

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Análisis de la influencia del tránsito vehicular y la demanda de usuarios en el
funcionamiento operacional de la ruta APD7 Metrolínea – Piedecuesta**

Laura Daniela Álvarez Morales, Kevin Andrés Parra Angarita

Trabajo de grado para optar el título de Ingenieros Civiles

Director

Carlos Andrés Ramírez Moreno

Ingeniero Civil Especialista en vías

Magister en ingeniería civil con énfasis en transporte e infraestructura (c)

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería Civil

2020

Dedicatoria

A Dios y a nuestros padres quienes, con su apoyo incondicional durante toda nuestra vida, nos formaron como personas, con valores, principios y especialmente por enseñarnos la importancia del estudio, el esfuerzo y sacrificio para lograr cumplir las metas que nos hemos propuesto, en especial esta.

A todos nuestros amigos que estuvieron a nuestro lado durante esta etapa, que compartieron las aulas universitarias con nosotros, quienes fueron compañeristas y comprometidos con cada proyecto y ejercicio académico realizado y por supuesto por hacerlos más divertidos y memorables.

A nuestro conejo mascota, Covy Enzo, por brindarnos tantos momentos de alegría, amor y cariño. Por todos los saltos, en especial los “binkys” cuando estaba demasiado alegre, por hacernos tan felices, por acompañarnos en nuestras aventuras y sin duda alguna por acompañarnos en el desarrollo de esta tesis, por cada larga noche en la que estuvo ahí y no se fue a dormir hasta que nosotros no lo hiciéramos.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento especial hacia la Universidad Santo Tomás, a todos los docentes de esta institución quienes infundieron y compartieron sus conocimientos y nos forjaron día tras día.

De igual forma hacemos presente nuestra más sincera gratitud al Ing. Carlos Andrés Ramírez Moreno quien nos facilitó y orientó en algunos problemas presentes en la investigación.

Tabla de contenido

Resumen.....	15
Abstract	18
Glosario.....	21
Introducción	27
1. Desarrollo de los antecedentes.....	29
2. Planteamiento del problema.....	33
3. Pregunta de investigación	36
4. Hipótesis	36
5. Justificación	36
6. Propósito	39
7. Objetivos.....	40
7.1 Objetivo General	40
7.2 Objetivos Específicos.....	40
8. Marco Referencial.....	40
8.1 Marco Contextual.....	40
8.2 Marco Teórico	52
8.3 Marco Normativo	74
9. Método	75
9.1 Tipo de estudio	75
9.2 Diseño de la investigación	77

9.3 Sujetos (población y muestra)	78
9.4 Instrumentos de recolección de datos.....	78
Procedimiento dividido por etapas	100
10. Resultados	136
10.1 Resultados etapa 2.	136
10.2 Resultados etapa 3.....	164
10.3 Resultados etapa 4.....	172
11. Discusión.....	176
12. Conclusiones	181
Referencias Bibliográficas	184

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Nivel de servicio de una vía.</i>	61
Tabla 2. <i>Horas pico y valle.</i>	102
Tabla 3. <i>Paradas establecidas de la ruta APD7.</i>	105
Tabla 4. <i>Recorridos realizados en la ruta APD7.</i>	106
Tabla 5. <i>Resumen de resultados factores operacionales.</i>	182

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Ubicación de Piedecuesta y división política del municipio.	44
<i>Figura 2.</i> Preferencia de transporte de los usuarios del AMB desde el año 2014 hasta el año 2018.	46
<i>Figura 3.</i> Ubicación de Piedecuesta y división política del municipio.	47
<i>Figura 4.</i> Mapa de la ruta APD7 con sus respectivos puntos de parada dentro del municipio. ...	50
<i>Figura 5.</i> Medidas del bus alimentador APD7 y su capacidad.....	51
<i>Figura 6.</i> Bus alimentador APD7.	51
<i>Figura 7.</i> Percepción y reacción.	58
<i>Figura 8.</i> Reparto modal y sus velocidades.....	64
<i>Figura 9.</i> Componentes entre intersecciones.....	71
<i>Figura 10.</i> Vehículo dentro de la corriente.....	72
<i>Figura 11.</i> Parámetros microscópicos.	73
<i>Figura 12.</i> Formato frecuencia y nivel de ocupación de pasajeros en los 3 días representativos de la toma de datos en la ruta APD7.....	80
<i>Figura 13.</i> Formato de velocidades de los tramos y velocidad promedio de los 7 recorridos realizados en la ruta APD7.	86
<i>Figura 14.</i> Figura 14. Ubicación de los aforadores en el Portal Piedecuesta... ..	91
<i>Figura 15.</i> Descripción de datos a tomar en cada ubicación de aforadores en el Portal Piedecuesta. Elaboración propia en Excel..	94
<i>Figura 16.</i> Formato de aforos de volúmenes vehiculares en los 3 días representativos en que se hace la toma de datos en la ruta APD7.	

Elaboración propia en Excel..	98
<i>Figura 17.</i> Formato de inspección de la condición del corredor de la ruta APD7..	100
<i>Figura 18.</i> Formato de identificación del área de influencia indirecta de la ruta APD7.....	104
<i>Figura 19.</i> Etapas de la investigación.....	107
<i>Figura 20.</i> Trazado de la ruta APD7 con los puntos de parada y sus denominaciones.....	108
<i>Figura 21.</i> Ubicación de los aforadores en el Portal de Piedecuesta.....	108
<i>Figura 22.</i> Ubicación de los aforadores para realizar los conteos vehiculares.....	113
<i>Figura 23.</i> Ubicación de los aforadores para realizar los conteos (apoyo con mapa digital).....	114
<i>Figura 24.</i> Tránsito vehicular en el punto de inicio (Portal de Piedecuesta).....	115
<i>Figura 25.</i> Identificación de la señalización vial, semaforización y estado del corredor.....	115
<i>Figura 26.</i> Mapa de la ruta APD7 con su respectiva señalización vial, semaforización y puntos de parada.....	116
<i>Figura 27.</i> Definición del sistema de coordenadas y ruta de guardado y simulación..	117
<i>Figura 28.</i> Definición del sistema de coordenadas y ruta de guardado y simulación..	118
<i>Figura 29.</i> Configuración de parámetros vehiculares y capacidad.....	118
<i>Figura 30.</i> Parámetros de aceleración y desaceleración. Factor del margen de seguridad..	119
<i>Figura 31.</i> Vehículo particular representativo en 2D..	120
<i>Figura 32.</i> Vehículo particular representativo en vista 3D.....	121
<i>Figura 33.</i> Dibujo de secciones de vía sobre imagen satelital.....	122
<i>Figura 34.</i> Trazado de la red con tramos de entrada y salida.....	123
<i>Figura 35.</i> Ruta de ida con centroides (salidas y llegadas).	124
<i>Figura 36.</i> Identificación de nodos con planes de control vehicular.....	125
<i>Figura 37.</i> Definición de tipos de semáforos y supuestos de tiempos verdes..	126

<i>Figura 38.</i> Creación del plan de control maestro..	127
<i>Figura 39.</i> Asignación de demanda de tráfico..	128
<i>Figura 40.</i> Estados de tráfico por tipo de vehículo.....	129
<i>Figura 41.</i> Configuración de paradas del sistema de transporte público.....	130
<i>Figura 42.</i> Creación de la línea de transporte público.....	131
<i>Figura 43.</i> Asignación del intervalo fijo de despacho.....	132
<i>Figura 44.</i> Creación del escenario dinámico.	133
<i>Figura 45.</i> Simulación del escenario dinámico..	134
<i>Figura 46.</i> Flujo vehicular con imagen satelital..	135
<i>Figura 47.</i> Visualización de resultados de modelamiento.....	137
<i>Figura 48.</i> Asignación de demanda de pasajeros por punto de parada..	138
<i>Figura 49.</i> Frecuencia horaria en días hábiles (lunes-viernes).....	139
<i>Figura 50.</i> Frecuencia horaria en sábados..	140
<i>Figura 51.</i> Frecuencia horaria en domingos y festivos.....	140
<i>Figura 52.</i> Promedio de parámetros operacionales en horas pico y valle de días hábiles (lunes-viernes).....	141
<i>Figura 53.</i> Promedio de parámetros operacionales en horas pico y valle de los sábados. Elaboración propia en Excel.	142
<i>Figura 54.</i> Promedio de parámetros operacionales en horas valle de los sábados. Elaboración propia en Excel.	143
<i>Figura 55.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Día hábil (lunes- viernes). Rec. 1. (hora pico).	144

<i>Figura 56.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Día hábil (lunes- viernes). Rec. 2. (hora pico y hora valle)..	145
<i>Figura 57.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Día hábil (lunes- viernes). Rec. 3. (hora pico y hora valle).	146
<i>Figura 58.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Sábados. Rec. 1. (hora valle)..	147
<i>Figura 59.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Sábados. Rec. 2. (hora pico)..	148
<i>Figura 60.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Domingos y festivos. Rec. 1. (hora valle).....	149
<i>Figura 61.</i> Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Domingos y festivos. Rec. 2. (hora pico).....	150
<i>Figura 62.</i> Comparación de velocidades promedio en días representativos..	150
<i>Figura 63.</i> Velocidades promedio del alimentador en días representativos.	151
<i>Figura 64.</i> Velocidades promedio del corredor vial en días representativos.	155
<i>Figura 65.</i> Perfil de carga para el Rec.1 Día Hábil.	156
<i>Figura 66.</i> Resultados de velocidades en los días representativos.	157
<i>Figura 67.</i> Cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada recorrido de los días representativos.	158
<i>Figura 68.</i> Velocidad medida y modelada en el software Aimsun Next.....	158
<i>Figura 69.</i> Variación de velocidad en día hábil.....	159
<i>Figura 70.</i> Variación de velocidades en sábados.....	160
<i>Figura 71.</i> Resultados de variación de velocidad en días representativos.	161

Figura 72. Cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada recorrido de los días representativos.

..... 162

Figura 73. Volumen vehicular días hábiles (lunes-viernes)..... 163

Figura 74. Volumen vehicular sábados..... 164

Figura 75. Volumen vehicular domingos y festivos. 165

Figura 76. Volumen vehicular días hábiles (lunes-viernes)..... 166

Figura 77. Volumen vehicular sábados..... 167

Figura 78. Volumen vehicular domingos y festivos. 168

Figura 79. Volumen vehicular días hábiles (lunes-viernes) de 6-8 am..... 169

Figura 80. Volumen vehicular sábados de 6-8 am. 170

Figura 81. Volumen vehicular domingos y festivos de 6-8 am. 171

Figura 82. Visualización del volumen vehicular en los 3 días representativos para los 7 modos de transporte..... 172

Figura 83. Modelo de simulación multimodal del REC.1 de día hábil..... 173

Figura 84. Modelo de simulación multimodal del REC.1 de día hábil..... 174

Figura 85. Mapa de velocidades [velocidad solo de los alimentadores - el alimentador realiza sus respectivas paradas]. 175

Figura 85. Mapa de velocidades [velocidad general (todos los vehículos) de la red vial – el alimentador realiza sus respectivas paradas].
..... 172

Figura 87. Mapa de velocidades (alimentador apd7 no realiza ninguna parada). 173

Figura 88. Mapa de velocidades (parque automotor proyectado a 10 años) - velocidad general de la red vial..... 174

<i>Figura 89.</i> Mapa de velocidades (parque automotor proyectado a 10 años) - velocidad de los alimentadores de la ruta apd7.	175
<i>Figura 90.</i> Modelo de la carga de pasajeros en la ruta APD7.	172
<i>Figura 91.</i> Afectación del estado del pavimentos, señalización, pendiente y vehículos estacionados en los tramos del corredor.....	173
<i>Figura 92.</i> Área de influencia indirecta de los puntos de parada de la ruta APD7.	174
<i>Figura 93.</i> Caracterización de tramos críticos.....	175
<i>Figura 94.</i> Caracterización de tramos críticos.....	175

Lista de apéndices

(Véanse los archivos en medio digital externo)

Anexo A. Instrumentos de recolección de datos.

Anexo B. Resultados etapa 2.

Anexo C. Resultados etapa 3.

Anexo D. Resultados etapa 4.

Resumen

La ruta APD7 es una de las rutas alimentadoras de la empresa Metrolínea, opera únicamente en el Municipio de Piedecuesta y constituye un importante corredor vial con una longitud de 10,1 Km y un promedio de 1487 usuarios diarios, de acuerdo con el registro estadístico de Metrolínea. Esta ruta funciona desde el año 2014 y actualmente, con la inauguración del Portal de Piedecuesta, cuenta con 43 puntos de parada definidos por la empresa.

El punto de inicio de la ruta está ubicado en el Portal de Piedecuesta y desde ahí recorre la ciudad de norte a sur, pasando por el sector centro y otros barrios como La Castellana y La Candelaria hasta llegar al barrio Paseo del Puente, donde el alimentador retorna al Portal de Piedecuesta, pasando por los barrios La Feria, Campo Verde, Palermo, La Argentina, Junín y Callejuelas.

Esta investigación analiza la influencia que tiene el tránsito y la demanda de usuarios en el funcionamiento de la ruta APD7 tanto en horas pico como en horas valle. Y el trabajo comprendió la toma de datos de volúmenes vehiculares (particulares, taxis, motocicletas, buses tradicionales, bicicletas, camiones y alimentadores de Metrolínea), condiciones del corredor vial (estado del pavimento, señalización y geometría) y parámetros operacionales de la ruta APD7 (velocidades, frecuencias, tiempos de recorrido y ocupación). Debido al comportamiento variable de estos factores, los datos fueron tomados en tres días representativos de la semana: un día hábil (lunes-viernes), un sábado y un día festivo.

Los datos recolectados fueron analizados para organizar la información de acuerdo con un registro diario de cada parámetro, obteniendo tablas y gráficos donde se observa el comportamiento de las variables medidas. Con esta información se elaboró una microsimulación

de un escenario multimodal para un día hábil, debido a que los promedios más críticos se identificaron en este día representativo.

Se utilizó el software Aimsun Next 20 para obtener resultados de velocidades y conteos vehiculares, tiempos de espera, longitudes de cola, densidad y nivel de servicio de los tramos viales correspondientes a la ruta APD7. Además, se utilizó el software PTV Vissim para modelar la demanda de pasajeros y obtener tiempos de espera y usuarios potenciales en cada punto de parada.

Este trabajo también incluye el modelamiento con una proyección a 10 años de la población y el volumen vehicular del municipio para simular el comportamiento futuro de la ruta, manteniendo las frecuencias, flota y recorrido actuales con el objetivo de exponer las condiciones a las que se verá sometido el transporte integrado en el municipio de Piedecuesta si no se realizan cambios al sistema que opera actualmente.

Con el análisis de datos de campo se encontró que, en días hábiles, los pasajeros que abordan el alimentador APD7 en el Portal de Piedecuesta presentan un tiempo de espera de 8,5 minutos en hora valle y 10,77 minutos en hora pico.

Además, los tiempos de ciclo obtenidos en horas valle fueron de 52,14 minutos en días hábiles, de 49,46 minutos los sábados y de 49,32 minutos los domingos y festivos. Sin embargo, estos tiempos fueron diferentes cuando se midieron en horas pico, por ejemplo, en días hábiles de 57,26 minutos y los sábados de 53,35 minutos, es decir, un incremento del 10% y 8%, respectivamente.

Con el modelo de simulación, se obtuvo que la velocidad promedio del corredor vial en horas valle fue de 20,50 km/h en días hábiles, de 22,79 km/h los sábados y de 23,99 km/h los domingos y festivos. En horas pico, la velocidad fue de 17,54 km/h en días hábiles y de 20,64 km/h los sábados. Sin embargo, la velocidad del bus alimentador respecto a la velocidad del corredor vial disminuye 41% (10,35 km/h) en día hábil, 37% (13,14 km/h) los sábados y 34% (15,72 km/h) los

domingos y festivos. La anterior condición se debe a la maniobrabilidad del conductor en el corredor vial y a la realización de paradas en su recorrido. Los resultados de la simulación varían un 2.18% respecto a los datos obtenidos en campo, con una desviación media de 0.39.

Como ya se presentó, las velocidades en los fines de semana son mayores que en días hábiles y esto se debe a que el volumen de tránsito disminuye un 25% los sábados y un 43% los domingos y festivos.

Finalmente, de la simulación realizada con condiciones de volumen de tránsito y población proyectadas a 10 años, se concluye que la velocidad general de todos los tramos de la ruta APD7 no superaría los 15 km/h en un día hábil en hora pico. Además, considerando que la población de Piedecuesta crece un 3,73% anualmente, se espera que, para el 2030, la población sea de aproximadamente 190.000 habitantes; por lo que, bajo estas condiciones, para un día hábil simulado, la demanda de usuarios sería de 51 personas por recorrido y en el escenario de mayor demanda, esta cantidad de usuarios sería de 59 personas. Considerando que la capacidad máxima de los buses alimentadores es de 45 personas, se recomienda realizar un plan de contingencia a mediano y largo plazo y mayor control por parte de la empresa para evitar la sobresaturación de los buses.

Palabras Clave: Metrolínea, sistemas BRT, operación alimentadora, demanda de usuarios, tránsito vehicular, modelación de transporte.

Abstract

The APD7 route is one of Metrolínea's feeder routes, it operates only in the Municipality of Piedecuesta and constitutes an important road corridor with a length of 10.1 Km and an average of 1487 daily users, according to Metrolínea's statistical record. This route works since 2014 and currently, with the inauguration of the Portal de Piedecuesta, it has 43 stop points defined by the company.

The starting point of the route is located in Portal de Piedecuesta and from there it runs through the city from north to south, passing through the downtown area and other neighborhoods such as La Castellana and La Candelaria until it reaches the Paseo del Puente neighborhood, where the feeder returns to Portal de Piedecuesta, passing through the La Feria, Campo Verde, Palermo, La Argentina, Junín and Callejuelas neighborhoods.

This research analyzes the influence that traffic and user demand have on the operation of the APD7 route during both peak and off-peak hours. And the work included the data collection of vehicle volumes (individuals, cabs, motorcycles, traditional buses, bicycles, trucks and Metrolínea feeders), road corridor conditions (state of the pavement, signaling and geometry) and operational parameters of the APD7 route (speeds, frequencies, travel times and occupation). Due to the variable behavior of these factors, the data was taken on three representative days of the week: a working day (Monday-Friday), a Saturday and a holiday.

The collected data were analyzed to organize the information according to a daily record of each parameter, obtaining tables and graphs where the behavior of the measured variables can be observed. With this information a micro-simulation of a multimodal scenario for a working day was elaborated, because the most critical averages were identified on this representative day.

The Aimsun Next 20 software was used to obtain results of vehicle speeds and counts, waiting times, queue lengths, density and level of service of the road sections corresponding to the APD7 route. In addition, Vissim PTV software was used to model passenger demand and obtain waiting times and potential users at each stop.

This work also includes the modeling with a 10-year projection of the population and the vehicle volume of the municipality to simulate the future behavior of the route, maintaining the current frequencies, fleet and route with the aim of exposing the conditions to which the integrated transport will be submitted in the municipality of Piedecuesta if no changes are made to the system currently operating.

With the analysis of field data, it was found that, in working days, passengers who board the APD7 feeder at the Piedecuesta Portal have a waiting time of 8.5 minutes in off-peak hours and 10.77 minutes in peak hours.

In addition, the cycle times obtained in off-peak hours were 52.23 minutes on working days, 49.77 minutes on Saturdays and 49.5 minutes on Sundays and holidays. However, these times were different when measured in peak hours, for example, 57.25 minutes on working days and 52.53 minutes on Saturdays, that is, an increase of 10% and 8%, respectively.

With the simulation model, the average speed of the road corridor in off-peak hours was 20.50 km/h on working days, 22.79 km/h on Saturdays and 23.99 km/h on Sundays and holidays. During peak hours, the speed was 17.54 km/h on working days and 20.64 km/h on Saturdays. However, the speed of the feeder bus with respect to the speed of the road corridor decreases 41% (10.6 km/h) on working days, 37% (13.7 km/h) on Saturdays and 34% (15.7 km/h) on Sundays and holidays. The above condition is due to the driver's maneuverability in the roadway corridor and

to the execution of stops along its route. The results of the simulation vary by 2.18% with respect to the data obtained in the field, with an average deviation of 0.39.

As already presented, speeds on weekends are higher than on working days and this is due since the volume of traffic decreases by 25% on Saturdays and 43% on Sundays and holidays.

Finally, from the simulation carried out with traffic volume and population conditions projected over 10 years, it is concluded that the general speed of all sections of the APD7 route would not exceed 15 km/h on a working day at peak time. In addition, considering that Piedecuesta's population is growing by 3.73% annually, it is expected that by 2030 the population will be approximately 190,000 inhabitants; therefore, under these conditions, for a simulated working day, the user demand would be 51 people per route and in the highest demand scenario, this number of users would be 59 people. Considering that the maximum capacity of the feeder buses is 45 people, it is recommended that a medium- and long-term contingency plan and greater control by the company be carried out to avoid over-saturation of the buses.

Key Words: Metrolínea, BRT systems, feeder operation, user demand, vehicular traffic, transportation modeling.

Glosario

Abordaje. Acto de subir a bordo de un vehículo en el sistema, antes de que este inicie su movimiento. [1]

Adelantamiento. Maniobra mediante la cual un vehículo se pone delante de otro vehículo que lo antecede en el mismo carril de una calzada. [1]

Algoritmos microscópicos. Considera el movimiento individual de cada vehículo y las interacciones entre ellos. En adición a la geometría, algunas consideraciones especiales del comportamiento de los conductores pueden ser tenidas en cuenta en la relación flujo - densidad vehicular. [2]

Área de influencia. Corresponde a las jurisdicciones de los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón en la República de Colombia, según lo previsto en la Resolución N°002033 del 3 de agosto de 2004 expedida por el Ministerio de Transporte. [1]

Autopista. Vía de calzadas separadas, cada una con dos (2) o más carriles, control total de acceso y salida, con intersecciones en desnivel o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras y con control de velocidades mínimas y máximas por carril. [1]

Barrera de control de acceso (torniquete). Dispositivo electromecánico que se encarga de restringir el acceso de los pasajeros a los buses o estaciones. El validador permite la liberación de la barrera en función de la validación del medio de pago. [1]

Bus alimentador. Buses de capacidad media, adecuados a las condiciones viales y de tránsito que permiten el acceso desde los barrios cercanos al sistema. [1]

Calibración. Proceso de encontrar los mejores valores de los parámetros para los submodelos de un microsimulador de tráfico. [3]

Capacidad de la red. Cantidad máxima de vehículos que puede soportar una red, bajos unas condiciones establecidas. [3]

Carga promedio de autobús. Número promedio de pasajeros por autobús, medido en un intervalo de tiempo y en un tramo de vía determinado, durante un periodo de evaluación que es establecido de acuerdo con las necesidades del servicio definidas por Metrolínea S. A. [1]

Carril exclusivo. Corredores designados sobre las vías arterias de la ciudad para la circulación permanente y en algunos casos exclusivos para los buses del Sistema de Transporte Masivo en función de la prestación del servicio de transporte masivo de pasajeros. [1]

Carriles de tráfico mixto. Carriles sobre los cuales podrán circular los vehículos particulares como automóviles, camiones, motocicletas y vehículo de transporte público individual tipo taxi. [1]

Choque o colisión. Es el encuentro violento entre (2) o más vehículos, o entre un vehículo y un objeto fijo. [1]

Cola. Cantidad de vehículos en una calle a la espera del derecho a la vía en una intersección. [3]

Cruce e intersección. Punto en el cual dos (2) o más vías se encuentran. [1]

Demanda. Cantidad de pasajeros movilizados en un determinado rango de tiempo y espacio. [1]

Ente gestor. Corresponde a Metrolínea S.A., empresa encargada de la planeación, gestión y control del SITM. [1]

Esquema operacional. Conjunto de servicios, paradas, tiempos de ciclo y de operación de transporte diseñados para atender la demanda en un periodo determinado. [1]

Estaciones de cabecera - portales. Puntos donde se recogen y despachan pasajeros desde y hacia los barrios. La integración en este tipo de estaciones es mayoritariamente física. [1]

Flota. Es el conjunto de autobuses articulados, padrones y alimentadores que reúnen las características, especificaciones y tipología para la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros. [1]

Franjas horarias. Rangos de tiempo establecidos en los cuales se mantiene una frecuencia uniforme. [1]

Frecuencia de servicios o frecuencia. Es la tasa de paso de vehículos en una unidad de tiempo para un servicio determinado. [1]

Grupo de señales. Constituye un semáforo (entendido como el conjunto de luces para el control de tráfico). [3]

Hora punta u hora pico. Intervalo de tiempo en el que se presenta el mayor número de pasajeros en el sistema de transporte en un intervalo de un día. [1]

Hora valle. Los intervalos de tiempo antes, entre y después de las horas pico. [1]

Infraestructura de transporte del sistema Metrolínea. Son los corredores troncales, pretroncales, alimentadores, patios y talleres, estaciones y otros que tengan que ver con la movilidad de los autobuses y de los usuarios. [1]

Intervalo. Es el periodo de tiempo que transcurre entre el paso de dos autobuses sucesivos por el mismo punto, de un servicio determinado. [1]

Kilómetros en servicio. Es el número de kilómetros programados y efectivamente recorridos por un autobús del concesionario durante el cumplimiento de un itinerario en la prestación del servicio de transporte de pasajeros, conforme a los cuales se liquidan los pagos que corresponden a los concesionarios. [1]

Kilómetros programados. Es el número de kilómetros propuestos por el concesionario para el programa de servicio de operación en la planeación de un itinerario en la prestación del servicio de transporte de pasajeros que no contempla kilómetros en vacío. [1]

Metrolínea S.A. Es una sociedad por acciones entre entidades públicas sujeta al régimen de una Empresa Industrial y Comercial del Estado, dotada de personería jurídica, autonomía administrativa y capital independiente, constituida mediante Escritura Pública N°1011 de marzo 21 de 2003, otorgada por la Notaría Séptima del Círculo de Bucaramanga, aclarada mediante escritura pública No. 3809 de octubre 6 de 2004 de la misma Notaría, registrada en la Cámara de Comercio de Bucaramanga. Metrolínea S.A. es la entidad estatal concedente y tiene el carácter de titular del Sistema Metrolínea. [1]

Microsimulador de tráfico. Es una herramienta computacional que permite simular de manera detallada el comportamiento individual de los vehículos y sus interacciones con el entorno. Caracterizando por medio de submodelos diferentes comportamientos como la aceleración, la velocidad, cambios de carril, elección de ruta etc. [2]

Operación alimentadora. Se considera operación alimentadora a la actividad de transporte de pasajeros que deberá desarrollar el concesionario mediante las rutas alimentadoras y dentro de las vías del Sistema Metrolínea, para el traslado de personas entre estaciones y paraderos autorizados en los corredores del Sistema Metrolínea. [1]

Parámetros. Argumentos de la función que afectan el comportamiento de esta pero no se asumen como variables independientes ya que no es de interés en el modelamiento. [3]

Plan de señales. Define los intervalos de tiempo de la secuencia de cambios de los grupos de un cruce. [3]

Puntos de parada. Son los puntos de la ciudad sobre los corredores donde parar los vehículos conforme a la planeación de los servicios y en el desarrollo de la operación para recoger y dejar pasajeros. Éstos podrán tener diferente tratamiento físico dependiendo del corredor y de su demanda. [1]

Red vial. Infraestructura física que permite el movimiento vehicular de un lugar a otro de personas, bienes o servicio. [2]

Ruta. Una ruta de una línea es un recorrido entre dos puntos extremos de la línea. Un bus que complete el recorrido de una ruta de la línea habrá realizado un Viaje. Los puntos de inicio y final de una ruta son paradas de cabecera. También podrá haber rutas con origen o destino en un depósito. [1]

Semáforo. Dispositivo electromagnético o electrónico para regular el tránsito de vehículos, peatones mediante el uso de señales luminosas. [1]

Señal de tránsito. Dispositivo físico o marca especial, de carácter preventivo, reglamentario e informativo, que indica la forma correcta como deben transitar los usuarios de las vías. [1]

Separador. Espacio estrecho y saliente que independiza dos calzadas de una vía. [1]

Simulación computacional. Técnica que permite abstraer la realidad mediante un ordenador con el fin de imitar su operación y comprender como funciona el sistema. Adicionalmente como afecta el comportamiento de este al modificar información del modelo. [2]

Tabla horaria. Es la definición de la hora de despacho desde la estación de origen de los autobuses asignados a los respectivos servicios, con precisión de hora, minutos y segundos, así como también la definición del tiempo de llegada de los autobuses a las correspondientes estaciones sencillas y de integración, de acuerdo con cada uno de los servicios. [1]

Tramo crítico. Es un tramo de un corredor determinado, en el cual se presenta el mayor número de pasajeros transportados durante un periodo de tiempo fijo. [1]

Troncal. Vía principal integrante del sistema Metrolínea, para la circulación de los autobuses articulados y/o padrones del Sistema, o cuando por necesidades del servicio Metrolínea S.A. lo requiera, de autobuses alimentadores; dotada de infraestructura de transporte para el ingreso, trasbordo y salida de pasajeros. [1]

Usuario. Persona que adquiere el derecho de ser transportado en el sistema mediante la compra de un pasaje. [1]

Vía. Zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales. [1]

Zona paga. Zona especial que se establece en la estación, portal o vehículo del Sistema en la que los usuarios que han validado su tarjeta son las áreas de estaciones y portales en la que los pasajeros pueden permanecer durante el abordaje o trasbordo en el sistema. [1]

Introducción

El transporte público en Piedecuesta juega un papel muy importante para cumplir con las actividades estudiantiles, laborales y lúdicas de sus habitantes, debido a que, deben desplazarse a los centro educativos, comerciales, industriales y hospitalarios que se encuentran, generalmente, dentro de la ciudad capital, es decir, Bucaramanga.

Desde la implementación del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) Metrolínea, la mayoría de piedecuestanos que no cuentan con vehículo propio adoptaron este sistema como su principal medio de transporte. Según la encuesta de percepción ciudadana realizada en el año 2019 denominada cómo vamos [4], han sido notorias situaciones críticas en cuanto a la baja velocidad de los vehículos y la elevada concentración de usuarios en determinados putos de parada en el municipio de Piedecuesta. Las causas principales de estos fenómenos son el aumento del volumen vehicular en los corredores viales, el aumento de la demanda del servicio de transporte con el crecimiento de la población y el deterioro de la estructura vial con su uso constante.

Cuando no se cuenta con un dimensionamiento actualizado del volumen vehicular que circula por una ruta específica de transporte público y su correlación con la cantidad de usuarios que acceden al sistema, el número de recorridos y frecuencias de salida de los buses alimentadores; se dificultan las labores de planeación y operación del sistema de transporte, generando consecuencias negativas tanto para la empresa prestadora del servicio (pérdida de confianza, pérdidas económicas y percepción de baja calidad), como para los usuarios (mayor tiempo invertido en transporte e incomodidad por aglomeración de pasajeros).

Por consiguiente, con este proyecto se pretende describir la situación actual de la ruta APD7, identificando tramos críticos de acuerdo con la velocidad de los buses alimentadores, el estado de

la configuración vial, el volumen vehicular y la demanda de usuarios; con el fin de organizar la información sobre los parámetros que conforman y afectan el funcionamiento operacional del sistema de alimentación a cargo de Metrolínea S.A. Esta información puede ser usada como insumo de las evaluaciones de desempeño que realiza esta empresa, con el fin de determinar los cambios necesarios para el mejoramiento del servicio y la comodidad de los usuarios.

1. Desarrollo de los antecedentes

La comprensión del entorno de funcionamiento de un sistema de transporte público es una prioridad en la implementación de este tipo de servicios, por ejemplo, Herrera en [5], describió las variables operacionales de la ruta Lagos-Quebradaseca en la ciudad de Bucaramanga, proporcionando una visión del entorno del SITM Metrolínea y las variables que serán tenidas en cuenta en esta investigación al tener gran impacto en el desempeño del servicio: cantidad de pasajeros (demanda de usuarios), tiempo de recorrido, tiempos de espera, frecuencias y velocidades. En este estudio se encontró que la ruta Lagos-Quebradaseca tiene un rango de tiempo de ascenso y descenso de pasajeros de 12 a 45 segundos y éste varía dependiendo si se mide en hora valle o en hora pico. También se determinaron velocidades entre diferentes tramos que varían de 16 km/h a 47 km/h dependiendo de las horas pico y valle y se infiere que la causa de esta variación es el entrecruzamiento del flujo peatonal y vehicular. Finalmente, se encontró que el 17% de los usuarios de esta ruta debe esperar más de 7 minutos para abordar al bus correspondiente a su destino.

En un análisis preliminar de un servicio expreso derivado de la ruta P8 del SITM Metrolínea, descrito por Gonzales, et al, en [6], se buscó una estrategia de operación mediante el concepto de servicios expresos o servicios con paradas limitadas. Aquí se describen los factores que afectan los tiempos de viaje de tránsito, tales como: el número de intersecciones con semáforo, el número de paradas del bus, la longitud del segmento, el número de pasajeros que abordan y descenden, la hora del día, la experiencia del conductor, el tiempo de despacho de los buses y las condiciones climáticas. Se identificó una influencia negativa en la movilidad del recorrido por parte de las

intersecciones, pero sólo cuando no cuentan con semáforos reguladores de circulación, ya que, el vehículo llega a un pare indefinido hasta que se le permite cruzar.

En este análisis también se evidenció la predominancia de pavimento flexible sujeto a ahuellamiento, grietas y otras fallas de la estructura, lo que disminuye la velocidad y aumenta el tiempo de viaje. Para esta ruta se registró una velocidad promedio de 30 km/h en carril mixto y de 40km/h en carril exclusivo. Asimismo, se hizo énfasis en que la hora del día (debido al comportamiento dinámico del tránsito), afecta la velocidad de los buses ya que se registró una velocidad promedio de 27 km/h en hora valle y 18 km/h en hora pico. El estacionamiento de vehículos en sitios no autorizados también es un agravante al sistema, ya que los conductores deben disminuir su velocidad y maniobrar para esquivarlos. Finalmente, la frecuencia de salida programada por Metrolínea era de 10 minutos y presentó un retraso del 20% al 50%.

En un diagnóstico general de las rutas alimentadoras de Piedecuesta realizado en el año 2017 por Gutiérrez y Delgado en [7], se identificó la demanda aproximada de viajes del SITM por medio de aforos (conteos de pasajeros que suben y bajan de los alimentadores) para encontrar los perfiles de carga de las rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7 y APD8. Se utilizó la longitud entre tramos y los tiempos de recorrido para encontrar las velocidades de los buses alimentadores y medir la eficiencia de la operación frente al perfil de carga de pasajeros y el congestionamiento vehicular. Se encontró que, a lo largo del recorrido, la ruta APD7 mantuvo relativamente constante el número de pasajeros y se apreció una mayor carga de usuarios en los siguientes horarios: de 6:00 a 9:00 am debido al inicio de jornadas educativas y laborales; y de 5:00 a 7:00 pm por el retorno a los hogares una vez finalizadas estas jornadas.

Según datos de Metrolínea, se obtuvo que la ruta tiene una longitud de 10.1 km y que el tiempo de ciclo en horas valle es de 45 minutos y en horas pico es de 48 minutos. La velocidad operacional

obtenida fue de 25 km/h tanto para horas valle como para horas pico. Asimismo, el desempeño de la ruta es de 52% en hora valle y tan sólo de 48% en hora pico. Se concluye que, las bajas velocidades que fueron medidas (13 - 20 km/h) son debido a la congestión vehicular, al mal estado de la vía y la falta de cultura vial, lo que afecta el desplazamiento de los buses alimentadores.

Manrique, en su estudio de modelación de aglomeración de pasajeros en sistemas BRT [9], expuso que para, el año 2016, el 40% de las personas del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), se movilizaban en Metrolínea. Además, entre los factores que causan el problema de aglomeración se encontraron: las demoras de los autobuses, la falta de vehículos (flota) en una ruta determinada y la mala calidad del asfalto del corredor vial. Se encontró que el ancho mínimo recomendado para un carril de tráfico mixto es de 3 metros y, finalmente, se resaltó que la frecuencia de los buses articulados es de 8 minutos y los padrones de 7 a 10 minutos, según lo especificado por la empresa en 2017; sin embargo, en este estudio se determinó que la frecuencia real es de 13 minutos para articulados y 10 minutos para padrones.

Por otro lado, Delgado y Castellanos, en [10], evaluaron el desempeño del sistema de transporte Metrolínea con el fin de proporcionar un recurso para la toma de decisiones respecto a mejoras en su operación. Este estudio fue realizado en la estación Palmichal, aledaña a la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). La investigación partió de dos problemas: demora y aglomeración. El tamaño de la muestra fue de 350 personas, de los cuales el 87% fueron estudiantes, el 8% docentes, el 4% trabajadores y el 1% otros. Se encontró que 55% de las personas encuestadas hacían uso del servicio todos los días de la semana. La percepción del servicio fue clasificada como regular debido a la baja frecuencia de buses del servicio y a aglomeraciones en la estación y en los buses.

En un estudio de movilidad de la Zona Franca de la ciudad de Cartagena, realizado en el año 2014 [11], se hizo un desglose detallado del volumen de tránsito por tipo de vehículo: autos, buses, microbuses, buseta tipo Van, C2P C2G, C3, C4, C5, motos, bicicletas, mixtos y equivalentes. Su muestra fue de dos días típicos y un día atípico. En esta ocasión se encontró que, para el día atípico, el pico de la mañana se presentó entre las 9:45 y 10:45 horas; un pico al medio día de 12:30 a 13:30 y el pico de la tarde entre las 16:00 y las 17:00 horas. Para los días típicos, el pico de la mañana se presentó entre las 7:00 y 8:00 horas, un pico al medio día de 12:15 a 13:15 y el pico de la tarde entre las 17:00 y las 18:00 horas. Seguidamente se realizó una modelación con Synchro 7.0 y se encontró que, tanto para el día típico como para el atípico, la operación del corredor vial no presentó altas demoras ni longitudes de cola importantes debido a que el nivel de servicio era A, lo cual representa una fluidez en la circulación de los volúmenes vehiculares sin mayores afectaciones.

2. Planteamiento del problema

De acuerdo con el rápido crecimiento de la demanda de viajes urbanos en las grandes ciudades y áreas metropolitanas, se ha recalcado la necesidad de contar con medios de transporte alternativos que sean socialmente beneficiosos, económicamente justificables y respetuosos con el medio ambiente. Los sistemas de tránsito rápido (BRT) son un desarrollo del transporte público que se ha aplicado en múltiples ciudades del mundo. De acuerdo con Leonardo Basso, en su evaluación de la eficiencia de los BRT en [12], estos sistemas tienen sus principales factores de diseño en dos ejes: las condiciones del tránsito y la demanda de pasajeros de una determinada ruta. Cuando se define la frecuencia de un bus y las condiciones de tránsito fluctúan, la capacidad de satisfacer la demanda de pasajeros se ve directamente afectada. Dichas condiciones varían de acuerdo con la hora del día, es decir, por los fenómenos conocidos como hora pico y hora valle, que representan dos escenarios de comportamiento tanto en la demanda del servicio como en la congestión en los corredores viales.

En Piedecuesta, la empresa que opera el SITM, es Metrolínea S.A., la cual entró en funcionamiento en el municipio en julio de 2012, dos años después de ser implementado en la ciudad de Bucaramanga. Este proyecto se planteó para mejorar la movilidad vehicular, al igual que reducir la contaminación de la ciudad y municipios vecinos. Aquí se realizan recorridos intermunicipales dentro del AMB y se utilizan buses alimentadores que generan una amplia cobertura de transporte público dentro los municipios donde se implementa el sistema.

