

Análisis de movilidad del TPC por la implementación de carriles exclusivos en la carrera 27 desde la puerta del sol hasta la glorieta de la normal en la ciudad de Bucaramanga

Angie Liseth Molano Trujillo y Daniela Andrea Quevedo Ojeda

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil

Director

Luis David Arévalo Durán

Ingeniero civil. Especialista.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2020

Contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Marco Teórico.....	10
1.1 Transporte público colectivo.....	11
1.2 Ingeniería de transporte:	12
1.1.1 Tiempos de viaje de usuarios	12
1.1.2 Velocidad comercial	12
1.1.3 Velocidad operacional	13
1.1.4 Desempeño de vehículos.....	13
1.1.5 Tiempos de aceleración y desaceleración de vehículos	13
1.1.6 Número de paradas y tiempo de atención en paradas	13
1.2 Ingeniería de tránsito.....	14
1.2.1 Volumen.....	14
1.2.2 Tasa de flujo.....	14
1.2.3 La demanda	14
1.2.4 La eficiencia.....	15
1.2.5 Capacidad.....	15
1.2.6 Congestión	15
1.2.7 Nivel de servicio:	16
1.3 Carril exclusivo.....	16
2. Metodología y Resultados.....	17

2.1 Caracterización del suelo	18
2.2 Caracterización rutas.....	19
2.3 Toma de información histórica	24
2.4 Toma de datos de campo y análisis de los mismos.....	26
2.5 Cálculos del escenario real.....	30
2.6 Cálculos escenario carril exclusivo.....	33
3. Conclusiones	39
4. Recomendaciones	41
Referencias Bibliográficas	44

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Tramo la carrera 27 desde la puerta del sol hasta la glorieta de la normal.....	18
Figura 2. Recorrido de la ruta 20 por la carrera 27.....	19
Figura 3. Recorrido de la ruta 20 por la carrera 27.....	20
Figura 4. Recorrido de la Metrolínea P6 por la carrera 27.	22
Figura 5. Recorrido de la Metrolínea PRS por la carrera 27.	23

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Velocidades Carrera 27 sentido Sur-Norte del año 2012 y 2013	24
Tabla 2. Estudio de velocidades en los puntos de alta congestión.....	25
Tabla 3. Datos representativos del aforo de buses del transporte colectivo convencional	26
Tabla 4. Datos representativos del aforo de Metrolínea P6.	27
Tabla 5. Datos representativos del aforo de Metrolínea PRS.	27
Tabla 6. Resultado promedio de datos de los aforos de los buses del transporte colectivo convencional	28
Tabla 7. Resultado promedio de datos de los aforos del Metrolínea P6.....	28
Tabla 8. Resultado promedio de datos de los aforos del Metrolínea PRS.....	29
Tabla 9. Resultados de velocidad comercial, velocidad operacional, tiempos de viaje actuales y desempeño de las rutas.....	32
Tabla 10. Velocidades del TPC.	32
Tabla 11. Velocidades según NDS	33
Tabla 12. Tiempo de embarque y desembarque según tipología del bus.	34
Tabla 13. Distancia entre paraderos.....	34
Tabla 14. Velocidad máxima en Km/h según zona urbana y el tamaño de la ciudad.	35
Tabla 15. Síntesis de datos para los tiempos de aceleración, desaceleración, carga y descarga de pasajeros.....	36
Tabla 16. Velocidades por carril exclusivo.....	37

Tabla 17. Resultados de diferencias de tiempos de viaje, velocidades y mejora por el carril

exclusivo38

Resumen

Título: Análisis de movilidad del TPC por la implementación de carriles exclusivos en la carrera 27 desde la puerta del sol hasta la glorieta de la normal en la ciudad de Bucaramanga*

Autor: Angie Liseth Molano Trujillo y Daniela Andrea Quevedo Ojeda**

Palabras Clave: Velocidad operacional, velocidad comercial, tiempos de viaje, rutas, carril exclusivo, desempeño, eficiencia, transporte público colectivo.

Descripción

La congestión ha ido en aumento debido al uso indiscriminado del automóvil y la motocicleta. A su vez, por la irregularidad en la prestación del servicio, cada día se usa menos el transporte público colectivo convencional y Metrolínea, generando con ello que sea más difícil llegar a sus destinos a tiempo. Por causa de esta situación, surge este proyecto: “Análisis de movilidad del TPC por la implementación de carriles exclusivos en la Carrera 27 desde la puerta del sol hasta la glorieta de la normal en la ciudad de Bucaramanga”. En este estudio, se elabora un análisis de velocidades comerciales y operacionales actuales, junto con los índices de desempeño, que brindan un diagnóstico de la operación del sistema de rutas de transporte público colectivo de: ruta 20, ruta 21, Metrolínea P6 y Metrolínea PRS. Para obtener indicadores que ayuden a tomar decisiones se realizó una toma de datos relacionada con longitudes y tiempos del recorrido de las rutas, tiempos de aceleración-desaceleración en paradas y tiempos de atención en paradas. Con esto, se busca comparar un escenario idealizado entre el uso de carril exclusivo para el transporte público y el escenario actual, que pueden dar como resultados cambios significativos de las velocidades comerciales, velocidades operacionales, desempeños y tiempos de viaje. El análisis permitirá si es viable la implementación de carril exclusivo para transporte público colectivo para una adecuada eficiencia de la prestación del servicio de transporte, en el tramo caracterizado de la carrera 27, entre la puerta del sol y el intercambiador de tráfico de la normal del municipio de Bucaramanga.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Durán Ingeniero civil. Especialista.

Abstract

Title: TPC mobility analysis by implementing exclusive lanes in race 27 from the sun gate to the normal roundabout in the city of Bucaramanga *

Author: Angie Liseth Molano Trujillo y Daniela Andrea Quevedo Ojeda **

Keywords: Operational speed, commercial speed, travel times, routes, exclusive lane, performance, efficiency, collective public transport.

Description

Congestion has been increasing due to the indiscriminate use of cars and motorbikes. At the same time, due to the irregularity in the provision of the service, conventional public transport and Metrolínea are being used less and less, making it more difficult to reach their destinations on time. Because of this situation, this project arises: "Analysis of mobility of the TPC for the implementation of exclusive lanes in Carrera 27 from the Puerta del Sol to the Glorieta de la Normal in the city of Bucaramanga". In this study, an analysis of current commercial and operational speeds is made, along with performance indices, which provide a diagnosis of the operation of the collective public transport route system of: route 20, route 21, Metroline P6 and Metroline PRS. In order to obtain indicators that help make decisions, data related to route lengths and travel times, acceleration-deceleration times at stops, and attention times at stops was collected. With this, we seek to compare an idealized scenario between the use of exclusive lanes for public transport and the current scenario, which can result in significant changes in commercial speeds, operational speeds, performance and travel times. The analysis will determine whether it is feasible to implement an exclusive lane for public transport for an adequate efficiency of the provision of transport services, in the characterised section of Carrera 27, between the Puerta del Sol and the traffic interchange of the Bucaramanga municipality.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Durán Ingeniero civil. Especialista.

Introducción

La carrera 27 de la ciudad de Bucaramanga conocida antiguamente como: Avenida Próspero Pinzón y como única vía de salida hacia Capital de la República, sigue siendo de gran importancia debido a que comunica el sector SUR-NORTE de la ciudad. Su extenso tramo vial de más de 5 kilómetros es una de las principales fuentes de congestión en la ciudad Bonita (Kilo Ardila, 2020), pues conecta el centro de la ciudad de Bucaramanga con los diferentes sectores del área metropolitana, siendo el transporte primordial en la relación entre procesos económicos y espaciales, por tanto, los desempeños de los sistemas de transporte urbano crean dependencia en las actividades económicas, la calidad de vida que ofrece una ciudad y, en general, su productividad (Guerrero, 2014).

