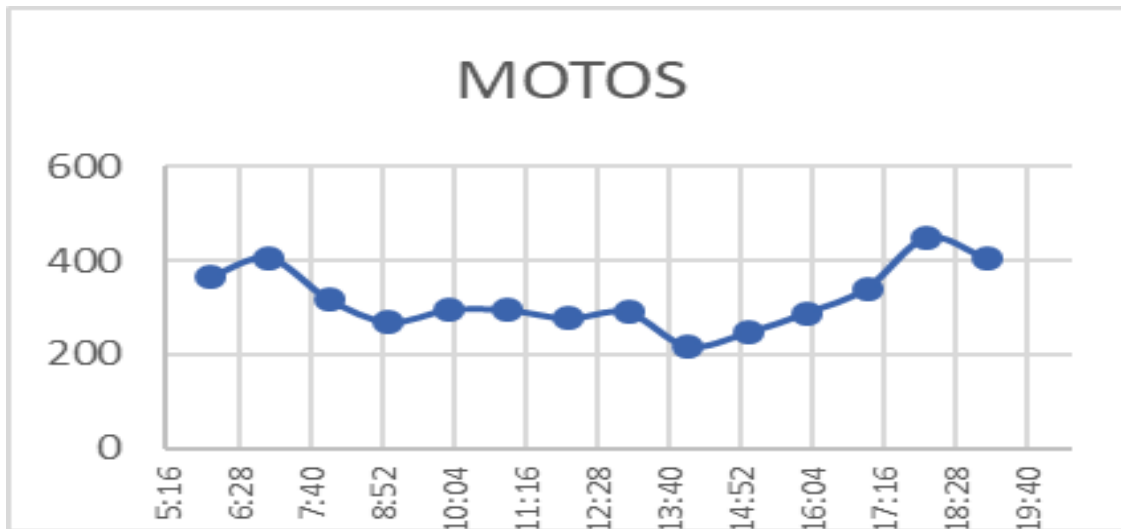


Figura 12. Promedio motos sur a norte.

- Metrolínea.

El Metrolínea sostiene el mismo comportamiento del otro sentido con una cantidad importante de vehículos circulando todo el día, sin embargo, si hay dos picos visibles en las horas de la mañana y de la noche.

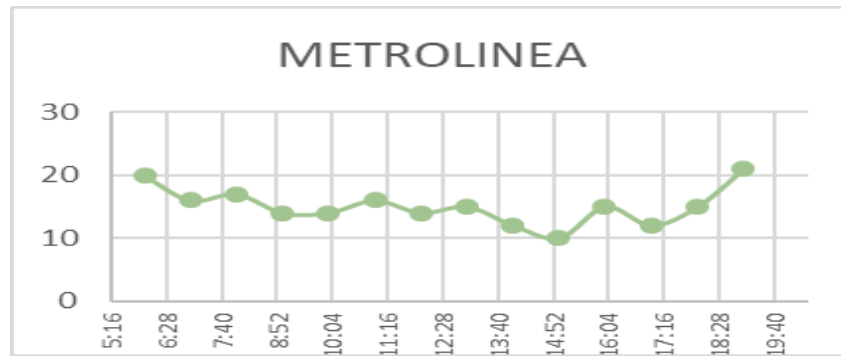


Figura 13. Promedio metrolínea sur a norte.

- Buses colectivos.

Los buses colectivos hacen un aporte importante al tráfico a lo largo del día, sin embargo, la mayor cantidad se ve en las horas de la mañana, con un pico sobre el medio día y descenso en las horas de la tarde.