Actualmente, se han definido 6 rutas alimentadoras en el municipio y una de ellas es la ruta APD7, que, de acuerdo con el registro estadístico de Metrolínea, es una de las rutas más extensas (10,1 km) y de las que más validaciones diarias presenta (1487 en promedio). Esto último hace

que sea una ruta en la que existan puntos con aglomeración de pasajeros a la espera de un bus, las personas tengan tiempos de ascenso y descenso variantes, principalmente en el punto de partida y que de esta manera el bus retrase su hora de salida al recorrido distorsionando la frecuencia establecida y entrando en conflicto con el volumen del tránsito que exista.

Además, ninguna ruta del sistema de alimentación de Metrolínea en Piedecuesta cuenta con carriles exclusivos, por lo que los buses alimentadores se encuentran en igualdad de condiciones con el sistema de transporte público tradicional, por lo menos respecto a la operación en un entorno de vehículos particulares y demás medios de transporte urbano terrestre, lo que se traduce en los problemas ya citados. Adicionalmente, dado el diseño geométrico de la red vial de la ruta APD7 (los cuales se componen, en su gran mayoría de vías simples de un solo carril), no es posible contemplar una implementación de carril exclusivo para los alimentadores. Sin embargo, si es posible comprender de una mejor manera el comportamiento del tránsito, en conjunto con las necesidades de transporte determinadas por la demanda de usuarios para establecer un mejor escenario de operación de la flota de alimentadores de la ruta APD7.

En centros urbanos y áreas metropolitanas, de acuerdo con las observaciones realizadas por Leonardo Basso en [12], el alto porcentaje de vehículos privados ha dado lugar a escenarios de congestión y por ende a la disminución de la velocidad promedio de los buses y al aumento del tiempo de viaje; generando insatisfacción, apreciaciones negativas por parte de los usuarios y un costo adicional en la operación del sistema.

Según [13], la operación de los vehículos que circulan en ciudades de más de 100.000 habitantes consume alrededor de 3.5% del Producto Interno Bruto (PIB) de América Latina y el Caribe, sin considerar los viajes opcionales, como los de fines de semana [14]. A lo señalado, debe agregarse otra serie de consecuencias que afectan negativamente las condiciones de la vida urbana, entre las

que se encuentran: la incrementada contaminación del aire, provocada por el consumo de combustibles en vehículos que circulan en un tránsito convulsionado a baja velocidad; los mayores niveles de ruido en el entorno de las vías principales, la irritabilidad causada por la pérdida de tiempo y el aumento del estrés por conducir inmerso en una masa vehicular excesiva. Los efectos de la congestión pueden medirse mediante el desglose del costo en dos componentes fundamentales: el tiempo personal y los costos operacionales de los vehículos, especialmente el combustible; ambos se ven incrementados al viajar bajo condiciones de congestión. De la misma forma, el inadecuado diseño o mantenimiento vial es causante de una congestión innecesaria. En muchas ciudades, como se menciona en los antecedentes, es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, paraderos de buses ubicados donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito.

Evidentemente, la congestión obliga a los pasajeros de los buses a demorarse más en desplazarse, según Song, et al, en [15], se percibe que los habitantes urbanos pierden casi \$1,000 dólares al año mientras están atrapados en el tráfico. Simultáneamente, se infiere que, en horas pico, las personas tienen que salir de sus casas antes de lo planeado y, en muchos casos, llegan más tarde de lo que deberían; se estima que en Bogotá cada habitante perdió alrededor de 75 horas en trancones en el año 2017. Otro problema respecto a la hora del día en la que se viaja en transporte público se observó en una investigación realizada por [16], en la que se evidenció que, en hora valle, los buses que transitaban por la Avenida Caracas funcionaban mientras no estaban llenos; esto significa que había un despliegue masivo de buses que no era compatible con la baja demanda a esa hora del día, pero si repercutía negativamente en la velocidad del corredor, con un promedio de 15 km/h y ocasionalmente, a velocidades mucho más bajas.

3. Pregunta de investigación

¿Cómo se ven alteradas las velocidades, los tiempos de ciclo y las frecuencias establecidas para la ruta APD7 de Metrolínea debido al comportamiento del tránsito, estado del corredor vial y la demanda de usuarios de algunos puntos de parada?

4. Hipótesis

El tiempo de ciclo en hora pico de la ruta APD7 se ve incrementado un 10% en comparación al tiempo de ciclo en hora valle debido a la variación de volumen vehicular entre estos horarios, la aglomeración de pasajeros en el Portal de Piedecuesta y al estado del corredor vial. Paralelamente, se plantea que la velocidad de los alimentadores disminuye un 40% respecto a la velocidad del corredor vial debido a la necesidad de realizar paradas obligatorias designadas por Metrolínea; se estima que en el 25% de ellas no se sube ni baja ningún usuario.

5. Justificación

La creciente popularidad de los sistemas BRT requiere investigadores que evalúen las condiciones de operación de los sistemas de transporte bajo diferentes fenómenos como la influencia de las condiciones del tráfico, la congestión vehicular y la demanda de usuarios, considerados como factores externos y dinámicos. Parte de la estrategia empleada en el mejoramiento de un servicio de transporte y en el aumento de percepción de calidad por parte de los usuarios, recae en el reconocimiento del entorno y las variables que lo afectan directamente.

Para Metrolínea, conocer el estado actual de las condiciones que generan aglomeraciones, problemas de movilidad y retrasos en los despachos definidos de una de sus rutas de alimentación (ruta APD7, como una de las principales); ofrece un amplio panorama de acción sobre las decisiones operacionales, entre las cuales se encuentran: aumento de la flota asignada, modificación de recorridos, eliminación de paradas con un nivel bajo/nulo de demanda de usuarios y calibración de frecuencias de salida.

Debido a las características del sistema de alimentación del municipio de Piedecuesta (enunciadas en párrafos anteriores), y la incertidumbre expresada por las directivas encargadas del funcionamiento del SITM en reuniones sostenidas con el director de operaciones de Metrolínea, Julián Arenas; se recalca la problemática de movilidad de la ruta APD7, la cual deriva del desconocimiento del comportamiento detallado del tránsito y de la actualización de la demanda de usuarios en los diferentes sectores del municipio.

La demanda de usuarios indica las necesidades de transporte presentes en una comunidad o sector, además de ofrecer una categorización de las zonas que presentan esta necesidad en mayor o menor nivel, de acuerdo con [17]. En la configuración actual de la ruta se detectan altos niveles de carga de pasajeros en horas de la mañana y en horas de la noche, quedando en ocasiones totalmente lleno. Por el contrario, en horas valle la carga de pasajeros usualmente es mínima, por lo cual, es importante localizar geográficamente donde se originan los mayores y menores focos de aglomeración de pasajeros a lo largo del día para decidir sobre un mejor plan de frecuencias, es decir, aumentar o disminuir la tasa de circulación de alimentadores APD7 de acuerdo con las necesidades de transporte detectadas.

Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, los tiempos de espera en intersecciones y las

condiciones de la vía. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión, expresado en [18], por esta razón, mediante el conocimiento del comportamiento dinámico del tránsito se puede definir u optimizar las rutas asignadas para los buses alimentadores, identificando tramos críticos en los cuales puede variar su carga vehicular a lo largo del día, contribuyendo al aumento o la disminución de la velocidad de recorrido, la cual se encuentra ligada directamente al tiempo de viaje; es decir, con este insumo se pueden establecer medidas que ofrezcan recorridos rápidos con una amplia cobertura del sector urbano del municipio; siendo esta una necesidad persistente, recordando que la velocidad promedio de los buses alimentadores de la ruta en [7], fue medida entre 13 – 20 km/h.

Esta investigación contempla una amplia toma de datos de campo que proporcionan objetividad y realismo sobre los datos, tablas y gráficos que aquí se exponen, garantizando que, en caso de ser tenidos en cuenta en los ajustes del servicio por parte de la Dirección de Operaciones de Metrolínea; se haga sobre los aspectos verdaderamente relevantes y que más afectan la calidad del servicio.

Como complemento, se comprueba la información tomada en campo y de diferentes fuentes académicas en un modelo de simulación de tránsito, donde, de manera visual, se puede identificar los puntos donde se generan los inconvenientes ya expuestos. Esto permite a los encargados de la gestión operacional tomar planes de acción más acertados y en un menor tiempo, actuando directamente sobre los puntos de mayor atención.

Finalmente, el deseo de profundizar en temas de ingeniería de tránsito nos conduce autores de este proyecto a estudiar temas de movilidad y tránsito que son plasmados en el desarrollo de esta investigación.

6. Propósito

Dentro de los resultados esperados con el desarrollo de este proyecto se obtienen tablas y un modelo que, inicialmente cumplen una función de insumo para desarrollar análisis posteriores, sin embargo, al mismo tiempo puede contribuir a alimentar la base de datos de Metrolínea y ser vinculado dentro de su registro para otros estudios. El modelo permite al autor obtener conclusiones de todo el proceso de desarrollo de la investigación.

Se obtienen tabulación y representación gráfica de volúmenes vehiculares y comportamiento del tránsito en el corredor vial de la ruta, obtenidos por medio de toma de datos de campo en puntos de medida designados.

Además, se elabora un modelo de interacción del escenario multimodal con variables obtenidas por medio de recolección de datos de campo y análisis de comportamiento de la ruta con consideración de un estudio de tránsito previo (tráfico, señalizaciones, análisis de intersecciones, características del corredor vial y semaforización).

Se obtienen datos de las variables operacionales que ocasionan situaciones de mayor y menor demanda en las paradas de la ruta. Comprendiendo las variables operacionales como las frecuencias de buses alimentadores, asignadas de acuerdo con la hora pico y valle, el punto de parada evaluado y el área de influencia indirecta (usuarios potenciales).

7. Objetivos

7.1 Objetivo General

Analizar la influencia del tránsito vehicular durante las horas pico-valle y la demanda actual de usuarios de tres días representativos de la semana en el funcionamiento operacional de la ruta alimentadora APD7 del SITM Metrolínea del municipio de Piedecuesta.

7.2 Objetivos Específicos

Estimar la demanda de usuarios por parada, frecuencias, las velocidades promedio de la ruta, con los volúmenes vehiculares y el comportamiento del tránsito correspondiente a su corredor vial.

Modelar la interacción vehicular y demanda de usuarios de un escenario dentro de la configuración vial de la ruta incorporando los parámetros operacionales obtenidos.

Caracterizar los tramos críticos en la operación de la ruta teniendo en cuenta el área de influencia, el comportamiento del tránsito y la demanda de usuarios.

8. Marco Referencial

8.1 Marco Contextual

8.1.1 Evolución de los sistemas de transporte público.

8.1.1.1 Primeros conceptos del sistema de transporte público masivo urbano en el mundo.

Debido a la infraestructura de transporte disponible en las ciudades se encontró que era insuficiente para atender a la demanda vehicular que cada día crecía el por aumento poblacional, generando grandes problemas de congestionamiento en los corredores viales; por esto en 1939, se aplicó por primera vez el concepto de los carriles destinados solo para autobuses de transporte en Chicago, Illinois. Tiempo después en 1971, se construyó un carril de la autovía Henry G. Shirley Memorial entre Washington y Woodbridge, el cual fue llamado Virginia y destinado sólo para buses, de acuerdo con [19]. El objetivo principal de estas y muchas más iniciativas en los diferentes países era precisamente aislar el transporte público de la congestión que se generaba por el tráfico. Así mismo, en los años 70 en Sudamérica se ideó el sistema de carriles exclusivos para buses de transporte público de Lima, Perú. Los buses de la empresa ENATRU recorrían la vía expresa de Paseo de la República en carriles segregados, los paraderos estaban espaciados cada 500 metros aproximadamente y se contaba con andenes laterales debajo de los puentes, sin embargo, cuando los buses salían de la vía expresa la circulación era compartida con el transporte público convencional [20]. Tiempo después en Curitiba, Brasil, a diferencia de los sistemas anteriores con carriles exclusivos para buses, se mejora la propuesta al considerar rutas completas de buses con carriles exclusivos, estaciones con pago inteligente, validación fuera de los buses y estaciones con andén, que hicieron que se llamara el metro en superficie [21]. Posteriormente en Essen, Alemania y Adelaida, Australia se crearon sistemas de autobuses guiados que lograron unas velocidades promedio más altas. Sin embargo, la capacidad de pasajeros de estos sistemas era limitada, haciendo que siguieran siendo considerados como de baja funcionalidad.

8.1.1.2 Sistema de transporte público masivo urbano y buses de tránsito rápido en América Latina y Colombia. En América Latina son más de 50 las ciudades que han destinado recursos a la construcción de corredores exclusivos para los buses de tránsito rápido (BRT) operando dentro de sistemas de transporte público. Estos buses se idearon con el motivo de afrontar unos de los problemas de movilidad más graves que venían existiendo como resultado de una desorganización generalizada en los procesos de expansión urbana desde los años 40's y de las dinámicas de liberalización del sector transporte iniciado en los años 80's. Tienen su origen principalmente en Suramérica y han sido una gran transformación y progresión para los servicios de transporte público atomizados y de baja calidad, además también representan una solución de bajo costo. El aporte principal que logró un cambio en los sistemas de buses con derecho de una vía segregada a un sistema masivo de transporte urbano en buses BRT fue su acceso desde estaciones que contaban con andén, a autobuses de mayor capacidad y el pago de tarifa en taquillas [22]. Con estas mejoras los buses llegaron a transportar 200 personas y en los puntos de paradas se logró abordar y descender de forma ágil a varias decenas de pasajeros, lo cual no se lograba con un sistema tradicional de buses que cuenta con paradas frecuentes, pago y validación en el bus y pocas puertas.

En Colombia existe la política nacional de transporte urbano y masivo que rige el desarrollo de los sistemas de transporte masivo (STM) y busca impulsar la implantación de este tipo de sistemas en las grandes ciudades del país, es decir, ciudades con más de 500,000 habitantes. Este plan se considera una iniciativa del gobierno como respuesta a la concentración de una gran población. Según el Conpes 3260 (DNP, 2003), Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Cartagena y Pereira, son aquellas que concentran el 50% de la población y generan el 70% PIB del país [23]. Para esto, la ley 310 de 1996 dictó que las fuentes de financiación de la infraestructura urbana de un STM serían: entre 40% y 70% por parte de la nación o sus entidades descentralizadas

y el otro saldo sería por parte del municipio donde fuera implementado. Se consideró que estos sistemas no eran de alta calidad, las frecuencias tardaban aumentando los tiempos de espera y generando acumulación de pasajeros por hora en un sentido [24]. En el año 2000 en la ciudad de Bogotá, se implementó el sistema Transmilenio mejorando estas consideraciones y agregando un componente que permitió multiplicar la capacidad de los sistemas BRT a niveles similares que las de un sistema masivo de transporte sobre rieles, como el metro, esto fue la inclusión de carriles de sobrepaso en las estaciones, permitiendo rutas expresas que no se detenían en todas los puntos y llegaban a transportar una capacidad de más de 40.000 pasajeros por hora en cada sentido. Después de la creación en Bogotá del Transmilenio y su buena acogida, varias ciudades del país decidieron iniciar el estudio y posterior construcción de un sistema de transporte de similares características, entre ellas Bucaramanga.

8.1.2 Características generales del área de estudio (Municipio de Piedecuesta).

8.1.2.1 Ubicación geográfica y división. Piedecuesta se encuentra ubicada en la provincia de Soto y hace parte del área metropolitana de Bucaramanga, se sitúa a 17 km de esta y a 378 km de Bogotá, ciudad capital de Colombia. Cuenta con una extensión territorial de 481 km² [25]. El casco urbano del municipio se divide en barrios, urbanizaciones, conjuntos, y condominios residenciales en las áreas rurales semiurbanas [26]. El municipio cuenta con 107 barrios, legalmente constituidos, de los cuales 4 pertenecen al estrato 1, 38 a estrato 2, 50 a estrato 3, 12 a estrato 4 y finalmente 3 a estrato 5. El sector urbano, corresponde a un total 73,46% del territorio municipal, cifra equivalente a 354,3505 km².

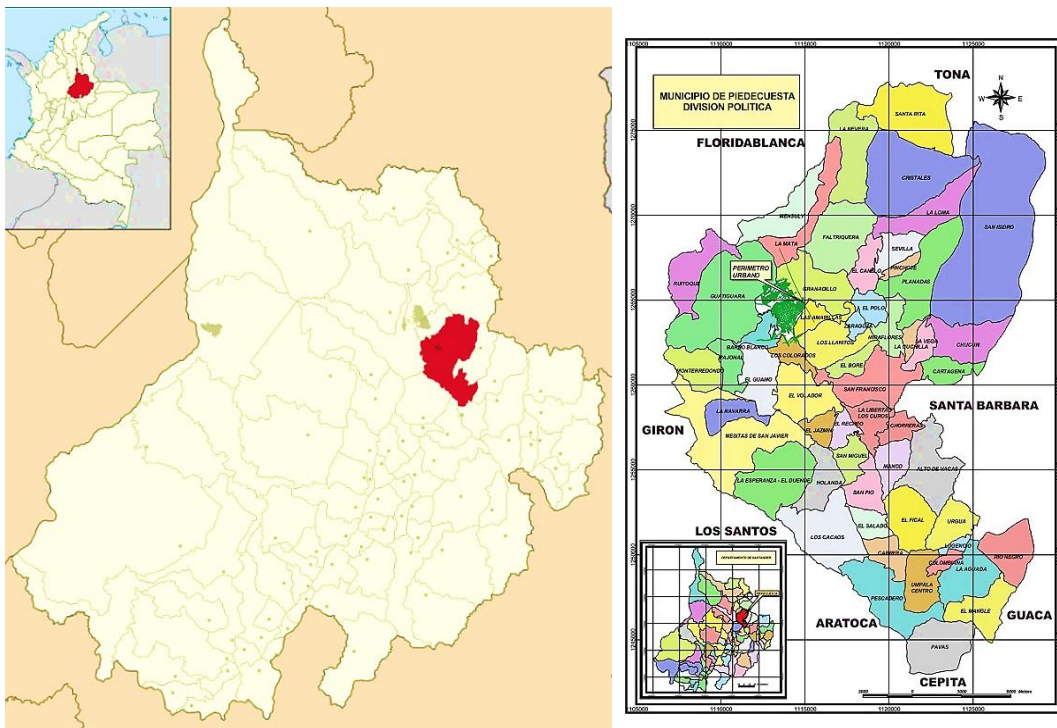


Figura 1. Ubicación de Piedecuesta y división política del municipio.
Adaptado de [27].

Hoy la parte urbana, según [28], está conformada por los siguientes barrios: Albania, Altos de Granada, Amaral, Aptos el Caney, Aptos la Candelaria, Aptos miradores de la Cantera, Aptos portal del Talao, Argentina antigua, Balcones de Castellana, Bariloche, Barro Blanco, Bella vista , Bosques de Aranjuez, Bosques de Piedecuesta, Brisas de Guatiguará, Brisas de primavera, Buenos Aires , Cabecera del llano, Callejuelas, Camino del parque, Aptos Campo Verde, Casas Granadillo, Casas la Candelaria, Casas portal del Talao, Cerros de Mediterráneo, Chacarita , Ciudadela Argentina, Comuneros, Divino Niño, Edimar, El Centro, El Mirador, El Paraíso, El Refugio, El Trapiche, Habitares de la Macarena, Halcón de Granada, Albania, Altos de Granada, Amaral, Hoyo Chiquito, Hoyo Grande, La Calera, Junín, La Cantera, La Castellana, La Colina, La Diva, La Feria, La Gloria, La Rioja, La Tachuela, Las Delicias, Los Cedros, Los Cisnes,

Monserate, Molinos del Viento, Navarra Real, Nueva Candelaria, Paisandú, Palermo, Paseo Cataluña, Paseo del Puente, Paseo Galicia, Paseo Real, Pie de Monte, Pinares de Granada, Portal de Santillana, Portal del Valle, Portal de Belén, Prados de Villa Nueva, Puerto Madero, Quinta Granada, Quintas de Guatiguará, San Antonio, San Carlos, San Cristóbal, San Francisco de La Cuesta, San Jerónimo, San Luis, San Marcos, San Pedro, San Rafael, San Silvestre, San Telmo, Santillana, Suratoque, Tejaditos, Villa Lina, Villa Luz, Villa Mar, Villa Marcela, Villa María, Villa Nueva, Villa Nueva del Campo, Villas de Coaviconsa, Villas de Navarra, Villas de San Juan, Villas del Rio, Villas del Rosario, Mensulí Campestre, Hacienda San Miguel, Country Colors, Mansión del Bosque, Bosques de Normandia, Miraflores, Ciudad Teyuna, Condominio Campestre La Pradera, Campo Campiña, Conjunto Campestre Alto Viento, Villas de Santamaria y Condominio Mirador del Lago.

8.1.2.2 Número de habitantes. De acuerdo con las proyecciones poblacionales elaboradas por [29], con base en el CENSO 2018, en Piedecuesta, para el año 2020, se encuentra una estimación de 182.959 personas en total, de las cuales, 150.483 corresponden al sector cabecera urbano y 32.476 al sector rural y centros poblados dispersos según Álvarez, en [30]. En el sector urbano, son 72.247 (47,90%) hombres y 78.236 (51,87) son mujeres. Lo que evidencia la relación de masculinidad en la que, por cada 100 mujeres, en este año existen 94 hombres. En términos generales, la población de este municipio crece cada año alrededor del 3,73%.

8.1.2.3 Repartición modal del transporte. El reparto modal es el porcentaje de viajeros que usan o prefieren un determinado modo de transporte, o bien de la cantidad de viajes realizada en este modo. Es un componente importante para la evaluación del desempeño del servicio de

transporte en una ciudad o región participando como punto a considerar en la gestión de cambios necesarios. Según [31], los últimos años, muchas ciudades han establecido objetivos de reparto modal para aumentar el uso de determinados modos reduciendo los problemas que otros modos generan: por ejemplo, es habitual perseguir un 30% de modos no motorizados (caminar, bicicleta) y un 30% de transporte público. Estas metas reflejan la intención de reducir en lo posible los modos motorizados privados (coche o motocicleta privados), como se habla en [32], por considerar que introducen externalidades negativas a la población (tráfico, accidentalidad, uso de espacio público, contaminación, accidentes, etcétera).

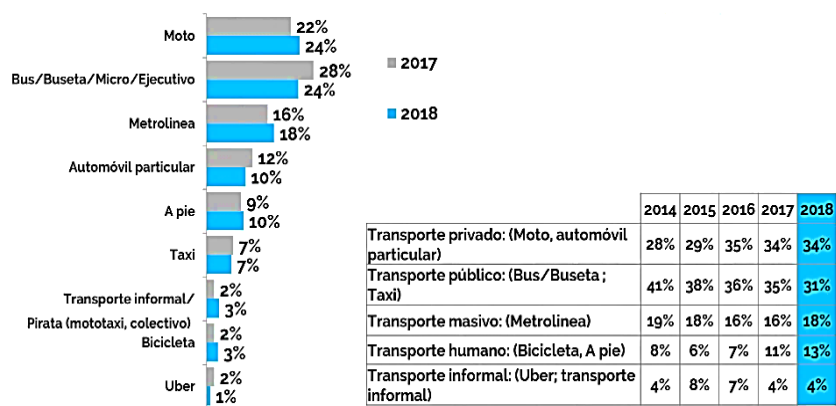


Figura 2. Preferencia de transporte de los usuarios del AMB desde el año 2014 hasta el año 2018. Tomado de [4].

En la figura 2, se muestra la distribución modal de preferencia del transporte por parte de los usuarios del AMB en general. En la figura 3, se muestra la preferencia por parte de los piedecuestanos, siendo de recalcar que el servicio de transporte brindado por el sistema Metrolinea es el que tiene mayor uso (33%), seguido de moto propia (21%), busetas (17%), vehículo particular (8%), a pie (8%), taxi (5%), transporte informal (4%) y por último bicicleta (3%). En general, en el área metropolitana, desde el año 2014 al año 2018, la preferencia de este medio de transporte se ha mantenido estable.

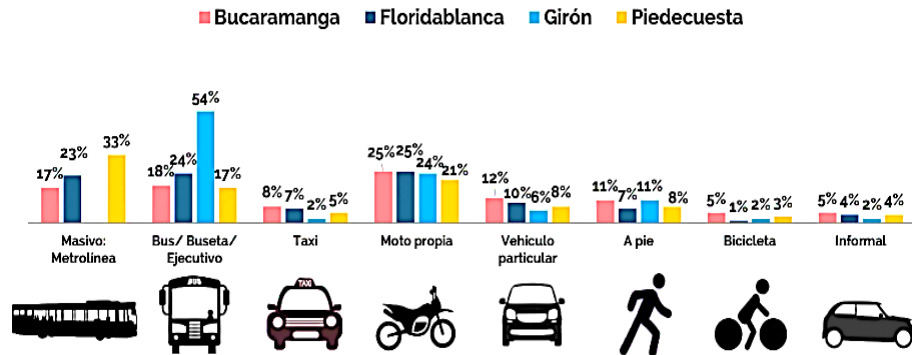


Figura 3. Ubicación de Piedecuesta y división política del municipio.
Tomado de [4].

Claramente, los buses generan más congestión que un auto común, pero transporta generalmente más personas, como se muestra en [33], si un bus lleva 50 pasajeros, y un auto, en promedio, 1.5 personas, entonces cada ocupante del auto produce 11 veces la congestión atribuible a cada pasajero del bus. Por lo tanto, la congestión se reduce si aumenta la participación de los buses en la partición modal de los viajes. Lo ideal es que se ofrezcan altos rendimientos en referencia a la capacidad de pasajeros transportados, que se puedan cumplir con las frecuencias estipuladas, que exista la posibilidad de disminuir los tiempos de viaje para los usuarios y por supuesto mantener una buena percepción de este como un modo de transporte eficiente.

8.1.2.4 Sistema de transporte masivo en Piedecuesta. Como se muestra en [34], en febrero del año 2010, entró en funcionamiento el SITM, Metrolínea con un periodo de 2 meses de prueba para que la ciudadanía fuera conociendo el sistema en el área metropolitana. Se basa en el concepto de autobús de tránsito rápido, con paradas fijas en estaciones exclusivas. Los usuarios pagan el servicio a través de una tarjeta inteligente que se compran y recargan en las taquillas de las

estaciones o en los puntos de venta autorizados. Su financiación fue respaldada por las alcaldías del área, la Gobernación de Santander y el Gobierno Nacional.

Según [1], los operadores de transporte del SITM Metrolínea de Bucaramanga son las empresas; Metro5 Plus y Movilizamos S. A. Estas 2 operadoras se derivan de la unión de las empresas que prestaban el servicio de bus urbano en la ciudad y de igual forma, el Concesionario de Recaudo y Control TISA (Transporte Inteligente S.A.) quien es el encargado de recaudar los dineros de los viajes efectivamente realizados por los usuarios y de ejercer controles de ingreso y salida de usuarios en cada una de las estaciones del sistema. A su vez, este está conformado por corredores viales troncales, pretroncales y vías alimentadoras; estaciones de transferencia; portales, y un sistema de recaudo y control.

8.1.2.5 Ruta alimentadora en estudio (APD7). Según [35], el municipio de Piedecuesta, se creó la primera estación de transferencia improvisada de La Españolita, de la que partían las rutas alimentadoras para beneficio del municipio en febrero 6 de 2014. Seguidamente se buscó iniciar una obra de la empresa Metrolínea en el sector de Junín, en la entrada norte de Piedecuesta, denominada Estación Temprana para reemplazar las transferencias de pasajeros que se realizaban en La Españolita y a su vez contemplar la adecuación de la infraestructura vial para la posterior construcción del Portal de Piedecuesta. Los buses alimentadores comenzaron a hacer su operación en esta estación o punto de entrada como se plasma en [36]. Los usuarios se vieron bastante beneficiados porque ya no tendrían que sufrir las incomodidades que tuvieron cerca de dos años ya que las transferencias se comenzarían a hacer en una estación con cubierta y más cerca del casco urbano.

De esta manera estuvo funcionando con 5 rutas alimentadoras, pero el 7 de septiembre de 2019 se aprobó por la Secretaría de Tránsito y Movilidad de Piedecuesta, según la Resolución 316 del 28 de agosto de 2019 el nuevo Plan de Manejo de Tráfico (PMT) que permitía avanzar en las labores constructivas del Portal Piedecuesta para Metrolínea, en la necesidad de continuar con los trabajos de adecuación sobre la actual Estación Temprana. Entonces, una vez construido provisionalmente, los buses alimentadores de las rutas; APD4, APD6 y APD7, empezaron a salir de la plataforma del patio del nuevo portal Piedecuesta por el costado derecho de la carrera 8, donde subían por la vía Guatiguará hasta llegar a la autopista y se dirigían a los diferentes destinos de cada ruta. De regreso, estas rutas ingresaban como se establece en [37], por la calle 6N con carrera 4 para llegar a la carrera 8 donde doblaban a la izquierda para ingresar al patio del nuevo portal Piedecuesta. Una vez terminó la construcción se logró, según [35], la ventaja esperada de esta operación para que los usuarios de Piedecuesta ya no realizaran integración con tarjeta, sino que ya quedaban en zona paga al descender el bus articulado, padrón o por su defecto alimentador. Esto se logró para los usuarios que tomaban la ruta en el portal, con la actualización de una zona de validación y un torniquete a la entrada de este.

La ruta en estudio es la ruta alimentadora APD7 que opera en dirección Portal de Piedecuesta - Paseo Del Puente - Portal de Piedecuesta y su recorrido tiene 43 puntos de parada. En días hábiles (lunes-viernes), comienza a operar a las 4:35 y finaliza a las 23:15, los sábados comienza a operar a las 5:00 y finaliza a las 22:15 y los domingos y festivos comienza su operación a las 5:15 y finaliza a las 21:15, según [35]. La frecuencia en días hábiles (lunes-viernes) y sábados para hora pico es de 8 minutos y para hora valle es de 10 minutos y así mismo, para domingos y festivos la frecuencia para horas valle es de 10 minutos. Según [7], el tiempo total de viaje estipulado es de 49 minutos, haciendo un recorrido de 10,1 km y, de acuerdo con [41], el orden de demanda, esta

es la segunda ruta de mayor cantidad de usuarios seguida de la APD6 pues diariamente la transporta alrededor de 1706 personas.

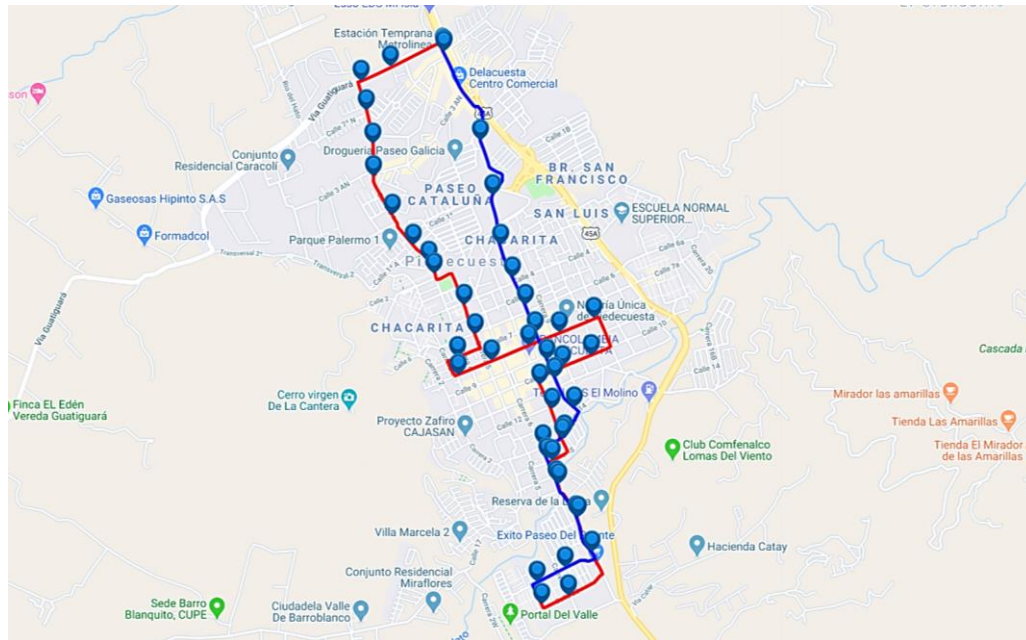


Figura 4. Mapa de la ruta APD7 con sus respectivos puntos de parada dentro del municipio. Tomado de [38].

En la anterior imagen se muestra la ruta de ida (azul) y la ruta de regreso (rojo), con las paradas que se realizan y según [38], son las siguientes: Portal De Piedecuesta, Carrera 6 Calle 1nc Paseo Galicia, Diagonal 6 Carrera 8, Carrera 8 Calle 2, Carrera 8 Calle 3, Carrera 8 Calle 5, Carrera 8 Calle 7, Carrera 8 Calle 9, Carrera 8 Calle 10, Carrera 8 Calle 12, Calle 14 Carrera 7, Calle 14 Carrera 6, Carrera 6 Calle 14, Carrera 6 Calle 16, Carrera 6 Calle 17, Calle 21 Carrera 2a, Carrera 2 Calle 22 Paseo Del Puente, Calle 23 Carrera 3b, Calle 21 Carrera 4, Carrera 6 Calle 21 Éxito, Carrera 6 Calle 19, Carrera 6 Calle 16, Calle 15 Carrera 6, Carrera 7 Calle 14, Carrera 7 Calle 12, Carrera 7 Calle 10, Calle 10 Carrera 8, Calle 10 Carrera 10, Calle 8 Carrera 11, Parque Uribe, Calle 8 Carrera 7, Calle 8 Carrera 5, Calle 8 Carrera 3, Calle 7 Carrera 3, Carrera 5 Calle 6, Carrera

5 Calle 4, Torres De Campo Verde, Carrera 4 Avenida 1b, Carrera 4 Calle 0, Carrera 4 Calle 1nd, Carrera 4 Calle 3, San Telmo 1, Portal De Piedecuesta.

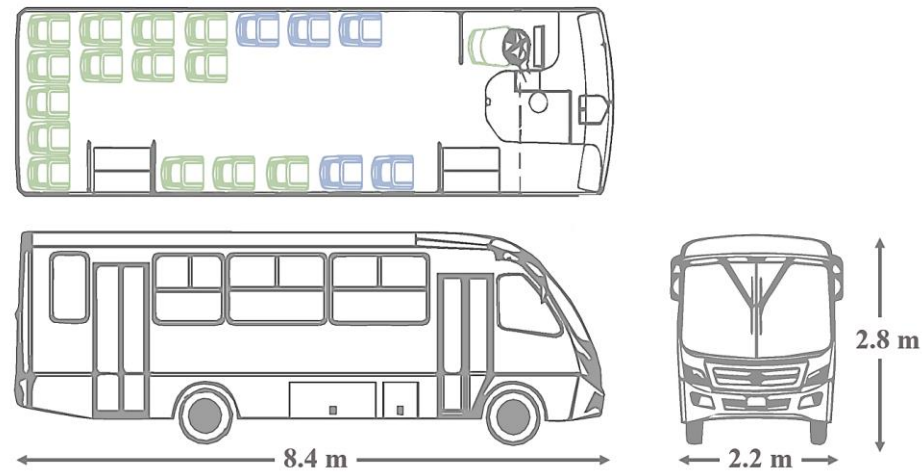


Figura 5. Medidas del bus alimentador APD7 y su capacidad.
Elaboración propia en AutoCAD.

En esta figura, se observa las medidas del bus alimentador APD7. Tiene una capacidad para 45 pasajeros, 20 sentados y 25 de pie. Existe 1 silla verde especial para el conductor, 14 sillas verdes para que cualquier persona pueda ocuparlas y 5 sillas azules que son destinadas con prioridad para aquellas personas de la tercera edad, que tengan alguna discapacidad o bien sean mujeres en estado de embarazo.



Figura 6. Bus alimentador APD7.
Tomado de [39].

Por último, la flota según [35], es de 6 de estos tipos de buses y son los siguientes: XME037 AL1013, SSX800 AL1016, XME077 AL1015, SSX805 AL1021, SSX815 AL1040 y XME126 AL1012.

8.2 Marco Teórico

8.2.1 Sistema integrado de transporte público masivo. El sistema de transporte consta de componentes de oferta y demanda en una ciudad. En este sentido, según la Firma Cal & Mayor y Asociados s.c., en [40], se incluye toda la infraestructura vial y de transporte, así como los medios tecnológicos disponibles, los usuarios y las organizaciones. Estos elementos en conjunto, y por su interacción, permiten variaciones en el tránsito. Así mismo, el concepto de sistema de transporte urbano es integral y está directamente relacionado con las actividades realizadas por parte de los demás vehículos particulares y públicos.

8.2.1.1 Estructura del sistema de transporte. Un concepto importante para tener en cuenta, como se muestra en [41], es que cuando se realiza un análisis al comportamiento de un sistema de transporte es importante apoyarse en las dos premisas básicas siguientes: el sistema global de transporte de una región debe ser visto como un sistema multimodal simple y el análisis del sistema global de transporte no puede separarse del análisis del sistema social, económico y político de la región. Por tanto, en el análisis del sistema global de transporte, se deben considerar: todos los modos de transporte, todos los elementos del sistema de transporte: los vehículos; la red de infraestructura sobre la cual son movilizadas, los pasajeros y la carga, incluidas las estaciones y los puntos de transferencia, pues, como se expresa en [42], también son importantes todos los

movimientos a través del sistema, incluidos los flujos de pasajeros y el viaje total desde el punto de origen hasta el de su destino.

8.2.1.2 Características del sistema de transporte.

8.2.1.2.1 Características técnicas. Estas son las que están basadas en los atributos técnicos y físicos del modo de transporte y que según López en [43], sirven para determinar el potencial que puede cumplir si es operado adecuadamente de la siguiente manera: velocidad: indica cómo se mueve un vehículo en el espacio, aceleración y deceleración: indican la facilidad con que un vehículo contrarresta las diversas resistencias que se oponen al movimiento. Además, como se muestra en [40], para el segundo caso indican la facilidad para detenerse cuando se frena, capacidad: este concepto hace referencia a un doble movimiento, pasajeros y vehículos, y depende de las dimensiones de los vehículos, la velocidad media, la frecuencia de circulación y las características de capacidad del medio en el cual operan los vehículos y por último, el impacto ambiental: hace referencia a las externalidades que produce el sistema en el medio ambiente, como ruido, contaminación e inseguridad entre otros.

8.2.1.2.2 Características operacionales. Según [40], la operación de un sistema de transporte también depende de la interrelación de sus principales componentes: la vía, el vehículo, el operador y el sistema de control. Las principales características que se encuentran son el cubrimiento espacial, tiempos de viaje, comodidad, seguridad, mantenimiento, administración y aspectos sociales.

8.2.1.3 Elementos del SITM.

8.2.1.3.1 Los usuarios. Según [40], el usuario del sistema de transporte urbano es cualquier habitante de una ciudad, que tenga la necesidad de desplazarse a diversos sectores de una zona urbana como parte de sus actividades. En este sentido, el usuario puede ser clasificado en las siguientes categorías; de conductor de un vehículo de transporte particular, público o de bicicleta, peatón y pasajero de un vehículo de transporte particular o de transporte público. Y como se reitera en [46], las organizaciones dedicadas a la administración de los diversos componentes incluidos en los subsistemas de transporte urbano deben tener como uno de sus objetivos fundamentales el proporcionar un servicio eficiente a una gran variedad de personas.