La congestión vehicular en el área metropolitana de Bucaramanga ha ido en aumento, en términos generales por el uso indiscriminado del automóvil, la motocicleta y el poco uso que se le da cada día al transporte público colectivo convencional y Metrolínea por la deficiencia en la prestación del servicio, generando con ello problemas orígenes-destino. En estas circunstancias, los usuarios del transporte acuden a medios de transporte individual que ocupan más espacio en la vía; según indicadores de movilidad una persona que se transporta en un automóvil ocupa en promedio 48 metros cuadrados en la vía mientras que si lo hace en un autobús solo ocupa 6 metros cuadrados. Esta situación genera mayor congestión en nuestras vías con pésimos niveles de servicio casi todo el día, lo que hace que los tiempos de viaje sean cada vez mayores en los sistemas de transporte en general, agravando la crisis por la presencia sin control del transporte informal, lo que sumado al uso indiscriminado del automóvil y la motocicleta genera cada vez mayores externalidades del tránsito y el transporte,

como la propia congestión, la accidentalidad, la contaminación ambiental, el ruido, altos costos energéticos, pérdidas de tiempo de los usuarios y pérdidas económicas para la ciudad. Por eso, el reto de las ciudades colombianas es reducir la tendencia a la utilización ineficiente del automóvil particular promoviendo que la movilidad de las personas se fundamente en la utilización de los vehículos de transporte público colectivo, y en los vehículos y modos de transporte no motorizados como la bicicleta (Departamento Nacional de Planeación, 2003).

Al pasar los años se han implementado diversos proyectos para mejorar la movilidad en la ciudad, así que reconocer los déficits que existen actualmente en la movilidad y tiempos de viaje del transporte público colectivo que transitan por la carrera 27, contribuirán a buscar opciones de mejoramiento del sistema general de la movilidad, como la implementación del carril exclusivo para el transporte colectivo, como ya es común en muchas ciudades del mundo.

1. Marco Teórico

El transporte ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de las civilizaciones antigua y moderna. En la medida en que la sociedad se ha venido tornando más compleja, se ha incrementado la necesidad de unir las distintas actividades que se llevan a cabo en lugares separados -orígenes y destinos-en busca de una utilidad o beneficio, mediante el transporte de personas y mercancías sobre diversos medios de comunicación (Cal, Reyes, & Cardenas G, 2007).

Por esta razón, se pueden presentar problemas en las vías debido a su alto flujo vehicular, para ello se realizan estudios de transporte que facilitan la detección de anomalías o

déficits en el servicio, como por ejemplo la existencia de momentos de sobre-ocupación en que se supera el límite de confort recomendado o la presencia de asimetrías importantes en los trayectos (diferencias en el volumen de desplazamientos según el sentido de la marcha), etc. (Consultors , 2019).

Por medio de la implementación de conocimientos de ingeniería de transporte, aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de modos de transporte público colectivo, se logra proveer la movilización de personas de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente.

1.1 Transporte público colectivo

Es el traslado masivo de personas de un lugar a otro dentro de la ciudad, y son regulados u operados por un organismo estatal; se considera público por ser un servicio de interés para la sociedad en general, independientemente de quién realice su prestación (García Schilardi, 2014).

El transporte colectivo es un factor de desarrollo de las ciudades y sociedades, lo cual implica que los planes de movilidad no se limitan únicamente al desarrollo de sistemas que minimicen los tiempos y costos de desplazamiento de personas y mercancías, sino también analizan su contribución al desarrollo social, al uso racional de bienes escasos (como la energía y el espacio urbano) y a los impactos sobre el medio ambiente (Acevedo & Bocarejo, 2009).

1.2 Ingeniería de transporte:

Aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de modos de transporte público colectivo, con el fin de proveer la movilización de personas de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente (Cal, Reyes, & Cardenas G, 2007). En este aspecto se miden indicadores como:

1.1.1 Tiempos de viaje de usuarios

Es el tiempo empleado de un usuario en recorrer cierta distancia determinada, teniendo en cuenta su origen-destino, congestión, y demás externalidades que se presenten.

A su vez, el tiempo es considerado un costo externo en función del desplazamiento asumidos por los usuarios del transporte público colectivo para moverse (Barras & Gómez, 2015).

1.1.2 Velocidad comercial

Es el resultado de dividir la distancia recorrida desde el origen-destino, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. Este tiempo no incluye paradas distintas a las ocasionadas por agentes exteriores a la operación normal del tránsito. (comer, varadas, etc.), solo se tiene en cuenta la velocidad a la cual transita el flujo vehicular en el tramo vial (Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C., 2005).

1.1.3 Velocidad operacional

Para conocer la velocidad operacional se debe conocer el tramo a estudiar y en el factor tiempo se debe tener en cuenta: tiempo en movimiento, tiempo ascenso/descenso de viajeros, tiempo aceleración/desaceleración, número de paradas con su respectivo tiempo (incluye semáforos) y velocidad máxima en el tramo vial (Lozano, Torres, & Antún, 2003).

1.1.4 Desempeño de vehículos

Este indicador es de tipo operacional, el cual es una relación entre la velocidad de recorrido/comercial y la velocidad operacional (Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C., 2005).

1.1.5 Tiempos de aceleración y desaceleración de vehículos

El tiempo aceleración es el tiempo estimado del medio de transporte para alcanzar la velocidad a la cual transita normalmente por la vía.

El tiempo de desaceleración es el tiempo estimado del medio de transporte para alcanzar el punto de reposo.

1.1.6 Número de paradas y tiempo de atención en paradas

Es el tiempo de un vehículo detenido, sin apagar el motor, para recoger o dejar personas o cosas, sin interrumpir el normal funcionamiento del tránsito.

1.2 Ingeniería de tránsito

Es la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de:

1.2.1 Volumen

El volumen es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico (Cal, Reyes, & I.C.I.T., 1972). Representa un determinado porcentaje de la capacidad, dadas las características de la carretera, la composición del tráfico y el nivel de servicio preseleccionado (Wilson, 1987).

1.2.2 Tasa de flujo

es la frecuencia a la cual pasan los vehículos (o personas) durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente (Cal, Reyes, & I.C.I.T., 1972).

1.2.3 La demanda

Es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico. Donde existe congestión, la demanda es mayor que el volumen actual, ya que algunos viajes se desvían hacia rutas alternas y otros simplemente no se realizan debido a las restricciones del sistema vial (Cal, Reyes, & I.C.I.T., 1972).

1.2.4 La eficiencia

Aunque en este proyecto no se realizaron estudios de IPK, relacionado con el ascenso y descenso de pasajeros, el transporte público colectivo debe ser eficiente mediante el aprovechamiento máximo del recurso vehículo y eso se mide en términos de ocupación por kilómetro denominado IPK (Índice de pasajeros por kilómetro de recorrido (Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C., 2005)

De manera indirecta el IPK afecta la fórmula de la velocidad operacional, cada vez que la unidad transportadora hace una parada para recoger uno o más pasajeros.

1.2.5 Capacidad

Es el número máximo de vehículos que tienen una probabilidad razonable de pasar en un determinado tiempo, en una sola dirección y en un punto de una vía o de una calzada (Wilson, 1987). Es una característica del sistema vial, y representa su oferta. En un punto, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo (Cal, Reyes, & I.C.I.T., 1972).

1.2.6 Congestión

La congestión se define como la condición de cualquier infraestructura de transporte en la cual su uso es tan grande que se presentan retrasos para sus usuarios. esto sucede cuando la demanda se aproxima o excede la capacidad de la vía (Ardila Gomes, 1995).