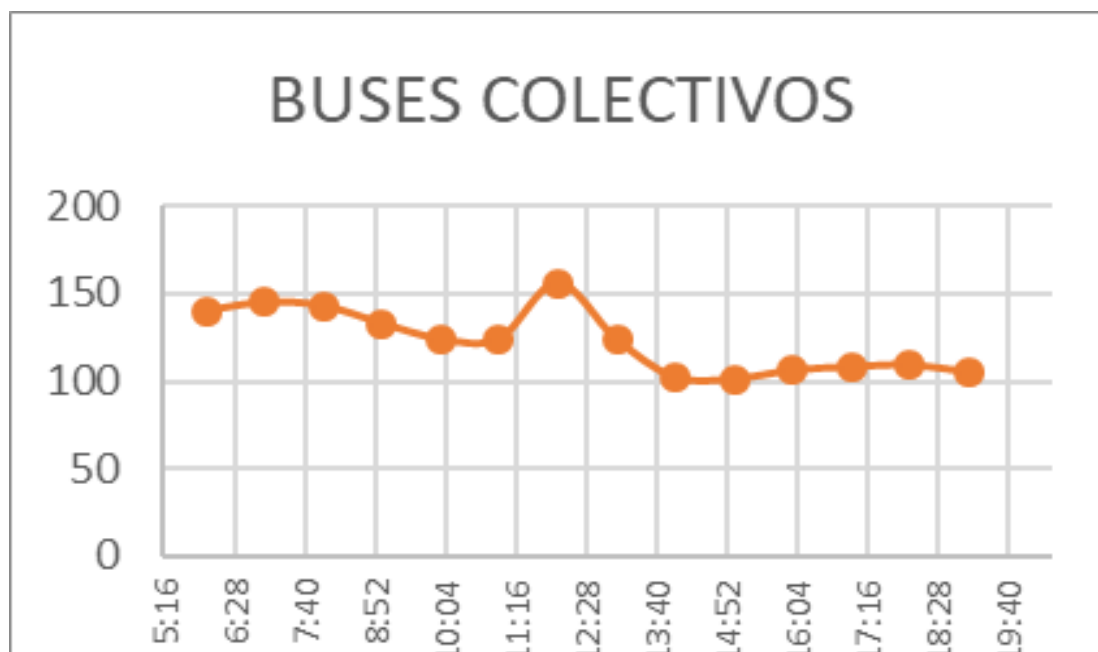


Figura 14. Promedio buses colectivos sur a norte.

- Total

En el caso del sentido sur a norte se puede decir que en general el tráfico tiene un comportamiento, donde el flujo de vehículos es superior en las horas de la mañana, con un pico al medio día y un leve descenso en la tarde.

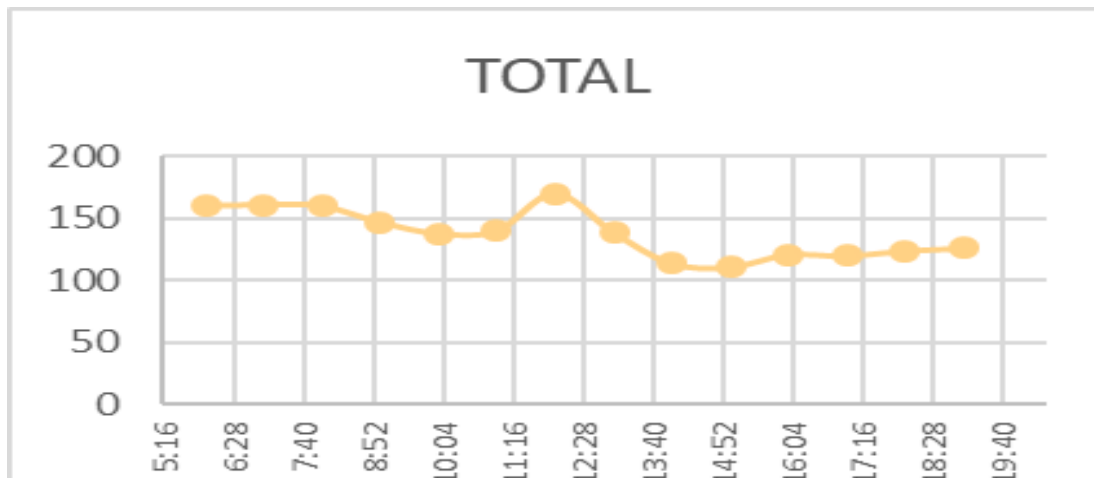


Figura 15. Promedio total sur a norte.

3. Propuesta de intervención

Para poder plantear una propuesta primero es necesario conocer cuál es la capacidad con la que cuenta la vía, con ese fin se plantea la siguiente tabla.

Tabla 3.
Capacidad del carril vial.

CAPACIDAD IDEAL DE UN CARRIL VIAL PARA OPERACIÓN DE BUSES URBANOS			
CONDICIONES DE OPERACIÓN	EXISTENCIA DE PUNTOS DE PARADA	VOLUMENES	
		IDEAL	MAXIMO
TRAFICO COMPARTIDO	SI	60	90
CARRIL EXCLUSIVO	SI	72	120
CALZADA EXCLUSIVA	SI	103	144

Adaptado de Estudios de TPC: HCM. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Donde se muestra cual es la capacidad ideal para transporte público con que cuenta la vía, a partir de la hipótesis de que la solución del problema de tráfico radica en disminuir la cantidad de buses urbanos que circulan por esta área.