8.2.1.3.2 Conductores. Es importante conocer las principales características de los conductores para lograr un buen proyecto y una operación eficaz del sistema del transporte, sobre todo en su interacción con el vehículo y el resto del tránsito. Según [40], un conductor debe tomar varias decisiones en un recorrido dado, las cuales dependen de su experiencia en situaciones similares y de la influencia de una serie de factores externos de cierta variabilidad, como la presencia de otros vehículos, las condiciones climatológicas y, en general, del entorno.

8.2.1.3.3 Infraestructura. Según [40], los vehículos particulares circulan por vías urbanas y suburbanas, mientras que el tren ligero o el metro normalmente circulan por infraestructura propia y separada del resto del tránsito vehicular. Los buses de transporte público utilizan la misma infraestructura que los vehículos particulares, aunque en algunas ocasiones como en el caso de Metrolínea, disponen de vías o carriles exclusivos o dedicados, pero el derecho de vía de estos

sistemas algunas veces puede ser compartido, semiexclusivo o exclusivo. La infraestructura incluye las vías troncales y alimentadoras, las estaciones de parada, los portales, patios y talleres y la infraestructura complementaria para una adecuada prestación del servicio.

8.2.1.3.4 Sistema de recaudo tecnológicamente adecuado. Para que los usuarios puedan acceder al servicio deben realizar un pago por medio de un servicio electrónico compuesto por una tarjeta inteligente que avala el viaje al pasarla por medio de un torniquete ubicado a la entrada a las estaciones. Esto se describe en [44], a su vez, el dinero producto del recaudo es recibido y administrado por una sociedad fiduciaria, la cual cumple la función de distribuir el pago a cada una de las entidades que presta servicios en el sistema.

8.2.2 Servicio de ruta alimentadora APD7. Las rutas alimentadoras según [45], cumplen la función de captación y distribución de los usuarios en las cuencas de demanda. Donde la demanda se concentra entregan los usuarios a las rutas troncales en una estación intermedia. Las rutas alimentadoras tienen vehículos de mediana o baja capacidad de acuerdo con la demanda y nivel de servicio; también para complemento de estas rutas se encuentran las estaciones o puntos de parada para las puertas izquierdas que se localizan en los corredores troncales a distancias que van desde los 300 a 700 metros, cumplen la función de permitir la entrada y salida de los usuarios a las rutas troncales.

Como se describe en [45], los usuarios pasan por torniquetes y quedan dentro de un área paga que les permite abordar cualquiera de las rutas del sistema que pasan por el punto. Este tipo de infraestructuras se diseñan con facilidades de acceso para personas con capacidad diferentes (rampas y torniquetes especiales para paso de sillas de ruedas) como se reglamenta en [46]. Las

estaciones de parada deben permitir el ascenso y descenso de pasajeros a nivel de plataforma en los buses troncales, que en el caso de Metrolínea es por el lado izquierdo. El servicio de rutas alimentadoras es integrado al sistema contemplando los siguientes aspectos:

8.2.2.1 Integración física. Los usuarios transportados en el sistema alimentador se integran al sistema troncal a través de estaciones de integración de cabecera, las cuales se encuentran localizadas en los extremos de los corredores troncales especializados según se muestra en [46].

8.2.2.2 Integración Tarifaria. El usuario puede utilizar el servicio troncal y alimentador con un único pago, según lo descrito en [43].

8.2.2.3 Integración Operacional. Las frecuencias de los servicios alimentadores están sincronizadas con las frecuencias de los servicios troncales de acuerdo con los requerimientos de la demanda y las necesidades de la zona. El diseño de estas rutas alimentadoras depende del uso de suelo de la zona, la necesidad de viaje de los usuarios y la concentración de demanda que hay en cada sector, para que el diseño operacional sea económico y eficiente según lo plantea [43]. Para determinar la cantidad de usuarios a movilizar y de esta forma poder definir la flota de diseño y la frecuencia de viaje se utilizan diferentes métodos para la recolección de información y el procesamiento de datos como aforos de frecuencia-ocupación, encuestas de origen y destino, encuestas de preferencia declarada, etc.

8.2.3 Elementos que configuran y afectan el tránsito vehicular.

8.2.3.1 Vehículos.

8.2.3.1.1 Tipos de vehículos utilizados. Para que la circulación sea segura, económica y cómoda para conductores y pasajeros al proyectar las carreteras es necesario tener en cuenta las características de los vehículos. Según [47], estas características pueden ser muy diferentes de unos vehículos a otros ya que actualmente circulan tipos muy variados. Entonces, para simplificar el estudio es conveniente agruparlos en varias categorías constituidas por vehículos de características parecidas como vehículos representativos y analizar los medios de transporte de preferencia de la población.

8.2.3.1.2 Tiempo de percepción y reacción. No mantener una distancia de seguridad se traduce en choques por alcance. Este es un tema muy importante estudiado en diferentes investigaciones. Una cifra bastante significativa se muestra en [48], pues no mantener esta distancia causa el 30,7% de la totalidad de accidentes simples en lo transcurrido de un año, y que suelen catalogarse bajo la “hipótesis 121” en el informe policial sustentadas en la imposibilidad de detener el vehículo ante una maniobra brusca del vehículo de adelante. Por esto, reaccionar ante un evento implica un tiempo que se puede medir desde la percepción de los sentidos, el viaje a la corteza cerebral y la respuesta, que según [48], generalmente puede relacionar el sistema muscular con movimientos bruscos o respuestas compulsivas simples o compuestas, entre otros. Estos tiempos de reacción pueden encontrarse entre 0,8 y 1,2 segundos, dependiendo de muchos aspectos, como la atención, edad, consumo de cafeína, medicamentos, alcohol y drogas entre otros factores.

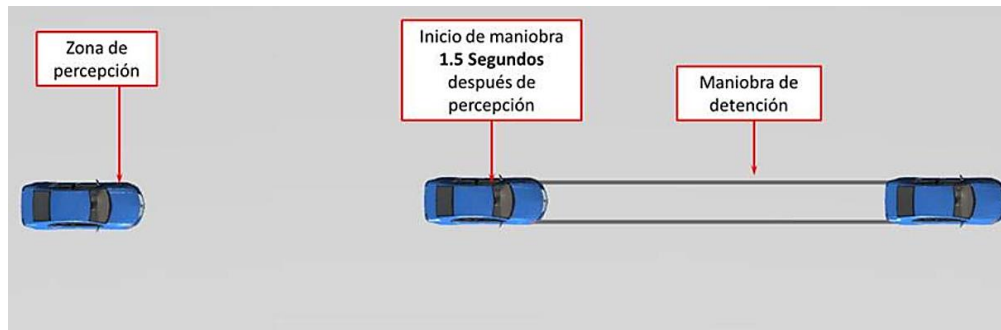


Figura 7. Percepción y reacción.
Tomado de [49].

En zonas de concentración de personas, escolares, y deportivas, los peatones suelen ingresar a las vías sin prever la proximidad de los vehículos, y en muchas ocasiones ‘a la sombra’ de elementos que restringen visibilidad a los conductores, impidiendo que se percaten con tiempo suficiente, por lo que muchas veces no es posible evitar el accidente.

8.2.3.1.3 Efecto de los camiones. Al tener mayor longitud que los demás vehículos, su paso resulta de mayor dificultad y en consecuencia el intervalo provocando la reducción de la capacidad del carril, como se infiere en [50]. Además, la mayor longitud también limita las posibilidades de adelantamiento y si se le agrega que si circula a una velocidad baja por temas de carga, entonces, reduce la velocidad de todo el tránsito y su nivel de servicio.

8.2.3.2 Características de la vía urbana. Generalmente, según [40], es necesario hacer una clasificación o jerarquización general de las vías, la cual se puede enfocar desde diversos puntos de vista, primeramente por las características geométricas, en lo que influye los parámetros de diseño, por numeración de rutas para la operación del transporte, administrativamente, para la asignación de responsabilidad y financiamiento y por último funcional, según el carácter del

servicio que prestan al tránsito y número de carriles (esta es la más común; razón por la cual es la más utilizada para los propósitos de ingeniería).

8.2.3.2.1 Efecto de la curvatura y el peralte. Según [51], el radio de curvatura, el peralte y el coeficiente de fricción entre las llantas y la superficie de rodadura limitan mantener la velocidad constante al circular por una curva.

8.2.3.2.2 Efecto de las pendientes longitudinales. Cuando la pendiente es ascendente el vehículo en su movimiento debe vencer algunas resistencias como la del aire, la rodadura, las fricciones internas del motor y una componente de su propio peso, en general tal como se describe en [52]. Los camiones están más influenciados por estas pendientes y cuando son de cierto valor llegan a circular a una velocidad sostenida denominada velocidad de régimen. La velocidad máxima del vehículo depende de la relación peso/potencia, la inclinación de la pendiente su longitud y la velocidad de entrada a ella.

8.2.3.2.3 Efecto del estado de la superficie de rodadura. El estado de la superficie de rodadura afecta el nivel de servicio porque reduce la velocidad media de recorrido cuando es de calidad deficiente, además, reduce la comodidad, economía (mayores costos de operación) y seguridad al circular por la vía como se muestra en [53]. Existen varios parámetros considerados para calificar el estado de rodadura, pero se recomienda el orden preferente siguiente: Regularidad Superficial de Pavimentos, (IRI), porcentaje de área afectada y Nivel Funcional (NF).

8.2.3.2.4 Capacidad. Se define la capacidad como el número máximo de vehículos que pueden circular por una sección transversal de una vía en la unidad de tiempo y bajo las condiciones imperantes de tránsito y de la vía. Esta definición sufre algunas pequeñas modificaciones para adaptarse a cada tipo de vía tal y como se muestra en [54]. El valor de la capacidad definido para las condiciones imperantes difiere del volumen máximo que puede circular por la vía en un momento dado. El volumen máximo posible depende de factores tales como la composición vehicular, la velocidad de circulación y las condiciones atmosféricas, que pueden cambiar en cualquier momento.

8.2.3.2.5 Niveles de servicio. Este es el grado de aceptación del servicio de tránsito percibido que depende de varios puntos de vista como son del ingeniero de tránsito o del usuario. Según [54], el nivel de servicio de un sector de una carretera de dos carriles es la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan estos al usar la vía. En relación con la capacidad, como se muestra [54], en el nivel de servicio varía directamente en la generalidad de los casos, pero en semáforos sucede lo contrario pues al aumentar la duración del ciclo, disminuye el nivel de servicio. Se mide en los países cuantificando y calificando el “porcentaje de tiempo demorado” (en carreteras rurales se considera que un vehículo está demorado si el intervalo es menor de 5 segundos, otros autores usan valores diferentes). Este porcentaje se correlaciona bastante bien con la velocidad media de recorrido, aunque esta última es menos sensible. Los parámetros que lo determinan para Colombia son: la velocidad y la relación entre volumen de demanda y capacidad (factor de utilización de la capacidad) en carreteras de dos carriles.

Tabla 1. *Nivel de servicio de una vía.*

Nivel de servicio	Descripción general.
A	Flujo libre, circulación a velocidad deseada. Maniobrabilidad alta.
B	Aparecen restricciones al flujo libre. Reduce la velocidad y así mismo la libertad de conducir a velocidad deseada y la maniobrabilidad. Hay ligeras interferencias. Nace la necesidad de adelantar. La libertad y comodidad son buenas.
C	Representa las condiciones medias, interferencias tolerables como las deficiencias de la vía que afectan la libertad de circular a velocidad deseada. Libertad y comodidad adecuadas.
D	Aún hay flujo estable. Hay restricciones geométricas y dependiente. No se puede circular a la velocidad deseada. Hay interferencias frecuentes. La libertad y comodidad son deficientes.
E	Se circula a capacidad. El flujo es muy inestable, con una pequeña perturbación se genera congestión. Velocidad baja pero aún fluye el tránsito. Es imposible adelantar. Libertad y comodidad muy bajas.
F	Hay congestión ($\text{Demanda} > \text{Capacidad}$). No hay continuidad del flujo. La velocidad es menor a la que se presenta a capacidad. Se presentan colas largas de vehículos y detenciones constantes.

Nota: * Nivel de servicio de las vías, desde A hasta F siendo A el mejor. Adaptado de “[55]”.

8.2.3.2.6 Intersecciones. La intersección a nivel varía en complejidad desde un simple crucero, con sólo dos caminos que se cruzan entre sí en ángulo recto, hasta una intersección más compleja, en la cual se cruzan tres o más caminos dentro de la misma área como se describe en [53]. Los problemas se generan cuando el flujo vehicular aumenta y el tipo de intersección no tiene la capacidad de servicio requerida pues ocasionan congestionamientos en horas pico. Según [56], existen dos factores importantes que determinan problemas en intersecciones viales. Uno de éstos

es la evidencia física de la congestión de tránsito, que en la actualidad muestra puntos críticos y se convierte en prioridad. El otro, es el resultado de la proyección del flujo que arroja un aumento para los próximos años.

8.2.3.3 Dispositivos para el control del tránsito. Regular la operación de la infraestructura vial corresponde a los dispositivos para el control del tránsito, los cuales pueden ser agrupados en señalización vial y semáforos. Según [53], la función principal de los dispositivos de tránsito es indicar a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo de circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía. Según [58], se establece la siguiente prelación en las señales de tránsito: Señales y órdenes emitidas por los agentes de tránsito, señales transitorias, semáforos, señales verticales y señales horizontales o demarcadas en la vía.

8.2.3.4 Señalización. La primera consiste en figuras o dibujos especiales presentados en tableros de diferentes formas como se ilustra en [57]. Los tableros pueden quedar instalados en un poste propio o en postes utilizados para otros fines. La señalización horizontal consiste en marcas hechas con pintura reflectiva sobre la superficie del pavimento. El color más utilizado para la señalización horizontal es el blanco o el amarillo. De acuerdo con su función, como se muestra en [57], la señalización vertical es clasificada en los tipos siguientes: restrictiva para ordenamientos legales reglamentando el tránsito vehicular, como límites de velocidad y prohibición de giro, preventiva para advertir de situaciones que son potencialmente peligrosas para la operación del tránsito; por ejemplo, reducción del número de carriles, cruces de ferrocarril e informativa que

proporciona información sobre la infraestructura vial, los destinos y servicios diversos, entre otros aspectos.

8.2.3.5 Semaforización. Los semáforos generalmente se instalan en las intersecciones y se utilizan en aquellos casos en que no se puede lograr un control eficiente y seguro del tránsito vehicular o peatonal por medio de la señalización vial como se muestra en [57]. Son dispositivos que proporcionan indicaciones visuales para el control del tránsito de vehículos, bicicletas y peatones en las intersecciones. Según [57], en las redes viales urbanas, los puntos más críticos desde el punto de vista de la operación del tránsito son las intersecciones con semáforos. Dado que el manejo del tránsito depende, en buena medida, de estos dispositivos, es necesario la supervisión continua para garantizar su buen funcionamiento. Actualmente el control semafórico se efectúa mediante el diseño de planes de señales (planeamiento), los cuales varían de acuerdo con el tipo de dispositivo de control de tránsito.

8.2.3.6 Estacionalidad vehicular. Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día dependen del tipo de ruta según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola y comercial, entre otros según como se muestra en [59]. En las zonas urbanas estas variaciones se presentan en la mañana un incremento en el volumen de tránsito debido al inicio de labores, y hacia el mediodía, debido al tiempo destinado generalmente a descansos, cambios de turno o simplemente a alimentarse como se estudia en [41]. En la noche, como en la mañana, prevalece un incremento para el regreso o retorno a los puntos de origen, pero este fenómeno ocurre ya que las personas no tienen un acceso cercano a parqueadero y prefieren dejar estacionado el vehículo en sitios no autorizados mientras realizan estas actividades.

8.2.3.7 Velocidades individuales. La velocidad es la relación entre el espacio recorrido por un móvil y la unidad de tiempo. A los ocupantes de un vehículo les interesa mucho la velocidad que éste desarrolle, pues de ella depende la prontitud con que puedan llegar al destino de su viaje y, en muchos casos, su seguridad personal. Es bien sabido que la velocidad se expresa comúnmente en kilómetros por hora, y a veces en metros por segundo. Según [60], desde el punto de vista de tránsito, la velocidad de un vehículo en un momento dado no cuenta tanto como la velocidad media que hace un recorrido y como la media de todos los vehículos de una corriente de tránsito. A continuación, se muestra el reparto modal con sus respectivas velocidades.

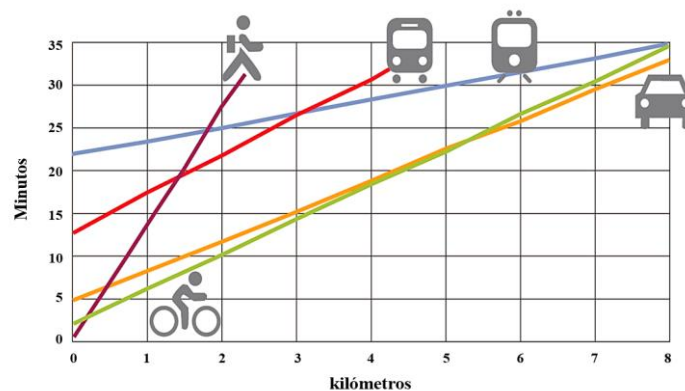


Figura 8. Reparto modal y sus velocidades.
Adaptado de [61].

8.2.4 Aspectos que afectan al servicio de transporte

8.2.4.1 Densidad. Según como se muestra en [62], es también conocida como ocupación vial. Es el número de vehículos que se encuentran en cierto momento, parados o andando, en un tramo de una vía, calzada o carril. Se expresa en vehículos por kilómetro, ya que en un metro no suele caber un vehículo real y mucho menos en un punto, que es donde se mide el volumen.

Condiciones del tránsito. Su localización debe afectar en la menor medida el tránsito vehicular y los movimientos peatonales. Por esto, es necesario estudiar las interferencias que se presentan con los movimientos de giro de otros vehículos, según [63], la facilidad del bus de converger con el tránsito y la visibilidad que se tiene en puntos de cruce peatonal.

8.2.4.2 Maniobras. Las maniobras que realiza la unidad de transporte influyen en la ubicación de los paraderos, principalmente debido a las restricciones de los radios de giro y los radios del andén. Como se manifiesta en [64], se debe evitar la obstrucción de la circulación de los vehículos restantes cuando la unidad de transporte público se detiene y facilitar el ascenso y descenso del usuario sin afectar el tránsito.

8.2.4.3 Variaciones del volumen en la hora de máxima demanda. El volumen de tránsito suele experimentar variaciones a lo largo de las 24 horas del día, durante la semana y a través del año, donde hay estaciones marcadas. Según [41], las variaciones diarias son muy amplias en los medios urbano y rural próximos al urbano. La demanda de tránsito alcanza sus valores máximos diarios durante los períodos pico. Estos períodos se caracterizan no solamente porque los volúmenes sean máximos, sino también porque la actitud de los usuarios de las vías es distinta a la del resto del día. Pues como se muestra en [65], en esas horas hay mucho más dinamismo, los conductores tratan de manejar con mayor velocidad y en forma más temeraria, los peatones andan más de prisa, los pasajeros de los buses corren para alcanzarlos y se suben y se bajan de éstos con mayor premura. De esta manera, el ingeniero de tránsito debe tener muy en cuenta ese cambio de comportamiento humano si en su investigación usará datos tomados en horas pico y horas valle en el sentido de que puede resultar erróneo mezclar datos de ambas procedencias.

8.2.4.4 Estudios de tránsito. En cuanto a los estudios de tránsito, es común como se muestra en [70], que cuando se desea analizar y resolver problemas de circulación de vehículos se requiere conocer profundamente la variable que los representa y que se denomina en forma genérica en el tránsito, es decir, la circulación de los vehículos sobre las vías. Y en [66], se afirma que para que esta variable sea definida completamente, necesita conocer varias características como el número de vehículos que circulan en la unidad de tiempo por una sección transversal de la vía, su variación a lo largo del día, de la semana, del mes o del año, la composición vehicular, las maniobras que realizan, entre otras. Lo que se busca principalmente con estos estudios es determinar los tipos de vehículos o personas que circulan por una infraestructura vial determinada, conocer los tipos de maniobras y el volumen que circula en cada una de ellas a lo largo del tiempo, detectar la variabilidad del tránsito a lo largo del tiempo, pues si bien en [67], se establece que con el fin de aquellos que son característicos periodos pico y valle, se conozca la capacidad y finalmente los NS que se experimentan en cada tipo de infraestructura vial (vehículos o peatones) de interés.

Para caracterizar el tránsito se observa generalmente en los estudios, los tipos de vehículos segmentados de la siguiente manera: automóviles, buses, camiones, bicicletas y motos. La tipología por observar depende del objetivo del estudio de tránsito a realizar. Los periodos de aforo pueden ser de uno, cinco o quince minutos según el propósito del estudio (investigación, diseño o planificación). Para poder realizar con eficiencia, economía, seguridad y confiabilidad los aforos manuales, es prudente desarrollar una serie de actividades como lo son: la planificación del trabajo, capacitación del personal (prueba piloto), distribución del personal, equipos, instrumentos y materiales de trabajo. Tal y como se muestra en [53], es recomendable formular un buen encabezamiento del formato para tomar las características importantes de la hora de toma de datos

e iniciar 15 minutos antes del periodo de aforo con propósitos de hacer ajustes en la distribución del trabajo, adaptación a las condiciones particulares del lugar (visibilidad, magnitud del trabajo, seguridad, etc.). Es importante también un llenado simultáneo de los formatos de campo por parte de todo el personal asignado a cada sitio de estudio (usar cronómetros sincronizados, código de señales de comunicación, cambio de formato cada 15 minutos, etc.). y, por último, terminar el trabajo revisando que se tenga toda la información considerada necesaria, tomar la que haga falta y totalizar los volúmenes.

8.2.4.5 Consideraciones generales.

8.2.4.5.1 Asignación de personal. El número de personas necesaria para realizar un aforo depende de las características del sitio a observar: tamaño y tipo de infraestructura (número de calzadas y carriles), complejidad y volumen de maniobras, composición vehicular, visibilidad, etc. Según [53], también depende del propósito del estudio para el cual se realiza el aforo: planificación, diseño, gestión o investigación. Por ejemplo, según [67], si un tramo entre intersecciones controla poco tránsito se requiere una persona por movimiento, pero si tiene mucho tránsito o maniobras diferentes o complejas puede necesitar 2 o más observadores en casos de mayor movimiento se recurre al uso de equipos de aforo automáticos o grabadoras de sonido o video.

8.2.4.5.2 Materiales. Según [53], este apartado en los estudios, lo integran la papelería, instrumentos y equipos de medición que corresponden a la magnitud del trabajo a realizar pero

que regularmente se compone de: formatos, tabla de apoyo y gancho, lápiz, borrador, reloj o cronómetro, plástico protector de formatos, paraguas y contador manual.

8.2.4.5.3 Presentación de resultados. Luego de llenar los formatos de campo, se procede a representarlos mediante curvas o gráficas ilustrativas que muestran de manera cuantitativa y cualitativa el comportamiento del tránsito. Según [68], las gráficas muestran la variación del tránsito a lo largo del día con curvas de tiempo contra volumen de interés. Para el análisis técnico se incluye información como promedios, desviaciones estándar, confiabilidad estadística, etc.

8.2.4.6 Conteo manual de tránsito entre intersecciones (en tramos viales). El objetivo de este tipo de aforos es según [53], conocer la composición vehicular del tránsito, determinar los patrones del tránsito diario, semanal, mensual y anual, caracterizar la demanda de tránsito y su variación en términos de periodos pico y valle. Estos, se realizan en los sitios donde hay mayor flujo por ser la situación crítica y donde se presentan los mayores problemas a resolver. Como se recomienda en [68], los datos se registran en un formato teniendo en cuenta cada diferente sentido de circulación.

Se debe realizar en días representativos del comportamiento del tránsito típico como días entre semana en periodos laborales y de estudio (martes a jueves) y en días representativos no típicos como fines de semana o feriados, en algunos casos también en días con eventos especiales (convocatoria de grandes volúmenes de personas como conciertos, partidos de fútbol, etc.) según [68]. Esto, debido a la variabilidad del tránsito y a su vez, se considera pertinente realizar el aforo en períodos sucesivos de 15 minutos durante 16 horas y de esta manera conocer el comportamiento general observando los picos con mayor detalle.

8.2.4.7 Estudios de tiempos de recorrido y demoras. Como se muestra en [67], en estos estudios se pretende conocer la velocidad promedio a lo largo de un recorrido específico y las causas de su variación con el propósito de evaluar operacionalmente el tránsito y mejorar el nivel de servicio en el tramo de vía observada. Dependiendo del propósito del estudio, los vehículos observados pueden escogerse entre automóviles privados o vehículos de transporte público, en este último se combinan con estudios de ascenso y descenso de pasajeros. Según [53], los resultados de este estudio sirven para determinar la efectividad de dispositivos de control de tránsito, en estudios “antes y después”, para el análisis de los NS en tramos de vía de la circulación de vehículos y la calidad del servicio de transporte en un sistema, por ejemplo, de buses de la ciudad. Las velocidades, se calculan como la distancia dividida entre el promedio de los tiempos de su recorrido y está dada por la siguiente expresión:

$$\overline{V_E} = \frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{V_i}}{n}}$$

8.2.4.8 Modelación vehicular. La simulación resulta un proceso útil en cuanto a la reducción de problemas de representación de sucesos individuales. La construcción de un modelo de simulación debe considerarse como un conjunto de etapas que se deben desarrollar con el fin de suministrar al modelador un instrumento de análisis para la toma de decisiones. Según [69], entre las etapas principales que se deben tener en cuenta en el desarrollo del modelo se tiene la definición del problema, desarrollo y construcción del modelo, solución, calibración, validación de este y puesta en marcha.

Cuando se analizan los flujos vehiculares o de pasajeros, se comprende, por ejemplo, el tiempo de viaje en un tramo de tren ligero como función del número de unidades, el itinerario y el volumen

de pasajeros. Las curvas de volumen de tránsito contra tiempo de recorrido son utilizadas en los procedimientos de asignación del tránsito vehicular. Según [70], los modelos fueron creados para cubrir la necesidad de visualizar, pero con el fin de proceder a estudiar el comportamiento actual y futuro de las corrientes vehiculares dentro del tránsito. En la mayoría de los estudios, se definen parámetros como el volumen, la velocidad y la densidad, los cuales son considerados parámetros macroscópicos, y se describen las variables de mayor importancia para la comprensión conceptual de las corrientes vehiculares y sus características principales, como las distribuciones, las composiciones, la estacionalidad y los patrones del tránsito.

8.2.4.9 Configuración vial.

8.2.4.9.1 Intersecciones. En el momento de trazar la configuración vial de un modelo se debe tener en cuenta conceptos como el de intersección que se conoce como el área general donde 2 o más vías se unen o cruzan y el cruce: “lugar donde la calzada se une o atraviesa a otra u otras”. Según [53], una intersección puede tener uno o varios cruces entre los que se encuentra la rama de la intersección: “vías o porciones de vías que se unen en una intersección”, accesos o entradas a la intersección: “calzadas o porciones longitudinal de calzadas por donde el tránsito llega a una intersección” y salidas que son lo contrario a los accesos.

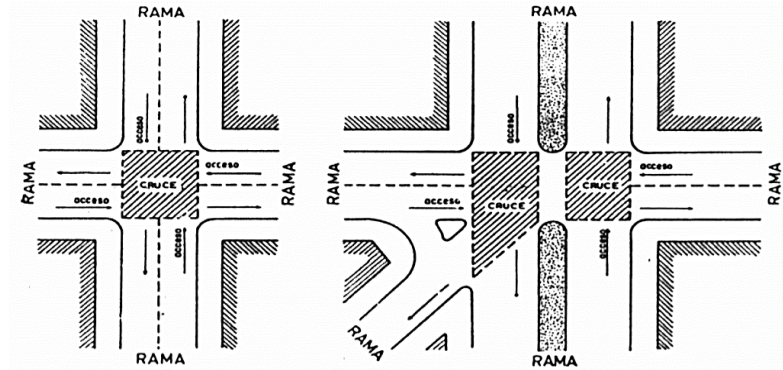


Figura 9. Componentes entre intersecciones.
Tomado de [53].

8.2.4.9.2 *La teoría del flujo vehicular.* Se expone de manera sucinta basándose en [71].

8.2.4.9.3 *Corrientes vehiculares.* Se refiere al conjunto de vehículos que circulan a lo largo de una calzada y en el mismo sentido. Las corrientes suelen estar constituidas por filas de vehículos en movimiento que se acomodan en los distintos carriles de la calzada, independientemente de la existencia o no de demarcación horizontal. Según [53], las corrientes de varias filas de vehículos en movimiento tienen características distintas a las de una sola. En vías de dos carriles, con circulación en ambos sentidos, existen dos corrientes vehiculares opuestas de una fila y, por tanto, para que los vehículos más rápidos puedan adelantar a los más lentos deben invadir el carril de sentido opuesto. Entre estas vías se encuentran las autopistas y las carreteras de dos carriles. En las segundas, la forma normal de transitar requiere de detenciones más o menos frecuentes, impuestas por la regulación del tránsito, como sucede en las arterias y otras vías urbanas.

El vehículo dentro de la corriente. Se presentan los cuatro estados en que un vehículo puede circular en una corriente vehicular continua: libre (L), restringido inicialmente (R), siguiendo a otro vehículo (S), y adelantando (A). Hay otro estado en que no se circula cuando el vehículo está detenido. [76].

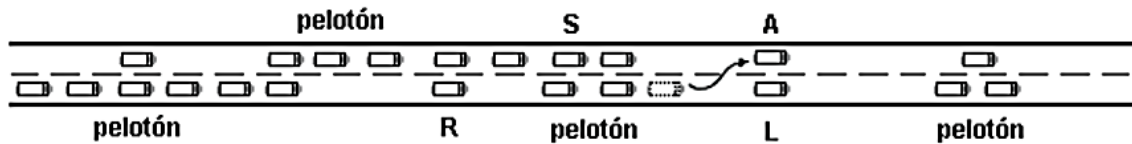


Figura 10. Vehículo dentro de la corriente.
Tomado de [72].

8.2.4.9.4 Pelotones, colas y filas. Pelotón, caravana o columna es un conjunto de vehículos que siguen unos a otros y que avanzan juntos por un carril de una calzada. Se entiende por cola una hilera de vehículos detenidos o casi detenidos, mientras que el pelotón es una hilera de vehículos en movimiento. Un pelotón puede convertirse en cola, y viceversa. Un ejemplo plasmado en [72], es que los vehículos que están detenidos en un carril de acceso a una intersección semaforizada esperando la indicación verde del semáforo constituyen una cola; cuando se ponen en movimiento, uno detrás de otro, forman un pelotón y luego si se separan mucho el pelotón se dispersa.

8.2.4.10 Parámetros que caracterizan las corrientes vehiculares. A diferencia de las corrientes continuas de agua y de otros fluidos, las corrientes vehiculares están constituidas por elementos discretos. Según [72], estos son los vehículos, cuyos movimientos dependen de sus características funcionales, de la interacción entre ellos, las restricciones que impone la vía, la regulación del tránsito, el medio ambiente y también de las decisiones individuales de sus conductores. A continuación, se presenta, para cada una de las categorías, una breve descripción de los parámetros que caracterizan las corrientes vehiculares.

Parámetros microscópicos. Existen dos tipos de estos parámetros; los temporales y los espaciales. Al primer tipo corresponden lo que se conoce como intervalo, brecha y paso; al segundo, espaciamiento, separación y longitud del vehículo como se describe en [67].

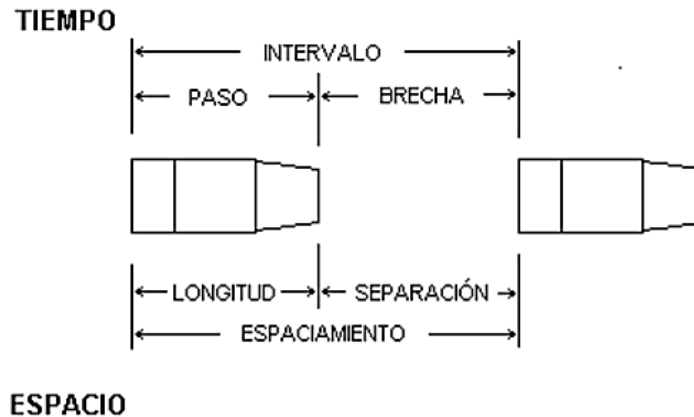


Figura 11. Parámetros microscópicos.
Tomado de [53].

El intervalo es el tiempo que transcurre entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el mismo extremo del siguiente vehículo, la brecha es el tiempo medido entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente vehículo, el paso es el tiempo que tarda un vehículo en recorrer su propia longitud y el espaciamiento la distancia entre dos vehículos sucesivos. Según [72], esto se mide del extremo trasero de un vehículo al mismo extremo del siguiente. La separación es la distancia entre el extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente y la longitud es la distancia entre los extremos delantero y trasero de un vehículo. A altas velocidades la diferencia entre intervalo y brecha es insignificante, pero en estudios de capacidad y congestión, esa diferencia tiene mucha importancia.

8.2.4.10.1 Parámetros macroscópicos. Los parámetros macroscópicos fundamentales de las corrientes vehiculares son el volumen (veh/h), la velocidad media (km/h) y la densidad (veh/km). Según [72], los volúmenes de tránsito deben considerarse dinámicos siempre. Por tanto, sólo estos volúmenes son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, como se plantea

en [53], debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante conocer sus características para programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

8.3 Marco Normativo

Un marco normativo estándar para todos los sistemas integrales de transporte masivo resulta incoherente, ya que, precisamente, dicho sistema se acomoda y planea de acuerdo con el entorno sobre el cual se va a implementar. Claro está que, una vez realizado el estudio previo de evaluación y diseño, se establece un manual de operaciones, por ejemplo, en [73], se comprende diversos códigos, leyes, decretos, resoluciones y normas dentro de la legislación colombiana, donde se contemplan los requisitos técnicos, operacionales y de recaudo que, deben estar ligados con la normativa vigente, por ejemplo, la velocidad máxima de los buses padrones en vías urbanas no debe superar 60 kph.

Sin embargo, en [74], se creó un estándar en donde en el que se puede medir la calidad de los servicios BRT o SITM mediante una clasificación dada entre básico, bronce, plata u oro. Las categorías evaluadas dentro de este estándar son: a) Características básicas del BRT, b) planeación del servicio, c) infraestructura, d) diseño de la estación, e) calidad del servicio y sistemas de información de usuarios, f) interrogación y acceso. Uno de los aspectos de planeación es, por ejemplo, contar con rutas múltiples que reducen los tiempos de viaje de puerta a puerta, ya que eliminan las pérdidas de tiempo al hacer transferencias. Aspecto que, cumple en ciertos tramos de la red de alimentadores de Metrolínea en Piedecuesta.

Para este sistema estándar, según [74], la mayor puntuación la obtendrá un sistema de transporte cuando el 100% de las rutas, en hora pico, cuenten con mínimo 8 autobuses por hora y 4 autobuses por hora en hora valle. De la misma manera, otro aspecto importante es la implementación de servicios locales, directos y limitados, los cuales están diferenciados entre sí por la cantidad de paradas que realizan y una combinación correcta de estos favorece al funcionamiento de todo el sistema. La presencia de los BRT por los corredores con mayor demanda de usuarios y prestación del servicio en horarios nocturnos y fines de semana es otro ítem evaluado por este estándar. Para finalizar, un aspecto interesante es la deducción de puntos por sobrecupo y por velocidades muy bajas (14 kph).

9. Método

9.1 Tipo de estudio

El tipo de investigación presente es netamente cuantitativo ya que se describe, analiza y experimenta las variables del estudio. Se pretende dar un aporte científico sobre el funcionamiento operacional de la ruta y este es un hecho tangible, observable y medible. Se manipulan las variables para contemplar cambios observables en el tránsito vehicular y por ende en la operación de la ruta. El aporte, se basa primeramente en obtener la información actual de la ruta alimentadora del SITM Metrolínea en el municipio de Piedecuesta y seguidamente se busca realizar una descripción de un escenario actual y uno futuro mediante la representación por medio del software de simulación Aimsun Next. Por tanto, de esto, deriva un enfoque transversal comparativo que tiene como punto de partida una sola observación. Esta observación se modifica realizando un experimento con el

tránsito futuro y población para obtener un contraste. De la misma manera, hay una correlación-causal con el fin de comprender y analizar racionalmente la realidad, es decir, interpretación de los hechos o fenómenos, en este caso, parámetros y factores del tránsito que dentro de las horas pico y valle de los días representativos de la semana, se involucran en el funcionamiento del sistema de transporte; describiendo la relación o influencia con un sentido de causalidad y el grado de relación existente, es decir, saber cómo se comporta la variable conociendo el comportamiento de la otra.

9.1.1 Fuentes primarias. Las fuentes de información primarias son los datos recolectados en campo sobre la caracterización de las vías, aforos vehiculares, inventarios de señalización, aforos de frecuencia-ocupación de la ruta, estudio de velocidades promedio de los vehículos alimentadores, velocidades de los tramos de la ruta y tiempo de ocupación y descenso en hora pico y valle. De igual manera como fuente de información primaria se encuentran los datos solicitados a las empresas Metro5 Plus y Movilizamos S. A. correspondientes a Metrolínea, sobre las variables a medir, como la flota disponible, frecuencia, horarios, validaciones diarias registradas, plano del Portal de Piedecuesta, trazado y ubicación geográfica de cada uno de los puntos de parada y datos sobre factores que influyen en la operación de la ruta APD7 según lo encontrado por la empresa. Por último, la información solicitada a la dirección de infraestructura y planeación del municipio de Piedecuesta que corresponde al mapa de proyectos viales urbanos, formulación urbana y también una imagen de cartografía de alta resolución del municipio obtenida por medio del programa SAS Planet.

9.1.2 Fuentes secundarias. Las fuentes secundarias de información son las bases de datos de universidades a nivel nacional e internacional, que fueron de vital importancia para el planteamiento, registro de antecedentes, referentes y metodología base para esta investigación lo cual es descrito y referenciado en cada uno de los apartados. Se escogieron 10 documentos que fueron a criterio de los autores los más relacionados como antecedentes del problema de tránsito en el ruteo de autobuses de los SITM, la evolución histórica y métodos de solución planteados en estos trabajos de grado de especializaciones y maestrías en las áreas de geomática e ingeniería de transporte.

9.2 Diseño de la investigación

El diseño o estructura que guía la planificación, implementación y análisis de esta investigación es de tipo analítico, pues la observación se hace en un determinado punto de tiempo que corresponde a las horas pico y valle para interpretar y describir las situaciones. Se hace también un examen crítico y segmentación del fenómeno (funcionamiento operacional) y la muestra corresponde únicamente a los tres días que según Metrolínea son representativos al igual que las características de los viajes de la ruta que son tomadas únicamente ese día. La descripción de las relaciones directas entre las variables se hace mediante el proceso de observación y toma de datos y la correlación se hace para identificar el grado y la magnitud de estas en virtud de la información que arroja el modelamiento como soporte visual y analítico de la misma.

9.3 Sujetos (población y muestra)

La muestra de esta investigación está definida por 3 días representativos que son estipulados por la empresa. Se encuentran los días hábiles (lunes-viernes), los sábados y los domingos y festivos en los cuales se hacen 3 recorridos en el día hábil, 2 recorridos en el sábado y 2 en el domingo (aforos frecuencia - ocupación). Estos días corresponden al: 12/03/2020, 14/03/2020 y 15/03/2020 respectivamente. Por consiguiente, la población muestral es aquella que esté en área de influencia de cada punto de parada y aborda y desciende los buses (aplica para todos los recorridos de cada día dentro de los horarios establecidos). Los vehículos que son aforados en estos 3 días son aquellos que comparten el mismo carril del bus; es decir, no se tiene en cuenta los datos del carril en sentido opuesto.