Cuando un vehículo entra en una vía congestionada, reduce la velocidad de circulación de todos los carros en la vía. Con esto aumentan los costos de operación, los demás vehículos y los costos imputables al tiempo de viaje de todos los usuarios (Ardila Gomes, 1995), a su vez se tiene en cuenta que algunos vehículos generan más congestión que otros debido al espacio que ocupan en la vía y aunque un bus genera más congestión que el automóvil, generalmente trasporta más personas, disminuyendo el impacto espacial (Forero Hoyos & Rodas Trejos, 2016).

1.2.7 Nivel de servicio:

Es un término de amplio sentido, que abarca un número ilimitado de situaciones de tráfico que pueden presentarse en un sistema vial dado, con varios volúmenes de tránsito. Es una expresión cualitativa del funcionamiento de un tramo de carretera, considerando los efectos de una serie de factores que comprenden la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tráfico, la libertad de maniobra, la seguridad, el confort y los costos de operación (Wilson, 1987).

1.3 Carril exclusivo

Sector delimitado en la calzada, reservados para el tránsito vehicular de unidades de transporte público de pasajeros, tanto urbanos como interurbanos, taxis, transporte escolar habilitado y ocupado con pasajeros en servicio y vehículos en situación de emergencia, tales como ambulancias, bomberos o policías (Ente de la Movilidad de Rosario, 2014).

La priorización del transporte público, con exclusividad en el uso de la vía, es adecuado para atender niveles de demanda concentrada superiores a 7.000 pasajeros/hora-sentido en los corredores principales, permitiendo velocidades

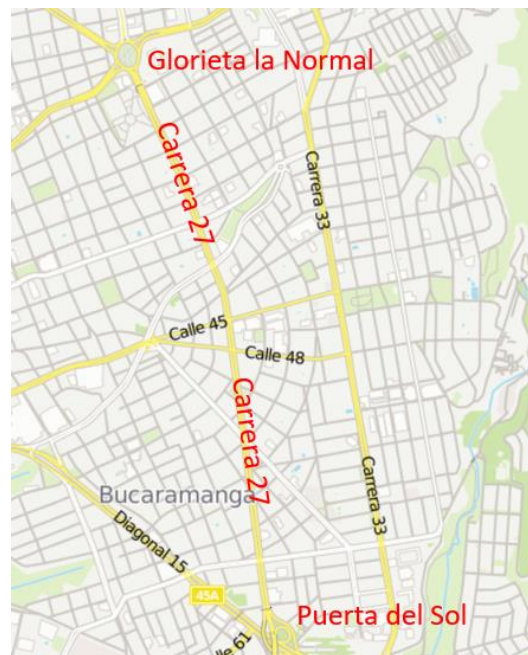
comerciales promedio entre 20 y 30 km/h. (Departamento Nacional de Planeación, 2002) A su vez, es importante recalcar que la prioridad o exclusividad al transporte público genera orden y continuidad de los ejes troncales aumentando su nivel de servicio para usuarios (Departamento Nacional de Planeación, 2004).

2. Metodología y Resultados

A raíz de los continuos problemas de congestión en la carrera 27 en sentido Sur-Norte, en el presente proyecto se realizará con aforos actuales y datos del tránsito de Bucaramanga en las horas pico, en los cuales se analizará principalmente la movilidad y los tiempos de viajes de usuarios del transporte público colectivo por medio de la velocidad comercial y operacional en la implementación de corredores exclusivos para el transporte público colectivo en el corredor de la carrera 27 en el sentido sur-norte. A continuación, se mostrará una imagen del tramo vial a diagnosticar:

Figura 1.

Tramo la carrera 27 desde la puerta del sol hasta la glorieta de la normal.



Nota. Tomado de: Moovit.

La realización de este estudio se planteó de la siguiente manera:

2.1 Caracterización del suelo

Para la caracterización del suelo de cada ruta seleccionada en el estudio se definen los límites de los tramos abiertos y urbanos, igualmente se determinan su longitud, se tienen estos puntos como referencia en la toma de tiempos para calcular un índice de desempeño por separado para cada ruta.

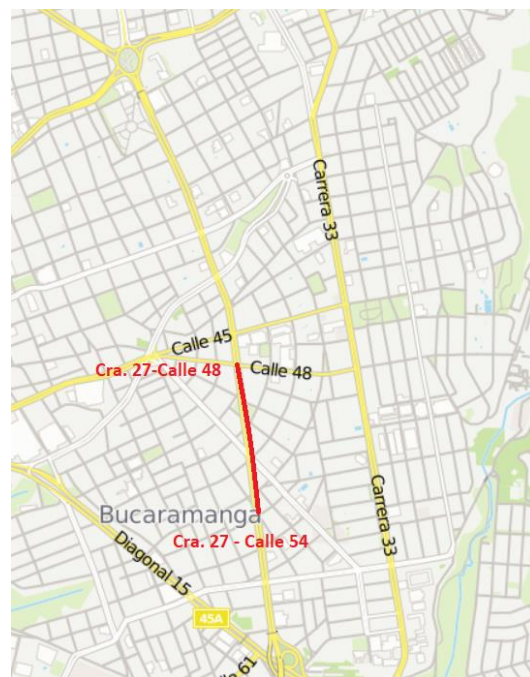
2.2 Caracterización rutas

Los datos de la caracterización de las rutas y su operación dentro del TPC fueron recolectados en la página del área metropolitana de Bucaramanga, Las rutas evaluadas que transitan por el tramo de la carrera 27 que comprende de la puerta del sol hasta la glorieta de la normal son:

✓ **Ruta 20**

Figura 2.

Recorrido de la ruta 20 por la carrera 27.



Nota. Tomado de: Moovit.

Código: 20

Ruta: Monterredondo- Carrera 33- Villa Rosa

Empresa: Unitransa s.a.

Transcolombia s.a.

Cotrander Ltda.

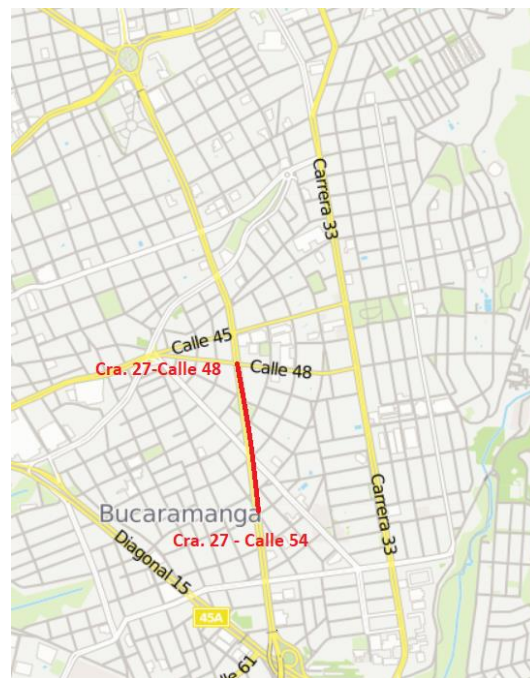
Cartel de ruta: Ciudad Norte – Carrera 33 – Calle 56 – La Isla – Monterredondo

Recorrido: Villa Rosa – Vía Bucaramanga – Carrera 15 – Calle 12 – Carrera 17 – Calle 8 – Carrera 24 – Calle 14 – Carrera 30 – Avenida Quebradaseca – Carrera 33 – Calle 56 – Carrera 17a – Calle 61 – Canelos – Calle 64 – Carrera 10 – Calle 65 a Monterredondo – Calle 65 – Carrera 2w- Calle 56 – Marsella – Avenida Samanes – Carrera 15 – Calle 55 – Carrera 23 – Calle 54 – Carrera 27 – Calle 48 – Carrera 33 – Avenida Quebradaseca – Carrera 25 – Calle 9 – Carrera 15 – Vía al mar – Bienestar Familiar – Juventud – San Cristóbal – Los Cuyos – Vía Matanza – Villa Helena

✓ **Ruta 21**

Figura 3.