Se llegó a esta hipótesis a partir del hecho de en los demás vehículos hay más variación en cuanto a la cantidad de estos mientras que la flota de buses urbanos y Metrolínea no cambia.

Se analiza la saturación tomando el valor ideal y el máximo para realizar una comparación.

Dicho cálculo se resuelve a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Grado de saturación} = \frac{\text{volumen de buses en circulación, buses/hora}}{\text{capacidad de los carriles, buses/hora}}$$

Para el volumen de buses se realizó el aforo en los 3 diferentes puntos de la 33, intersección con calle 36, 48 y 56.

Trabajamos con el volumen promedio en las horas valle y el volumen promedio en las horas pico, así,

Tabla 4.

Volumen promedio de horas calle 36.

CARRERA 33 CON CALLE 36 SENTIDO NORTE - SUR		
HORA	TIPO DE HORA	VOLUMEN (buses/hora)
6:00 - 7:00	PICO	153
7:00 - 8:00	PICO	177
8:00 - 9:00	VALLE	148
9:00 - 10:00	VALLE	146
10:00 - 11:00	VALLE	146
11:00 - 12:00	VALLE	124
12:00 - 13:00	PICO	158
13:00 - 14:00	PICO	143
14:00 - 15:00	VALLE	133
15:00 - 16:00	VALLE	132
16:00 - 17:00	VALLE	152
17:00 - 18:00	VALLE	113
18:00 - 19:00	PICO	141
19:00 - 20:00	PICO	114

En esta tabla se observa que el volumen de buses puede aumentar en las horas pico hasta en un 30% en el aporte desde esta intersección.

Tabla 5.

Carrera 33 con calle 36 sentido sur norte.

CARRERA 33 CON CALLE 36 SENTIDO SUR- NORTE		
HORA	TIPO DE HORA	VOLUMEN (buses/hora)
6:00 - 7:00	PICO	169
7:00 - 8:00	PICO	186
8:00 - 9:00	VALLE	161
9:00 - 10:00	VALLE	154
10:00 - 11:00	VALLE	153
11:00 - 12:00	VALLE	141
12:00 - 13:00	PICO	179
13:00 - 14:00	PICO	152
14:00 - 15:00	VALLE	134
15:00 - 16:00	VALLE	123
16:00 - 17:00	VALLE	141
17:00 - 18:00	VALLE	128
18:00 - 19:00	PICO	157
19:00 - 20:00	PICO	146

En este caso el flujo vehicular tiene varias fluctuaciones sin embargo el aumento en las horas pico es de aproximadamente el 20% respecto del aporte en horas valle.

Tabla 6.

Carrera 33 con calle 48 sentido norte sur.

CARRERA 33 CON CALLE 48 SENTIDO NORTE - SUR		
HORA	TIPO DE HORA	VOLUMEN (buses/hora)
6:00 - 7:00	PICO	163
7:00 - 8:00	PICO	152
8:00 - 9:00	VALLE	165
9:00 - 10:00	VALLE	145
10:00 - 11:00	VALLE	133
11:00 - 12:00	VALLE	147
12:00 - 13:00	PICO	172
13:00 - 14:00	PICO	136
14:00 - 15:00	VALLE	105
15:00 - 16:00	VALLE	101
16:00 - 17:00	VALLE	107
17:00 - 18:00	VALLE	123
18:00 - 19:00	PICO	114
19:00 - 20:00	PICO	131

En este caso el aporte varía, pero no hay un patrón que permita establecer un porcentaje diferencial del flujo vehicular aportado en horas pico y valle.

Tabla 7.

Carrera 33 con calle 48 sentido sur norte.

CARRERA 33 CON CALLE 48 SENTIDO SUR- NORTE		
HORA	TIPO DE HORA	VOLUMEN (buses/hora)
6:00 - 7:00	PICO	131
7:00 - 8:00	PICO	160
8:00 - 9:00	VALLE	128
9:00 - 10:00	VALLE	139
10:00 - 11:00	VALLE	130
11:00 - 12:00	VALLE	124
12:00 - 13:00	PICO	142
13:00 - 14:00	PICO	132
14:00 - 15:00	VALLE	122
15:00 - 16:00	VALLE	107
16:00 - 17:00	VALLE	123
17:00 - 18:00	VALLE	109
18:00 - 19:00	PICO	143
19:00 - 20:00	PICO	139

En este caso el aumento es un poco más del 35% respecto del aporte que se hace en el mismo tramo, pero en hora valle.