Por otro lado, el análisis de la configuración vial (en el que se encuentran datos como número de vehículos estacionados, estado del pavimento, estado de la demarcación, etc.), es realizado al 100% de los tramos de la ruta y en una sola ocasión ya que una vez encontrado el nivel de afectación de estos factores se analiza junto con las reducciones de velocidad en cada recorrido de los días representativos. Cada etapa de esta investigación es descrita más detalladamente en el apartado correspondiente.

9.4 Instrumentos de recolección de datos

9.4.1 Formato para: frecuencia y nivel de ocupación de pasajeros en los 3 días representativos en que se hace la toma de datos en la ruta APD7. El formato de campo que se

emplea para la toma de información se presenta en el Anexo A. Los datos serán tomados desde Excel y este consta de las siguientes partes.

9.4.1.1 Encabezado. Nombre de la presente investigación para la cual se adelanta la toma de la información y debajo, título específico del formato.

9.4.1.2 Identificación. Consta de la siguiente información:

Fecha: Anotar el día, mes y año, en el cual se está registrando la información de campo de la siguiente manera dd/mm/aaaa.

Día de la semana: Anotar el día representativo para el cual se está registrando la información de campo, es decir, si el recorrido es para día hábil (lunes-viernes), sábado y domingo y festivo.

Hoja No. ___ de ___.: Anotar el número de la hoja que se está empleando, y el número total de las hojas empleadas.

Punto de análisis: Especificar la estación de cabecera en la cual se está realizando el estudio, en este caso el Portal de Metrolínea.

[illegible]

Figura 12. Formato frecuencia y nivel de ocupación de pasajeros en los 3 días representativos de la toma de datos en la ruta APD7. Elaboración propia en Excel.

Hora inicio: Indicar la hora en la cual se inicia la distribución del trabajo, adaptación a las condiciones y ubicación en el punto más adecuado de visibilidad por parte del aforador.

Hora final: Indicar la hora que finaliza la toma de datos y revisión de la completitud de la información tomada.

Condición climática: Anotar las condiciones climáticas que existen en el sitio, (si es un día de lluvia, humedad, frío o calor).

Afora: Corresponde al nombre de la persona encargada de tomar la información de campo del respectivo formato de campo.

Supervisa: Anotar el nombre de la persona encargada de la supervisión del trabajo de campo que también cumple función de apoyo debido a la variedad de decisiones que se toman por parte del conductor, entes operativos y encargado de la seguridad.

9.4.1.3 Cuerpo del formato. Se agregan las filas necesarias y se registra la siguiente información:

Condición: Escribir en esta casilla si la hora en que parte el recorrido del bus es una hora pico o valle y a su vez, utilizar un color de relleno rojo y verde respectivamente.

Hora de llegada pasajeros: Escribir en esta casilla la hora en que llega el primer pasajero a esperar el bus del presente recorrido. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Vehículo que llega: Escribir en esta casilla la placa y nombre del vehículo que corresponde al respectivo recorrido. Se hace de la siguiente manera: XME037 AL1013, SSX800 AL1016, XME077 AL1015, SSX805 AL1021, SSX815 AL1040, XME126 AL1012, según sea. Por consiguiente, asignar color de relleno, café, morado, rosa, verde, azul y amarillo respectivamente para tener mayor visualización de los ciclos realizados por cada uno. Una vez obtenida esta

secuencia aplicar el mismo color de relleno a la totalidad de las columnas excepto la de “condición”.

Hora en que llega lleno: Escribir en esta casilla la hora exacta en que llega lleno el vehículo del presente recorrido. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Pasajeros que se bajan: Escribir en esta casilla la cantidad de pasajeros que descienden el bus del recorrido presente. En caso de que el vehículo apenas inicie su recorrido, utilizar el N/A (no aplica) para rellenar esta casilla.

Hora en que llega vacío: Escribir en esta casilla la hora exacta en que el vehículo del presente recorrido llega a recoger los pasajeros que estén haciendo la fila en la plataforma asignada para la ruta APD7. Es decir, una vez el bus haya descendido los pasajeros y haya descansado, o si lo hace inmediatamente. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Pasajeros que se suben: Escribir en esta casilla la cantidad de pasajeros que abordan el bus del recorrido presente. En caso de que el vehículo este terminando su último recorrido y se dirija a su descanso, utilizar el N/A (no aplica) para rellenar esta casilla.

Hora de partida: Escribir en esta casilla la hora exacta en que el vehículo ha abordado la cantidad de pasajeros que esperaban, ha llegado a su totalidad máxima o el conductor ha esperado que se llene; entonces se toma esta hora una vez el vehículo parte del reposo a su recorrido. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Observaciones: Registrar aquí los comentarios o aclaraciones que desee sobre alguna variable que así lo requiera.

9.4.1.4 Validación. Se registra la siguiente información:

Firma del aforador: Registrar aquí la firma del aforador responsable de la toma de datos.

Firma del supervisor: Registrar aquí la firma del supervisor responsable de la toma de datos.

9.4.2 Formato para: velocidades de los tramos y velocidad promedio de los 7 recorridos realizados en la ruta APD7. El formato de campo que se emplea para la toma de información se presenta en el Anexo A. Los datos serán tomados desde Excel y este consta de las siguientes partes.

9.4.2.1 Encabezado. Nombre de la presente investigación para la cual se adelanta la toma de la información y debajo, título específico del formato.

9.4.2.2 Identificación. Consta de la siguiente información:

Fecha: Anotar el día, mes y año, en el cual se está registrando la información de campo de la siguiente manera dd/mm/aaaa.

Día representativo: Anotar el día representativo para el cual se está registrando la información de campo, es decir, si el recorrido es para día hábil (lunes-viernes), sábado y domingo y festivo.

Hoja No. ___ de ___.: Anotar el número de la hoja que se está empleando, y el número total de las hojas empleadas.

Número de recorrido: Se refiere a la especificación del número del recorrido dentro del determinado día. Como ejemplo se tiene el REC.1 del día hábil el cual es en su totalidad de hora pico. Los recorridos son día hábil (lunes-viernes): REC.1 (hora pico), REC. 2 (hora pico y hora valle), REC. 3 (hora pico y hora valle). Sábado: REC.1 (hora valle), REC.2 (hora pico). Domingo y festivo: REC.1 (hora valle), REC. 2 (hora valle).

Hora inicio: Indicar la hora en la cual se inicia la distribución del trabajo, adaptación a las condiciones y ubicación en el punto más adecuado de visibilidad por parte de los 2 aforadores.

Hora final: Indicar la hora que finaliza la toma de datos y revisión de la completitud de la información tomada.

Condición climática: Anotar las condiciones climáticas que existen en el sitio, (si es un día de lluvia, humedad, frío o calor).

Aforador 1: Corresponde al nombre de la persona encargada de tomar la información de campo del respectivo formato de campo. Esta persona estará ubicada en la parte trasera del vehículo y registrará la hora en que este llega a cada punto de parada y se estaciona. También registra la cantidad de pasajeros que se bajan de él.

Aforador 2: Corresponde al nombre de la persona encargada de tomar la información de campo del respectivo formato de campo. Esta persona estará ubicada en la parte delantera del vehículo y registrará la hora en que este parte del reposo (estacionado) de cada punto de parada, es decir, ha abordado la cantidad de pasajeros que esperaban, ha llegado a su totalidad máxima o el conductor ha esperado que se llene. También registra la cantidad de pasajeros que suben a él.

9.4.2.3 Cuerpo del formato. En este formato no es necesario agregar filas y se registra la siguiente información:

Condición: Representa si cada punto de parada corresponde un punto de inicio, punto dentro su recorrido de ida, punto de su recorrido de regreso o punto final. Se debe rellenar esta casilla con los colores, blanco, azul, rojo y blanco respectivamente.

ID: Escribir el número de identificación de cada parada, desde 00 en el punto inicio hasta 40 en el punto final.

Denominación parada: Escribir en esta casilla el nombre asignado a cada ID de punto de parada según lo estipulado por Metrolínea y las modificaciones hechas por parte de los autores.

Distancia de recorrido [m]: Se debe escribir la distancia entre el punto de parada actual y el punto anterior en metros.

Distancia de recorrido [km]: Se debe escribir la distancia entre el punto de parada actual y el punto anterior en kilómetros.

Condición: Escribir en esta casilla si la hora en que parte el recorrido del bus es una hora pico o valle y a su vez, utilizar un color de relleno rojo y verde respectivamente.

Hora de llegada pasajeros: Escribir en esta casilla la hora en que llega el primer pasajero a esperar el bus del presente recorrido. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Hora de llegada: Se debe escribir la hora exacta en que llega el vehículo del presente recorrido al determinado punto de parada. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Hora de partida: Se debe escribir la hora exacta en que parte el vehículo del presente recorrido del determinado punto de parada. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss y rellenar con color amarillo si es el punto de inicio para una posterior identificación en el anterior formato.

Tiempo de estacionado [min]: Se debe registrar la diferencia entre el tiempo de partida y el tiempo llegada del correspondiente punto de parada. Utilizar el formato de casilla: hh:mm:ss.

Tiempo de estacionado [s]: Se debe registrar el tiempo de estacionado [min] en segundos. Utilizar el formato de casilla: ss.

NOMBRE DEL PROYECTO															
Fecha: _____ Hoja: _____ de _____ Día representativo: _____ Número de recorrido: _____ Hora inicio: _____ Hora final: _____ Condición climática: _____ Aforador 1: _____ Aforador 2: _____															
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min,s]	Tiempo entre paradas [s]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA													
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA													
IDA	02	KR 8 CL 2													
IDA	03	KR 8 CL 3													
IDA	04	KR 8 CL 5													
IDA	05	KR 8 CL 7													
IDA	06	KR 8 CL 9													
IDA	07	KR 8 CL 10													
IDA	08	KR 8 CL 12													
IDA	09	CL 14 KR 7													
IDA	10	CL 14 KR 6													
IDA	11	KR 6 CL 14													
IDA	12	KR 6 CL 17													
IDA	13	CL 21 KR 4													
REGRESO	14	CL 21 KR 2A													
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE													
REGRESO	16	CL 23 KR 3B													
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO													
REGRESO	18	KR 6 CL 19													
REGRESO	19	KR 6 CL 16													
REGRESO	20	CL 15 KR 6													
REGRESO	21	KR 7 CL 14													
REGRESO	22	KR 7 CL 12													
REGRESO	23	KR 7 CL 10													
REGRESO	24	CL 10 KR 8													
REGRESO	25	CL 10 KR 10													
REGRESO	26	CL 8 KR 11													
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9													
REGRESO	28	CL 8 KR 7													
REGRESO	29	CL 8 KR 5													
REGRESO	30	CL 8 KR 3													
REGRESO	31	CL 7 KR 3													
REGRESO	32	KR 5 CL 6													
REGRESO	33	KR 5 CL 4													
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D													
REGRESO	35	KR 4 AV 1B													
REGRESO	36	KR 4 CL 0													
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND													
REGRESO	38	KR 4 CL 3													
REGRESO	39	SAN TELMO 1													
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA													
		DISTANCIA DE RECORRIDO			TIEMPO DE RECORRIDO							VELOCIDAD PROMEDIO			

Firma del aforador 1: _____

Firma del aforador 2: _____

Figura 13. Formato de velocidades de los tramos y velocidad promedio de los 7 recorridos realizados en la ruta APD7. Elaboración propia en Excel.

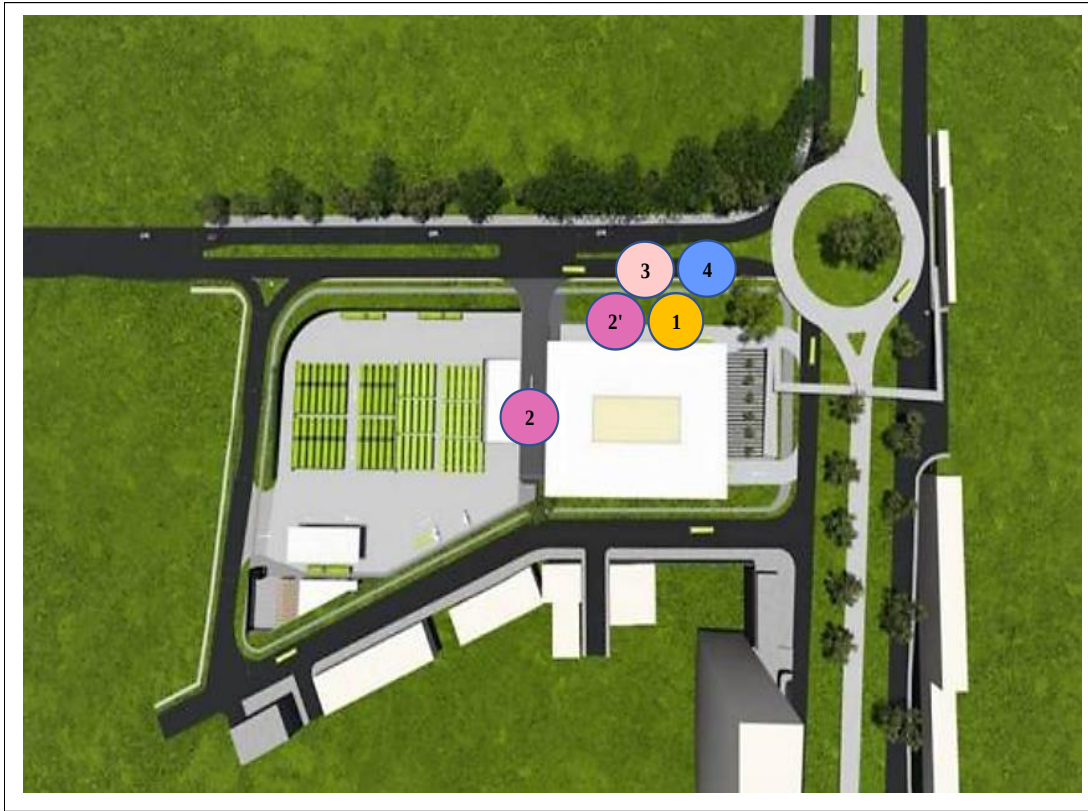


Figura 14. Ubicación de los aforadores en el Portal Piedecuesta.
Elaboración propia en Excel.

POSICIÓN DE TOMA DE DATOS	
1	Hora llegada pasajeros (esperan desde)
2	Hora en que llega lleno
3	Hora en que llega vacío
4	Hora de partida

Figura 15. Descripción de datos a tomar en cada ubicación de aforadores en el Portal Piedecuesta.
Elaboración propia en Excel.

Tiempo entre paradas [min,s]: Se debe registrar la diferencia entre la hora de llegada al punto de parada actual y la hora de partida del punto de parada anterior. Utilizar el formato de casilla: mm:ss y tener en cuenta que el punto de inicio es de condición N/A.

Tiempo entre paradas [s]: Se debe registrar el tiempo entre paradas [min,s] en segundos. Utilizar el formato de casilla: ss.

Velocidad [km/h]: Se debe registrar la velocidad en km/h de cada tramo de recorrido producto de la división de la distancia entre el tramo y el tiempo entre paradas. Se debe tener en cuenta que el punto de inicio es de condición N/A.

Pasajeros que se suben: Escribir en esta casilla la cantidad de pasajeros que abordan el bus en el presente punto de parada.

Pasajeros que se bajan: Escribir en esta casilla la cantidad de pasajeros que desabordan el bus en el presente punto de parada.

Hora: Escribir en esta casilla si la hora en que el bus pasa el punto de parada es una hora pico o valle y a su vez, utilizar un color de relleno rojo y verde respectivamente.

Distancia de recorrido: Registrar la sumatoria de cada distancia de recorrido entre tramos de los puntos de parada en metros y kilómetros.

Tiempo de recorrido: Registrar el tiempo total del presente recorrido producto de la diferencia de la hora de llegada al punto final y la hora de partida del punto de inicio. Rellenar en color azul para una posterior identificación en el anterior formato.

Velocidad promedio: Registrar el promedio de las velocidades totales presentes en cada tramo entre paradas. Utilizar unidad de km/h.

9.4.2.4 Validación. Se registra la siguiente información:

Firma del aforador 1: Registrar aquí la firma del aforador 1 responsable de la toma de datos ya descrita.

Firma del aforador 2: Registrar aquí la firma del aforador 2 responsable de la toma de datos ya descrita.

9.4.3 Formato para: aforos de volúmenes vehiculares en los 3 días representativos en que se hace la toma de datos en la ruta APD7. El formato de campo que se emplea para la toma de información se presenta en el Anexo A. Los datos serán tomados desde Excel y este consta de las siguientes partes.

9.4.3.1 Encabezado. Nombre de la presente investigación para la cual se adelanta la toma de la información y debajo, título específico del formato.

9.4.3.2 Identificación. Consta de la siguiente información:

Fecha: Anotar el día, mes y año, en el cual se está registrando la información de campo de la siguiente manera dd/mm/aaaa.

Día de la semana: Anotar el día representativo para el cual se está registrando la información de campo, es decir, si el recorrido es para día hábil (lunes-viernes), sábado y domingo y festivo.

Hoja No. __ de __.: Anotar el número de la hoja que se está empleando, y el número total de las hojas empleadas.

Punto de parada. __ Nombre __.: Especificar el punto de parada en el cual se está haciendo el conteo de vehículos. Este va desde 00 en el punto de inicio hasta 40 en el punto final. Así mismo, indicar la denominación de la parada según lo estipulado por Metrolínea y las modificaciones hechas por parte de los autores.

Hora inicio: Indicar la hora en la cual se inicia la distribución del trabajo, adaptación a las condiciones y ubicación en el punto más adecuado de visibilidad por parte del aforador.

Hora final: Indicar la hora que finaliza la toma de datos y revisión de la completitud de la información tomada.

Condición climática: Anotar las condiciones climáticas que existen en el sitio, (si es un día de lluvia, humedad, frío o calor).

Aforador: Corresponde al nombre de la persona encargada de tomar la información del respectivo formato de campo.

Supervisor: Anotar el nombre de la persona encargada de la supervisión del trabajo de campo que también cumple función de apoyo debido a la cantidad de vehículos y su segmentación.

9.4.3.3 Cuerpo del formato. En este caso no es necesario agregar filas, ya que previamente se hizo una estimación del número máximo de vehículos. Se registra la siguiente información:

Periodo (hora militar): Escribir en esta casilla si el periodo de toma de datos es de 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18, 18-20 o 20-22. A su vez, escribir en la casilla posterior el periodo de 15 minutos en el cual fue tomada la información.

V. particular: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada vehículo particular que pase por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

NOMBRE DEL PROYECTO							
Fecha: _____ Día de la semana: _____ Hora inicio: _____ Hora final: _____ Aforador: _____		Hoja: _____ de _____ Punto de parada: _____ Nombre: _____ Condición climática: _____ Supervisor: _____					
PERIODO (HORA MILITAR)							
	V. PARTICULAR	TRANSPORTE PÚBLICO	METROLÍNEA	TAXI	MOTO	BICICLETA	CAMIÓN
6-8							
Subtotal							
20-22							
Subtotal							
Observaciones: _____ _____ _____ _____ _____							
Firma del aforador: _____ Firma del supervisor: _____							

Figura 16. Formato de aforos de volúmenes vehiculares en los 3 días representativos en que se hace la toma de datos en la ruta APD7. Elaboración propia en Excel.

Transporte público: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada vehículo de transporte público que pase por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

Metrolínea: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada vehículo de Metrolínea que pase por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

Taxi: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada vehículo tipo taxi que pase por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

Moto: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada moto que pase por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

Bicicleta: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada bicicleta que pase por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

Camión: Rellenar esta cuadrilla tantas veces sea necesario asignando a cada casilla una barra inclinada a la derecha por cada camión, volqueta, tractocamión, buses privados de turismo, autobuses escolares y/o semejantes que pasen por el punto de parada donde se esté realizando la toma de datos.

Subtotal: Registrar la sumatoria de la cantidad de casillas llenadas según la cuadrícula y modo de transporte.

Observaciones: Registrar aquí los comentarios o aclaraciones que desee sobre alguna variable que así lo requiera.

9.4.3.4 Validación. Se registra la siguiente información:

Firma del aforador: Registrar aquí la firma del aforador responsable de la toma de datos.

Firma del supervisor: Registrar aquí la firma del supervisor responsable de la toma de datos.

9.4.4 Formato para: inspección de la condición del corredor de la ruta APD7. El formato de campo que se emplea para la toma de información se presenta en el Anexo A. Los datos serán tomados desde Excel, se hará un registro fotográfico para sustentar las estimaciones y este consta de las siguientes partes.

9.4.4.1 Encabezado. Nombre de la presente investigación para la cual se adelanta la toma de la información y debajo, título específico del formato.

9.4.4.2 Identificación. Consta de la siguiente información:

Fecha: Anotar el día, mes y año, en el cual se está registrando la información de campo de la siguiente manera dd/mm/aaaa.

Día de la semana: Anotar el día representativo para el cual se está registrando la información de campo, es decir, si el recorrido es para día hábil (lunes-viernes), sábado y domingo y festivo.

NOMBRE DEL PROYECTO																
Fecha: _____		Hoja: _____ de _____														
Día de la semana: _____		Tramo de: _____ a _____														
Hora inicio: _____ Hora final: _____		Condición climática: _____														
Afora: _____		Supervisa: _____														
TRAMO		Número de carriles	Intersecciones	Ancho del carril tramo 1	Ancho del carril tramo 2	Ancho del carril tramo 3	Ancho del carril tramo 4	Ancho del carril tramo 5	Ancho del carril tramo 6	Ancho del carril tramo 7	Ancho del carril tramo 8	Ancho del carril tramo 9	Ancho del carril tramo 10	Semáforos	Curvas	¿Es compartido con otra ruta?
#	De _____ a _____		Sentido 1													¿Cuál?
			Sentido 2													
			Sentido 3													
			Vehículos estacionados													
			Afectación de los vehículos estacionados													
			Estado del pavimento													
			Estado de la demarcación													
			Cantidad de señales verticales													
	Coordenadas		Pendiente													
Firma del aforador: _____		Firma del supervisor: _____														

Figura 17. Formato de inspección de la condición del corredor de la ruta APD7.
Elaboración propia en Excel.

Hoja No. ___ de ___.: Anotar el número de la hoja que se está empleando, y el número total de las hojas empleadas.

Tramo de. ___ a ___.: Especificar el punto de parada de inicio y el punto de parada final. (Portal de Piedecuesta).

Hora inicio: Indicar la hora en la cual se inicia la distribución del trabajo, adaptación a las condiciones y ubicación en el punto más adecuado de visibilidad por parte del aforador.

Hora final: Indicar la hora que finaliza la toma de datos y revisión de la completitud de la información tomada.

Condición climática: Anotar las condiciones climáticas que existen en el sitio, (si es un día de lluvia, humedad, frío o calor).

Aforador: Corresponde al nombre de la persona encargada de tomar la información del respectivo formato de campo.

Supervisor: Anotar el nombre de la persona encargada de la supervisión del trabajo de campo que también cumple función de apoyo debido a la cantidad de observaciones a realizar.

9.4.4.3 Cuerpo del formato. Agregar las filas necesarias para cumplir con la totalidad de 41 puntos de parada evaluados. Se registra la siguiente información:

#: Escribir en esta casilla en número del tramo que se esté analizando.

Tramo de. ___ a ___.: Escribir en esta casilla la denominación del punto de parada de inicio del tramo presente al punto final del mismo.

Coordenadas: Escribir en esta casilla las coordenadas de los 2 puntos de paradas por medio del formato de coordenadas geográficas de Google Maps en el que se tiene el trazado de la ruta (grados polares, DD).

Número de carriles: Registrar aquí el número de carriles que se tenga en cada subtramo entre intersecciones correspondientes al tramo entre los 2 puntos de parada analizados.

Número de intersecciones: Registrar en esta casilla el número de intersecciones que hay en el tramo y que a la vez da el número de subtramos que se analizan.

Ancho del carril del tramo: Escribir en esta casilla el ancho del carril de cada subtramo en metros.

Sentido 1: Escribir en esta casilla el sentido vial que tiene el carril número 1 del corredor del subtramo. Interpretar de derecha a izquierda y escribir N/A en caso de que no aplique.

Sentido 2: Escribir en esta casilla el sentido vial que tiene el carril número 2 del corredor del subtramo. Interpretar de derecha a izquierda y escribir N/A en caso de que no aplique.

Sentido 3: Escribir en esta casilla el sentido vial que tiene el carril número 3 del corredor del subtramo. Interpretar de derecha a izquierda y escribir N/A en caso de que no aplique.

Vehículos estacionados: Escribir en esta casilla la cantidad de vehículos estacionados en el subtramo presente.

Afectación de los vehículos estacionados: Escribir en esta casilla el nivel de afectación según sea, nulo, bajo, medio, alto y muy alto.

Estado del pavimento: Escribir en esta casilla el estado en que se encuentra el pavimento del subtramo presente según sea, fallado, muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno y excelente.

Estado del pavimento: Escribir en esta casilla el estado en que se encuentra el pavimento del subtramo presente según sea, fallado, muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno y excelente.

Estado de la demarcación: Escribir en esta casilla el estado en que se encuentra la demarcación del subtramo presente según sea, no existe, muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno y excelente.

Cantidad de señales verticales: Escribir el número de señales verticales encontradas en el subtramo en cuestión.

Pendiente: Escribir en esta casilla la condición de la pendiente del subtramo presente según sea, baja, media, alta o cuesta.

Semáforos: Escribir en esta casilla la cantidad de semáforos que hay en la totalidad del tramo evaluado.

Curvas: Escribir la cantidad de curvas que al criterio del aforador tengan un nivel alto de afectación al reducir la velocidad de los vehículos.

¿Es compartido con otra ruta?: Responder a la pregunta según sea “sí” y escribir cuál y para “no” escribir N/A.

9.4.4.4 Validación. Se registra la siguiente información:

Firma del aforador: Registrar aquí la firma del aforador responsable de la toma de datos.

Firma del supervisor: Registrar aquí la firma del supervisor responsable de la toma de datos.

9.4.5 Formato para: identificación del área de influencia indirecta de la ruta APD7. El formato de campo que se emplea para la toma de información se presenta en el Anexo A. Los datos serán tomados desde Excel, se hará un registro fotográfico para identificar los sitios de interés y este consta de las siguientes partes.

NOMBRE DEL PROYECTO			
Fecha: _____		Hoja: _____ de _____	
Día representativo: _____		Condición climática: _____	
Hora inicio: _____	Hora final: _____	Encargado: _____	
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	SITIOS DE INTERÉS
Firma del encargado: _____			

Figura 18. Formato de identificación del área de influencia indirecta de la ruta APD7.
Elaboración propia en Excel.

9.4.5.1 Encabezado. Nombre de la presente investigación para la cual se adelanta la toma de la información y debajo, título específico del formato.

9.4.5.2 Identificación. Consta de la siguiente información:

Fecha: Anotar el día, mes y año, en el cual se está registrando la información de la siguiente manera dd/mm/aaaa.

Día representativo: Anotar el día representativo para el cual se está registrando la información de campo, es decir, si el recorrido es para día hábil (lunes-viernes), sábado y domingo y festivo.

Hoja No. ____ de ____.: Anotar el número de la hoja que se está empleando, y el número total de las hojas empleadas.

Condición climática: Anotar las condiciones climáticas que existen en el sitio, (si es un día de lluvia, humedad, frío o calor).

Hora inicio: Indicar la hora en la cual se inicia la distribución del trabajo, adaptación a las condiciones y ubicación en el punto más adecuado de visibilidad por parte del aforador.

Hora final: Indicar la hora que finaliza la toma de datos y revisión de la completitud de la información tomada.

Encargado: Corresponde al nombre de la persona encargada de tomar la información del respectivo formato.

9.4.5.2 Cuerpo del formato. Agregar las filas necesarias para cumplir con la totalidad de 41 puntos de parada evaluados. Se registra la siguiente información:

Condición: Representa si cada punto de parada corresponde un punto de inicio, punto dentro su recorrido de ida, punto de su recorrido de regreso o punto final. Se debe rellenar esta casilla con los colores, blanco, azul, rojo y blanco respectivamente.

ID: Escribir el número de identificación de cada parada, desde 00 en el punto inicio hasta 40 en el punto final.

Denominación parada: Escribir en esta casilla el nombre asignado a cada ID de punto de parada según lo estipulado por Metrolínea y las modificaciones hechas por parte de los autores.

Sitios de interés: Plasmar el registro fotográfico de Google Maps de cada área de influencia indirecta teniendo en cuenta sus límites con el norte, sur, este y oeste.

9.4.5.3 Validación. Se registra la siguiente información:

Firma del encargado: Registrar aquí la firma del encargado responsable de la toma de datos.

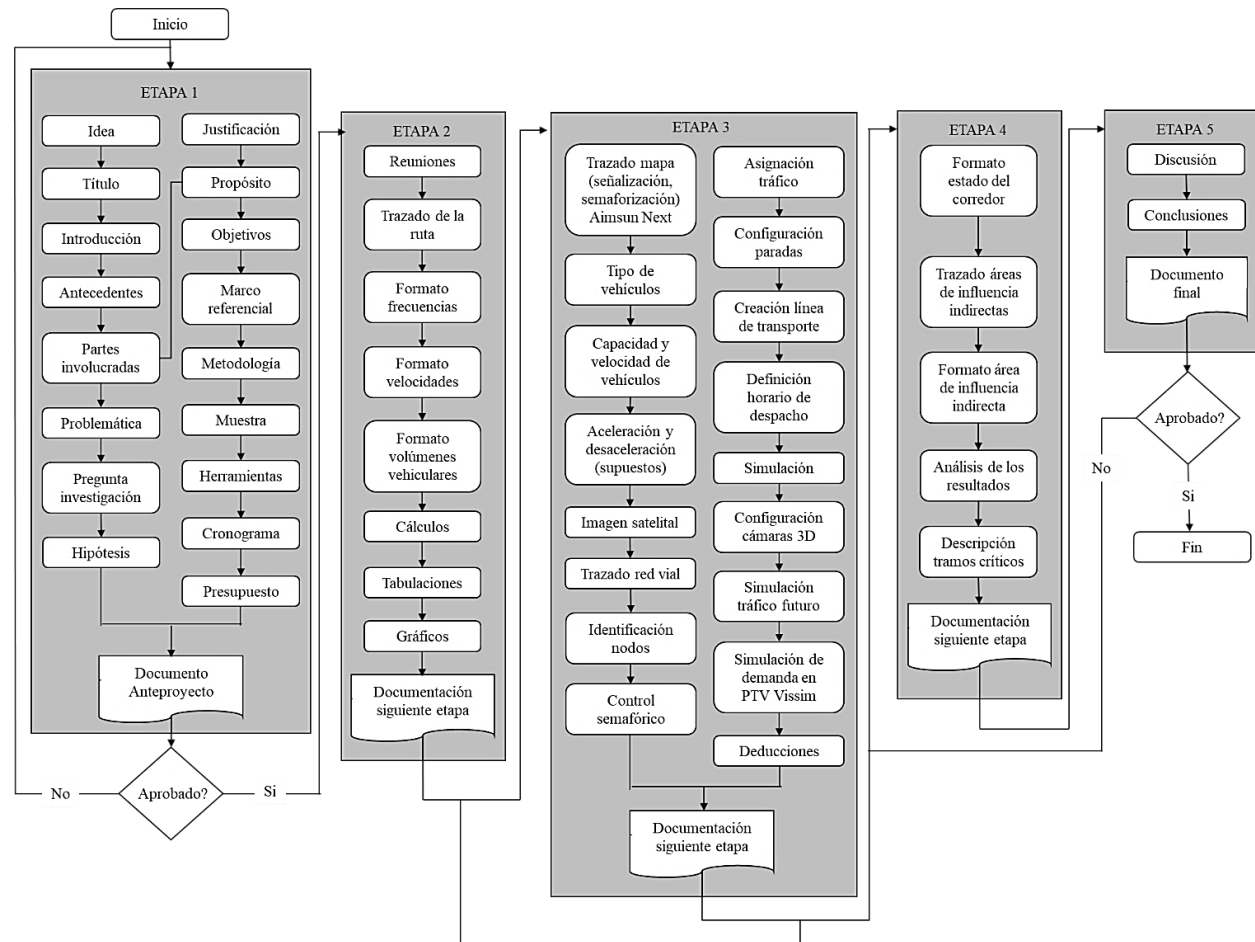
Procedimiento dividido por etapas

Figura 19. Etapas de la investigación.
Elaboración propia en Power Point.

9.4.6 Etapa 1. Recolección de la información existente y formulación del anteproyecto. En esta etapa los autores hicieron primeramente la búsqueda de los aspectos de interés para la investigación entre las disciplinas de tránsito, diseño geométrico de carreteras, gestión del transporte, modelación y simulación. Se hicieron consultas en páginas web gubernamentales de gremios y empresas privadas especializadas en consultorías de tránsito. Hasta cierto punto de la investigación, esta etapa se siguió realizando con el fin de contrastar siempre los datos que se tomaron en campo, con los datos de documentos técnicos y demás estudios de manera que se obtuviera una validez y contraste de estos. Para la parte de modelación, se realizó una capacitación del programa Aimsun Next y se buscó la información primaria adecuada que requería este, así mismo, se buscó aquella información existente, producto de estudios y análisis realizados previamente sobre los dos temas generales abordados y sobre el área de este proyecto. También se buscaron todos los datos que contextualizan el área de estudio de la investigación, como inicio para el desarrollo de las etapas que se plantearían. De esta manera, aquí se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Elección del título de la investigación en base a los intereses y preferencias de los autores.
2. Definición de la introducción.
3. Búsqueda y definición de los antecedentes más importantes.
4. Identificación de los involucrados o partes interesadas.
5. Definición del planteamiento del problema.
6. Planteamiento de la pregunta de investigación.
7. Planteamiento de la hipótesis de investigación.
8. Elaboración de la de la justificación y propósito de la investigación según las partes involucradas.

9. Definición del objetivo general y objetivos específicos.
10. Elaboración del marco referencial.
11. Elección y definición del método de investigación, en el que se incluyen las tareas, normas y procedimientos a utilizar.
12. Elección de la muestra. (Fue realizado teniendo en cuenta lo establecido por Metrolínea y definida en el apartado de sujetos, población y muestra). Así mismo se definieron las horas pico y valle según los horarios establecidos en [79]. Debido a la complejidad de la toma de datos de tránsito se decidió modificar estos horarios a periodos de 2 horas y no de 2 horas y media. Los horarios quedaron de la siguiente manera:

Tabla 2. *Horas pico y valle.*

Hora	Días hábiles (lunes a viernes)	Sábados	Domingos y festivos
6-8	Pico	Pico	Valle
8-10	Valle	Valle	Valle
10-12	Pico	Pico	Valle
12-14	Pico	Pico	Valle
14-16	Pico	Pico	Valle
16-18	Valle	Valle	Valle
18-20	Pico	Pico	Valle
20-22	Valle	Valle	Valle

Nota: * Horas pico y valle en los días representativo, según sea hábil, sábado o domingo y festivo. Adaptado de “decreto No. 603 de diciembre 26 de 2013”. [76].

13. Diseño de herramientas de recolección de datos. (Como se muestra en 3.4).
14. Establecer el cronograma con las tareas antedichas.
15. Medir los costos del proyecto mediante un presupuesto de investigación.

9.4.7 Etapa 2. Estimación de las frecuencias, demanda de usuarios, velocidades promedio y volúmenes vehiculares. Esta etapa estuvo dedicada al desarrollo el objetivo número 1. Inicialmente se hicieron 3 reuniones con el director de operaciones Julián Eduardo Arenas Rodríguez. La primera para explicar el propósito de la investigación y solicitar el permiso para la toma de datos. La segunda para hablar sobre los aspectos que han sido encontrados en los informes de gestión que afectan la operación de la ruta y recomendaciones. La tercera para definir los días de la toma de datos y recibir una explicación sobre el cambio que se hizo en la ruta y el beneficio que traería el acceso directo a zona paga una vez desabordado el autobús (información descrita detalladamente en el apartado de marco contextual).

Entre los tiempos transcurridos entre estas reuniones se hizo el trazado de la ruta con los puntos de parada en Google Maps y en Google Earth, se imprimieron los formatos de recolección de datos y se capacitó a los colaboradores sobre como llenarlos tanto a mano como en Excel. Aquí se decidieron quitar unas paradas de las establecidas por facilidad de toma de datos (esto no afectó la realidad de los datos debido a que en estas paradas no se subió ni se bajó ninguna persona). El mapa y las paradas quedaron de la siguiente manera y denominación.

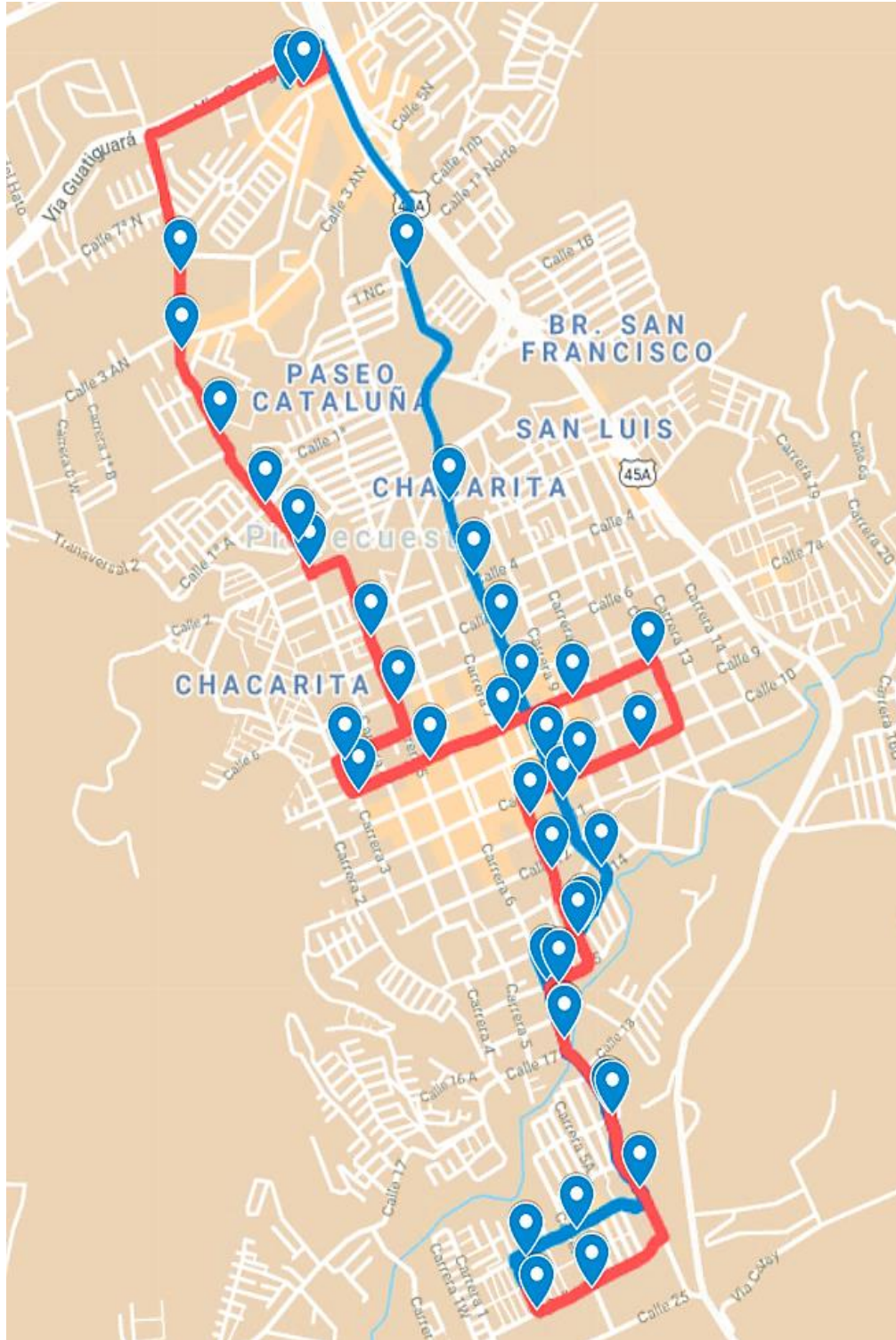


Figura 20. Trazado de la ruta APD7 con los puntos de parada y sus denominaciones. Elaboración propia en Google Maps

Tabla 3. *Paradas establecidas de la ruta APD7.*

CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA
IDA	01	KR 6 1NC PASEO GALICIA
IDA	02	KR 8 CL 2
IDA	03	KR 8 CL 3
IDA	04	KR 8 CL 5
IDA	05	KR 8 CL 7
IDA	06	KR 8 CL 9
IDA	07	KR 8 CL 10
IDA	08	KR 8 CL 12
IDA	09	CL 14 KR 7
IDA	10	CL 14 KR 6
IDA	11	KR 6 CL 14
IDA	12	KR 6 CL 17
IDA	13	CL 21 KR 4
REGRESO	14	CL 21 KR 2 ^a
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE
REGRESO	16	CL 23 KR 3B
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO
REGRESO	18	KR 6 CL 19
REGRESO	19	KR 6 CL 16
REGRESO	20	CL 15 KR 6
REGRESO	21	KR 7 CL 14
REGRESO	22	KR 7 CL 12
REGRESO	23	KR 7 CL 10
REGRESO	24	CL 10 KR 8
REGRESO	25	CL 10 KR 10
REGRESO	26	CL 8 KR 11
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9
REGRESO	28	CL 8 KR 7
REGRESO	29	CL 8 KR 5
REGRESO	30	CL 8 KR 3
REGRESO	31	CL 7 KR 3
REGRESO	32	KR 5 CL 6
REGRESO	33	KR 5 CL 4
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D
REGRESO	35	KR 4 AV 1B
REGRESO	36	KR 4 CL 0
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND
REGRESO	38	KR 4 CL 3
REGRESO	39	SAN TELMO 1
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA

Nota: * Paradas establecidas por los autores. Condición de inicio, ida, regreso y fin. ID y denominación. Elaboración propia en Excel.