Recorrido de la ruta 20 por la carrera 27.



Nota. Tomado de: Moovit.

Código: 21

Ruta: Pablón – Carrera 33 – Estoraques

Empresa: Unitransa s.a.

Transcolombia s.a.

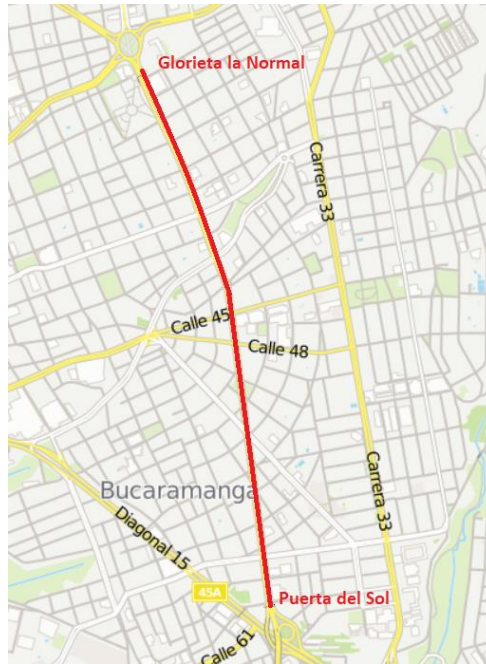
Cotrander Ltda.

Cartel de ruta: Ciudad Norte – Carrera 33 – La Isla – Acrópolis – Estoraques – Colorados Ciudad Norte – Acrópolis – k33 – UIS – Kennedy Pablón

Recorrido: Pablón – Colorados – Café Madrid – Kennedy – Hospital Del Norte – Miramar – Vía Bucaramanga – Carrera 15 – Calle 12 – Carrera 17 – Calle 8 – Carrera 24 – Calle 14 – Carrera 30 – Avenida Quebradaseca – Carrera 33 – Calle 56 – Plaza Mayor – Calle 55 – Marsella – Calle 56 – Carrera 2w – Calle 55 – Carrera 8w – Calle 60 A Estoraques – Calle 60 – Carrera 8w – Calle 62 – Carrera 2w – Calle 56 – Marsella – Plaza Mayor – Av. Samanes – Carrera 15 – Calle 55 – Carrera 23 – Calle 54 – Carrera 27 – Calle 48 – Carrera 33 – Avenida Quebradaseca – Carrera 25 – Calle 9 – Carrera 15 – Colseguros – Minuto De Dios – Hospital Del Norte – Carrera 10 Kennedy – Al Café Madrid – Colorados – Pablón

✓ **Metrolínea P6****Figura 4.**

Recorrido de la Metrolínea P6 por la carrera 27.



Nota. Tomado de: Moovit.

Ruta: Estación UIS - Carrera 27 - PQP

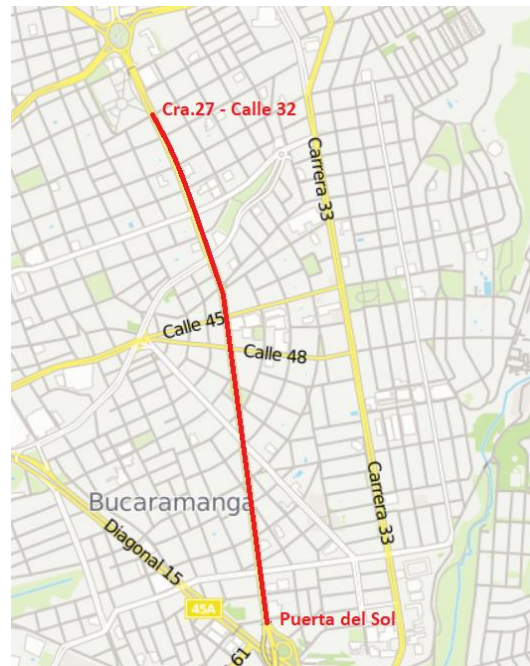
Empresa: Metrolínea

Cartel de ruta: Estación UIS - Carrera 27 – PQP

Recorrido: Mac Pollo (S-N) – Estación de Servicio Aranzoque - Universidad Santo Tomás - Estación Lagos - Estación De Transferencia Cañaveral - Estación Molinos (Oriental) - Estación Hormigueros (Oriental) - Estación Payador - Estación De Transferencia Provenza - Estación Diamante - Antonia Santos (S-N) - Conucos - Carrera 27 Calle 55 - Parque Turbay - Carrera 27 Calle 37 - Decoriente (S-N) - Carrera 27 Calle 19 - Sena - Carrera 27 Calle 11 - Parque Estación Uis

✓ **Metrolínea PRS****Figura 5.**

Recorrido de la Metrolínea PRS por la carrera 27.



Nota. Tomado de: Moovit.

Ruta: Portal De Piedecuesta- Carrera 27- Hospital Del Norte

Empresa: Metrolínea

Cartel de ruta: Portal De Piedecuesta- Carrera 27- Hospital Del Norte

Recorrido: Portal De Piedecuesta Con Todas Las Paradas Hasta La Estación Diamante-Carrera 27 De Bucaramanga-Calle 32-Carrera 33-Calle 14-Bulevar Bolívar-Calle 15-Carrera 21-Calle 10-

2.3 Toma de información histórica

En la toma de información histórica, se tuvo en cuenta tres proyectos de los cuales se analizaron las velocidades obtenidas en estos estudios, a continuación, se presenta la información extraída de cada uno:

Tabla 1.

Velocidades Carrera 27 sentido Sur-Norte del año 2012 y 2013

Velocidades carrera 27 sentido Sur-Norte		
	Febrero 2012	Marzo 2013
Velocidades [Km/h]	19,2	10,6

Nota. Tomado de: Estudio de velocidades sobre la carrera 27 en el servidor del Grupo Geomática.

La tabla anterior muestra las velocidades de un estudio realizado en el año 2012-2013 por el grupo de Geomática de la Universidad Industrial de Santander, es posible observar que a medida que pasa el tiempo las velocidades disminuyen a un 55,2% debido a que el tránsito de vehículos particulares cada vez es mayor.

Por otra parte, Un estudio reciente llamado: “Determinación de niveles de servicio mediante un análisis comparativo entre los factores horarios de máxima demanda y las velocidades de operación en el tramo vial de la carrera 27 entre la avenida la Rosita y la calle 36.” Arroja un valor de velocidad de 16,48km/h, esta velocidad es mayor debido a que fue tomada en un pequeño tramo de la carrera 27 [calle 36-Avenida la Rosita], sin embargo, ayudo a conocer el comportamiento del tramo y sí se acercaba a los valores de velocidades tomados (Mariño Hernandez & Rodriguez Silva, 2020).

Los estudios mencionados anteriormente fueron una guía para seleccionar los datos de velocidades necesarios para el presente estudio de transporte, pero debido a que no presentaban información específica de la clase del transporte (automóvil, buses Metrolínea, motocicleta, camiones), se decidió seleccionar un estudio del tránsito de Bucaramanga realizado en el año 2017: *Estructuración de medidas para el mejoramiento de la movilidad de Bucaramanga*; basado en la revisión de los corredores de conexión con los municipios del área metropolitana, se obtuvieron los datos de velocidades máximas en las horas pico y de alta congestión de la carrera 27.

Tabla 2.

Estudio de velocidades en los puntos de alta congestión.