Tabla 8.

Carrera 33 con calle 56 norte sur.

CARRERA 33 CON CALLE 56 SENTIDO NORTE - SUR		
HORA	TIPO DE HORA	VOLUMEN (buses/hora)
6:00 - 7:00	PICO	164
7:00 - 8:00	PICO	152
8:00 - 9:00	VALLE	164
9:00 - 10:00	VALLE	148
10:00 - 11:00	VALLE	132
11:00 - 12:00	VALLE	147
12:00 - 13:00	PICO	177
13:00 - 14:00	PICO	138
14:00 - 15:00	VALLE	104
15:00 - 16:00	VALLE	99
16:00 - 17:00	VALLE	103
17:00 - 18:00	VALLE	127
18:00 - 19:00	PICO	116
19:00 - 20:00	PICO	131

Respecto del aporte que hace la calle 56, se puede ver que aumenta en aproximadamente el 25% respecto de la hora valle, en el sentido norte-sur.

Tabla 9.

Carrera 33 con calle 56 sur norte.

CARRERA 33 CON CALLE 56 SENTIDO SUR- NORTE		
HORA	TIPO DE HORA	VOLUMEN (buses/hora)
6:00 - 7:00	PICO	123
7:00 - 8:00	PICO	159
8:00 - 9:00	VALLE	132
9:00 - 10:00	VALLE	135
10:00 - 11:00	VALLE	130
11:00 - 12:00	VALLE	124
12:00 - 13:00	PICO	140
13:00 - 14:00	PICO	132
14:00 - 15:00	VALLE	121
15:00 - 16:00	VALLE	106
16:00 - 17:00	VALLE	123
17:00 - 18:00	VALLE	109
18:00 - 19:00	PICO	143
19:00 - 20:00	PICO	139

Mientras que en el sentido sur-norte el aporte aumenta en un 30% respecto de las horas valle.

De las anteriores tablas se saca el siguiente resumen:

Con las capacidades en las diferentes condiciones se calcula las saturaciones en cada punto.

Tabla 10.
Saturación.

SENTIDO	VOLUMEN PROMEDIO (buses/hora)		GRADO DE SATURACION											
			TRAFICO COMPARTIDO				CARRIL EXCLUSIVO				CALZADA EXCLUSIVA			
			HORA VALLE		HORA PICO		HORA VALLE		HORA PICO		HORA VALLE		HORA PICO	
	HORA VALLE	HORA PICO	CON VOLUMEN ADMISIBLE	CON VOLUMEN MAXIMO	CON VOLUMEN ADMISIBLE	CON VOLUMEN MAXIMO	CON VOLUMEN ADMISIBLE	CON VOLUMEN MAXIMO	CON VOLUMEN ADMISIBLE	CON VOLUMEN MAXIMO	CON VOLUMEN ADMISIBLE	CON VOLUMEN MAXIMO	CON VOLUMEN ADMISIBLE	CON VOLUMEN MAXIMO
N - S	137	148	228%	152%	246%	164%	190%	114%	205%	123%	133%	95%	143%	103%
N - S	128	145	214%	143%	241%	161%	178%	107%	201%	121%	125%	89%	140%	100%
N - S	128	146	213%	142%	244%	163%	178%	107%	203%	122%	124%	89%	142%	102%
S - N	142	165	236%	158%	275%	183%	197%	118%	229%	137%	138%	99%	160%	114%
S - N	123	141	205%	136%	235%	157%	170%	102%	196%	118%	119%	85%	137%	98%
S - N	123	139	204%	136%	232%	155%	170%	102%	194%	116%	119%	85%	135%	97%

La saturación por parte de los buses colectivos es evidente, para clasificar estos grados de saturación, proponemos la siguiente tabla según los resultados obtenidos, considerando que el grado máximo de saturación se da con el 100%.

Tabla 11.

Grados de saturación en un carril vial para la operación de buses urbanos.

GRADO DE SATURACION DE UN CARRIL VIAL PARA OPERACIÓN DE BUSES URBANOS	
GRADO DE SATURACION	RANGO
<i>ADMISIBLE</i>	<80%
<i>ALTO</i>	80% - 99%
<i>MAXIMO</i>	100%
<i>SOBRESATURADO</i>	100% - 150%
<i>SUPERSATURADO</i>	>150%

Esta clasificación se plantea en el proyecto debido a la imposibilidad de encontrar algún registro comparativo con otros casos similares, dados los altos grados de congestión de nuestras vías, que operan a niveles de servicio peores que F, como puede ser comprobado en los rangos para NDS que plantean las distintas versiones de HCM.