Se procedió a la toma de datos en los días 12/03/2020, 14/03/2020 y 15/03/2020 respectivamente en los cuales se hicieron 3 recorridos en el día hábil, 2 recorridos en el sábado y 2 en el domingo (aforos frecuencia - ocupación).

Tabla 4. *Recorridos realizados en la ruta APD7.*

Hábil (Lunes-Viernes). REC 1	Hora partida	Hora en que llega lleno
	6:37:22	7:37:11
	Tiempo total de recorrido	
	0:59:49	
Hábil (Lunes-Viernes). REC 2	Hora	Pico
	Hora partida	Hora en que llega lleno
	15:14:22	16:05:18
	Tiempo total de recorrido	
Hábil (Lunes-Viernes). REC 3	0:50:56	
	Hora	Valle y Pico
	Hora partida	Hora en que llega lleno
	19:14:33	20:15:34
Sábados. REC 1	Tiempo total de recorrido	
	1:01:01	
	Hora	Valle y Pico
	Hora partida	Hora en que llega lleno
Sábados. REC 2	8:50:40	9:44:59
	Tiempo total de recorrido	
	0:54:19	
	Hora	Valle
Domingos y Festivos. REC 1	Hora partida	Hora en que llega lleno
	11:42:12	12:40:57
	Tiempo total de recorrido	
	0:58:45	
Domingos y Festivos. REC 2	Hora	Pico
	Hora partida	Hora en que llega lleno
	6:20:35	7:12:31
	Tiempo total de recorrido	
Domingos y Festivos. REC 2	0:51:56	
	Hora	Valle
	Hora partida	Hora en que llega lleno
	15:39:01	16:28:50
Domingos y Festivos. REC 2	Tiempo total de recorrido	
	0:49:49	
	Hora	Valle
	Hora partida	Hora en que llega lleno

Nota: * Recorridos realizados para el análisis de la presente investigación. Elaboración propia en Excel.

Esto se hizo de la siguiente manera. En un primer momento, se ubicaron los aforadores en el Portal de Piedecuesta y los supervisores. Se procedió al llenado del formato de frecuencia y nivel de ocupación de pasajeros como se describe en 3.4.1.



Figura 21. Ubicación de los aforadores en el Portal de Piedecuesta.
Elaboración propia.

Se hizo el llenado del formato de velocidades de los tramos y velocidad promedio del recorrido por parte de los autores tal y como se describe en 3.4.2. Para este formato no se tuvo en cuenta los tiempos de aceleración y desaceleración del vehículo, sólo se tomó el tiempo neto de estacionado desde el momento en que entraba en reposo hasta que salía de él.

Sincronizadamente, se fue tomando por parte de los colaboradores los conteos vehiculares llenando el formato de aforos de volúmenes vehiculares de acuerdo con lo descrito en 3.4.3. Se aclara que se tomó la decisión de que ese periodo de 15 minutos representara la totalidad del periodo de 2 horas ya que son 43 paradas y el costo del tiempo personal sería exagerado. Se hizo el supuesto de multiplicar esta cantidad de vehículos que pasaban en 15 minutos por 8 para representar las 2 horas basado en el antecedente [11] en el que se describe que las variaciones de la totalidad del volumen vehicular en 4 periodos de 15 minutos son del 15%.



Figura 22. Ubicación de los aforadores para realizar los conteos vehiculares.
Elaboración propia.

Se discriminó la información por un único sentido (el cual utilizaba la ruta APD7) y tipo de vehículo para el período de aforo durante las horas determinadas, en las estaciones definidas del área de estudio (puntos de parada). Con el fin de conocer el patrón de demanda a lo largo del día y validar luego los resultados obtenidos en una matriz origen destino en la etapa 3. Una vez llenados estos formatos, se procedió a pasar la información de volumen de tránsito vehicular a un formato menos desglosado, pero también en Excel.

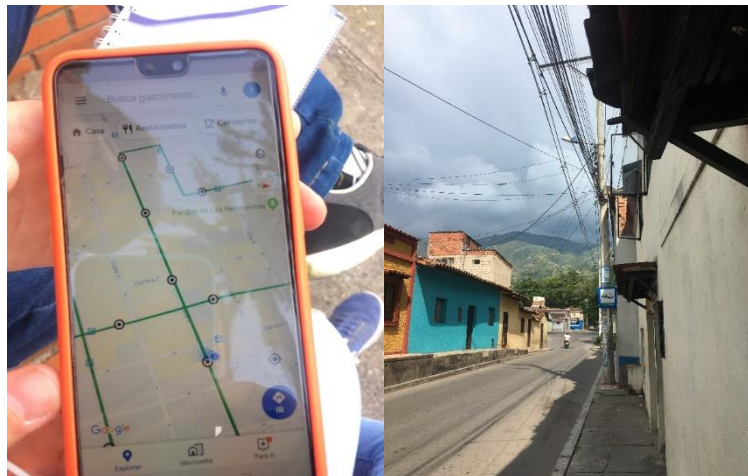


Figura 23. Ubicación de los aforadores para realizar los conteos (apoyo con mapa digital).
Elaboración propia.

El formato de frecuencia y nivel de ocupación de pasajeros fue analizado y verificado, de manera que las casillas estuvieran llenadas correctamente y en el caso que no aplicara hubiera un N/A. Teniendo la hora de llegada de pasajeros, el número de vehículo que llegaba, la hora en que llegaba lleno, la hora en que llegaba vacío, los pasajeros que se subían y la hora de partida, se procedió al cálculo de resultados. Primeramente, se halló la frecuencia de la siguiente forma:

$$\text{Frecuencia} = \text{Hora vacío actual} - \text{Hora vacío anterior}$$

Donde:

Frecuencia: tasa de vehículos por unidad de tiempo.

Hora vacío actual: hora en que llega vacío el vehículo actual.

Hora vacío anterior: hora en que llega vacío el vehículo anterior al actual.

El tiempo de espera total de pasajeros fue calculado como se muestra:

$$\text{Espera} = \text{Hora de partida} - \text{Hora llegada pasajeros}$$

Donde:

Espera: tiempo de espera total de los pasajeros en la determinada hora.

Hora de partida: hora en que el vehículo parte del reposo a iniciar su recorrido.

Hora llegada de pasajeros: hora tomada desde el momento en que llega la primera persona a esperar el bus del recorrido actual.

El tiempo total de recorrido del bus, fue hallado de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo recorrido} = \text{Hora de llegada} - \text{Hora partida}$$

Donde:

Tiempo recorrido: tiempo total desde que el vehículo sale de su punto de inicio hasta que llega al punto final haciendo su recorrido. (Portal de Piedecuesta – Portal de Piedecuesta).

Hora de llegada: hora en que el vehículo llega lleno para estacionar y desabordar los pasajeros una vez terminado el recorrido.

Hora de partida: hora en que el vehículo parte del reposo a iniciar su recorrido.

El tiempo de descanso del bus, fue hallado de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo descanso} = \text{Hora vacío} - \text{Hora lleno}$$

Donde:

Tiempo descanso: tiempo total transcurrido desde que el vehículo empieza a desabordar los pasajeros hasta que llega vacío a la plataforma correspondiente con el fin de abordar los pasajeros a la espera.

Hora vacío: hora en que llega vacío el vehículo actual.

Hora lleno: hora en que el vehículo llega lleno para estacionar y desabordar los pasajeros una vez terminado el recorrido.

Se aclara que no se tomó este tiempo de estacionado neto descontando el tiempo que tardaron los pasajeros en bajar ni el tiempo que le tomó dirigirse a la plataforma a abordar los pasajeros debido a la complejidad que esto traería.

El tiempo de subida de los pasajeros, fue hallado de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo subida} = \text{Hora partida} - \text{Hora vacío}$$

Donde:

Tiempo subida: tiempo total transcurrido desde el vehículo llega vacío a la plataforma hasta que la totalidad de pasajeros a la espera abordan y este parte del reposo.

Hora partida: hora en que el vehículo parte del reposo a iniciar su recorrido.

Hora vacío: hora en que llega vacío el vehículo actual.

Se aclara que no se tomó este tiempo neto de subida de pasajeros descontando el tiempo que por alguna razón el conductor esperaba estacionado luego de abordar los pasajeros que estaban haciendo la fila debido a la complejidad que esto traería.

Una vez obtenidos estos resultados, se procedió al cálculo del promedio de frecuencia, pasajeros que se suben, pasajeros que se bajan, tiempo de recorrido, tiempo de espera de los pasajeros, tiempo de descanso del bus y tiempo de subida de los pasajeros todo tanto para hora pico, como para hora valle.

Teniendo lleno el formato de velocidades de los tramos y velocidad promedio del recorrido con las ecuaciones y tal y como se describe en 3.4.2., se procedió a calcular el % de pasajeros que se subieron y bajaron en cada punto de parada para los 7 recorridos realizados con el fin de hacer una estimación de la cantidad de pasajeros que se subieron y bajaron en cada recorrido de los 3 días de muestra analizados. Esto se calculó de la siguiente forma:

$$\%suben = \frac{\#suben_{actual}}{\#bajan_{40}} \times 100$$

Donde:

% suben: % de pasajeros que se suben en la parada actual en base al número total de pasajeros que se bajan en la parada 40 o punto de parada final.

suben actual: número de pasajeros que se suben en la parada actual.

bajan 40: número total de pasajeros que se bajan en la parada 40 o parada final.

$$\%bajan = \frac{\#bajan_{actual}}{\#suben_{00}} \times 100$$

Donde:

% bajan: % de pasajeros que se bajan en la parada actual en base al número total de pasajeros que se suben en la parada 00 o punto de parada de inicio del recorrido.

bajan actual: número de pasajeros que se bajan en la parada actual.

suben 00: número total de pasajeros que se suben en la parada 00 o parada de inicio del recorrido.

Por último, se hizo el promedio de estos porcentajes tanto para hora pico como para hora valle y se procedió a aplicarlos en todos los recorridos de la tabla de frecuencia horaria de la siguiente manera. Teniendo el número de pasajeros que se suben y bajan en un determinado recorrido se le aplicaron los porcentajes como se muestra:

$$\# \text{ suben} = \frac{(\% \text{suben}_{\text{actual}})(\# \text{bajan}_{40})}{100}$$

Donde:

suben: número de pasajeros que se suben en la parada actual en base al número total de pasajeros que se bajan en la parada 40 o punto de parada final.

% suben actual: % de pasajeros que se suben en la parada actual.

bajan 40: número total de pasajeros que se bajan en la parada 40 o parada final.

$$\# \text{bajan} = \frac{(\% \text{bajan}_{\text{actual}})(\# \text{suben}_{00})}{100}$$

Donde:

bajan: número de pasajeros que se bajan en la parada actual en base al número total de pasajeros que se suben en la parada 00 o punto de parada de inicio del recorrido.

% bajan actual: % de pasajeros que se bajan en la parada actual.

suben 00: número total de pasajeros que se suben en la parada 00 o parada de inicio del recorrido.

Luego se procedió a comprobar por medio de sumatorias si el número de pasajeros que se bajaban en cada parada de un determinado recorrido era igual al número de pasajeros que se

subieron en la parada 00 y si el número de pasajeros que subieron en cada parada de un determinado recorrido era igual al número de pasajeros que se bajaron en la parada 40 y hacer el perfil de carga de los autobuses.

Con el volumen de tránsito vehicular en un formato menos desglosado Excel para cada día representativo se hicieron los histogramas según la franja horaria y el número de vehículos que pasaba por cada punto de parada en hora pico y hora valle. Así también se sacó el % de estos en cada una de las paradas para la totalidad de los 7 modos de transporte elegidos. Una vez obtenidos estos resultados, se agruparon como parte del objetivo 1 e insumo para concluir en la etapa 5.

La toma de datos de tránsito se realizó desde las 6:00 a las 22:00 sin tener en cuenta el rango de tiempo desde el inicio de la operación hasta las 6:00 debido al riesgo de realizar una toma de datos en una hora tan temprana y también se tomó la decisión teniendo en cuenta que en esas horas el volumen de tránsito vehicular es mínimo y no presenta picos importantes.



Figura 24. Tránsito vehicular en el punto de inicio (Portal de Piedecuesta). Tomado de [77].

9.4.8 Etapa 3. Modelación del escenario multimodal dentro de la configuración vial con los parámetros operacionales. Esta etapa fue dedicada al desarrollo del objetivo número 2. La modelación se realizó con una licencia otorgada del software Aimsun Next en el que se permite modelizar redes de transporte. En un primer momento se hizo en Excel un mapa de la ruta APD7 con la ubicación de los semáforos, señales verticales, comportamiento del tránsito en los carriles (sentidos viales) y puntos de parada geográficamente, que fueron encontrados en la toma de datos y plasmados en el formato inspección de la condición del corredor de la ruta tal como se describe en 3.4.4. el día 27/07/2020.



Figura 25. Identificación de la señalización vial, semaforización y estado del corredor. Elaboración propia en Excel.

El escenario que los autores decidieron modelar fue el del día hábil (lunes – viernes) REC 1. Se aclara que, aunque no fue el escenario más crítico, fue el más apropiado a modelar ya que se encontraba dentro de una sola franja horaria de hora pico, es decir con una sola totalidad de volúmenes vehiculares por partición modal a diferencia de los otros 2 recorridos de este mismo día.



Figura 26. Mapa de la ruta APD7 con su respectiva señalización vial, semaforización y puntos de parada.

Elaboración propia en Excel.

Luego de tener esta información, se procedió al inicio del modelamiento. Se creó en el software un nuevo proyecto y se definió el sistema de coordenadas y la ruta de guardado de datos y resultados de simulaciones.

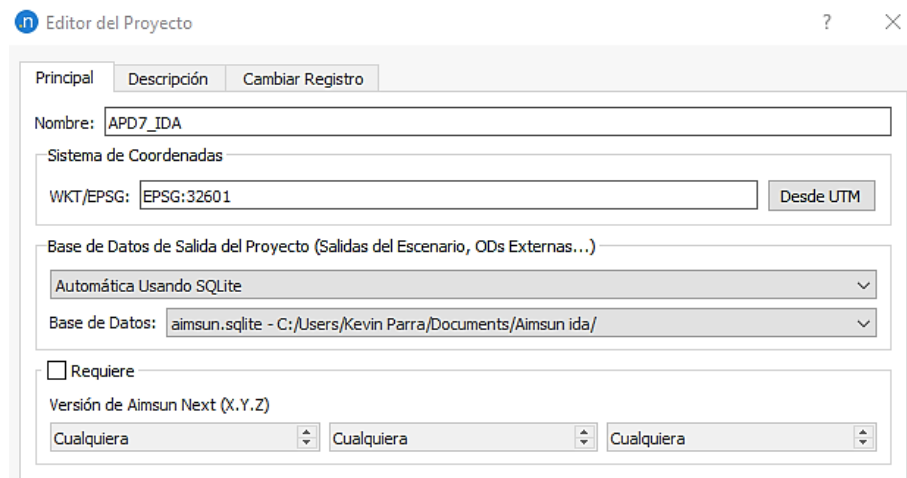


Figura 27. Definición del sistema de coordenadas y ruta de guardado y simulación.

Elaboración propia en Aimsun Next.

Se establecieron los tipos de vehículos que iban a ser modelados en el escenario multimodal, es decir, los 7 modos: autobuses, bicicletas, taxis, vehículos particulares, camiones y alimentadores APD7 de Metrolínea.

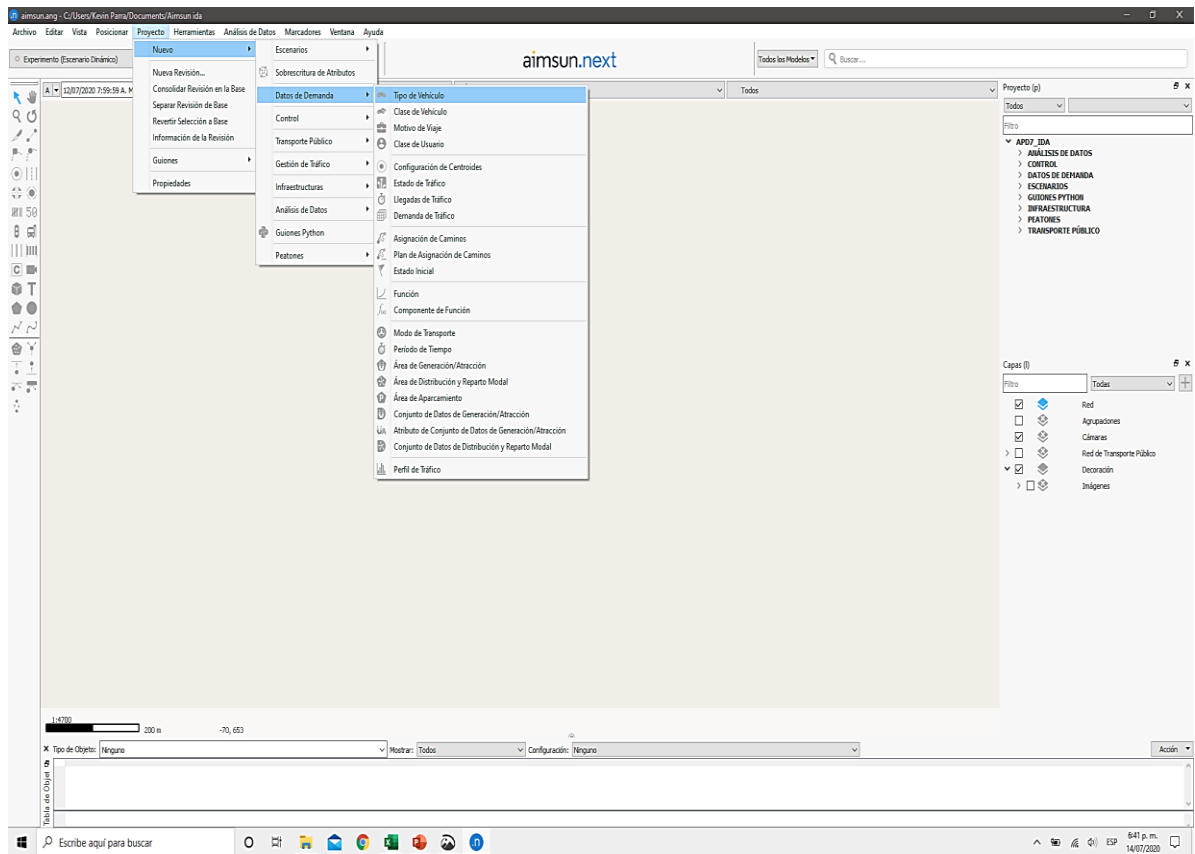


Figura 28. Definición del sistema de coordenadas y ruta de guardado y simulación. Elaboración propia en Aimsun Next.

Se configuró la geometría de los vehículos, los parámetros de velocidad y si esto pertenecía a una clase especial (como transporte público o transporte pesado). De igual forma, se estableció la capacidad del vehículo en cuanto a pasajeros, la cual podía ser hallada por factor multiplicativo de la longitud del vehículo o directamente con la cantidad de asientos y capacidad total (generalmente, solo se usa en transporte público), en este caso fue, como se mencionó en el marco contextual de 45 pasajeros.

Tipo de Vehículo: 531, Nombre: Particular, ID Externo: 700 {38ce1fef-317f-4878-8014-27df0a51c9c0}

Principal Modelos Dinámicos Modelo Microscópico Modelos Estáticos Atributos

Nombre: Particular ID Externo: 700

	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Longitud	4,83 m	0,00 m	4,83 m	4,83 m
Anchura	2,04 m	0,00 m	2,04 m	2,04 m
Velocidad Máxima Deseada	60,00 km/h	0,00 km/h	20,00 km/h	60,00 km/h

Capacidad del Vehículo

Tipo de Valor: Factor Multiplicativo de la Longitud

Capacidad Total: 1,00 Capacidad en Asientos: 1,00

Clases

Pertenece a la Clase

☐ Clase Transporte Pesado

☐ Clase Transporte Público

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 29. Configuración de parámetros vehiculares y capacidad.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Se establecieron los parámetros de aceleración y desaceleración como supuestos, ya que esta información no se aplicó en el alcance de la investigación. También se estableció la forma de visualización en 2D y la forma 3D en una vista 3D de la simulación.

Tipo de Vehículo: 531, Nombre: Particular, ID Externo: 700 {38ce1fef-317f-4878-8014-27df0a51c9c0}

PrincipalModelos DinámicosModelo MicroscópicoModelos EstáticosAtributos

PrincipalArticulados y PuertasFormas 2DFormas 3DModelos Medioambientales

	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Aceleración Máxima	3,00 m/s2	0,00 m/s2	3,00 m/s2	3,00 m/s2
Desaceleración Normal	4,00 m/s2	0,00 m/s2	4,00 m/s2	4,00 m/s2
Desaceleración Máxima	6,00 m/s2	0,00 m/s2	6,00 m/s2	6,00 m/s2
Factor del Margen de Seguridad	1,00	0,00	1,00	1,00
Espacio Libre Lateral	0,50 m	0,00 m	0,50 m	0,50 m

Modelo de Seguimiento de VehículosModelo de Cambio de CarrilModelo de Adelantamiento en Vías de Dos Sentidos

PrincipalACC CACC

	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Factor de Sensibilidad	1,00	0,00	1,00	1,00
Hueco	0,00 segs	0,00 segs	0,00 segs	0,00 segs
Agresividad en el Tiempo entre Vehículos	0,00	0,00	-1,00	1,00

☐ Favorece Aparición de Atascos

Ayuda

AceptarCancelar

Figura 30. Parámetros de aceleración y desaceleración. Factor del margen de seguridad. Elaboración propia en Aimsun Next.

Tipo de Vehículo: 531, Nombre: Particular, ID Externo: 700 {38ce1fef-317f-4878-8014-27df0a51c9c0}

PrincipalModelos DinámicosModelo MicroscópicoModelos EstáticosAtributos

PrincipalArticulados y PuertasFormas 2DFormas 3DModelos Medioambientales

Forma de Dibujado 2D (haga clic para cambiarlo)

1 Coche



Ayuda

AceptarCancelar

Figura 31. Vehículo particular representativo en 2D. Elaboración propia en Aimsun Next.

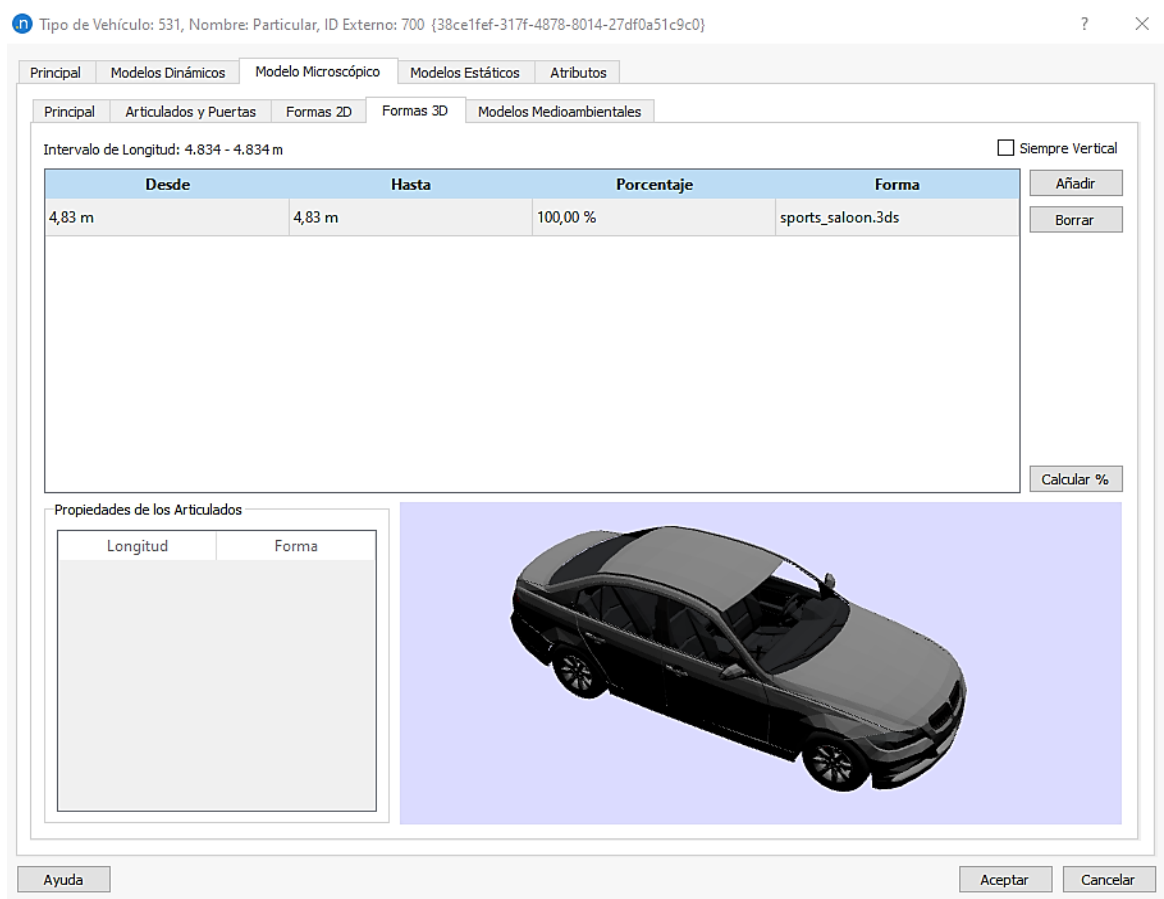


Figura 32. Vehículo particular representativo en vista 3D.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Con ayuda de la imagen satelital previamente descargada, escalada y asociada al sistema de coordenadas utilizado, se dibujaron las secciones de vía que iban a ser de utilidad para la simulación de la ruta APD7. Como se trabajó con una versión estudiantil (software AIMSUN NEXT 20) que fue otorgada por la empresa TSS-Transport Simulation Systems, Inc., previamente dicho, se tienen tuvieron ciertas limitaciones en cuanto a tamaño de la red y número de intersecciones o nodos, por lo cual, se dividió en dos partes el recorrido (ida y vuelta), para solucionar el problema de la extensión de la ruta y para realizar un análisis más detallado de esta.

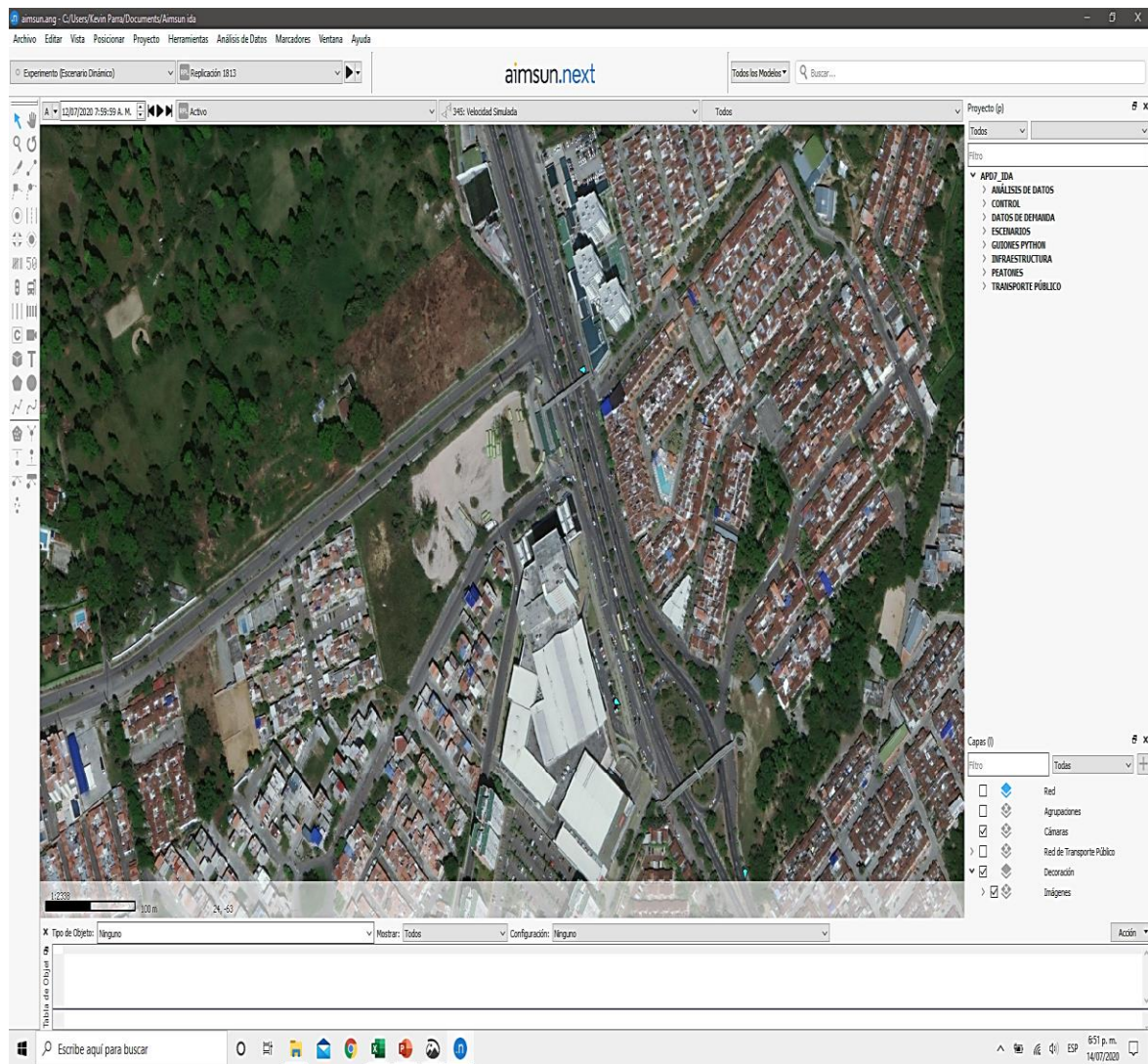


Figura 33. Dibujo de secciones de vía sobre imagen satelital.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Se hizo el trazado de la red, teniendo en cuenta la configuración geométrica de las secciones viales que componen la ruta APD7, así como los tramos de entrada y salida de vehículos que juegan un papel importante en la correcta simulación del tránsito.

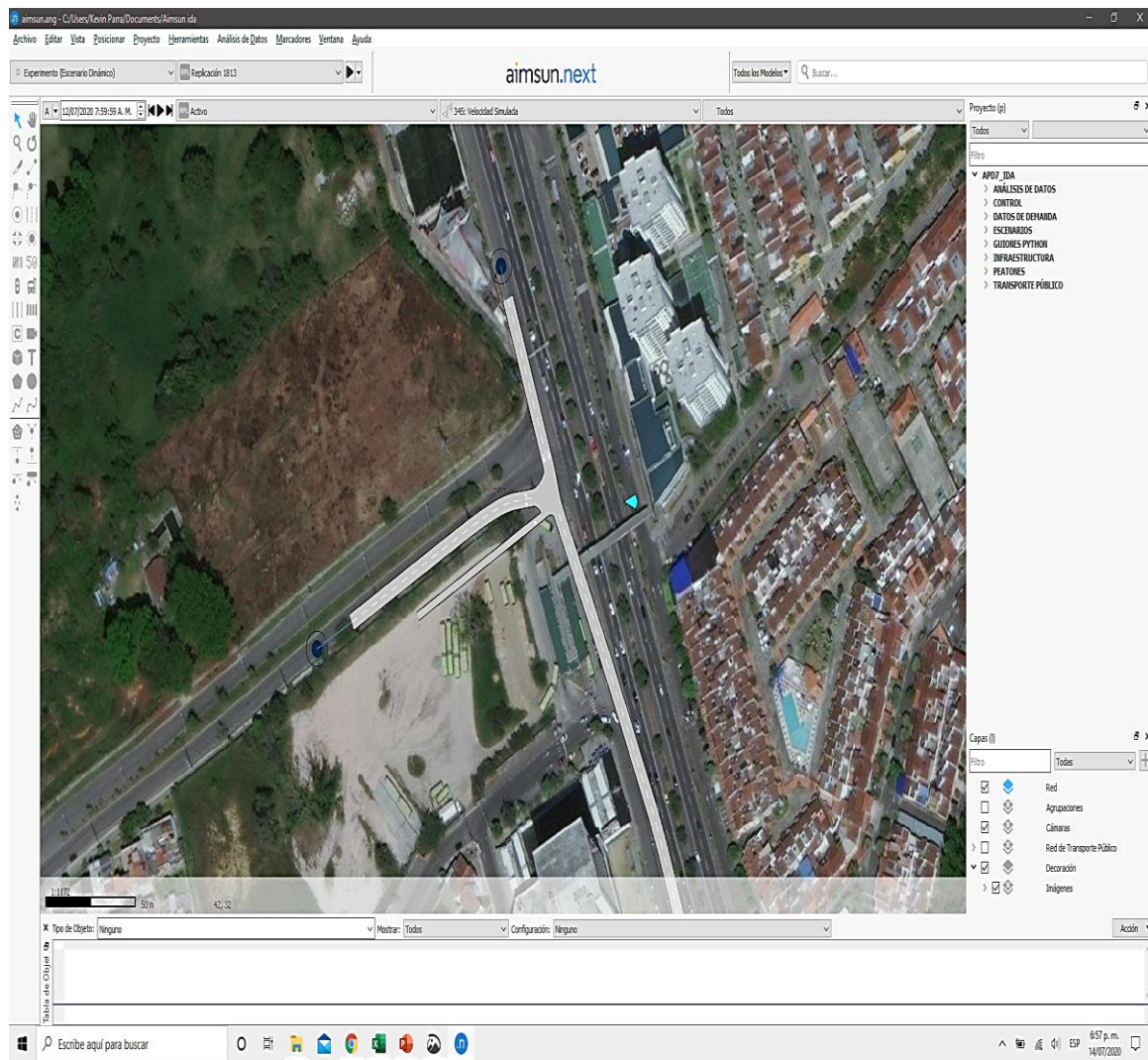


Figura 34. Trazado de la red con tramos de entrada y salida.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Finalmente, hecho esto, se obtuvo el trazado de la ruta de ida. Los círculos que se encuentran en el extremo de cada sección son denominados “centroides” y representan las salidas o llegadas de vehículos, los cuales fueron configurados dentro de una matriz de origen/destino estimada en datos reales del volumen vehicular hallados, aunque también existía la posibilidad de hacerlo mediante la definición de un “estado de tráfico”.

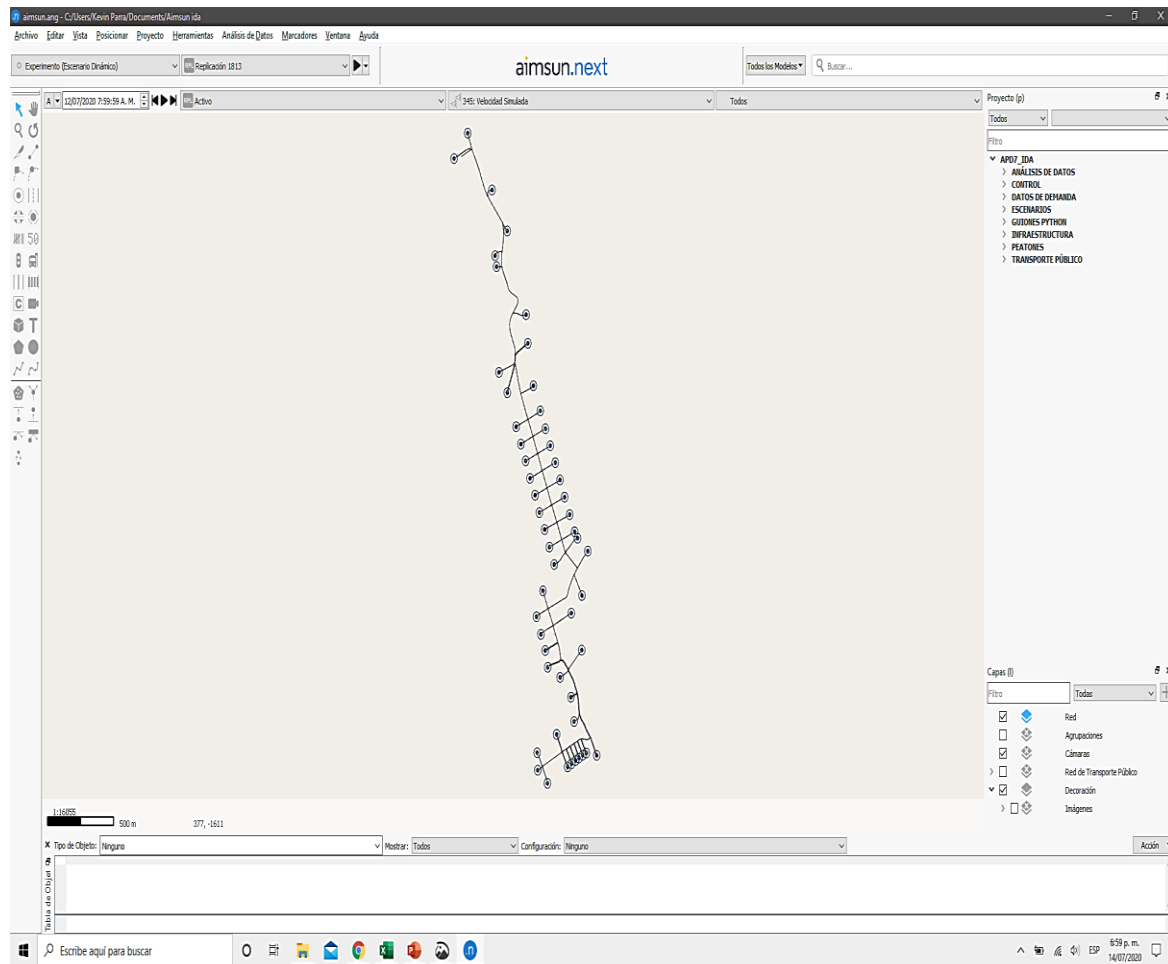


Figura 35. Ruta de ida con centroides (salidas y llegadas).
Elaboración propia en Aimsun Next.