PUNTOS CRITICOS DE CONGESTIÓN	HORA	AUTOS	BUSES	METROLINEA	MOTOS	CAMIONES	PROMEDIO DE VELOCIDAD GENERAL [KM/H]
Carrera 27 con calle 56 Sur- Norte	7:00-8:00 A.M	17,5	30	24,8	20,6	22	23
Carrera 27 con calle 56 Norte-Sur	7:00-8:00 A.M	37,5	32,3	32,4	39,7	32,8	35
Carrera 27 con calle 48 Sur- Norte	8:00-9:00 A.M	33,4	19,6	25,8	33,6	22,6	27
Carrera 27 con calle 48 Norte - Sur	8:00-9:00 A.M	39,1	39,1	38,1	38,7	37	37

Nota. Tomado de: Estructura de medidas para el mejoramiento de la movilidad-tabla 15. página 220.

De la anterior tabla se tomaron las velocidades mínimas, debido a que ha pasado mucho tiempo y el uso indiscriminado de vehículos particulares ha aumentado. A su vez, se hizo un análisis con el proyecto: Análisis del congestionamiento mediante los FHMD y la velocidad en el tramo comprendido entre la avenida La rosita y la Calle 36 para consolidar la decisión tomada.

2.4 Toma de datos de campo y análisis de los mismos

Por medio del servidor de aplicaciones de mapas en la web: Google Maps, se tomaron los datos de las longitudes que recorren las rutas por la carrera 27:

- ✓ Ruta 20: 0,6 Km
- ✓ Ruta 21: 0,6 Km
- ✓ Metrolínea P6: 2,3 Km
- ✓ Metrolínea PRS: 2.0 Km

Posteriormente, se determinó el horario en el cual se recolectarán los datos, en este caso se hizo únicamente en la hora pico de la mañana: 7a.m a 9a.m; Teniendo en cuenta que el punto de partida del tramo es La Puerta del Sol y el punto de llegada es la glorieta de la normal.

Los datos obtenidos del aforo fueron:

Tabla 3.

Datos representativos del aforo de buses del transporte colectivo convencional

BUS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TIEMPO DE VIAJE [min]	4	4	4	4	3	5	3	6	4	3
TIEMPOS PARADA [seg]	4	6	5	8	5	0	4	0	0	10
TIEMPO ACELERACIÓN [seg]	6	7	5	6	7	5	5	4	6	5
TIEMPO DESELERACIÓN [seg]	5	5	6	5	5	4	6	5	5	7
N° PASAJEROS SUBIENDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° PASAJEROS BAJANDO	1	2	1	3	2	0	1	0	0	4

La anterior tabla muestra los diez datos más representativos del aforo de las rutas 20 y 21, del sistema de transporte colectivo convencional. Cada muestra tiene sus respectivos tiempos de viaje, parada, aceleración y desaceleración, número de pasajeros subiendo y

bajando en el tramo correspondiente que circula por la carrera 27, en una longitud de 0.60 kilómetros.

Tabla 4.

Datos representativos del aforo de Metrolínea P6.

METROLÍNEA P6										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TIEMPO DE VIAJE [min]	7	9	10	10	9	8	7	8	9	7
TIEMPOS PARADA [seg]	5	13	12	10	15	22	17	10	11	25
TIEMPO ACCELERACIÓN [seg]	5	5	8	7	10	4	4	6	8	8
TIEMPO DESELERACIÓN [seg]	7	7	7	9	6	5	3	7	4	6
N° PASAJEROS SUBIENDO	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
N° PASAJEROS BAJANDO	0	6	6	4	7	12	8	4	3	13

La tabla anterior muestra los diez datos más representativos del aforo del Metrolínea P6, cada muestra tiene sus respectivos tiempos de viaje, parada, aceleración y desaceleración, número de pasajeros subiendo y bajando en el tramo correspondiente de 2.3 kilómetros circulando por la carrera 27

Tabla 5.

Datos representativos del aforo de Metrolínea PRS.

METROLÍNEA PRS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TIEMPO DE VIAJE [min]	7	6	6	7	6	8	7	7	5	6
TIEMPOS PARADA [seg]	7	8	14	9	20	23	13	9	5	15
TIEMPO ACCELERACIÓN [seg]	7	7	10	20	10	10	7	15	10	7
TIEMPO DESELERACIÓN [seg]	10	20	18	5	12	20	5	7	5	10
N° PASAJEROS SUBIENDO	3	1	0	1	0	3	0	0	0	1
N° PASAJEROS BAJANDO	1	1	6	1	10	12	4	2	0	6

La anterior tabla muestra los diez datos más representativos del aforo del Metrolínea PRS., Cada muestra tiene sus respectivos tiempos de viaje, parada, aceleración y desaceleración, número de pasajeros subiendo y bajando, en el tramo correspondiente de 2.3 kilómetros circulando por la carrera 27.

De los datos obtenidos de las tablas anteriores, se realizó un promedio, los cuales fueron usados para hallar las velocidades comerciales y operacionales de cada ruta en el escenario real como se muestra en las tablas expuestas a continuación:

Tabla 6.

Resultado promedio de datos de los aforos de los buses del transporte colectivo convencional

BUS	
	PROMEDIO
TIEMPO DE VIAJE [min]	4
TIEMPOS PARADA [seg]	4
TIEMPO ACELERACIÓN [seg]	6
TIEMPO DESCELERACIÓN [seg]	5
Nº PASAJEROS SUBIENDO	0
Nº PASAJEROS BAJANDO	1

La tabla anterior muestra el aforo de las rutas 20 y 21 del transporte colectivo convencional. Cada muestra tiene sus respectivos tiempos de viaje, paradas aceleración y desaceleración y número de pasajeros subiendo y bajando

Tabla 7.

Resultado promedio de datos de los aforos del Metrolínea P6.

METROLÍNEA P6	
	PROMEDIO
TIEMPO DE VIAJE [min]	8
TIEMPOS PARADA [seg]	11
TIEMPO ACELERACIÓN [seg]	6
TIEMPO DESCELERACIÓN [seg]	5
Nº PASAJEROS SUBIENDO	0
Nº PASAJEROS BAJANDO	5

La tabla anterior muestra el aforo de las rutas P61 del transporte masivo Metrolínea. Cada muestra tiene sus respectivos tiempos de viaje, paradas aceleración y desaceleración y número de pasajeros subiendo y bajando

Tabla 8.

Resultado promedio de datos de los aforos del Metrolínea PRS.

METROLINEA PRS	
	PROMEDIO
TIEMPO DE VIAJE [min]	7
TIEMPOS PARADA [seg]	12
TIEMPO ACELERACIÓN [seg]	10
TIEMPO DESCELERACIÓN [seg]	11
Nº PASAJEROS SUBIENDO	1
Nº PASAJEROS BAJANDO	4

La tabla anterior muestra el aforo de las rutas PRS del transporte masivo Metrolinea. Cada muestra tiene sus respectivos tiempos de viaje, paradas aceleración y desaceleración y número de pasajeros subiendo y bajando

Dentro de los datos de campo, se tomó información, teniendo en cuenta el desorden existente en donde los buses del transporte colectivo convencional de la ciudad se detienen aproximadamente cada 100 metros a recoger pasajeros, determinado así el número de paradas dependiendo de la longitud del tramo, De otra parte, se verificó que las paradas de los buses de Metrolínea ya están establecidas y se cumple su funcionamiento.