Para los grados de saturación superiores al máximo se plantean dos clasificaciones, si este grado de saturación esta entre 100% y 150% lo llamamos sobresaturado, ya excedió la capacidad permitida del carril, y lo más seguro es que haya problemas de movilidad por exceso de vehículos.

El carril super saturado es cuando ya supera el 150%, es un sistema colapsado que seguramente plantea grave problemas de congestión y no está cumpliendo el objetivo de movilizar rápidamente a los pasajeros, razón por la cual viene apareciendo el fenómeno de mototaxismo, que ofrece mayor rapidez en el viaje de los usuarios del transporte.

4. Conclusiones

- La carrera 33 que tiene una condición de tráfico compartido, presenta un grado de saturación tan elevado que es evidente el colapso del sistema de transporte publico convencional.
- Cuando se usa el volumen admisible que se propone en la tabla 10, se encontraron grados de saturación aumentados, de más de 200%, lo cual coincide con el planteamiento inicial de esta situación. Tanto en hora pico como en hora valle, siendo mucho más alto en la primera.
- Se observa que en la zona de estudio de la calle 36 es en donde se encuentra el grado de saturación más alto, siendo descendiente hacia la calle 56.
- Tomando la situación más extrema permitida que es el volumen máximo que nos da el HCM (ver tabla 11), se observa una sobresaturación, menor que cuando se toma la admisible, pero continúa siendo inaceptable.
- Una de las situaciones que se plantean para darle solución a este problema es la implementación de un carril exclusivo para estos buses, se hizo el análisis con el volumen admisible y máximo para esta condición. El sistema esta tan colapsado que ni siquiera con esta propuesta se logra tener un grado de saturación menor al máximo, sigue existiendo una sobresaturación por parte de este sistema general de vehículos, circulando por la carrera 33. Así que a menos que se disminuya el volumen de buses en circulación, esta solución es inútil.
- Otra de las soluciones es la implementación de una calzada exclusiva para buses, con la capacidad que nos da la tabla HCM para poder obtener un nivel de saturación menor al máximo, pero solamente si se trabaja con el volumen máximo de capacidad de buses permitido, pero no es exitoso en todos los tres puntos de estudio.

- Ninguno de los escenarios que se estudiaron mostro una situación que se pueda llamar flujo estable, la de la calzada exclusiva para buses, es la que más se acerca, para la carrera 33, pero esta es una solución un poco compleja ya que existen muchas necesidades de movilización por el sector para vehículos particulares.
- El problema radica en el excesivo volumen de buses que pasan por la 33, para llegar a una solución se debe empezar a disminuir este volumen, ya sea eliminando rutas o reubicándolas. Pero para este volumen existente una solución en las situaciones actuales un muy complicado.
- Se determinaron dos grados de saturación por punto de análisis, es decir 6 grados de saturación por sentido, teniendo en cuenta hora valle y hora pico, no se saca un promedio para identificar en que punto de los analizados se está presentando una mayor saturación, y en definitiva fue el de la calle 36.

Referencias bibliográficas

Beckmann, Martin; McGuire, C. B. and Winsten, C. *Studies in the Economics of Transportation*.

Bertsekas, Dimitri P. *Network Optimization: Continuous and Discrete Models*.

Código Nacional de Tránsito. *Ley 769 del 2002 de la república de Colombia*.

Decreto N° 2770. *Diario oficial de la república de Colombia, Bogotá D.C.* 23 de octubre de 1953.

Juan Carlos Chío. *La carrera 33 le quedó 'chiquita' a la ciudad*. Vanguardia de Colombia.

Ley N° 105. *Diario oficial de la república de Colombia, Bogotá D.C.* 30 de diciembre de 1993.

Ley N° 1228. *Diario oficial de la república de Colombia, Bogotá D.C.* 16 de Julio de 2008.

Lozano, Angélica; Torres, Vicente y Antún, Juan P. *Tráfico vehicular en zonas urbanas*.

Mackie, P. J.; Jara-Diaz, S.; Fowkes, A. S. *The value of travel time savings evaluation*.

Márquez, Luis G. *Modelación de la demanda de transporte con TransCAD*.

Márquez, Luis G. y Jaimes, Henry. *Comparación de métodos de asignación en una red prototipo para distintos volúmenes de tránsito*.

Mendoza, A. (2015). *Práctica empresarial en inspección de proyectos de construcción y rehabilitación de puentes y vías en aecom technical*.