Una vez trazada la red, fue necesario identificar los nodos con planes de control vehicular mediante unidades semafóricas. Se establecieron las limitantes de circulación para las secciones que así lo requerían.

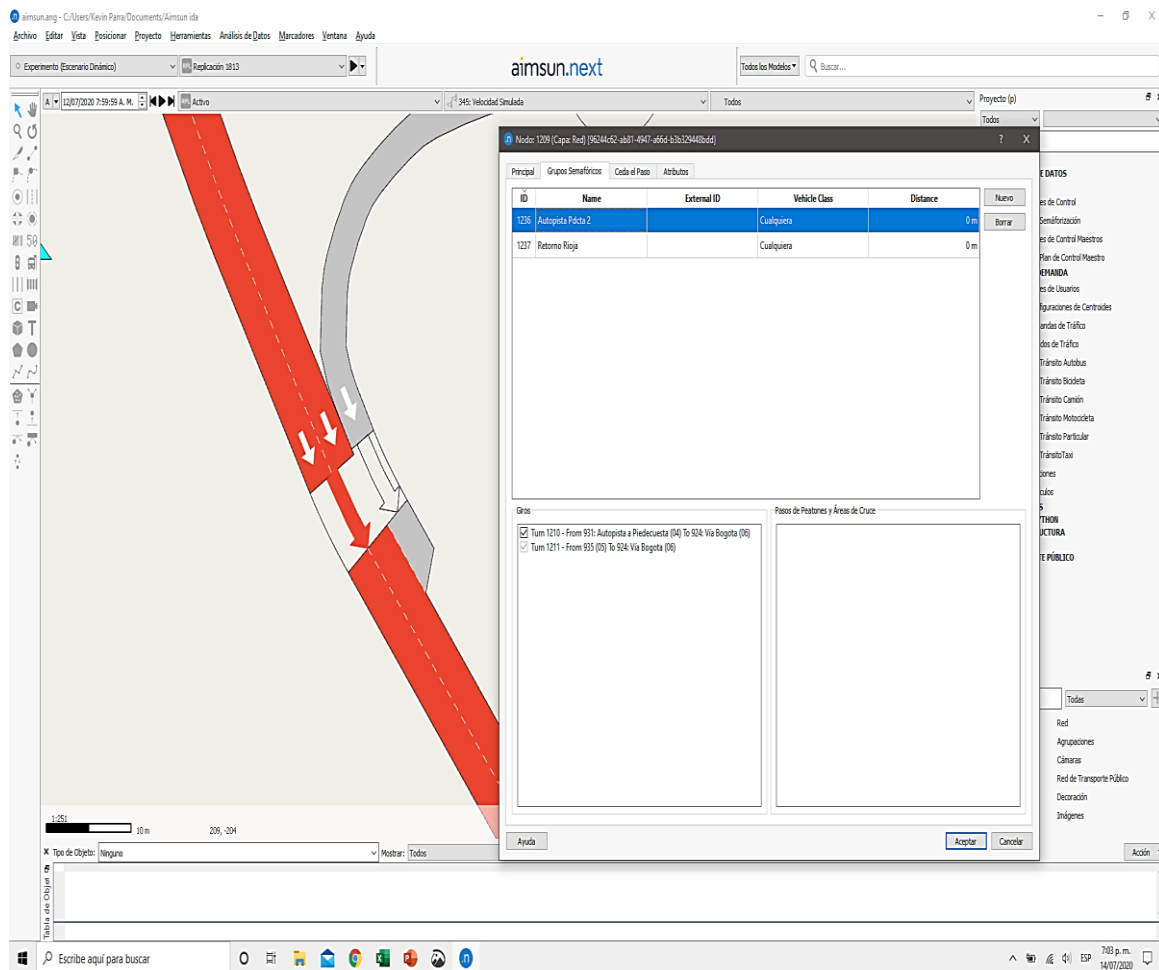


Figura 36. Identificación de nodos con planes de control vehicular.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Luego se estableció el tipo de semáforo, los supuestos de los tiempos verdes y el tiempo que tomaba la transición entre fases y, evidentemente, asignando a cada sección vial (o bien fuera la restricción de circulación) la fase que le corresponde.

Nodo: 1209 (Capa: Red) {96244c62-ab81-4947-a66d-b3b329448bdd} Control Plan: 1155 Semáforización

Tipo: Fijo Ciclo: 90 segs.

Desplazamiento: 0,00 s Anillos: 1

Transición Verde a Rojo: Tiempo de Ámbar: 4,00 s Porcentaje de Rojo: 50

Transición Rojo a Verde: Tiempo de Ámbar: 4,00 s

Tiempos Prioridad

Ver como: Fases 🔍 🔍 Añadir Fase Borrar Fase Borrar Todas las Fases

Básico Actuado Detectores

☐ Interfase Tiempo de Ámbar (Verde a Rojo): Usar Valor del Nodo Tiempo de Ámbar (Rojo a Verde): Usar Valor del Nodo

Duración Mínima: 0,00 s

Señal	Asignado a la fase	Intermitente en verde
Autopista Pdcta 2		No
Retorno Rioja		No

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 37. Definición de tipos de semáforos y supuestos de tiempos verdes. Elaboración propia en Aimsun Next.

Finalmente, para que el control semafórico pudiera ser asignado a la simulación, fue necesario crear un plan de control maestro, encargado de reunir todas las configuraciones de semáforos asignadas a las intersecciones que las requerían o contaban con ellas. De igual manera, se estableció un horario de funcionamiento de este plan de control maestro que podía ser modificado de acuerdo con las necesidades de la simulación y las condiciones de los datos de entrada.

Plan de Control Maestro: 1248, Nombre: Plan de Control Maestro {69004483-8a54-45f6-b565-ae321f5... ? X

Principal Controladores

Nombre: Plan de Control Maestro ID Externo:

Tiempo Inicial: 6:00:00 A. M. Duración: 02:00:00

	6:00 a. m.	6:15 a. m.	6:30 a. m.	6:45 a. m.	7:00 a. m.	7:15 a. m.	7:30 a. m.	7:45 a. m.	
Zona 1	Semáforización								02:00:
Zona 2									

< >

Elemento de Control

Tiempo Inicial: 12:00:00 A. M. Duración: 00:00:00

Figura 38. Creación del plan de control maestro.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Los datos de demanda de tráfico fueron asignados, como se mencionó anteriormente, por medio de matrices O/D o estados de tráfico. Para esta simulación se usaron estados de tráfico en los que se definió el flujo vehicular por cada tipo de vehículo configurado al inicio. Cada sección de vía tenía una asignación de flujo y a cada giro posible procedente de esta sección se le asignó un porcentaje de giro de acuerdo con los datos tomados en campo.

Estado de Tráfico: 1799, Nombre: Tránsito Particular {c5d3baa3-5b41-4018-81b8-1bb7e89fa243}

Principal **Parámetros**

Nombre: Tránsito Particular ID Externo:

Tipo de Vehículo: 531: Particular (700) Motivo de Viaje: Ninguno

Cabeceras: ID: Nombre (ID Externo) Tiempo Inicial: 6:00:00 A. M. Duración: 02:00:00

Flujo de Entrada Información del Giro

☐ Resaltar Definiciones Incorrectas Copiar Pegar Usar Giros de Entrada

☒ Mostrar Todas las Secciones Recalcular Porcentajes de Giro Usando los Flujos de Salida

Secciones del Giro	Porcentaje de Giro	Flujo en el Giro (veh/h)
548: Vía Guatiguara (01) hasta 931: Autopista a Piedecuesta (04)	100	90
551: Autopista a Piedecuesta (02) hasta 931: Autopista a Piedecuesta (04)	100	230
555: Carrera 8 (24) hasta 826: Calle 4 (26)	27.4	34
555: Carrera 8 (24) hasta 817: Carrera 8 (27)	72.5	90
563: Calle 15 (60) hasta 564: Carrera 6 (62)	53.8	42
563: Calle 15 (60) hasta 561: Calle 15 (61)	46.1	36
564: Carrera 6 (62) hasta 955: Carrera 6 (65)	71.1	101

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 39. Asignación de demanda de tráfico.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Al igual que el plan de control maestro, la demanda de tráfico reúne todos los estados de tráfico que serían tenidos en cuenta en la simulación, para este caso, existe uno por cada tipo de vehículo definido al inicio.

Demanda de Tráfico: 1346, Nombre: Demanda de Tráfico {d98d4734-5d2e-4dac-b954-80181460aef8} ? X

Principal Sumario Perfil

Nombre: Demanda de Tráfico ID Externo:

Tiempo Inicial: 6:00:00 A. M. Duración: 02:00:00 Tipo: Estados Factor: 100 % Total: 7759 veh/h

	6:00 a. m.	6:15 a. m.	6:30 a. m.	6:45 a. m.	7:00 a. m.	7:15 a. m.	7:30 a. m.	7:45 a. m.	8:00 a. m.
Particular Total: 1790 veh/h	Tránsito Particular (100%)								02:00:00
Motocicleta Total: 4648 veh/h	Tránsito Motocicleta (100%)								02:00:00
Bicicleta Total: 172 veh/h	Tránsito Bicicleta (100%)								02:00:00
Camion Total: 194 veh/h	Tránsito Camión (100%)								02:00:00
Taxi Total: 665 veh/h	Tránsito Taxi (100%)								02:00:00
Autobus Total: 290 veh/h	Tránsito Autobus (100%)								02:00:00

Elemento de Demanda Actual

Tiempo Inicial: 12:00:00 A. M. Duración: 00:00:00

Factor: % Total: 0

Llegadas de Tráfico

Llegadas de Tráfico: Ninguno

Figura 40. Estados de tráfico por tipo de vehículo.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Para el sistema de transporte público, se dibujaron y configuraron paradas de transporte público, las cuales serían asociadas a una línea de transporte público que fue definida posteriormente.

Parada de Transporte Público: 1259, Nombre: KR 8 CL 2 (Capa: Red) {ad9e1428-1aa2-4f83-abaf-b071d... ? X

Principal Peatones Modelo Estático Atributos

Nombre: KR 8 CL 2 ID Externo:

Tipo: Normal Capacidad: 0 veh

Distancia de Visibilidad: 200,0 m

Modo de Dibujado 3D: Como Parada de Autobús ☐ El Vehículo Ha de Caber Entero en la Parada para Parar

Lado de la Vía: Derecho

Used in Lines

1254: Ruta APD7

Información

Longitud: 10.0 m

Distancia Desde el Principio de la Sección: 98.8 m

Distancia al Final de la Sección: 37.5 m

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 41. Configuración de paradas del sistema de transporte público.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Se creó la línea de transporte público seleccionando las secciones viales correspondientes a la ruta que se quería definir. Se tenía la posibilidad también de que a los tramos que detectan paradas de transporte público configuradas, se les pudiera asignar o no, como pertenecientes a esta línea de transporte.

Linea de Transporte Público: 1254, Nombre: Ruta APD7 (Capa: Líneas de Transporte Público) {c6b6450e-b673-48f7-87ea-af23a81bf7b4}

Principal | Horarios | Costes | Uso | Atributos

Nombre: Ruta APD7 ID Externo:

Paradas	Secciones
	1163 (03)
	931: Autopista a Piedecuesta (04)
	924: Via Bogota (06)
	920 (08)
1258: KR 6 INC PASEO GALICIA	909 (10)
	897 (12)
	873 (14)
	846 (17)
1259: KR 8 CL 2	840: Carrera 8 (22)
1260: KR 8 CL 3	555: Carrera 8 (24)
	817: Carrera 8 (27)
1261: KR 8 CL 5	809: Carrera 8 (30)
	801: Carrera 8 (33)
1262: KR 8 CL 7	793: Carrera 8 (36)
	785: Carrera 8 (39)
1263: KR 8 CL 9	778: Carrera 8 (42)
1264: KR 8 CL 10	775: Carrera 8 (45)

Información

Longitud: 4000.79 m

Ayuda

Botones: Borrar, Borrar Todo, Arriba, Abajo, Auto Paradas, Editor Ruta, Conexión Automática, Auto Centrar, Aceptar, Cancelar

Figura 42. Creación de la línea de transporte público.
Elaboración propia en Aimsun Next.

También, fue necesario después establecer el horario (intervalo fijo) de despacho de autobuses alimentadores, lo cual dependía de la hora (pico o valle) en la que se aplicara la simulación. También se asignó el tiempo de parada promedio, al igual que los porcentajes de ascenso y descenso de pasajeros, de acuerdo con datos tomados en campo.

Linea de Transporte Público: 1254, Nombre: Ruta APD7 (Capa: Líneas de Transporte Público) (c6b6450e-b673-48f7-87ea-af23a81bf7b4)

PrincipalHorariosCostesUsoAtributos

Horario: Salidas APD7

NuevoBorrarDuplicar

Frangias Horarias

Tiempo Inicial	Duración	Tiempos de Salida
04:30:00	18:00:00	Intervalo (Puntual)

NuevoBorrar

☒Mostrar la Información de Peatones

Tiempos de Parada

Parada	Media (s)	Desviación	Desplazamiento (s)	Media de Bajada (%)	Desviación de Bajada	Media de Subida (peatones)	Desviación de Subida
1258: KR 6 INC PASEO GA...	42,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
1259: KR 8 CL 2	23,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0
1260: KR 8 CL 3	19,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
1261: KR 8 CL 5	49,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0
1262: KR 8 CL 7	32,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0
1263: KR 8 CL 9	25,0	0,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0

☒Mostrar Desplazamientos☐No Aplicar Desplazamientos (Valores Informativos)☒Definir Bajadas como un % de la Ocupación

Fijar Tiempos para Todas las Paradas...

Salida

Tipo de Vehículo:

536: Metolinea (760)

Intervalo de Tiempo entre Salidas:

00:09:35

Desviación:

00:01:00

Encadenado a la Línea:

Ninguno

Tiempo de Retardo de Encadenamiento:

00:00:00

☒Encadenar el Primer Vehículo

Carga Inicial de Pasajeros:

50 %

Desviación de la Carga Inicial de Pasajeros:

0

Ayuda

AceptarCancelar

Figura 43. Asignación del intervalo fijo de despacho.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Teniendo todos los insumos, se creó un escenario dinámico al cual se le podía asignar la demanda de tráfico, el plan de transporte público y el plan de control maestro.

Escenario Dinámico: 1347, Nombre: Escenario Dinámico {c4d04616-c7e3-48d9-a24b-21ed7dec16ba} ? X

Principal Resultados a Generar Aimsun Next APIs Variables Estrategias y Condiciones Parámetros Atributos

Nombre: Escenario Dinámico ID Externo:

Tiempos

Fecha Simulada: 12/03/2020

Tiempo Simulado Inicial: 6:00:00 A. M. Duración: 02:00:00

Tráfico

Demanda de Tráfico: 1346: Demanda de Tráfico

Plan de Transporte Público: 1274: Plan de Transporte Público

Plan de Asignación de Caminos: Ninguno

Semáforos

Plan de Control Maestro: 1248: Plan de Control Maestro

Micro

Patrón de Detección: Ninguno

Conjunto de Datos Reales para Validación

Ninguno

Configuraciones de Geometría

☐ Seleccionar Todo Nada Seleccionado Filtro

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 44. Creación del escenario dinámico.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Una vez hecha esta asignación, se corrió la simulación.

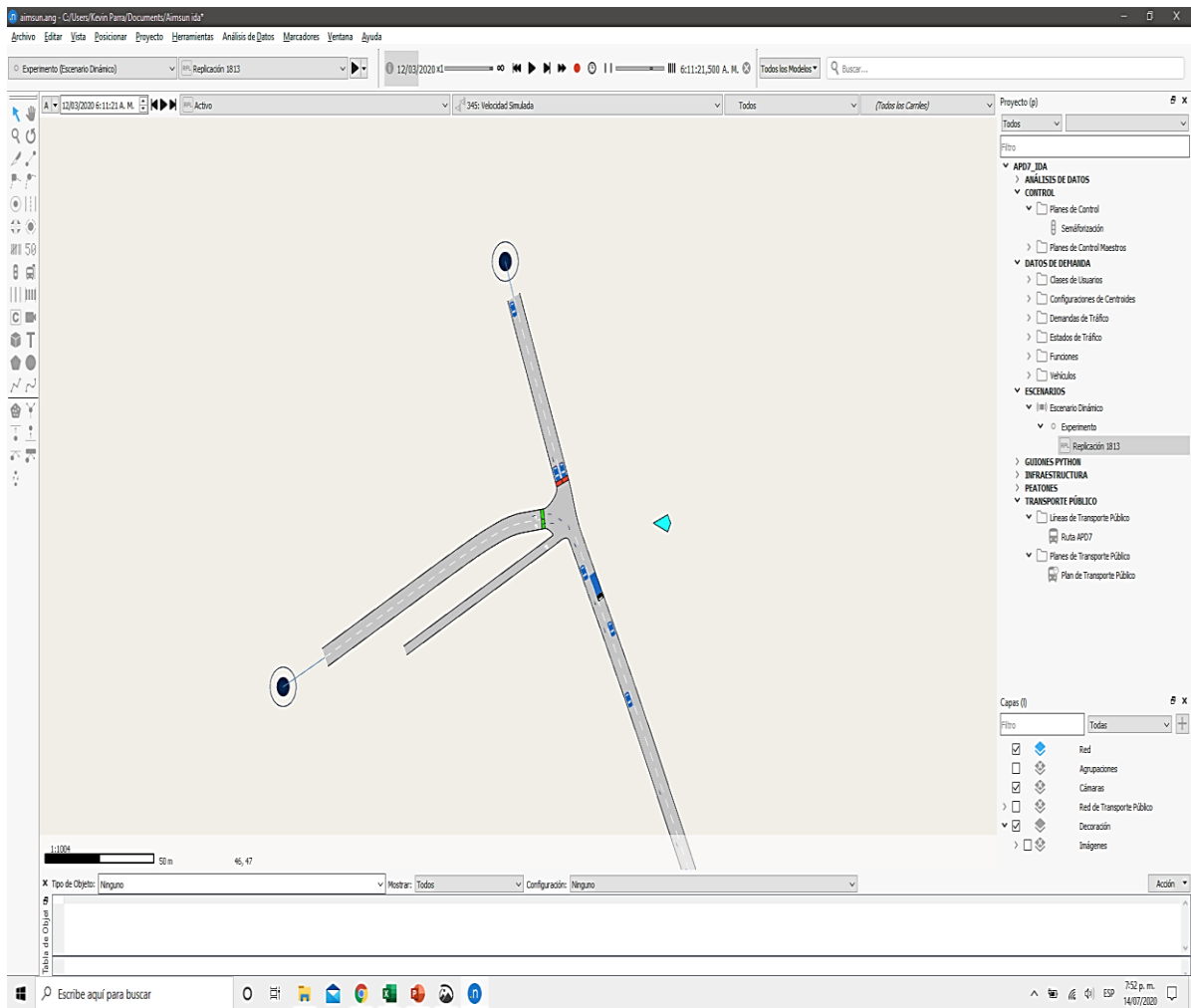


Figura 45. Simulación del escenario dinámico.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Se habilitó la imagen satelital para una mejor estética y se configuraron cámaras para poder observar el flujo vehicular en 3D.

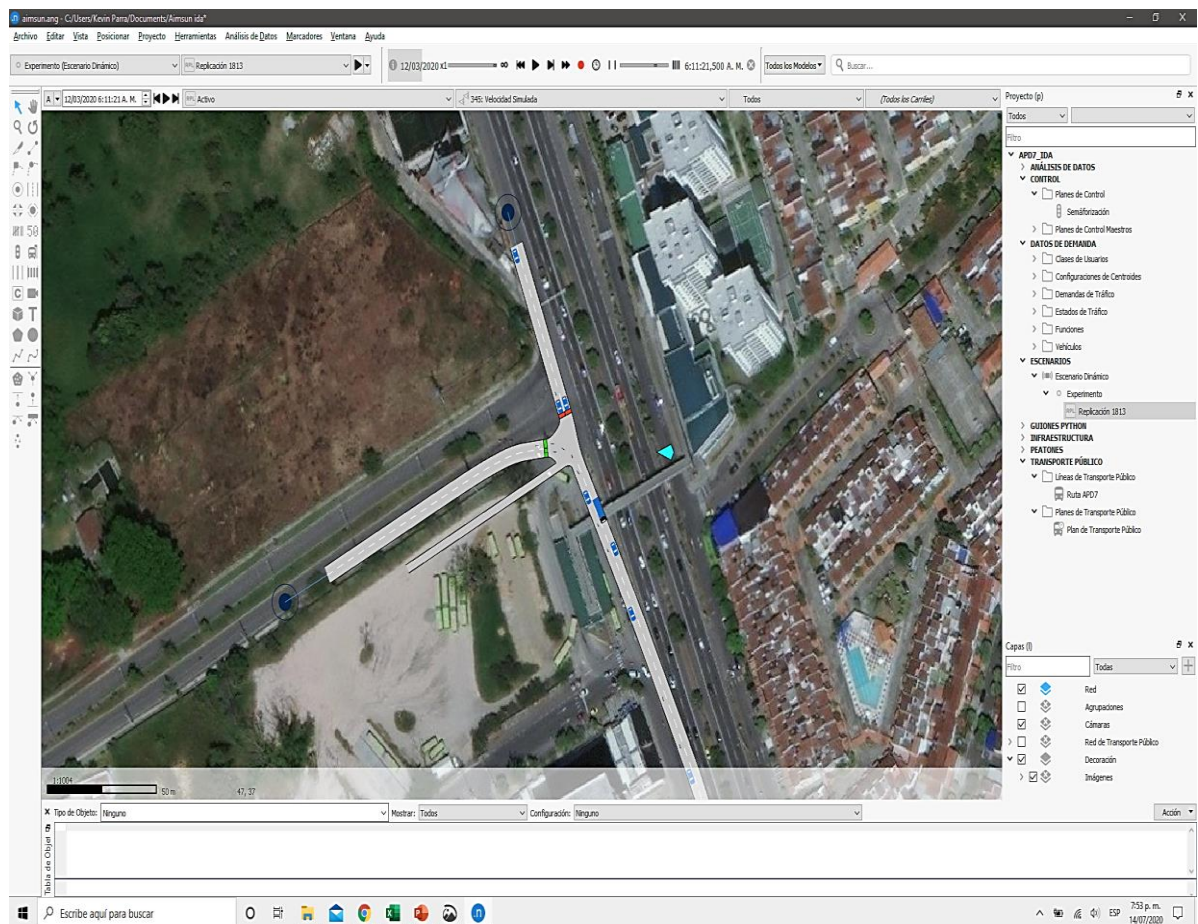


Figura 46. Flujo vehicular con imagen satelital.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Una vez corrida la simulación, se pudieron obtener detalles de los resultados. Por ejemplo, la velocidad simulada (en km/h) de cada uno de los tramos trazados en el modelo y corroborarlos con los datos obtenidos en campo.

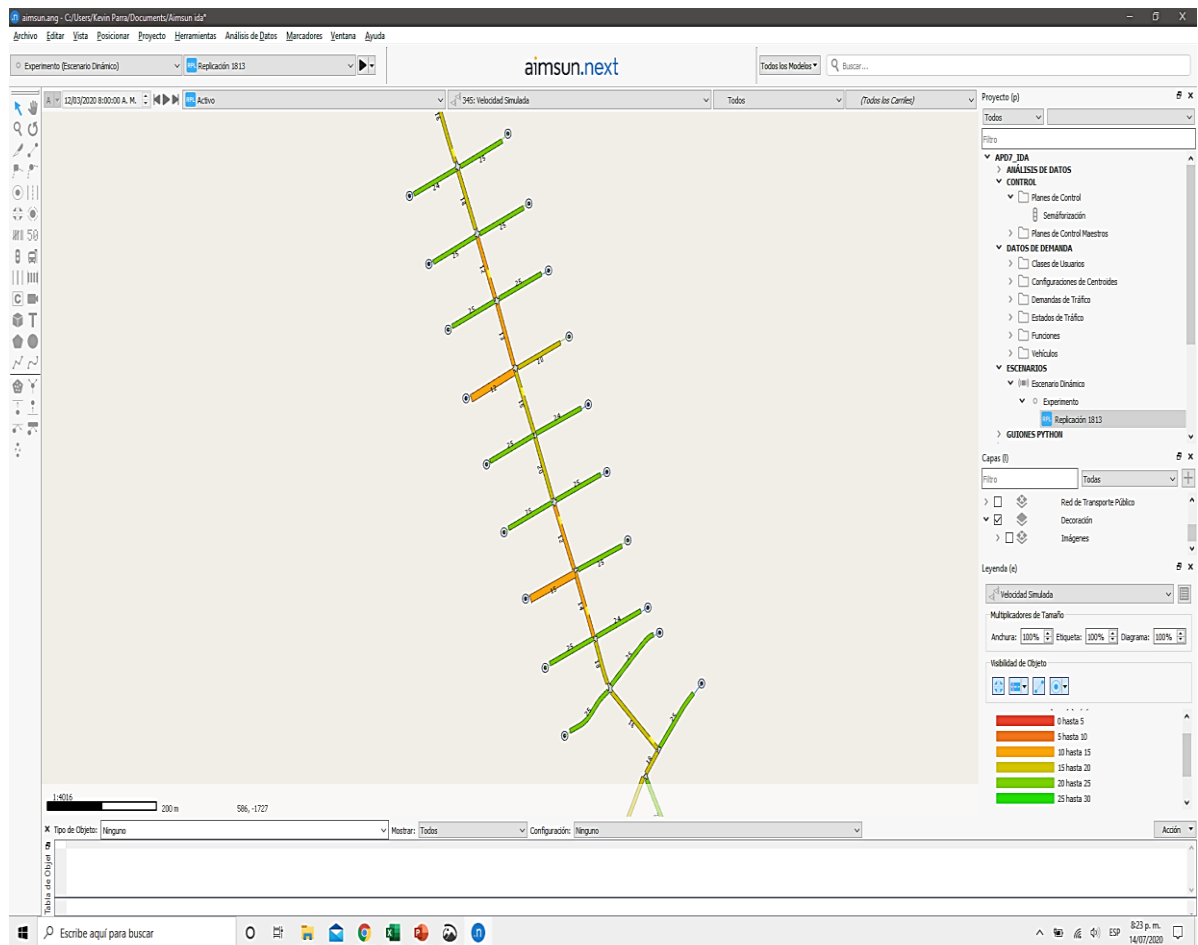


Figura 47. Visualización de resultados de modelamiento.
Elaboración propia en Aimsun Next.

Una vez realizado esto, se procedió a simular el abordaje y descenso de pasajeros en los puntos de parada por medio del software PTV Vissim y simular el tráfico futuro. Para el tráfico futuro se tuvo en cuenta [78], ya que se explica que el número de vehículos motorizados aumenta un poco más de 10% anualmente.

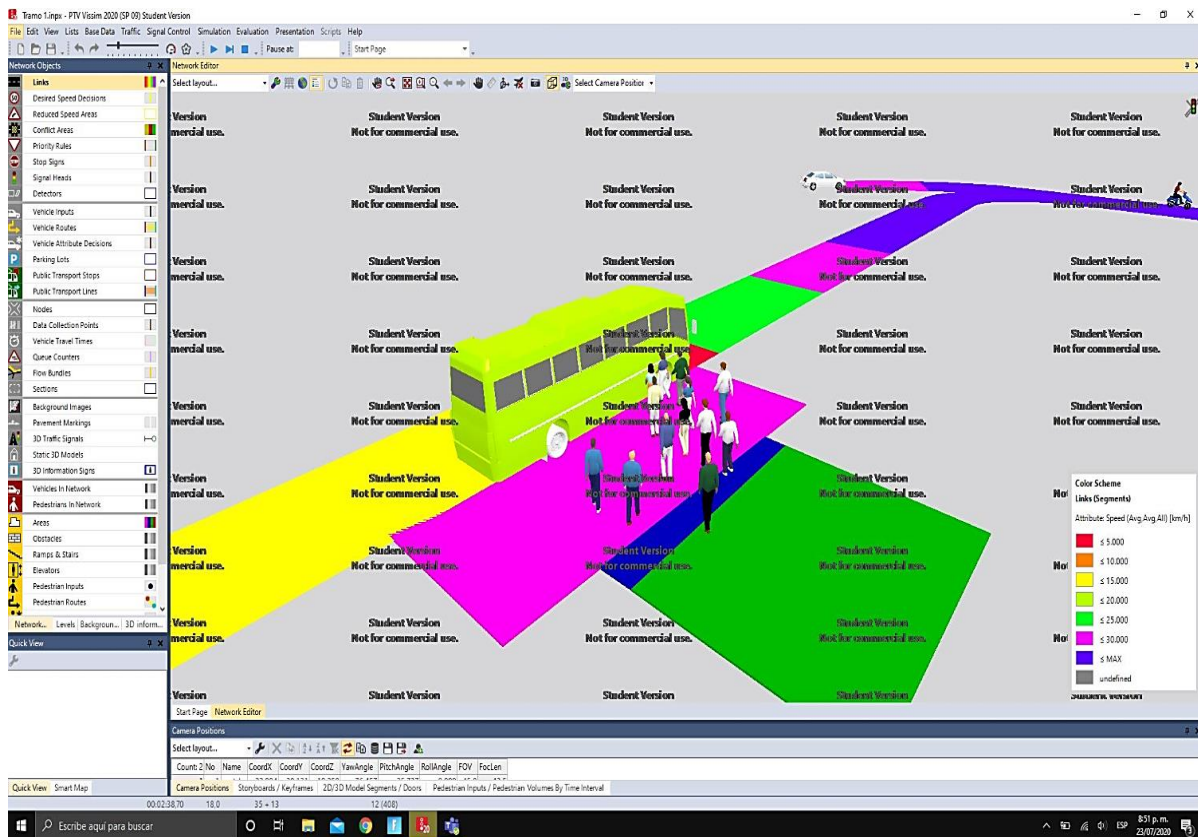


Figura 48. Asignación de demanda de pasajeros por punto de parada.
Elaboración propia en PTV Vissim.

9.4.9 Etapa 4. Caracterización de los tramos críticos de la operación de la ruta. Esta etapa estuvo dedicada al desarrollo del objetivo número. Primeramente, se capacitó al personal para que el formato de inspección de la condición del corredor de la ruta APD7 fuera llenado de la manera adecuada tal y como se describe en 3.4.4. Como bien se notó en los antecedentes y revisión bibliográfica, se decidió establecer el análisis basado en vehículos estacionados y afectación de esto, estado del pavimento y la afectación en la operación acompañado de soporte fotográfico, al igual que el estado de la demarcación, señales verticales y pendiente. Se aclara que, en el caso de estado del pavimento y pendiente, el registro se hizo sólo cualitativamente debido a que se requiere de todo un estudio para encontrar el IRI del pavimento y el cálculo de las pendientes para un corredor de tal magnitud (km). También la toma de datos fue realizada por medio de Google Earth

que tenía imágenes más actualizadas que las de Google Maps, pero hubo un recorrido a pie al igual que el de los aforos de tránsito debido ya que algunas imágenes de señales verticales y semáforos que habían sido colocados recientemente no se encontraban allí. Esta toma de información fue realizada el día 16/06/2020.

Así mismo, con se procedió a llenar el formato de identificación del área de influencia indirecta de la ruta APD7 tal cual se describe en 3.4.5. Para esto fue necesario en un primer momento, utilizar el mapa de Google Maps realizado en la etapa 1 y teniendo en cuenta el antecedente [11] se realizó el trazado del área indirecta de cada punto de parada. De esta forma, se ubicaron las áreas con los puntos según fuera, norte, sur, este y oeste.

9.4.10 Etapa 5. Discusión y conclusiones. Por último, la etapa 5 estuvo dedicada a jerarquizar y priorizar la información en la que se concluye sobre los diferentes factores resultantes de esta investigación respecto al desarrollo de lo esperado en cada objetivo.