- ✓ Ruta 20: 6 Paradas
- ✓ Ruta 21: 6 Paradas
- ✓ Metrolínea P6: 4 Paradas
- ✓ Metrolínea PRS: 3 Paradas

2.5 Cálculos del escenario real

Después de tener los datos necesarios se procedió a determinar las velocidades comerciales, velocidades operaciones, tiempos de viaje y desempeños:

Velocidad comercial Ruta 20:

$$V_{c_i} = \frac{X_i}{t_i} \quad (1)$$

Donde:

X_i = Longitud del tramo i (Km)

t_i = tiempo recorrer el tramo (hrs)

Cálculo tipo:

- Ruta: 20
- Longitud: 0,6 km
- Tiempo de viaje: 0,067 hrs.

$$V_{c_i} = \frac{0,6 \text{ km}}{0,067 \text{ hrs}} = 9 \text{ [km/h]}$$

Velocidad operacional

$$V_{oi} = \frac{X_i}{\frac{X_i}{V_{\max}} + p(t_a + t_d) + \Sigma p T_{Ap}} \quad (2)$$

Donde:

X_i = Extensión del tramo i (Km)

V_{\max} = Velocidad máxima tramo i (km/h)

p = Número de paradas en el tramo i

$t_a + t_d$ = T aceleración – desaceleración (hrs)

$\Sigma p T_{Ap}$ = Suma tiempos de atención (hrs)

Cálculo tipo:

- Ruta: 20
- Longitud: 0,6 km
- Número de paradas: 6
- Tiempo de atención por paradas: 0,0067 horas
- $t_a + t_d$: 0,00306 horas
- Velocidad máxima en el tramo: 19,6 (km/h)

$$\Sigma pT_{Ap} = 0,00111 \times 6$$

$$\Sigma pT_{Ap} = 0,0070 \text{ hrs}$$

$$t_a + t_d = 0,00273 \text{ hrs}$$

$$V_{oi} = \frac{0,6 \text{ km}}{\frac{0,6 \text{ km}}{19,6 \text{ km/h}} + 6(0,00306) + 0,0067 \text{ hrs}}$$

$$V_{oi} = 10,79 \text{ km/h}$$

Índice de desempeño %

$$\beta_i = \frac{V_{c_i}}{V_{oi}} * 100$$

Donde:

V_{c_i} = Velocidad comercial

V_{oi} = Velocidad operacional

Cálculo tipo:

- Ruta: 20
- V_c : 9 km/h
- V_o : 10.79 km/h

$$\beta_i = \frac{9 \text{ km/h}}{10,79 \text{ km/h}} * 100$$

$$\beta_i = 83,42\%$$

Tabla 9.

Resultados de velocidad comercial, velocidad operacional, tiempos de viaje actuales y desempeño de las rutas.

N° RUTA	VELOCIDAD COMERCIAL ACTUAL [Km/h]	VELOCIDAD OPERACIONAL ACTUAL [Km/h]	TIEMPOS DE VIAJE ACTUALES [h]	DESEMPEÑO [%]
Bus 20	9	10,79	0,07	83,42%
Bus 21	9	10,79	0,07	83,42%
Metrolinea P6	17,25	19,63	0,13	87,89%
Metrolinea PRS	17,14	18,49	0,12	92,70%

La tabla anterior muestra para los buses del sistema de transporte colectivo convencional un buen desempeño, es decir la relación entre la velocidad comercial y la operacional muestra índices que manifiestan un desempeño optimo, pero la realidad es otra. Esto ocurre porque las velocidades comerciales y operacionales están muy cercanas. Un índice de desempeño de estas características es óptimo siempre y cuando las velocidades comerciales y operacionales sean las óptimas como las establecidas en la tabla 10 a continuación:

Tabla 10.

Velocidades del TPC.

VELOCIDADES EN TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO				
TIPO DE VEHICULO	CONDICION DE OPERACIÓN	VELOCIDAD		
		COMERCIAL	OPERACIONAL	PUNTUAL
Microbus	Transito compartido	25	40	60
Microbus	Via exclusiva	40	50	60
Bus	Transito compartido	15	25	40
Bus	Via exclusiva	25	40	60
Bus	Carril exclusivo	30	50	60
Bus	Areas reservadas	20	30	30
Trolebus	Transito compartido	20	30	60
Trolebus	Via exclusiva	30	40	60
Trolebus	Carril exclusivo	40	50	60
Trolebus	Areas reservadas	20	30	30

Nota. Tomado de Escuela de Ingeniería de Vías y Transporte. UPTC

La tabla anterior muestra las velocidades optimas comerciales y de operación en las condiciones de operación. Para el caso de un bus del sistema de Bucaramanga las velocidades comerciales y operacionales ideales con transito compartido debieran ser de 15 y 25 kilómetros/hora, mientras que por carril exclusivo son de 30 y 50 kilómetros/hora mejorando sustancialmente.

2.6 Cálculos escenario carril exclusivo

Tanto para el escenario real como para el escenario nuevo que se formula, el HCM 2000 plantea una informacion de niveles de servicio en función de las velocidades que, por supuesto deben mejorarse para el sistema de un transporte colectivo, circulando por un carril exclusivo

Tabla 11.

Velocidades según NDS

TABLA 15.2 HCM 2000. NDS PARA VIAS URBANAS				
CLASIFICACION	I	II	III	IV
RANGO VELOCIDADES	90-70	70-55	55-50	55-40
FLUJO LIBRE	80	65	55	45
NDS	PROMEDIO DE VELOCIDADES			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	> 26-32	> 21-26	> 17-22	> 14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Nota. Tomado de HCM.2000 para vías urbanas

Actualmente los NDS por la carrera 27 están entre tipo E y F con velocidades promedios reales muy bajas, menores de 14 kilómetros/hora. Es posible que las velocidades se mejoren para llegar a NDS tipo D o mejores, en donde se pudiesen alcanzar velocidades comerciales y operacionales mayores como las que recomienda la tabla 10 para buses con carriles exclusivos.

Tabla 12.

Tiempo de embarque y desembarque según tipología del bus.

Tipo de transporte	Tiempo	
	Embarque [s]	Desembarque [s]
Bus convencional con filas individuales e independientes entre sí	2,5	2
Buses con puertas anchas, filas dobles en el acceso, escaleras más bajas	1,2	0,8

Nota. Tomado de Manual de Planeación de Transporte UPTC

De la anterior tabla, se tuvo en cuenta los valores establecidos por el manual de planeación de transporte UPTC, con el fin de determinar los tiempos de atención en las paradas.

Tabla 13.

Distancia entre paraderos.

Distancia entre paraderos		
Tecnología de transporte público		Distancia [m]
Bus	Microbús	Frecuente
Bus	Convencional-Standard	200-300
Bus	Convencional-Padron	200-300
Bus	Articulado con remolque	300-400
Trolebus	Simple	300-600
Trolebus	Articulado	300-600
Sobre rieles	Liviano	400-600
Sobre rieles	Tren de suburbio	2000-5000
Sobre rieles	Metro	1000-2500

Nota. Tomado de. Manual de Planeación de Transporte UPTC

La tabla anterior muestra el rango eficiente de paradas para buses convencionales standard, como los estudiados en el presente proyecto. Por tanto, al compararlos con las paradas

reales de las rutas 20 y 21, se encontró una gran diferencia, debido a que normalmente el bus se detiene cada 100 metros y según el manual es óptimo entre 200 y 300 metros.

Tabla 14.

Velocidad máxima en Km/h según zona urbana y el tamaño de la ciudad.

VELOCIDAD MÁXIMA [KM/H]						
POBLACIÓN [Nº DE HABITANTE]	ZONA COMERCIAL		ZONA RESIDENCIAL		ZONA ABIERTA	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
10.000 a 25.000	24-56	24-56	32-56	32-56	40-96	40-96
25.000 a 50.000	24-40	24-32	32-56	32-48	55-72	56-72
50.000 a 100.000	24-41	24-40	32-48	32-48	48-64	48-84
100.000 o más	24-48	24-48	32-48	32-48	56-96	48-88

Nota. Tomado de Estudio de velocidades urbanas Fundación ENO. USA

La tabla anterior muestra indicadores de velocidad para áreas urbanas. Para el caso de Bucaramanga con una población de cerca de 600.000 habitantes es posible fijar velocidades entre 24 y 48 Kilómetros/hora para todo el tráfico, mas no propiamente para el transporte público colectivo, dadas las condiciones de operación de ascenso y descenso de pasajeros.

Para los datos de aceleración y desaceleración para el carril exclusivo, se tomaron los resultados de los aforos hechos en campo, debido a que transitaran las mismas rutas. Por otra parte, para el tiempo de embarque y desembarque, se tomó un numero aleatorios pasajeros aforados y se multiplicó por el factor del manual de planeación de transporte UPTC [ver tabla 11] según corresponda el bus de la ruta, tal como se muestra en resumen en la siguiente tabla:

Tabla 15.

Síntesis de datos para los tiempos de aceleración, desaceleración, carga y descarga de pasajeros.

N° RUTA	TIEMPO ACELERACIÓN [h]	TIEMPO DESACELERACIÓN [h]	TIEMPO DESCARGA Y CARGA PASAJEROS [h]
Bus 20	0,00167	0,00139	0,00111
Bus 21	0,00167	0,00139	0,00181
Metrolinea P6	0,00167	0,00139	0,00167
Metrolinea PRS	0,00278	0,00306	0,00167

Velocidad carril exclusivo

Se usa la misma fórmula de velocidad operacional para simular su funcionamiento.

Cálculo tipo:

Donde:

- Ruta: 20
- Longitud: 0,6 km
- Número de paradas:(longitud tramo/distancia norma) (600m/300m) =2
- Tiempo de atención por paradas: 0,0022 hrs
- $t_a + t_d$: 0,00306 hrs
- Velocidad máxima en el tramo: 40 (km/h)

$$Vce = \frac{0,6km}{\frac{0,6km}{40km/h} + 2(0,00306) + 0,0022 hrs}$$

$$Vce = 25,71 km/h$$

Tabla 16.*Velocidades por carril exclusivo.*

N° RUTA	LONGITUD RECORRIDA POR LA CR 27 [Km]	N° PARADAS SEGÚN LA NORMA	VELOCIDAD MAXIMA TRAMO [Km/h]	TIEMPO ACELERACIÓN [h]	TIEMPO DESACELERACIÓN [h]	TIEMPO DESCARGA Y CARGA PASAJEROS [h]	SUMA DE TIEMPO ATENCIÓN EN LAS PARADAS [h]	VELOCIDAD POR EL CARRIL EXCLUSIVO [Km/h]
Bus 20	0,6	2	40	0,00167	0,00139	0,00111	0,0022	25,71429
Bus 21	0,6	2	40	0,00167	0,00139	0,00181	0,0036	24,26966
Metrolínea P6	2,3	4	40	0,00167	0,00139	0,00167	0,0067	30,10909
Metrolínea PRS	2	3	40	0,00278	0,00306	0,00167	0,0050	27,58621

La anterior tabla muestra los valores obtenidos del estudio sobre el escenario de velocidad con el uso de carril exclusivo, teniendo en cuenta los datos extraídos de las tablas 13 y 14.

Tiempos de viaje por el carril exclusivo

Cálculo tipo:

Donde:

$$Tvi = \frac{\text{Longitud del tramo } i}{\text{Velocidad de carril exclusivo}}$$

- Velocidad de carril exclusivo: 25,71 Km/h
- Longitud del tramo i : 0,6 Km

$$Tvi = \frac{0,6\text{km}}{25,71\text{km/h}}$$

Diferencia de velocidades

$$Dvi = vce - vca$$

Donde:

- Velocidad de carril exclusivo [vce]: 25,71 Km/h
- Velocidad comercial actual [vca]: 9Km/h

$$Dvi = 25,71\text{km/h} - 9\text{km/h}$$

$$Dvi = 16,71 \text{ km/h}$$

Desempeño entre escenario con carril exclusivo vs escenario real

Cálculo tipo:

$$\beta_f = \frac{Vr}{Vc_e} * 100$$

Donde:

$Vc_e =$ Velocidad carril exclusivo

$Vr =$ Velocidad real

$$\beta_i = \frac{9 \text{ km/h}}{21,71 \text{ km/h}} * 100$$

$$\beta_i = 35\%$$

Tabla 17.

Resultados de diferencias de tiempos de viaje, velocidades y mejora por el carril exclusivo.

N° RUTA	VELOCIDAD COMERCIAL ACTUAL [Km/h]	TIEMPOS DE VIAJE ACTUALES [h]	VELOCIDAD POR EL CARRIL EXCLUSIVO [Km/h]	TIEMPOS VIAJE POR CARRIL EXCLUSIVO [h]	DIFERENCIA EN TIEMPOS DE VIAJE [h]	DIFERENCIA EN VELOCIDAD ES [Km/h]	MEJORA POR EL CARRIL EXCLUSIVO [%]
Bus 20	9	0,07	25,71429	0,02333	0,04333	16,71429	35,00%
Bus 21	9	0,07	24,26966	0,02472	0,04194	15,26966	37,08%
Metrolinea P6	17,25	0,13	30,10909	0,07639	0,05694	12,85909	57,29%
Metrolinea PRS	17,14	0,12	27,58621	0,07250	0,04417	10,44335	62,14%

La anterior tabla muestra los resultados finales obtenidos del estudio, en ella se puede observar las apreciables diferencias de tiempos de viaje, velocidades y porcentaje de mejoras entre los dos escenarios.

3. Conclusiones

- Los datos históricos seleccionados para la elaboración del proyecto fueron aportados por un estudio de tránsito de Bucaramanga realizado en el año 2017: *Estructuración de medidas para el mejoramiento de la movilidad de Bucaramanga*, del cual se tomaron las velocidades mínimas en hora pico de congestión, a su vez, se tuvo en cuenta que contenía las velocidades para los medios de transportes estudiados (Buses y Metrolínea), de igual manera fueron analizadas junto con los proyectos: *“Análisis del congestionamiento mediante los FHMD y la velocidad en el tramo comprendido entre la avenida La rosita y la Calle 36”* y con el estudio del *Grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander*, para finalizar, se concluyó que dado al aumento indiscriminado de automóvil y demás medio de transporte particular, las velocidades cada vez son menores.
- Las velocidades comerciales y operacionales para el sistema convencional dieron cifras muy bajas, mientras que para el sistema Metrolínea arrojaron mejores resultados. Esto se evidencia debido a que el sistema de transporte colectivo convencional realiza paradas en cualquier parte mientras que Metrolínea lo realiza en paradas determinadas para ello según la norma.
- Los índices de desempeño como producto de la relación entre la velocidad comercial y operacional, por valores superiores al 80% manifestados en el proyecto se consideran óptimos siempre y cuando las velocidades también sean las óptimas e ideales para un sistema de transporte público.

- La mejora por carriles exclusivos en términos de porcentaje para las velocidades y tiempos de viajes fue de: 35% para ruta 20, 37% para la ruta 21, 57% para Metrolínea P6 y 62% para Metrolínea PRS.
- Los resultados del proyecto en términos de indicadores fueron efectuados por medio de una muestra representativa de la operación de ambos sistemas por la carrera 27, circulando en longitudes distintas. Un proyecto integral de transporte colectivo funcionando por carriles exclusivos, seguramente arrojará mejores resultados en cuanto a los indicadores calculados y sus aplicaciones para mostrar resultados en la economía del transporte.
- También es importante advertir sobre las limitaciones del proyecto realizado en el escenario COVID 2020, que no muestra situaciones reales que se venían presentando y que además limita las presunciones de tomar datos con mayor exactitud
- Las velocidades especificadas para buses con carril compartido son entre 15Km/h-25Km/h, por tanto, al compararlas con las velocidades comerciales y operacionales actuales obtenidas en el estudio, se encuentra una circulación deficitaria del sistema de transporte público colectivo.
- La diferencia entre los tiempos de viaje por carril exclusivo y tiempos de viaje actuales disminuyen significativamente [0,0569hrs=3,41minutos], pero una persona que realice un viaje por día, trabaje durante cinco días y por un año, se ahorraría aproximadamente 14 horas, además, pese a que estos datos fueron tomados en época de crisis sanitaria, donde el número de usuarios está limitado a comparación de los días habituales, probablemente el usuario podría ahorrar más tiempo.
- La poca demanda de usuarios del sistema de transporte público colectivo convencional, hace que los tiempos de atención en las paradas sea más corto en comparación a escenarios normales, pues ascienden o descienden un pequeño número pasajeros en cada parada.