10. Resultados

10.1 Resultados etapa 2.

TABLA DE FRECUENCIA HORARIA DÍAS HÁBILES (Lunes - Viernes)													
CONDICIÓN	Hora llegada pasajeros (espera desde)	Vehículo que llega	Hora en que llega lleno	Pasajeros que se bajan	Hora en que llega vacío	Pasajeros que se suben	Hora de partida	Frecuencia	Tiempo de espera total de los pasajeros	Tiempo total de recorrido	Tiempo que descansa el bus	Tiempo de subida de pasajeros	Observación
Valle	4:30:23	XME1037 AL1013	N/A	N/A	4:30:13	14	4:30:24	N/A	0:00:01	N/A	N/A	0:02:11	
Valle	4:43:36	SSX000 AL1016	N/A	N/A	4:43:17	27	4:43:24	0:14:04	0:09:07	N/A	N/A	0:02:26	
Valle	4:53:16	XME1077 AL1015	N/A	N/A	5:02:21	34	5:03:23	0:12:04	0:10:07	N/A	N/A	0:01:02	
Valle	5:02:59	XME1077 AL1015	N/A	N/A	5:11:14	34	5:12:14	N/A	0:10:00	N/A	N/A	0:02:02	
Valle	5:12:46	SSX15 AL1040	N/A	N/A	5:23:12	41	5:25:39	0:11:58	0:12:53	N/A	N/A	0:02:27	
Valle	5:26:42	XME126 AL1012	N/A	N/A	5:32:59	38	5:33:41	0:09:47	0:06:59	N/A	N/A	0:00:42	
Valle	5:35:01	XME1037 AL1013	5:34:58	18	5:42:23	42	5:43:58	0:09:24	0:08:57	0:06:34	0:07:25	0:01:35	
Valle	5:43:42	SSX000 AL1016	5:44:24	19	5:50:22	39	5:51:57	0:06:39	0:00:15	0:54:41	0:06:08	0:01:25	
Valle	5:51:18	XME1077 AL1015	5:52:35	18	5:57:38	37	5:59:59	0:07:06	0:08:41	0:09:12	0:05:03	0:02:21	
Pico	5:58:24	SSX005 AL1021	6:08:03	23	6:08:53	40	6:09:12	0:11:15	0:10:40	0:54:47	0:06:50	0:00:19	
Pico	6:08:19	SSX15 AL1040	6:17:14	21	6:17:57	42	6:18:41	0:09:04	0:10:22	0:51:35	0:00:43	0:00:44	
Pico	6:18:24	XME126 AL1012	6:27:41	26	6:28:26	45	6:29:34	0:10:29	0:11:10	0:54:00	0:00:45	0:01:08	
Pico	6:31:19	XME1037 AL1013	6:31:19	17	6:31:01	40	6:37:27	0:06:33	0:10:28	0:47:12	0:01:51	0:04:21	
Pico	6:37:50	SSX000 AL1016	6:42:18	21	6:42:58	40	6:43:21	0:09:57	0:05:31	0:50:21	0:00:40	0:00:23	
Pico	6:44:27	XME1077 AL1015	6:52:11	20	6:52:59	41	6:53:04	0:10:01	0:08:37	0:52:12	0:00:48	0:00:05	
Pico	6:54:02	SSX005 AL1021	7:05:44	18	7:06:35	44	7:07:45	0:13:36	0:13:43	0:56:32	0:00:51	0:01:10	
Pico	7:05:26	SSX005 AL1021	7:13:35	23	7:14:58	50	7:15:23	0:06:23	0:10:26	0:54:54	0:01:23	0:00:25	
Pico	7:15:58	XME126 AL1012	7:28:42	19	7:29:32	49	7:30:21	0:14:34	0:14:23	0:59:08	0:00:50	0:00:49	
Pico	7:27:49	XME1037 AL1013	7:37:11	27	7:38:27	52	7:40:23	0:08:55	0:12:34	0:59:49	0:01:16	0:01:56	
Pico	7:38:22	SSX000 AL1016	7:43:24	19	7:44:38	40	7:45:29	0:06:11	0:07:07	1:00:03	0:01:14	0:00:51	
Pico	7:46:01	XME1077 AL1015	7:51:23	22	7:52:36	42	7:53:59	0:07:58	0:07:58	0:58:19	0:01:13	0:01:23	
Valle	7:55:20	SSX005 AL1021	7:56:05	21	8:01:34	45	8:01:57	0:07:53	0:07:53	0:48:20	0:00:38	0:00:38	
Valle	8:02:24	SSX15 AL1040	8:05:58	22	8:12:23	39	8:12:58	0:09:40	0:10:34	0:58:35	0:06:25	0:00:35	
Valle	8:11:02	XME126 AL1012	8:19:34	18	8:22:02	41	8:23:01	0:09:39	0:09:59	0:49:13	0:02:28	0:00:59	
Valle	8:24:59	XME1037 AL1013	8:29:41	11	8:31:22	36	8:34:12	0:11:20	0:09:13	0:48:18	0:03:41	0:00:59	
Valle	8:36:52	SSX000 AL1016	8:36:23	16	8:44:01	12	8:45:48	0:10:39	0:09:56	0:58:54	0:07:38	0:01:47	
Valle	8:46:00	XME1077 AL1015	8:45:59	20	8:50:21	39	8:53:24	0:06:20	0:07:24	0:52:00	0:04:22	0:03:03	
Valle	8:54:26	SSX005 AL1021	8:53:57	13	8:58:24	23	9:00:01	0:08:03	0:05:35	0:56:36	0:04:27	0:01:37	
Valle	9:02:02	SSX15 AL1040	9:03:25	12	9:10:23	25	9:11:04	0:11:59	0:09:02	0:49:07	0:06:58	0:00:41	
Valle	9:12:19	XME126 AL1012	9:15:49	14	9:17:02	35	9:17:21	0:08:10	0:06:50	0:54:53	0:01:15	0:01:19	
Valle	9:18:52	XME1037 AL1013	9:25:04	19	9:26:06	34	9:29:52	0:11:04	0:11:00	0:58:23	0:01:02	0:01:46	
Valle	9:29:01	SSX000 AL1016	9:33:09	18	9:39:25	25	9:40:21	0:11:19	0:11:20	0:47:21	0:06:16	0:00:56	
Valle	9:40:59	XME1077 AL1015	9:43:46	20	9:48:37	38	9:49:21	0:09:12	0:08:22	0:50:22	0:04:51	0:00:44	
Pico	9:48:28	SSX005 AL1021	9:50:45	21	9:57:21	41	9:59:26	0:08:44	0:10:56	0:56:44	0:06:36	0:02:05	
Pico	9:56:02	SSX15 AL1040	10:06:11	17	10:06:21	34	10:06:57	0:09:36	0:09:56	0:48:29	0:00:48	0:00:59	
Pico	10:07:03	XME126 AL1012	10:15:18	20	10:15:58	40	10:16:21	0:08:59	0:09:10	0:55:57	0:00:40	0:00:23	
Pico	10:14:40	XME1037 AL1013	10:23:44	19	10:24:04	39	10:25:07	0:08:06	0:10:27	0:53:52	0:00:20	0:01:03	
Pico	10:25:01	SSX000 AL1016	10:33:43	16	10:34:04	41	10:35:01	0:10:00	0:10:00	0:53:22	0:00:21	0:00:57	
Pico	10:34:56	XME1077 AL1015	10:43:01	19	10:43:38	38	10:45:17	0:10:02	0:10:02	0:53:40	0:01:29	0:01:20	
Pico	10:43:03	SSX005 AL1021	10:51:23	17	10:52:24	39	10:53:37	0:08:46	0:10:34	0:51:57	0:01:01	0:01:13	
Pico	10:50:30	SSX15 AL1040	10:57:00	18	10:58:02	40	10:59:22	0:05:36	0:08:52	0:49:02	0:01:02	0:01:20	
Pico	10:58:01	XME126 AL1012	11:07:59	19	11:08:02	42	11:09:21	0:10:00	0:11:22	0:51:38	0:00:03	0:01:21	
Pico	11:07:59	XME1037 AL1013	11:16:34	22	11:16:34	37	11:17:47	0:11:07	0:11:07	0:47:47	0:00:45	0:00:45	
Pico	11:14:20	SSX000 AL1016	11:25:29	19	11:26:12	37	11:27:21	0:08:25	0:13:01	0:50:28	0:00:43	0:01:09	
Pico	11:25:53	XME1077 AL1015	11:37:31	21	11:38:10	39	11:39:14	0:11:58	0:13:21	0:52:33	0:00:39	0:01:04	
Pico	11:36:41	SSX005 AL1021	11:48:46	20	11:49:27	37	11:50:11	0:11:17	0:13:30	0:55:09	0:00:41	0:00:44	
Pico	11:56:25	SSX15 AL1040	11:56:42	22	11:56:42	22	11:56:42	0:00:00	0:10:26	0:47:28	0:00:58	0:00:58	
Pico	11:56:57	XME126 AL1012	12:06:01	23	12:07:27	40	12:08:24	0:10:05	0:11:27	0:56:38	0:01:27	0:00:56	
Pico	12:05:53	XME1037 AL1013	12:14:37	21	12:15:22	45	12:16:02	0:07:54	0:10:09	0:56:05	0:00:45	0:00:40	
Pico	12:16:59	SSX000 AL1016	12:25:34	19	12:26:23	43	12:27:46	0:11:01	0:10:47	0:58:13	0:00:49	0:01:23	
Pico	12:26:04	XME1077 AL1015	12:34:46	24	12:35:46	47	12:37:28	0:09:23	0:11:24	0:55:32	0:01:00	0:01:42	
Pico	12:27:53	SSX005 AL1021	12:40:45	19	12:40:45	39	12:40:45	0:00:00	0:10:36	0:50:38	0:01:23	0:01:06	
Pico	12:50:41	SSX15 AL1040	12:58:12	23	12:59:52	40	13:00:45	0:10:33	0:10:04	0:59:51	0:01:40	0:00:53	
Pico	13:01:05	XME126 AL1012	13:08:01	21	13:09:22	47	13:10:14	0:09:30	0:09:09	0:59:37	0:01:21	0:00:52	
Pico	13:04:21	XME1037 AL1013	13:12:23	20	13:14:22	45	13:15:14	0:08:00	0:10:53	0:57:21	0:00:59	0:00:52	
Pico	13:12:40	SSX000 AL1016	13:21:44	17	13:22:42	49	13:23:03	0:08:10	0:10:26	0:56:18	0:00:48	0:00:31	
Pico	13:17:45	XME1077 AL1015	13:29:41	29	13:30:33	44	13:31:39	0:08:01	0:13:54	0:52:13	0:00:52	0:01:06	
Pico	13:31:00	SSX005 AL1021	13:40:23	21	13:41:02	43	13:41:42	0:10:29	0:10:42	0:49:56	0:00:39	0:00:40	
Pico	13:30:57	SSX15 AL1040	13:49:44	20	13:49:52	45	13:51:22	0:08:50	0:11:25	0:48:59	0:00:08	0:01:30	
Pico	13:49:01	XME126 AL1012	13:56:46	18	13:57:41	52	13:59:02	0:07:49	0:10:01	0:46:32	0:00:55	0:01:21	
Pico	14:00:04	XME1037 AL1013	14:10:49	19	14:11:23	49	14:12:11	0:13:42	0:12:07	0:55:35	0:00:34	0:00:40	
Pico	14:09:55	SSX000 AL1016	14:18:45	20	14:19:34	40	14:20:45	0:08:11	0:10:50	0:55:42	0:00:49	0:01:11	
Pico	14:19:23	XME1077 AL1015	14:29:34	21	14:30:51	35	14:31:23	0:11:17	0:12:00	0:57:55	0:01:17	0:00:32	
Pico	14:34:18	SSX005 AL1021	14:41:41	18	14:43:52	37	14:45:06	0:12:41	0:13:46	0:56:59	0:01:51	0:02:04	
Pico	14:40:39	SSX15 AL1040	14:50:38	20	14:51:43	32	14:52:22	0:08:11	0:12:43	0:58:16	0:01:05	0:01:38	
Pico	14:51:59	XME126 AL1012	14:59:01	17	15:02:07	38	15:03:04	0:10:24	0:11:05	0:59:59	0:03:06	0:00:57	
Pico	15:03:42	XME1037 AL1013	15:08:14	15	15:12:24	37	15:14:31	0:10:17	0:10:49	0:56:03	0:04:10	0:02:07	
Pico	15:15:01	SSX000 AL1016	15:19:55	14	15:20:22	41	15:23:24	0:07:58	0:08:23	0:59:10	0:00:27	0:03:02	
Pico	15:23:59	XME1077 AL1015	15:31:42	22	15:32:23	43	15:33:24	0:12:01	0:09:25	1:00:19	0:01:41	0:01:01	
Pico	15:33:47	SSX005 AL1021	15:38:00	18	15:39:56	39	15:40:22	0:07:33	0:06:35	0:52:24	0:01:56	0:00:26	
Pico	15:40:55	SSX15 AL1040	15:47:19	17	15:48:27	38	15:49:51	0:08:31	0:08:56	0:53:57	0:01:00	0:01:24	
Pico	15:50:03	XME126 AL1012	15:55:00	15	15:56:51	33	15:57:22	0:08:24	0:07:19	0:51:56	0:01:51	0:00:31	
Valle	16:00:00	XME1037 AL1013	16:11:27	16	16:12:58	36	16:13:56	0:10:08	0:08:56	0:50:52	0:01:32	0:02:32	
Valle	16:09:29	SSX000 AL1016	16:10:45	20	16:16:00	39	16:17:56	0:08:39	0:08:27	0:47:21	0:00:53	0:01:48	
Valle	16:22:03	XME1077 AL1015	16:21:07	18	16:29:09	34	16:30:22	0:13:01	0:07:43	0:48:19	0:00:02	0:01:13	
Valle	16:38:23	SSX005 AL1021	16:32:22	20	16:42:11	41	16:43:04	0:13:02	0:04:41	0:52:00	0:00:49	0:00:53	
Valle	16:47:21	SSX15 AL1040	16:49:10	17	16:52:27	39	16:53:20	0:10:16	0:05:59	0:55:19	0:00:57	0:00:53	
Valle	16:55:12	XME126 AL1012	16:53:10	21	17:00:20	35	17:01:37	0:10:40	0:08:15	0:53:48	0:00:50	0:00:57	
Valle	17:08:54	XME1037 AL1013	17:04:34	14	17:15:40	34	17:1						

TABLA DE FRECUENCIA HORARIA DÍAS SÁBADOS													
CONDICIÓN	Hora llegada pasajeros (esperar desde)	Vehículo que llega	Hora en que llega lleno	Pasajeros que se bajan	Hora en que llega vacío	Pasajeros que se suben	Hora de partida	Frecuencia	Tiempo de espera total de los pasajeros	Tiempo total de recorrido	Tiempo que descanse el bus	Tiempo de salida de pasajeros	Observación
Valle	4:55:21	XME037 AL1013	N/A	N/A	5:00:32	15	5:02:28	N/A	0:07:07	N/A	N/A	0:01:56	
Valle	5:02:30	SSXB00 AL1016	N/A	N/A	5:13:22	18	5:14:59	0:12:50	0:12:29	N/A	N/A	0:01:37	
Valle	5:11:38	XME077 AL1015	N/A	N/A	5:23:12	25	5:24:20	0:09:50	0:12:42	N/A	N/A	0:01:08	
Valle	5:22:54	SSXB05 AL1021	N/A	N/A	5:34:28	17	5:35:21	0:11:16	0:12:27	N/A	N/A	0:00:53	
Valle	5:32:44	SSXB15 AL1040	N/A	N/A	5:44:31	20	5:45:52	0:10:43	0:12:47	N/A	N/A	0:01:01	
Valle	5:43:40	XME126 AL1012	N/A	N/A	5:52:58	12	5:53:32	0:08:27	0:09:52	N/A	N/A	0:00:34	
Valle	5:53:26	XME037 AL1013	5:50:24	11	5:57:40	18	5:58:21	0:04:42	0:04:55	0:47:56	0:07:16	0:00:41	
Valle	5:59:52	SSXB00 AL1016	6:02:18	16	6:06:38	28	6:07:58	0:08:58	0:08:06	0:47:19	0:04:20	0:01:20	
Pico	6:04:58	XME077 AL1015	6:11:34	13	6:12:20	31	6:14:10	0:05:42	0:09:12	0:47:14	0:00:46	0:01:50	
Pico	6:14:56	SSXB05 AL1021	6:20:21	17	6:20:54	31	6:22:22	0:08:24	0:07:26	0:45:00	0:00:33	0:01:28	
Pico	6:22:24	SSXB15 AL1040	6:34:56	18	6:35:19	34	6:36:22	0:14:25	0:13:58	0:49:24	0:00:23	0:01:03	
Pico	6:36:32	XME126 AL1012	6:41:11	21	6:41:59	37	6:42:31	0:06:40	0:05:59	0:47:39	0:00:48	0:00:32	
Pico	6:43:40	XME037 AL1013	6:48:10	15	6:49:48	34	6:50:37	0:07:49	0:06:57	0:49:49	0:01:38	0:00:49	
Pico	6:49:50	SSXB00 AL1016	6:53:00	18	6:56:12	35	6:57:23	0:06:24	0:07:24	0:47:02	0:01:12	0:01:11	
Pico	6:57:30	XME077 AL1015	7:04:52	16	7:05:11	33	7:06:29	0:08:59	0:08:59	0:50:42	0:00:19	0:01:18	
Pico	7:06:45	SSXB05 AL1021	7:15:24	15	7:16:04	34	7:17:11	0:10:53	0:10:26	0:53:02	0:00:40	0:01:07	
Pico	7:17:34	SSXB15 AL1040	7:28:03	15	7:28:03	35	7:30:22	0:12:59	0:12:48	0:51:41	0:01:00	0:01:19	
Pico	7:30:28	XME126 AL1012	7:34:18	16	7:35:39	33	7:36:36	0:06:36	0:06:08	0:51:47	0:01:21	0:00:57	
Pico	7:36:38	XME037 AL1013	7:40:02	21	7:40:23	36	7:40:10	0:11:04	0:11:37	0:50:25	0:01:21	0:01:47	
Pico	7:40:20	SSXB00 AL1016	7:54:22	23	7:55:22	38	7:56:50	0:08:38	0:08:18	0:56:59	0:01:10	0:01:26	
Valle	8:00:00	XME077 AL1015	8:01:23	18	8:07:23	37	8:08:52	0:11:51	0:08:52	0:54:54	0:00:00	0:01:29	
Valle	8:12:58	SSXB05 AL1021	8:07:36	19	8:17:56	33	8:18:22	0:10:33	0:05:24	0:50:25	0:01:20	0:00:26	
Valle	8:19:55	SSXB15 AL1040	8:24:23	13	8:27:32	32	8:28:22	0:09:36	0:08:27	0:54:01	0:03:09	0:00:50	
Valle	8:30:31	XME126 AL1012	8:32:32	15	8:39:35	36	8:39:04	0:11:13	0:06:33	0:55:56	0:00:13	0:00:19	
Valle	8:41:14	XME037 AL1013	8:46:20	13	8:49:53	36	8:50:36	0:11:00	0:09:22	0:50:13	0:01:33	0:00:43	
Valle	8:54:44	SSXB00 AL1016	8:54:02	11	9:01:21	25	9:02:14	0:11:28	0:07:30	0:57:04	0:07:19	0:00:53	
Valle	9:03:55	XME077 AL1015	9:02:07	14	9:12:12	22	9:13:44	0:10:51	0:09:49	0:53:15	0:10:05	0:01:32	
Valle	9:15:56	SSXB05 AL1021	9:13:11	11	9:20:58	29	9:21:45	0:08:46	0:05:55	0:54:49	0:07:47	0:00:47	
Valle	9:23:40	SSXB15 AL1040	9:21:23	18	9:30:35	34	9:31:22	0:10:35	0:09:41	0:49:01	0:01:21	0:01:49	
Valle	9:34:37	XME126 AL1012	9:31:38	15	9:40:33	26	9:41:21	0:09:58	0:06:44	0:52:34	0:00:55	0:00:48	
Valle	9:45:27	XME037 AL1013	9:42:15	11	9:45:22	29	9:47:18	0:04:49	0:01:51	0:51:39	0:03:07	0:01:56	
Valle	9:58:45	SSXB00 AL1016	9:52:24	16	10:00:34	30	10:01:31	0:15:12	0:02:46	0:50:10	0:08:10	0:00:57	
Pico	10:00:49	XME077 AL1015	10:03:56	17	10:04:49	32	10:08:11	0:04:15	0:07:22	0:50:12	0:00:53	0:03:22	
Pico	10:04:44	SSXB05 AL1021	10:10:12	16	10:12:34	35	10:13:23	0:09:22	0:07:17	0:46:58	0:00:49	0:01:49	
Pico	10:15:56	SSXB15 AL1040	10:21:59	15	10:22:34	27	10:23:13	0:09:22	0:07:17	0:50:37	0:00:35	0:00:39	
Pico	10:33:20	XME126 AL1012	10:32:45	13	10:33:35	30	10:34:12	0:10:51	0:10:52	0:51:24	0:00:40	0:00:47	
Pico	10:34:22	XME037 AL1013	10:41:56	17	10:42:22	28	10:45:21	0:08:57	0:10:59	0:54:38	0:00:26	0:02:59	
Pico	10:40:24	SSXB00 AL1016	10:35:56	14	10:54:21	30	10:56:07	0:11:59	0:13:33	0:52:25	0:00:25	0:01:46	
Pico	10:57:10	XME077 AL1015	11:04:13	16	11:05:04	27	11:08:01	0:10:43	0:10:51	0:50:42	0:00:19	0:02:57	
Pico	11:07:43	SSXB05 AL1021	11:14:10	15	11:15:23	26	11:16:34	0:10:19	0:08:51	0:50:09	0:01:13	0:01:11	
Pico	11:16:37	SSXB15 AL1040	11:21:47	14	11:22:34	25	11:23:44	0:07:11	0:07:07	0:50:34	0:00:47	0:01:10	
Pico	11:23:57	XME126 AL1012	11:29:22	16	11:30:38	27	11:31:29	0:08:04	0:07:32	0:55:10	0:01:16	0:00:51	
Pico	11:31:11	XME037 AL1013	11:37:10	18	11:38:05	31	11:42:06	0:11:08	0:10:08	0:51:07	0:01:37	0:03:31	
Pico	11:15:00	SSXB00 AL1016	11:47:21	17	11:48:42	30	11:50:00	0:09:57	0:13:00	0:51:14	0:01:21	0:01:26	
Valle	11:50:41	XME077 AL1015	11:59:26	18	12:00:03	28	12:02:43	0:11:21	0:12:02	0:51:25	0:00:37	0:02:40	
Pico	12:02:28	SSXB05 AL1021	12:10:12	17	12:11:55	30	12:12:21	0:11:52	0:09:53	0:53:38	0:01:43	0:00:26	
Pico	12:12:56	SSXB15 AL1040	12:24:23	15	12:22:58	28	12:23:37	0:11:03	0:10:41	0:57:39	0:01:35	0:00:39	
Pico	12:23:44	XME126 AL1012	12:28:01	19	12:30:35	36	12:34:08	0:10:55	0:10:32	1:00:32	0:00:16	0:00:27	
Pico	12:34:50	XME037 AL1013	12:36:31	20	12:38:35	37	12:43:05	0:08:06	0:08:15	0:54:25	0:03:28	0:03:00	
Pico	12:48:01	SSXB00 AL1016	12:42:03	21	12:53:30	35	12:54:43	0:13:31	0:06:42	0:51:55	0:11:27	0:01:13	
Pico	12:54:49	XME077 AL1015	12:59:25	17	13:00:37	38	13:01:34	0:07:07	0:06:45	0:50:42	0:01:12	0:00:57	
Pico	13:02:59	SSXB05 AL1021	13:11:47	20	13:12:32	40	13:13:11	0:11:55	0:10:12	0:50:26	0:00:45	0:00:39	
Pico	13:13:54	SSXB15 AL1040	13:20:12	17	13:21:13	34	13:22:43	0:09:41	0:09:49	0:50:15	0:01:01	0:01:38	
Pico	13:23:01	XME126 AL1012	13:27:12	18	13:28:56	37	13:29:52	0:07:43	0:06:51	0:52:52	0:01:44	0:00:56	
Pico	13:29:54	XME037 AL1013	13:35:55	14	13:36:42	38	13:37:34	0:07:46	0:07:40	0:52:50	0:00:47	0:00:52	
Pico	13:41:56	SSXB00 AL1016	13:48:33	24	13:49:26	36	13:50:11	0:12:44	0:08:15	0:53:50	0:00:53	0:00:45	
Pico	13:50:15	XME077 AL1015	13:53:11	17	13:54:58	42	13:55:19	0:05:32	0:05:04	0:51:37	0:01:47	0:00:21	
Pico	13:56:44	SSXB05 AL1021	14:06:44	18	14:07:22	37	14:08:35	0:12:24	0:11:57	0:53:31	0:00:53	0:01:13	
Pico	14:08:48	SSXB15 AL1040	14:14:31	15	14:17:34	38	14:18:12	0:10:12	0:09:24	0:51:48	0:03:03	0:00:38	
Pico	14:18:45	XME126 AL1012	14:26:23	13	14:27:10	34	14:28:32	0:09:36	0:09:47	0:50:31	0:00:47	0:01:22	
Pico	14:28:58	XME037 AL1013	14:34:45	15	14:35:32	35	14:36:00	0:08:22	0:07:02	0:57:51	0:00:47	0:00:28	
Pico	14:38:29	SSXB00 AL1016	14:44:24	16	14:45:54	28	14:46:13	0:10:22	0:09:52	0:54:13	0:01:30	0:00:19	
Pico	14:47:53	XME077 AL1015	14:53:23	15	14:53:58	38	14:55:23	0:07:50	0:07:51	0:50:04	0:01:09	0:00:51	
Pico	14:55:27	SSXB05 AL1021	14:57:21	17	14:58:03	29	15:00:52	0:03:31	0:05:25	0:40:46	0:00:42	0:02:49	
Pico	15:02:58	SSXB15 AL1040	15:12:43	16	15:13:26	27	15:14:27	0:15:25	0:11:29	0:54:31	0:00:45	0:00:59	
Pico	15:14:59	XME126 AL1012	15:20:32	15	15:21:57	34	15:22:42	0:08:29	0:07:43	0:52:00	0:01:25	0:00:45	
Pico	15:20:45	XME037 AL1013	15:26:13	13	15:27:00	37	15:28:32	0:08:07	0:07:40	0:49:30	0:01:37	0:00:48	
Pico	15:32:38	SSXB00 AL1016	15:40:32	20	15:41:54	38	15:42:42	0:10:29	0:10:04	0:54:19	0:01:22	0:00:48	
Pico	15:43:55	XME077 AL1015	15:48:43	15	15:49:35	27	15:50:59	0:07:41	0:07:04	0:53:20	0:00:52	0:01:24	
Valle	15:54:50	SSXB05 AL1021	15:52:28	17	16:00:32	30	16:01:56	0:10:57	0:07:06	0:51:36	0:00:04	0:01:24	
Valle	16:05:02	SSXB15 AL1040	16:02:03	13	16:08:20	29	16:09:34	0:07:48	0:04:32	0:47:36	0:06:17	0:01:14	
Valle	16:12:52	XME126 AL1012	16:09:23	14	16:17:03	28	16:18:59	0:08:43	0:06:07	0:46:41	0:07:40	0:01:56	
Valle	16:21:20	XME037 AL1013	16:18:16	15	16:26:31	28	16:27:39	0:09:23	0:06:10	0:45:54	0:00:15	0:00:59	
Valle	16:30:43	SSXB00 AL1016	16:28:34	16	16:36:23	30	16:37:56	0:09:52	0:07:13	0:45:52	0:07:49	0:01:33	
Valle	16:43:59	XME077 AL1015	16:40:34	13	16:46:38	28	16:47:04	0:10:15	0:03:05	0:49:35	0:06:04	0:00:26	
Valle	16:54:33	SSXB05 AL1021	16:49:10	17	16:57:50	31	16:58:32	0:11:12	0:03:59	0:47:14	0:08:40	0:00:42	
Valle	17:00:47	SSXB15 AL1040	17:01:21	14	17:05:02	32	17:06:22	0:10:12	0:05:04	0:51:47	0:06:41	0:01:38	
Valle	17:10:48	XME126 AL1012	17:10:11	19	17:17:01	27	17:18:23	0:08:59	0:07:35	0:51:12	0:06:50	0:01:22	
Valle	17:18:50	XME037 AL1013	17:19:12	12	17:25:46	30	17:26:20	0:08:45	0:07:30	0:51:			

TABLA DE FRECUENCIA HORARIA DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS													
CONDICIÓN	Hora llegada pasajeros (espera desde)	Vehículo que llega	Hora en que llega lleno	Pasajeros que se bajan	Hora en que llega vacío	Pasajeros que se suben	Hora de partida	Frecuencia	Tiempo de espera total de los pasajeros	Tiempo total de recorrido	Tiempo que descansa el bus	Tiempo de salida de pasajeros	Observación
Valle	5:10:45	XME077 AL1013	N/A	N/A	5:15:20	15	5:17:32	N/A	0:06:47	N/A	N/A	0:02:12	
Valle	5:21:42	SSX000 AL1016	N/A	N/A	5:26:08	17	5:28:21	0:10:48	0:06:39	N/A	N/A	0:02:13	
Valle	5:31:34	XME077 AL1015	N/A	N/A	5:36:59	10	5:38:48	0:10:51	0:07:14	N/A	N/A	0:01:49	
Valle	5:41:59	SSX005 AL1021	N/A	N/A	5:47:55	17	5:48:53	0:10:56	0:06:54	N/A	N/A	0:00:58	
Valle	5:51:55	SSX005 AL1040	N/A	N/A	5:58:38	23	5:59:47	0:10:43	0:07:52	N/A	N/A	0:01:09	
Valle	6:02:57	XME126 AL1012	N/A	N/A	6:08:55	25	6:09:40	0:10:17	0:06:43	N/A	N/A	0:00:45	
Valle	6:13:58	XME037 AL1013	6:07:19	17	6:18:24	29	6:20:32	0:09:29	0:06:34	0:49:47	0:11:05	0:02:08	
Valle	6:23:48	SSX000 AL1016	6:17:57	14	6:29:42	28	6:30:33	0:11:18	0:06:45	0:48:36	0:11:45	0:00:51	
Valle	6:32:57	XME077 AL1015	6:27:50	12	6:39:55	30	6:40:44	0:10:13	0:07:47	0:49:02	0:12:05	0:00:49	
Valle	6:43:55	SSX005 AL1021	6:38:22	11	6:50:58	26	6:51:04	0:11:03	0:07:09	0:49:28	0:12:36	0:00:06	
Valle	6:57:39	SSX015 AL1040	6:48:46	12	7:02:23	24	7:04:35	0:11:25	0:06:37	0:49:59	0:12:37	0:01:52	
Valle	7:07:01	XME126 AL1012	6:59:30	15	7:12:38	30	7:13:10	0:10:15	0:06:09	0:49:50	0:13:08	0:00:32	
Valle	7:16:55	XME037 AL1013	7:10:28	16	7:17:59	25	7:21:45	0:05:21	0:04:50	0:49:56	0:07:31	0:03:46	
Valle	7:27:58	SSX000 AL1016	7:20:32	14	7:33:56	30	7:34:42	0:15:57	0:06:44	0:49:59	0:13:24	0:00:46	
Valle	7:38:01	XME077 AL1015	7:30:01	17	7:44:19	29	7:45:58	0:10:23	0:07:57	0:49:17	0:14:18	0:01:39	
Valle	7:48:04	SSX005 AL1021	7:41:00	15	7:54:24	34	7:55:32	0:10:05	0:07:20	0:50:04	0:13:16	0:01:08	
Valle	7:58:48	SSX015 AL1040	7:54:23	16	8:04:50	31	8:05:28	0:10:26	0:06:40	0:50:08	0:10:27	0:00:38	
Valle	8:09:49	XME126 AL1012	8:02:34	13	8:15:20	30	8:16:02	0:10:30	0:06:13	0:49:24	0:12:46	0:00:42	
Valle	8:22:24	XME037 AL1013	8:13:40	11	8:26:05	20	8:28:33	0:10:45	0:06:09	0:51:55	0:12:25	0:02:28	
Valle	8:31:38	SSX006 AL1016	8:23:54	13	8:36:47	13	8:37:41	0:10:27	0:06:03	0:49:12	0:12:25	0:01:22	
Valle	8:40:54	XME077 AL1015	8:35:23	10	8:46:46	22	8:47:59	0:10:27	0:07:05	0:49:25	0:11:23	0:01:13	
Valle	8:50:04	SSX005 AL1021	8:44:39	9	8:57:11	21	8:58:53	0:10:25	0:08:49	0:49:07	0:12:32	0:01:42	
Valle	9:00:59	SSX015 AL1040	8:55:10	11	9:07:25	20	9:08:37	0:10:14	0:08:32	0:49:42	0:12:15	0:01:12	
Valle	9:10:50	XME126 AL1012	9:05:30	12	9:17:42	24	9:18:30	0:10:17	0:07:40	0:49:28	0:12:12	0:00:48	
Valle	9:21:51	XME037 AL1013	9:17:44	9	9:28:01	16	9:29:29	0:10:29	0:07:38	0:49:11	0:10:27	0:01:18	
Valle	9:31:45	SSX000 AL1016	9:27:27	7	9:38:35	13	9:39:40	0:10:24	0:07:55	0:49:46	0:11:08	0:01:05	
Valle	9:42:52	XME077 AL1015	9:37:53	12	9:49:04	14	9:50:25	0:10:29	0:07:33	0:49:54	0:11:11	0:01:21	
Valle	9:53:27	SSX005 AL1021	9:48:01	13	10:00:41	18	10:01:16	0:11:37	0:07:49	0:49:08	0:12:40	0:00:35	
Valle	10:04:45	SSX015 AL1040	9:57:46	10	10:09:57	25	10:10:55	0:09:16	0:06:10	0:49:09	0:12:11	0:00:58	
Valle	10:14:01	XME126 AL1012	10:08:28	14	10:19:23	15	10:20:29	0:09:26	0:06:26	0:49:58	0:10:55	0:01:06	
Valle	10:24:31	XME037 AL1013	10:18:30	13	10:30:13	20	10:31:45	0:10:50	0:07:14	0:49:01	0:11:43	0:01:32	
Valle	10:33:59	SSX000 AL1016	10:30:35	11	10:40:24	27	10:41:37	0:10:11	0:07:38	0:50:55	0:09:49	0:01:13	
Valle	10:43:44	XME077 AL1015	10:40:24	15	10:49:45	21	10:50:55	0:09:21	0:07:11	0:49:59	0:09:21	0:01:10	
Valle	10:54:04	SSX005 AL1021	10:50:56	11	11:00:13	16	11:01:44	0:10:28	0:07:40	0:49:40	0:09:17	0:01:31	
Valle	11:04:58	SSX015 AL1040	10:56:57	13	11:09:20	17	11:11:58	0:10:20	0:07:40	0:49:02	0:10:42	0:00:38	
Valle	11:15:05	XME126 AL1012	11:09:34	12	11:21:15	20	11:22:28	0:10:55	0:07:23	0:49:05	0:11:41	0:01:13	
Valle	11:25:56	XME037 AL1013	11:21:30	14	11:31:22	24	11:32:11	0:10:07	0:06:15	0:49:45	0:09:52	0:00:49	
Valle	11:36:53	SSX000 AL1016	11:31:25	11	11:42:54	20	11:43:38	0:11:32	0:06:45	0:49:48	0:11:29	0:00:44	
Valle	11:46:47	XME077 AL1015	11:39:55	14	11:52:33	23	11:53:45	0:09:39	0:06:58	0:49:00	0:12:38	0:01:12	
Valle	11:56:54	SSX005 AL1021	11:50:50	12	12:03:12	11	12:04:42	0:10:29	0:07:14	0:49:06	0:11:22	0:01:38	
Valle	11:59:57	SSX015 AL1040	12:01:14	15	12:12:45	27	12:13:10	0:09:33	0:13:13	0:49:16	0:11:31	0:00:25	
Valle	12:14:45	XME126 AL1012	12:11:34	14	12:22:53	22	12:23:34	0:10:08	0:08:49	0:49:06	0:11:19	0:00:41	
Valle	12:27:56	XME037 AL1013	12:21:50	13	12:33:10	27	12:34:23	0:10:17	0:06:27	0:49:39	0:11:20	0:01:13	
Valle	12:36:43	SSX000 AL1016	12:33:10	14	12:43:44	25	12:44:21	0:10:34	0:07:38	0:49:32	0:10:34	0:00:37	
Valle	12:46:24	XME077 AL1015	12:42:45	17	12:54:11	21	12:55:40	0:10:27	0:07:19	0:49:08	0:11:40	0:01:28	
Valle	12:58:51	SSX005 AL1021	12:53:50	13	13:05:04	31	13:06:33	0:10:53	0:07:42	0:49:08	0:11:14	0:01:29	
Valle	13:09:45	SSX015 AL1040	13:02:14	18	13:15:25	30	13:17:48	0:10:21	0:08:03	0:49:04	0:13:11	0:02:23	
Valle	13:20:56	XME126 AL1012	13:13:09	15	13:26:13	33	13:28:25	0:10:40	0:07:29	0:49:35	0:13:04	0:02:12	
Valle	13:31:57	XME037 AL1013	13:24:42	16	13:37:12	32	13:38:34	0:10:59	0:08:37	0:49:19	0:13:50	0:01:22	
Valle	13:41:41	SSX006 AL1016	13:33:45	15	13:49:02	21	13:49:11	0:10:50	0:07:30	0:49:24	0:14:17	0:01:09	
Valle	13:52:21	XME077 AL1015	13:44:56	16	13:58:30	29	13:59:40	0:10:28	0:07:19	0:49:16	0:13:54	0:01:10	
Valle	13:59:33	SSX005 AL1021	13:55:48	11	14:08:04	34	14:10:11	0:09:34	0:10:38	0:49:15	0:12:16	0:02:07	
Valle	14:11:36	SSX015 AL1040	14:07:01	19	14:17:53	30	14:19:03	0:09:49	0:07:27	0:49:13	0:10:52	0:01:10	
Valle	14:20:15	XME126 AL1012	14:18:13	15	14:27:27	33	14:28:02	0:09:34	0:07:47	0:49:48	0:09:14	0:00:35	
Valle	14:31:10	XME037 AL1013	14:28:02	18	14:37:22	22	14:38:19	0:10:27	0:07:19	0:49:08	0:10:47	0:00:49	
Valle	14:42:21	SSX000 AL1016	14:39:08	11	14:48:15	34	14:49:45	0:10:52	0:07:24	0:49:57	0:09:07	0:01:30	
Valle	14:53:02	XME077 AL1015	14:49:11	9	14:58:34	22	15:00:15	0:10:19	0:07:13	0:49:31	0:09:23	0:01:41	
Valle	15:03:08	SSX005 AL1021	14:59:30	10	15:09:20	30	15:10:48	0:10:46	0:07:40	0:49:28	0:09:41	0:01:28	
Valle	15:14:56	SSX015 AL1040	15:08:40	13	15:18:43	23	15:19:33	0:09:23	0:07:57	0:49:17	0:10:03	0:00:50	
Valle	15:21:45	XME126 AL1012	15:17:10	12	15:27:25	21	15:28:04	0:08:42	0:06:19	0:49:08	0:10:15	0:00:39	
Valle	15:32:13	XME037 AL1013	15:28:03	15	15:37:33	27	15:39:01	0:10:08	0:06:40	0:49:51	0:09:30	0:01:28	
Valle	15:42:44	SSX000 AL1016	15:39:23	11	15:48:14	25	15:49:58	0:10:41	0:07:14	0:49:38	0:08:51	0:01:44	
Valle	15:52:03	XME077 AL1015	15:49:48	13	15:58:35	31	15:59:20	0:10:21	0:07:17	0:49:33	0:08:47	0:00:45	
Valle	16:02:56	SSX005 AL1021	16:00:34	9	16:08:22	28	16:09:37	0:09:47	0:06:41	0:49:46	0:07:48	0:01:15	
Valle	16:10:48	SSX015 AL1040	16:09:03	16	16:18:54	20	16:19:05	0:09:52	0:08:17	0:49:39	0:09:11	0:00:51	
Valle	16:21:33	XME126 AL1012	16:17:23	13	16:28:45	24	16:29:20	0:10:31	0:07:47	0:49:19	0:11:22	0:00:35	
Valle	16:31:35	XME037 AL1013	16:28:50	14	16:38:48	26	16:39:33	0:10:03	0:07:58	0:49:49	0:09:58	0:00:45	
Valle	16:43:22	SSX000 AL1016	16:39:23	11	16:49:12	22	16:50:57	0:10:24	0:07:35	0:49:25	0:09:49	0:01:45	
Valle	16:52:59	XME077 AL1015	16:49:07	12	16:58:32	20	16:59:42	0:09:20	0:06:43	0:49:47	0:09:25	0:01:10	
Valle	17:02:51	SSX005 AL1021	16:58:45	13	17:09:10	22	17:10:30	0:10:06	0:07:39	0:49:08	0:10:33	0:01:12	
Valle	17:11:45	SSX015 AL1040	17:08:48	14	17:18:36	23	17:19:10	0:09:18	0:07:25	0:49:43	0:09:48	0:00:34	
Valle	17:24:47	XME126 AL1012	17:19:13	11	17:30:03	18	17:31:04	0:11:27	0:06:17	0:49:53	0:10:50	0:01:01	
Valle	17:34:40	XME037 AL1013	17:29:20	17	17:48:40	27	17:41:42	0:10:45	0:07:02	0:49:47	0:11:28	0:00:54	
Valle	17:44:54	SSX000 AL1016	17:40:48	13	17:51:53	28	17:52:47	0:11:05	0:07:53	0:49:51	0:11:05	0:00:54	
Valle	17:54:59	XME077 AL1015	17:49:24	10	18:00:54	23	18:01:53	0:09:01	0:06:54	0:49:42	0:11:50	0:00:59	
Valle	18:04:56	SSX005 AL1021	17:59:33	13	18:10:50	26	18:11:42	0:10:05	0:06:46	0:49:03	0:11:26	0:00:43	
Valle	18:14:22	SSX015 AL1040	18:08:44	11	18:21:48	25	18:22:51	0:10:49	0:08:29	0:49:34	0:13:04	0:01:03	
Valle	18:26:43	XME126 AL1012	18:20:49	14	18:32:23	28	18:33:13	0:10:35	0:06:30	0:49:45	0:11:34	0:00:50	
Valle	18:35:45												

FRECUENCIA PROMEDIO	HORA VALLE	0:10:07	TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO	HORA VALLE	0:52:14
FRECUENCIA PROMEDIO	HORA PICO	0:09:30	TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO	HORA PICO	0:57:15
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE SUBEN	HORA VALLE	34	TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA VALLE	0:08:29
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE BAJAN	HORA VALLE	16	TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA PICO	0:10:46
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE SUBEN	HORA PICO	43	TIEMPO DE DESCANSO PROMEDIO DEL BUS	HORA VALLE	0:05:44
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE BAJAN	HORA PICO	20	TIEMPO DE DESCANSO PROMEDIO DEL BUS	HORA PICO	0:01:02
DÍAS HÁBILES (Lunes - Viernes)			TIEMPO DE SUBIDA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA VALLE	0:01:53
			TIEMPO DE SUBIDA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA PICO	0:01:06

Figura 52. Promedio de parámetros operacionales en horas pico y valle de días hábiles (lunes-viernes).

Elaboración propia en Excel.

FRECUENCIA PROMEDIO	HORA VALLE	0:10:02	TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO	HORA VALLE	0:49:46
FRECUENCIA PROMEDIO	HORA PICO	0:09:24	TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO	HORA PICO	0:53:35
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE SUBEN	HORA VALLE	27	TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA VALLE	0:07:39
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE BAJAN	HORA VALLE	13	TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA PICO	0:09:26
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE SUBEN	HORA PICO	34	TIEMPO DE DESCANSO PROMEDIO DEL BUS	HORA VALLE	0:07:56
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE BAJAN	HORA PICO	16	TIEMPO DE DESCANSO PROMEDIO DEL BUS	HORA PICO	0:01:21
DÍAS Sábados			TIEMPO DE SUBIDA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA VALLE	0:01:03
			TIEMPO DE SUBIDA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA PICO	0:01:32

Figura 53. Promedio de parámetros operacionales en horas pico y valle de los sábados.

Elaboración propia en Excel.

FRECUENCIA PROMEDIO	HORA VALLE	0:10:23	TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO	HORA VALLE	0:49:32
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE SUBEN	HORA VALLE	25	TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA VALLE	0:07:21
PASAJEROS PROMEDIO QUE SE BAJAN	HORA VALLE	12	TIEMPO DE DESCANSO PROMEDIO DEL BUS	HORA VALLE	0:11:22
DÍAS Domingos y Festivos			TIEMPO DE SUBIDA PROMEDIO DE PASAJEROS	HORA VALLE	0:01:10

Figura 54. Promedio de parámetros operacionales en horas valle de los domingos y festivos. Elaboración propia en Excel.

En la figura 49, 50 y 51 se muestran respectivamente las frecuencias de los 3 días representativos en los que se tomaron los datos. Los recorridos realizados son identificados con el color amarillo en su hora de partida y azul en su hora de llegada.

En el desarrollo de esta segunda etapa, también se encontraron los promedios de frecuencias, tiempos de recorrido, tiempo de espera de los pasajeros, pasajeros que se subían y bajaban en el Portal de Piedecuesta, tiempo de descanso del bus y tiempo de subida de los pasajeros en este mismo punto. Se observa este resultado en la figura 52, 53 y 54 respectivamente. Los colores con los que se identifican de manera gráfica los resultados son de color naranja, amarillo, gris, azul, uva y azul oscuro respectivamente.