- La velocidad calculada por carril exclusivo aun es un poco baja, comparada con las velocidades ideales recomendadas entre 30Km/h-50Km/h especificada en la tabla correspondiente. No obstante, se mejora la velocidad por el carril exclusivo. La situación ideal se da cuando existen buenos niveles de servicio.

- En el caso de las rutas 20 y 21, se encontró que la principal razón por la cual no funcionan a una correcta velocidad es por la cantidad excesiva de paradas en el tramo que recorre la carrera 27.

4. Recomendaciones

- La lógica y el sentido común manifiestan que la utilización de carriles exclusivos para el transporte público colectivo es una decisión tomada en muchas ciudades del mundo.

- Continuar con la realización de este tema en proyectos similares para todo el sistema de transporte colectivo, arrojaría indicadores para tomar decisiones en otros corredores viales de Bucaramanga.

- Se recomienda hacer una simulación para tener una mejor idea de lo que se desea lograr con la implementación del proyecto en vía real.

- La nueva estrategia de transporte en bicicleta, con carriles exclusivos, va a limitar la capacidad vial, y ya no habrá espacio vial para todos los actores viales. Por tanto, el uso de carriles exclusivos para el transporte público colectivo, mejorará los tiempos de viaje y propiciará el desestimulo del uso del auto particular.

- La medida del uso de carriles exclusivos para todo el sistema de transporte público colectivo propicia el orden en la recogida de pasajeros, pues el desorden de los buses del transporte colectivo recogiendo pasajeros en todas partes, se acabará.

- Pese al amplio cubrimiento espacial de las rutas de transporte público colectivo, la consolidación de actividades en las ciudades induce a una concentración de rutas principalmente en los corredores que dan acceso al centro. En ciudades de tamaño importante como Cali, Bucaramanga y Pereira la congestión se acentúa en las horas pico, pero existen indicios que permiten predecir que de no hacer nada, la magnitud del problema seguirá agravándose y es bueno implementar medidas de planificación para mejora del servicio.

- Se aconseja realizar estudio en sentido inverso del corredor vial, es decir, en sentido Norte-Sur.

- El análisis de las variables de las fórmulas para las velocidades comerciales y operacional, permiten comprender la necesidad de intervenir aspectos tan importantes como la asignación de paradas, el control de la congestión, el servicio de las unidades transportadoras en cuanto a frecuencias en función de la carga y demanda de pasajeros y las características del bus que presta el servicio.

- Se recomienda volver a realizar los estudios a profundidad en condiciones normales, debido a que el proyecto fue hecho y limitado por la crisis sanitaria

- Establecer normas claras para usos de carriles exclusivos como en los Estados Unidos donde mediante la H.R.2950 – Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, establece que cada estado deberá analizar distintas normativas para establecer los términos por los cuales se caracterizan los HOV (High Occupancy Vehicle) y los HOT (High-Occupancy Toll lanes), los cuales son carriles exclusivos reservados para el uso de vehículos mixtos ocupados por el conductor y una persona adicional y para el transporte colectivo.

- Dentro de la investigación realizada se detectó que no existen proyectos efectivos ni mucho menos indicadores de gestión del transporte colectivo convencional que le corresponden al Área Metropolitana de Bucaramanga, ni del sistema de transporte masivo que le corresponde a Metrolínea. Solo existe un proyecto formulado por Cotrausan que resuelve indicadores y que invita a la integración del transporte colectivo, que como en el caso, se estimula a usar carril exclusivo para todo el sistema de transporte colectivo llámese convencional o masivo.
- Se recomienda que el carril exclusivo sea segregado para evitar congestionamiento con las paradas de los buses convencionales.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, J., & Bocarejo, J. P. (2009). Movilidad sostenible: una construcción multidisciplinaria. . *Revista de ingeniería, Universidad de Los Andes Bogotá, Colombia., Volumen 29*, 72-74.
- Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte, & Triana, W. F. C. (2005). *Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte*. Bogotá .
- Ardila Gomes, A. (1995). *Control de la congestión vehicular en Bogotá con herramientas microeconómicas. 1st ed. [eBook] Bogota, p.1*. Obtenido de <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.13043/dys.35.1>
- Barras, M. A., & Gómez, E. L. (2015). Tiempo de viaje en transporte público. Aproximación conceptual y metodológica para su medición en la ciudad de Resistencia. . *Revista de transporte y territorio, Universidad Nacional del Nordeste Argentina*, 68-69.
- Cal, R., Reyes, M., & Cardenas G, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones. 8th ed. [eBook] Mexico, p.1*. Obtenido de <https://www.udocz.com/read/ingenier-a-de-tr-nsito-fundamentos-y-aplicaciones-rafael-cal-y-mayor>
- Cal, R., Reyes, M., & I.C.I.T. (1972). *Ingeniería de tránsito. 3th ed.* México.
- Consultors . (2019). *Estudios de movilidad y transporte, investigación para el sector del transporte*. Obtenido de <http://www.clauconsultors.com/es/especializacion/estudios-movilidad-transporte/>
- Departamento Nacional de Planeación. (23 de Mayo de 2002). *Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros”*. Documento Conpes 3167, pp.21-22. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3mico>
- Departamento Nacional de Planeación. (15 de Diciembre de 2003). *“Política nacional de transporte urbano y masivo”*. Documento Conpes 3260, pp.7-8. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3260.pdf>

- Departamento Nacional de Planeación. (26 de Julio de 2004). “*Sistema integrado del servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros del área metropolitana de Bucaramanga*”. Documento Conpes 3298, pp.7-8. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/47771866/conpes-3298-departamento-nacional-de-planeacion>
- Ente de la Movilidad de Rosario. (2014). *Transporte urbano de pasajero*. Obtenido de <http://www.emr.gov.ar/carriles.php#>
- Forero Hoyos, J., & Rodas Trejos, J. (2016). *Modelación De Estrategias De Manejo De Carriles Para Disminución De Congestión Y Accidentalidad Vial, Plan Piloto Autopista Sur-Oriental*. Cali: Pregrado ingeniería civil. Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- García Schilardi, M. E. (2014). *Transporte público colectivo: su rol en los procesos de inclusión social*. Bitacora 24. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Guerrero, J. (2014). Análisis causal de las principales problemáticas de la movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga. *Revista Digital Apuntes de Investigación UPB Volumen 8*, 6-9.
- Kilo Ardila, E. (16 de Febrero de 2020). *La Bucaramanga del ayer: Hoy, la historia de la carrera 27*. Obtenido de <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/la-bucaramanga-del-ayer-hoy-la-historia-de-la-carrera-27-XH2018312>
- Lozano, A., Torres, V., & Antún, J. P. (2003). *Tráfico vehicular en zonas urbanas*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/644/64407005.pdf>
- Mariño Hernandez, P. A., & Rodriguez Silva, E. F. (2020). Determinación de niveles de servicio mediante un análisis comparativo entre los factores horarios de máxima demanda y las velocidades de operación en el tramo vial de la carrera 27 en entre la avenida la rosita y la calle 36. *Revista de la Facultad de ingenierías físico mecánicas*.
- Ministerio de Transporte . (s.f.). *Glosario*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/glosario/genPag=9>
- Wilson, O. (1987). *Trafico vial, Bucaramanga, Colombia: Universidad industrial de Santander. Manual de Capacidad para Carreteras*. Transportation Research Board. Washington D.C. : Asociación técnica de carreteras. Comité Español de la A.I.P.C.R.