Es importante ver la representación en color rojo para hora pico y color verde en hora valle para que se puedan analizar los cambios en la operación de una forma más fácil. Estas tablas se pueden apreciar en el Anexo D.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN, DÍA HÁBIL (Lunes- Viernes), REC. 1. (HORA PICO).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min.]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	6:31:10	6:37:22	0:06:12	372	N/A	N/A	N/A	17	49	N/A	N/A	Pico
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	6:39:13	6:39:55	0:00:42	42	0:02:27	147,00	14,69	2	0	4,08	0,00	Pico
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	6:41:53	6:42:16	0:00:23	23	0:02:17	137,00	17,08	5	0	10,20	0,00	Pico
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	6:43:02	6:43:21	0:00:19	19	0:01:01	61,00	12,39	2	0	4,08	0,00	Pico
IDA	04	KR 8 CL 5	100	0,10	6:44:02	6:44:51	0:00:49	49	0:01:26	86,00	7,51	7	0	14,29	0,00	Pico
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	6:45:27	6:45:59	0:00:32	32	0:01:04	64,00	9,36	5	0	10,20	0,00	Pico
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	6:46:39	6:47:04	0:00:25	25	0:01:01	61,00	10,62	12	0	24,49	0,00	Pico
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	6:47:31	6:48:10	0:00:39	39	0:01:02	62,00	6,39	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	6:48:56	6:49:25	0:00:29	29	0:01:11	71,00	10,65	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	6:50:00	6:50:39	0:00:39	39	0:01:10	70,00	9,77	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	6:51:19	6:51:50	0:00:31	31	0:01:07	67,00	11,82	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	6:52:24	6:53:03	0:00:39	39	0:01:09	69,00	8,35	1	0	2,04	0,00	Pico
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	6:53:47	6:55:58	0:02:11	131	0:02:51	171,00	9,05	2	0	4,08	0,00	Pico
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	6:58:59	6:59:19	0:00:20	20	0:03:17	197,00	10,96	3	1	6,12	3,70	Pico
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	6:59:53	7:00:13	0:00:20	20	0:02:50	90,00	10,06	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	7:00:52	7:00:58	0:00:06	6	0:00:41	41,00	14,93	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	7:01:29	7:02:27	0:00:58	58	0:01:25	85,00	7,20	0	3	0,00	11,11	Pico
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	7:03:40	7:03:59	0:00:19	19	0:01:28	88,00	16,36	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	7:04:38	7:04:54	0:00:16	16	0:00:51	51,00	14,82	2	4	4,08	14,81	Pico
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	7:05:51	7:05:59	0:00:08	8	0:01:01	61,00	14,75	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	7:06:14	7:07:33	0:00:59	59	0:01:30	90,00	6,00	0	1	0,00	3,70	Pico
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	7:08:06	7:09:14	0:01:08	68	0:01:37	97,00	6,60	3	2	6,12	7,41	Pico
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	7:09:58	7:10:47	0:00:49	49	0:01:29	89,00	8,00	2	3	4,08	11,11	Pico
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	7:11:15	7:11:59	0:00:44	44	0:01:08	68,00	7,94	0	1	0,00	3,70	Pico
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	7:12:49	7:13:05	0:00:16	16	0:01:02	62,00	12,77	0	1	0,00	3,70	Pico
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	7:13:39	7:14:23	0:00:44	44	0:01:14	74,00	8,76	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	7:15:40	7:15:57	0:00:17	17	0:01:30	90,00	14,00	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	7:16:47	7:17:16	0:00:29	29	0:01:15	75,00	10,56	2	2	4,08	7,41	Pico
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	7:18:01	7:18:41	0:00:40	40	0:01:21	81,00	9,33	1	1	2,04	3,70	Pico
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	7:19:28	7:19:49	0:00:21	21	0:01:26	86,00	8,79	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	30	CL 9 KR 3	220	0,22	7:20:30	7:21:31	0:01:01	61	0:01:38	98,00	6,08	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	7:22:02	7:23:24	0:01:22	82	0:01:49	109,00	4,29	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	7:24:25	7:25:03	0:00:38	38	0:01:35	95,00	10,23	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	7:25:50	7:25:59	0:00:09	9	0:01:33	93,00	7,74	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	7:26:54	7:27:38	0:00:44	44	0:01:35	95,00	11,37	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	35	KR 4 CL 1B	72	0,07	7:27:51	7:28:48	0:00:57	57	0:01:06	66,00	9,93	0	3	0,00	11,11	Pico
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	7:29:14	7:29:59	0:00:45	45	0:01:07	67,00	7,52	0	2	0,00	7,41	Pico
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	7:30:41	7:31:29	0:00:48	48	0:01:26	86,00	9,61	0	1	0,00	3,70	Pico
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	7:32:15	7:33:21	0:01:06	66	0:01:48	108,00	8,33	0	1	0,00	3,70	Pico
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	7:34:01	7:34:12	0:00:11	11	0:00:47	47,00	16,89	0	1	0,00	3,70	Pico
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	7:37:11	7:40:23	0:03:12	192	0:02:55	185,00	18,49	27	52	N/A	N/A	Pico
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO		0:59:49				10,33	VERDADERO	VERDADERO			

Figura 55. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Día hábil (lunes- viernes). Rec. 1. (hora pico).
Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN. DÍA HÁBIL (Lunes- Viernes). REC. 2. (HORA PICO Y HORA VALLE).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [mins.]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	15:08:14	15:14:31	0:06:17	377	N/A	N/A	N/A	15	37	N/A	N/A	Pico
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	15:16:33	15:17:11	0:00:38	38	0:02:38	158,00	13,67	1	0	2,70	0,00	Pico
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	15:19:30	15:20:02	0:00:32	32	0:02:49	169,00	13,85	4	0	10,81	0,00	Pico
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	15:20:55	15:21:17	0:00:22	22	0:01:13	73,00	10,36	2	0	5,41	0,00	Pico
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	15:22:05	15:22:34	0:00:29	29	0:01:15	75,00	8,64	3	0	8,11	0,00	Pico
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	15:23:20	15:23:37	0:00:17	17	0:01:01	61,00	10,03	4	0	10,81	0,00	Pico
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	15:24:26	15:24:47	0:00:21	21	0:01:08	68,00	9,53	7	0	18,92	0,00	Pico
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	15:25:21	15:25:50	0:00:29	29	0:01:01	61,00	6,49	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	15:26:48	15:27:02	0:00:14	14	0:01:10	70,00	10,80	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	15:27:47	15:28:19	0:00:32	32	0:01:15	75,00	9,12	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	15:29:09	15:29:19	0:00:10	10	0:01:08	68,00	11,65	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	15:30:04	15:30:17	0:00:13	13	0:00:56	56,00	10,29	1	0	2,70	0,00	Pico
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	15:31:09	15:31:33	0:00:24	24	0:02:07	127,00	6,80	4	1	10,81	5,56	Pico
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	15:33:49	15:34:03	0:00:14	14	0:02:50	170,00	12,71	2	1	5,41	5,56	Pico
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	15:34:46	15:35:02	0:00:16	16	0:00:57	57,00	9,47	3	0	8,11	0,00	Pico
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	15:35:50	15:36:13	0:00:23	23	0:00:43	43,00	14,23	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	15:36:55	15:37:22	0:00:27	27	0:01:07	67,00	9,13	0	1	0,00	5,56	Pico
REGRESO	17	KR 6 CL 21 EXITO	400	0,40	15:38:44	15:39:10	0:00:26	26	0:01:46	106,00	13,58	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	15:40:00	15:40:25	0:00:25	25	0:01:13	73,00	10,36	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	15:41:30	15:41:41	0:00:11	11	0:01:14	74,00	12,16	2	2	5,41	11,11	Pico
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	15:42:24	15:42:28	0:00:04	04	0:00:45	45,00	12,00	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	15:43:10	15:44:13	0:01:03	63	0:01:43	103,00	6,29	0	1	0,00	5,56	Pico
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	15:45:07	15:45:17	0:00:10	10	0:01:02	62,00	11,61	1	0	2,70	0,00	Pico
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	15:45:55	15:46:24	0:00:29	29	0:01:05	65,00	8,31	1	1	2,70	5,56	Pico
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	15:47:23	15:47:29	0:00:06	06	0:01:03	63,00	12,57	0	1	0,00	5,56	Pico
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	15:48:13	15:48:52	0:00:39	39	0:01:21	81,00	8,00	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	15:50:19	15:50:41	0:00:22	22	0:01:47	107,00	11,78	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	15:51:40	15:51:51	0:00:11	11	0:01:08	68,00	11,65	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	15:52:46	15:53:18	0:00:32	32	0:01:25	85,00	8,89	1	2	2,70	11,11	Pico
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	15:54:15	15:55:05	0:00:50	50	0:01:45	105,00	7,20	1	1	2,70	5,56	Pico
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	15:55:55	15:56:28	0:00:33	33	0:01:21	81,00	9,78	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	15:57:05	15:58:00	0:00:55	55	0:01:30	90,00	5,20	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	15:59:11	15:59:34	0:00:23	23	0:01:32	92,00	10,57	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	16:00:28	16:01:21	0:00:53	53	0:01:45	105,00	6,86	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	16:02:27	16:02:56	0:00:29	29	0:01:33	93,00	11,61	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	16:03:18	16:04:14	0:00:56	56	0:01:16	76,00	3,41	0	2	0,00	11,11	Pico
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	16:04:50	16:05:22	0:00:32	32	0:01:06	66,00	7,64	0	2	0,00	11,11	Pico
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	16:06:12	16:06:40	0:00:28	28	0:01:18	78,00	10,62	0	1	0,00	5,56	Valle
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	16:07:29	16:07:37	0:00:08	08	0:00:57	57,00	15,79	0	1	0,00	5,56	Valle
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	16:08:23	16:08:38	0:00:15	15	0:01:01	61,00	12,98	0	1	0,00	5,56	Valle
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	16:11:27	16:15:31	0:04:04	244	0:02:49	190,00	18,00	18	36	N/A	N/A	Valle
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO	0:56:56				VELOCIDAD PROMEDIO	10,34	VERDADERO	VERDADERO			

Figura 56. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Día hábil (lunes- viernes). Rec. 2. (hora pico y hora valle).

Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN. DÍA HÁBIL (Lunes- Viernes). REC. 3. (HORA PICO Y HORA VALLE).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min,s]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	19:12:59	19:14:33	0:01:34	94	N/A	N/A	N/A	21	55	N/A	N/A	Pico
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	19:16:22	19:17:56	0:01:34	94	0:03:17	197,00	10,96	2	0	3,64	0,00	Pico
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	19:19:54	19:20:10	0:00:16	16	0:02:08	128,00	18,28	6	0	10,91	0,00	Pico
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	19:20:54	19:21:15	0:00:21	21	0:00:59	59,00	12,81	2	0	3,64	0,00	Pico
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	19:21:53	19:22:58	0:01:05	65	0:01:37	97,00	6,68	7	0	12,73	0,00	Pico
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	19:23:31	19:24:08	0:00:37	37	0:01:04	64,00	9,56	5	0	9,09	0,00	Pico
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	19:24:48	19:25:17	0:00:29	29	0:01:03	63,00	10,29	13	0	23,64	0,00	Pico
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	19:25:40	19:26:25	0:00:45	45	0:01:02	62,00	6,39	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	19:27:15	19:27:55	0:00:40	40	0:01:24	84,00	9,00	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	19:28:34	19:29:10	0:00:36	36	0:01:09	69,00	9,91	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	19:29:50	19:31:57	0:02:07	127	0:01:14	74,00	10,70	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	19:32:30	19:33:01	0:00:31	31	0:00:58	58,00	9,93	2	0	3,64	0,00	Pico
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	19:33:46	19:36:11	0:02:25	145	0:03:04	184,00	4,70	5	0	9,09	0,00	Pico
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	19:38:19	19:38:59	0:00:40	40	0:02:42	162,00	13,33	2	2	3,64	8,70	Pico
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	19:39:34	19:40:49	0:01:15	75	0:00:51	51,00	10,59	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	19:41:29	19:42:04	0:00:35	35	0:00:42	42,00	14,57	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	19:42:36	19:43:23	0:00:47	47	0:01:13	73,00	8,38	0	1	0,00	4,35	Pico
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	19:44:37	19:46:16	0:01:39	99	0:01:37	97,00	14,85	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	19:46:54	19:47:21	0:00:27	27	0:00:59	59,00	12,81	0	2	0,00	8,70	Pico
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	19:48:18	19:48:58	0:00:40	40	0:01:10	70,00	12,86	3	3	5,45	13,04	Pico
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	19:49:32	19:49:59	0:00:27	27	0:00:55	55,00	9,82	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	19:50:32	19:50:49	0:00:17	17	0:00:57	57,00	11,37	3	1	5,45	4,35	Pico
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	19:51:35	19:51:55	0:00:20	20	0:01:00	60,00	12,00	1	1	1,82	4,35	Pico
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	19:52:24	19:53:08	0:00:44	44	0:00:55	55,00	9,82	1	2	1,82	8,70	Pico
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	19:53:59	19:54:15	0:00:16	16	0:01:01	61,00	12,98	0	1	0,00	4,35	Pico
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	19:54:48	19:54:59	0:00:11	11	0:00:53	53,00	12,23	0	1	0,00	4,35	Pico
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	19:56:17	19:56:36	0:00:19	19	0:01:31	91,00	13,85	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	19:57:26	19:57:32	0:00:06	06	0:01:03	63,00	12,57	2	0	3,64	0,00	Pico
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	19:58:18	19:59:07	0:00:49	49	0:01:29	89,00	8,49	1	2	1,82	8,70	Pico
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	19:59:55	20:00:55	0:01:00	60	0:01:42	102,00	7,41	0	1	0,00	4,35	Pico
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	20:01:32	20:02:32	0:01:00	60	0:01:16	76,00	10,42	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	20:02:57	20:03:58	0:01:01	61	0:00:57	57,00	8,21	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	20:04:51	20:05:28	0:00:37	37	0:01:26	86,00	11,30	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	20:06:14	20:06:58	0:00:44	44	0:01:16	76,00	9,47	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	20:07:48	20:07:58	0:00:10	10	0:01:10	70,00	15,43	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	20:08:10	20:09:03	0:00:53	53	0:00:33	33,00	7,85	0	3	0,00	13,04	Valle
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	20:09:27	20:10:05	0:00:38	38	0:00:58	58,00	8,69	0	2	0,00	8,70	Valle
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	20:10:44	20:11:01	0:00:17	17	0:00:52	52,00	15,92	0	1	0,00	4,35	Valle
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	20:11:45	20:11:54	0:00:09	09	0:00:49	49,00	18,37	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	20:12:32	20:12:52	0:00:20	20	0:00:54	54,00	14,67	0	0	0,00	0,00	Valle
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	20:15:34	20:17:56	0:02:22	142	0:02:38	176,00	19,43	23	43	N/A	N/A	Valle
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO		1:01:01	VELOCIDAD PROMEDIO			11,42	VERDADERO	VERDADERO			

Figura 57. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Día hábil (lunes- viernes). Rec. 3. (hora pico y hora valle).

Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN. DÍAS SÁBADOS. REC. 1. (HORA VALLE).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min,s]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	8:46:20	8:50:36	0:04:16	256	N/A	N/A	N/A	13	36	N/A	N/A	Valle
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	8:52:01	8:52:51	0:00:50	50	0:02:00	120,00	18,00	1	0	2,78	0,00	Valle
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	8:54:22	8:54:33	0:00:11	11	0:01:50	110,00	21,27	3	0	8,33	0,00	Valle
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	8:55:04	8:55:39	0:00:35	35	0:00:51	51,00	14,82	2	0	5,56	0,00	Valle
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	8:56:05	8:56:39	0:00:34	34	0:00:45	45,00	14,40	3	0	8,33	0,00	Valle
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	8:57:04	8:57:47	0:00:43	43	0:00:53	53,00	11,55	4	0	11,11	0,00	Valle
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	8:58:13	8:58:53	0:00:40	40	0:00:51	51,00	12,71	9	0	25,00	0,00	Valle
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	8:59:08	9:00:08	0:01:00	60	0:00:34	34,00	11,65	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	9:00:40	9:01:23	0:00:43	43	0:01:00	60,00	12,60	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	9:01:47	9:02:21	0:00:34	34	0:00:43	43,00	15,91	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	9:02:49	9:03:26	0:00:37	37	0:00:50	50,00	15,84	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	9:03:49	9:04:15	0:00:26	26	0:00:34	34,00	16,94	2	0	5,56	0,00	Valle
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	9:04:45	9:05:09	0:00:24	24	0:01:00	60,00	14,40	4	0	11,11	0,00	Valle
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	9:06:47	9:07:34	0:00:47	47	0:02:10	130,00	16,62	2	0	5,56	0,00	Valle
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	9:07:55	9:08:55	0:01:00	60	0:00:39	39,00	13,85	0	1	0,00	9,09	Valle
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	9:09:20	9:09:57	0:00:37	37	0:00:41	41,00	14,93	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	9:10:18	9:11:03	0:00:45	45	0:00:51	51,00	12,00	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	9:11:57	9:13:22	0:01:25	85	0:01:40	100,00	14,40	0	1	0,00	9,09	Valle
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	9:13:49	9:14:43	0:00:54	54	0:00:55	55,00	13,75	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	9:15:21	9:15:39	0:00:18	18	0:00:59	59,00	15,25	2	1	5,56	9,09	Valle
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	9:16:00	9:17:15	0:01:15	75	0:00:43	43,00	12,56	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	9:17:37	9:18:22	0:00:45	45	0:00:52	52,00	12,46	1	0	2,78	0,00	Valle
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	9:18:52	9:19:54	0:01:02	62	0:00:55	55,00	13,09	1	1	2,78	9,09	Valle
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	9:20:12	9:21:14	0:01:02	62	0:00:41	41,00	13,17	0	1	0,00	9,09	Valle
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	9:21:47	9:22:53	0:01:06	66	0:01:01	61,00	12,98	0	1	0,00	9,09	Valle
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	9:23:15	9:23:56	0:00:41	41	0:00:48	48,00	13,50	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	9:24:51	9:25:02	0:00:11	11	0:01:20	80,00	15,75	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	9:25:35	9:26:18	0:00:43	43	0:01:01	61,00	12,98	2	1	5,56	9,09	Valle
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	9:26:50	9:27:31	0:00:41	41	0:00:58	58,00	13,03	0	1	0,00	9,09	Valle
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	9:28:03	9:28:38	0:00:35	35	0:00:52	52,00	14,54	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	9:29:06	9:29:46	0:00:40	40	0:00:53	53,00	14,94	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	9:30:04	9:30:50	0:00:46	46	0:00:38	38,00	12,32	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	9:31:33	9:32:37	0:01:04	64	0:01:22	82,00	11,85	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	9:33:07	9:33:41	0:00:34	34	0:00:49	49,00	14,69	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	9:34:21	9:34:50	0:00:29	29	0:01:01	61,00	17,70	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	9:34:57	9:36:17	0:01:20	80	0:00:21	21,00	12,34	0	2	0,00	18,18	Valle
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	9:36:34	9:37:21	0:00:47	47	0:00:49	49,00	10,29	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	9:37:51	9:38:15	0:00:24	24	0:00:48	48,00	17,25	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	9:38:48	9:39:01	0:00:13	13	0:00:46	46,00	19,57	0	1	0,00	9,09	Valle
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	9:39:30	9:39:56	0:00:26	26	0:00:48	48,00	16,50	0	0	0,00	0,00	Valle
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	9:42:15	9:47:18	0:05:03	303	0:02:30	150,00	22,80	11	29	N/A	N/A	Valle
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO		0:51:39		VELOCIDAD PROMEDIO		1463	VERDADERO	VERDADERO			

Figura 58. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Sábados. Rec. 1. (hora valle).
Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN. DÍAS SÁBADOS, REC. 2. (HORA PICO).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min:s]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	11:37:18	11:42:06	0:04:48	288	N/A	N/A	N/A	19	31	N/A	N/A	Pico
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	11:43:41	11:44:25	0:00:44	44	0:02:09	129,00	16,74	1	0	3,23	0,00	Pico
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	11:46:10	11:46:41	0:00:31	31	0:02:06	126,00	18,57	2	0	6,45	0,00	Pico
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	11:47:13	11:47:31	0:00:18	18	0:00:56	56,00	13,50	2	0	6,45	0,00	Pico
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	11:47:59	11:48:28	0:00:29	29	0:00:47	47,00	13,79	3	0	9,68	0,00	Pico
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	11:48:53	11:49:20	0:00:27	27	0:00:58	58,00	10,55	3	0	9,68	0,00	Pico
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	11:49:47	11:49:57	0:00:10	10	0:00:57	57,00	11,37	6	0	19,35	0,00	Pico
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	11:50:11	11:50:51	0:00:40	40	0:00:44	44,00	9,00	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	11:51:23	11:52:01	0:00:38	38	0:01:00	60,00	12,60	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	11:52:27	11:52:59	0:00:32	32	0:00:48	48,00	14,25	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	11:53:29	11:54:09	0:00:40	40	0:01:00	60,00	13,20	0	0	0,00	0,00	Pico
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	11:54:33	11:55:27	0:00:54	54	0:00:46	46,00	12,52	2	0	6,45	0,00	Pico
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	11:56:01	11:56:30	0:00:29	29	0:01:15	75,00	11,52	3	1	9,68	5,00	Pico
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	11:58:14	11:58:41	0:00:27	27	0:02:35	155,00	13,94	2	0	6,45	0,00	Pico
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	11:59:03	11:59:39	0:00:36	36	0:00:48	48,00	11,25	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	12:00:04	12:00:23	0:00:19	19	0:00:43	43,00	14,23	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	12:00:45	12:01:29	0:00:44	44	0:00:56	56,00	10,93	0	1	0,00	5,00	Pico
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	12:02:28	12:03:51	0:01:23	83	0:02:12	132,00	10,91	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	12:04:18	12:04:46	0:00:28	28	0:00:45	45,00	16,80	0	2	0,00	10,00	Pico
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	12:05:27	12:05:45	0:00:18	18	0:00:49	49,00	18,37	2	0	6,45	0,00	Pico
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	12:06:07	12:06:53	0:00:46	46	0:00:58	58,00	9,31	1	1	3,23	5,00	Pico
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	12:07:17	12:07:45	0:00:28	28	0:00:42	42,00	15,43	2	1	6,45	5,00	Pico
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	12:08:16	12:08:46	0:00:30	30	0:00:51	51,00	14,12	0	1	0,00	5,00	Pico
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	12:09:05	12:09:49	0:00:44	44	0:00:53	53,00	10,19	0	1	0,00	5,00	Pico
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	12:10:24	12:11:10	0:00:46	46	0:01:11	71,00	11,15	0	1	0,00	5,00	Pico
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	12:11:34	12:12:11	0:00:37	37	0:00:51	51,00	12,71	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	12:13:10	12:13:35	0:00:25	25	0:01:14	74,00	17,03	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	12:14:09	12:14:48	0:00:39	39	0:01:03	63,00	12,57	1	1	3,23	5,00	Pico
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	12:15:21	12:16:24	0:01:03	63	0:01:26	86,00	8,79	1	3	3,23	15,00	Pico
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	12:16:57	12:17:43	0:00:46	46	0:01:09	69,00	10,96	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	12:18:14	12:19:53	0:01:39	99	0:01:00	60,00	13,20	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	12:20:11	12:21:11	0:01:00	60	0:00:40	40,00	11,70	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	12:21:55	12:22:12	0:00:17	17	0:01:26	86,00	11,30	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	12:22:43	12:23:35	0:00:52	52	0:01:05	65,00	11,08	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	12:24:17	12:25:16	0:00:59	59	0:01:31	91,00	11,87	0	0	0,00	0,00	Pico
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	12:25:22	12:28:45	0:03:23	203	0:00:28	28,00	9,26	0	2	0,00	10,00	Pico
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	12:29:02	12:30:14	0:01:12	72	0:01:19	79,00	6,38	0	2	0,00	10,00	Pico
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	12:30:46	12:32:26	0:01:40	100	0:01:05	65,00	12,74	0	2	0,00	10,00	Pico
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	12:33:01	12:33:55	0:00:54	54	0:01:07	67,00	13,43	0	1	0,00	5,00	Pico
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	12:34:25	12:34:34	0:00:09	09	0:00:51	51,00	15,53	0	0	0,00	0,00	Pico
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	12:36:51	12:43:05	0:06:14	374	0:03:05	185,00	18,49	20	37	N/A	N/A	Pico
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO		0:54:45		VELOCIDAD PROMEDIO		12,78	VERDADERO	VERDADERO			

Figura 59. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Sábados. Rec. 2. (hora pico).
Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN. DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS. REC. 1. (HORA VALLE).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min:s]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	6:07:19	6:20:32	0:13:13	793	N/A	N/A	N/A	17	29	N/A	N/A	Valle
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	6:21:53	6:23:52	0:01:59	119	0:01:57	117,00	18,46	1	0	3,45	0,00	Valle
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	6:25:22	6:25:50	0:00:28	28	0:01:47	107,00	21,87	2	0	6,90	0,00	Valle
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	6:26:22	6:27:08	0:00:46	46	0:00:51	51,00	14,82	2	0	6,90	0,00	Valle
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	6:27:34	6:28:30	0:00:56	56	0:00:46	46,00	14,09	3	0	10,34	0,00	Valle
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	6:28:54	6:29:36	0:00:42	42	0:00:50	50,00	12,24	3	0	10,34	0,00	Valle
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	6:30:02	6:31:30	0:01:28	88	0:00:48	48,00	13,50	4	0	13,79	0,00	Valle
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	6:31:45	6:32:32	0:00:47	47	0:00:31	31,00	12,77	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	6:33:03	6:33:50	0:00:47	47	0:01:07	51,00	14,82	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	6:34:13	6:35:12	0:00:59	59	0:00:40	40,00	17,10	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	6:35:39	6:36:26	0:00:47	47	0:01:03	63,00	12,57	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	6:36:49	6:37:25	0:00:36	36	0:00:48	48,00	12,00	1	0	3,45	0,00	Valle
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	6:37:55	6:38:45	0:00:50	50	0:01:09	69,00	12,52	3	0	10,34	0,00	Valle
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	6:40:20	6:41:06	0:00:46	46	0:02:10	130,00	16,62	2	1	6,90	6,25	Valle
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	6:41:28	6:42:14	0:00:46	46	0:00:34	34,00	15,88	2	0	6,90	0,00	Valle
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	6:42:39	6:42:47	0:00:08	08	0:00:41	41,00	14,93	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	6:43:08	6:43:57	0:00:49	49	0:00:43	43,00	14,23	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	6:44:48	6:45:49	0:01:01	61	0:01:41	101,00	14,26	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	6:46:15	6:46:43	0:00:28	28	0:00:43	43,00	17,58	2	2	6,90	12,50	Valle
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	6:47:20	6:47:58	0:00:38	38	0:01:04	64,00	14,06	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	6:48:19	6:48:58	0:00:39	39	0:00:38	38,00	14,21	0	1	0,00	6,25	Valle
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	6:49:20	6:50:18	0:00:58	58	0:00:43	43,00	15,07	1	1	3,45	6,25	Valle
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	6:50:47	6:52:29	0:01:42	102	0:00:55	55,00	13,09	1	2	3,45	12,50	Valle
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	6:52:47	6:53:13	0:00:26	26	0:00:33	33,00	16,36	0	1	0,00	6,25	Valle
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	6:53:46	6:54:02	0:00:16	16	0:00:55	55,00	14,40	0	1	0,00	6,25	Valle
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	6:54:24	6:54:48	0:00:24	24	0:00:43	43,00	15,07	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	6:55:42	6:56:19	0:00:37	37	0:01:20	80,00	15,75	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	6:56:52	6:57:07	0:00:15	15	0:00:52	52,00	15,23	1	2	3,45	12,50	Valle
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	6:57:38	6:58:12	0:00:34	34	0:00:54	54,00	14,00	1	1	3,45	6,25	Valle
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	6:58:42	6:58:59	0:00:17	17	0:00:50	50,00	15,12	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	6:59:26	6:59:52	0:00:26	26	0:00:50	50,00	15,84	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	7:00:10	7:00:22	0:00:12	12	0:00:31	31,00	15,10	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	7:01:06	7:01:20	0:00:14	14	0:00:47	47,00	20,68	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	7:01:49	7:02:03	0:00:14	14	0:00:51	51,00	14,12	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	7:02:42	7:03:10	0:00:28	28	0:00:56	56,00	19,29	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	7:03:17	7:03:43	0:00:26	26	0:00:19	19,00	13,64	0	2	0,00	12,50	Valle
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	7:03:59	7:05:07	0:01:08	68	0:00:39	39,00	12,92	0	1	0,00	6,25	Valle
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	7:05:37	7:06:31	0:00:54	54	0:00:42	42,00	19,71	0	1	0,00	6,25	Valle
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	7:07:02	7:07:32	0:00:30	30	0:00:47	47,00	19,15	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	7:08:00	7:08:21	0:00:21	21	0:00:42	42,00	18,86	0	0	0,00	0,00	Valle
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	7:10:28	7:21:45	0:11:17	677	0:02:29	149,00	22,95	16	25	N/A	N/A	Valle
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO	0:49:56				VELOCIDAD PROMEDIO	15,62	VERDADERO	VERDADERO			

Figura 60. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Domingos y festivos. Rec. 1. (hora valle).

Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD DE LOS TRAMOS, VELOCIDAD PROMEDIO Y PASAJEROS QUE ABORDAN Y DESABORDAN. DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS. REC. 2. (HORA PICO).																
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	HORA DE LLEGADA	HORA DE PARTIDA	TIEMPO ESTACIONADO [min]	TIEMPO ESTACIONADO [s]	Tiempo entre paradas [min,s]	Tiempo entre paradas [s]	Velocidad [km/h]	Pasajeros que se bajan	Pasajeros que se suben	% Pasajeros que se bajan	% Pasajeros que se suben	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	15:28:03	15:39:01	0:10:58	658	N/A	N/A	N/A	15	27	N/A	N/A	Valle
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	15:40:24	15:41:25	0:01:01	61	0:01:54	114,00	18,95	1	0	3,70	0,00	Valle
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	15:42:56	15:43:35	0:00:39	39	0:01:47	107,00	21,87	2	0	7,41	0,00	Valle
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	15:44:08	15:44:21	0:00:13	13	0:00:49	49,00	15,43	1	0	3,70	0,00	Valle
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	15:44:51	15:45:00	0:00:09	09	0:00:44	44,00	14,73	2	0	7,41	0,00	Valle
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	15:45:28	15:45:59	0:00:31	31	0:00:48	48,00	12,75	3	0	11,11	0,00	Valle
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	15:46:28	15:46:49	0:00:21	21	0:00:45	45,00	14,40	4	0	14,81	0,00	Valle
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	15:47:08	15:48:03	0:00:55	55	0:00:29	29,00	13,66	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	15:48:37	15:49:10	0:00:33	33	0:01:08	68,00	11,12	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	15:49:36	15:50:19	0:00:43	43	0:00:43	43,00	15,91	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	15:50:49	15:51:20	0:00:31	31	0:01:06	66,00	12,00	0	0	0,00	0,00	Valle
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	15:51:46	15:52:38	0:00:52	52	0:00:50	48,00	12,00	2	0	7,41	0,00	Valle
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	15:53:11	15:53:40	0:00:29	29	0:01:08	68,00	12,71	3	0	11,11	0,00	Valle
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	15:55:18	15:56:12	0:00:54	54	0:02:11	131,00	16,49	2	1	7,41	7,14	Valle
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	15:56:37	15:57:30	0:00:53	53	0:00:35	35,00	15,43	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	15:57:58	15:58:30	0:00:32	32	0:00:38	38,00	16,11	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	15:58:54	15:59:39	0:00:45	45	0:00:45	45,00	13,60	0	1	0,00	7,14	Valle
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	16:00:33	16:01:24	0:00:51	51	0:01:38	98,00	14,69	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	16:01:53	16:02:39	0:00:46	46	0:00:44	44,00	17,18	2	2	7,41	14,29	Valle
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	16:03:19	16:03:54	0:00:35	35	0:01:04	64,00	14,06	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	16:04:18	16:04:33	0:00:15	15	0:00:36	36,00	15,00	0	1	0,00	7,14	Valle
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	16:04:58	16:05:14	0:00:16	16	0:00:41	41,00	15,80	1	1	3,70	7,14	Valle
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	16:05:46	16:06:25	0:00:39	39	0:00:52	52,00	13,85	1	1	3,70	7,14	Valle
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	16:06:45	16:07:13	0:00:28	28	0:00:31	31,00	17,42	0	1	0,00	7,14	Valle
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	16:07:49	16:08:17	0:00:28	28	0:00:56	56,00	14,14	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	16:08:42	16:09:30	0:00:48	48	0:00:40	40,00	16,20	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	16:10:28	16:11:01	0:00:33	33	0:01:18	78,00	16,15	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	16:11:37	16:12:14	0:00:37	37	0:00:49	49,00	16,16	2	2	7,41	14,29	Valle
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	16:12:48	16:13:23	0:00:35	35	0:00:54	54,00	14,00	1	1	3,70	7,14	Valle
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	16:13:56	16:14:38	0:00:42	42	0:00:52	52,00	14,54	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	16:15:08	16:15:59	0:00:51	51	0:00:47	47,00	16,85	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	16:16:20	16:17:12	0:00:52	52	0:00:32	32,00	14,63	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	16:17:59	16:18:45	0:00:46	46	0:00:46	46,00	21,13	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	16:19:17	16:19:49	0:00:32	32	0:00:53	53,00	13,58	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	16:20:30	16:20:45	0:00:15	15	0:00:54	54,00	20,00	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	16:20:55	16:21:59	0:01:04	64	0:00:17	17,00	15,25	0	1	0,00	7,14	Valle
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	16:22:18	16:23:24	0:01:06	66	0:00:39	39,00	12,92	0	2	0,00	14,29	Valle
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	16:23:57	16:24:28	0:00:31	31	0:00:40	40,00	20,70	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	16:25:02	16:25:55	0:00:53	53	0:00:49	49,00	18,37	0	0	0,00	0,00	Valle
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	16:26:25	16:26:40	0:00:15	15	0:00:40	40,00	19,80	0	0	0,00	0,00	Valle
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	16:28:50	16:39:33	0:10:43	643	0:02:29	149,00	22,95	14	26	N/A	N/A	Valle
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	TIEMPO DE RECORRIDO		0:49:49		VELOCIDAD PROMEDIO			15,81	VERDADERO	VERDADERO		

Figura 61. Velocidad de los tramos, velocidad promedio y pasajeros que abordan y desabordan. Domingos y festivos. Rec. 2. (hora pico).

Elaboración propia en Excel.

COMPARACIÓN DE VELOCIDADES PROMEDIO EN DÍAS REPRESENTATIVOS					DÍAS HÁBILES (Lunes - Viernes)						DÍAS SÁBADOS				DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS			
					RECORRIDO 1		RECORRIDO 2		RECORRIDO 3		RECORRIDO 1		RECORRIDO 2		RECORRIDO 1		RECORRIDO 2	
CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DISTANCIA DE RECORRIDO [m]	DISTANCIA DE RECORRIDO [km]	Velocidad [km/h]	HORA	Velocidad [km/h]	HORA	Velocidad [km/h]	HORA	Velocidad [km/h]	HORA	Velocidad [km/h]	HORA	Velocidad [km/h]	HORA	Velocidad [km/h]	HORA
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	0	0,00	N/A	Pico	N/A	Pico	N/A	Pico	N/A	Valle	N/A	Pico	N/A	Valle	N/A	Valle
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	600	0,60	14,69	Pico	13,67	Pico	10,96	Pico	18,00	Valle	16,74	Pico	18,46	Valle	18,95	Valle
IDA	02	KR 8 CL 2	650	0,65	17,08	Pico	13,85	Pico	18,28	Pico	21,27	Valle	18,57	Pico	21,87	Valle	21,87	Valle
IDA	03	KR 8 CL 3	210	0,21	12,39	Pico	10,36	Pico	12,81	Pico	14,82	Valle	13,50	Pico	14,82	Valle	15,43	Valle
IDA	04	KR 8 CL 5	180	0,18	7,53	Pico	8,64	Pico	6,68	Pico	14,40	Valle	13,79	Pico	14,09	Valle	14,73	Valle
IDA	05	KR 8 CL 7	170	0,17	9,56	Pico	10,03	Pico	9,56	Pico	11,55	Valle	10,55	Pico	12,24	Valle	12,75	Valle
IDA	06	KR 8 CL 9	180	0,18	10,62	Pico	9,53	Pico	10,29	Pico	12,71	Valle	11,37	Pico	13,50	Valle	14,40	Valle
IDA	07	KR 8 CL 10	110	0,11	6,39	Pico	6,49	Pico	6,39	Pico	11,65	Valle	9,00	Pico	12,77	Valle	13,66	Valle
IDA	08	KR 8 CL 12	210	0,21	10,65	Pico	10,80	Pico	9,00	Pico	12,60	Valle	12,60	Pico	14,82	Valle	11,12	Valle
IDA	09	CL 14 KR 7	190	0,19	9,77	Pico	9,12	Pico	9,91	Pico	15,91	Valle	14,25	Pico	17,10	Valle	15,91	Valle
IDA	10	CL 14 KR 6	220	0,22	11,82	Pico	11,65	Pico	10,70	Pico	15,84	Valle	13,20	Pico	12,57	Valle	12,00	Valle
IDA	11	KR 6 CL 14	160	0,16	8,35	Pico	10,29	Pico	9,93	Pico	16,94	Valle	12,52	Pico	12,00	Valle	12,00	Valle
IDA	12	KR 6 CL 17	240	0,24	5,05	Pico	6,80	Pico	4,70	Pico	14,40	Valle	11,52	Pico	12,52	Valle	12,71	Valle
IDA	13	CL 21 KR 4	600	0,60	10,96	Pico	12,71	Pico	13,33	Pico	16,62	Valle	13,94	Pico	16,62	Valle	16,49	Valle
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	150	0,15	10,80	Pico	9,47	Pico	10,59	Pico	13,85	Valle	11,25	Pico	15,88	Valle	15,43	Valle
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	170	0,17	14,93	Pico	14,23	Pico	14,57	Pico	14,93	Valle	14,23	Pico	14,93	Valle	16,11	Valle
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	170	0,17	7,20	Pico	9,13	Pico	8,38	Pico	12,00	Valle	10,93	Pico	14,23	Valle	13,60	Valle
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	400	0,40	16,36	Pico	13,58	Pico	14,85	Pico	14,40	Valle	10,91	Pico	14,26	Valle	14,69	Valle
REGRESO	18	KR 6 CL 19	210	0,21	14,82	Pico	10,36	Pico	12,81	Pico	13,75	Valle	16,80	Pico	17,58	Valle	17,18	Valle
REGRESO	19	KR 6 CL 16	250	0,25	14,75	Pico	12,16	Pico	12,86	Pico	15,25	Valle	18,37	Pico	14,06	Valle	14,06	Valle
REGRESO	20	CL 15 KR 6	150	0,15	6,00	Pico	12,00	Pico	9,82	Pico	12,56	Valle	9,31	Pico	14,21	Valle	15,00	Valle
REGRESO	21	KR 7 CL 14	180	0,18	6,68	Pico	6,29	Pico	11,37	Pico	12,46	Valle	15,43	Pico	15,07	Valle	15,80	Valle
REGRESO	22	KR 7 CL 12	200	0,20	8,09	Pico	11,61	Pico	12,00	Pico	13,09	Valle	14,12	Pico	13,09	Valle	13,85	Valle
REGRESO	23	KR 7 CL 10	150	0,15	7,94	Pico	8,31	Pico	9,82	Pico	13,17	Valle	10,19	Pico	16,36	Valle	17,42	Valle
REGRESO	24	CL 10 KR 8	220	0,22	12,77	Pico	12,57	Pico	12,98	Pico	12,98	Valle	11,15	Pico	14,40	Valle	14,14	Valle
REGRESO	25	CL 10 KR 10	180	0,18	8,76	Pico	8,00	Pico	12,23	Pico	13,50	Valle	12,71	Pico	15,07	Valle	16,20	Valle
REGRESO	26	CL 8 KR 11	350	0,35	14,00	Pico	11,78	Pico	13,85	Pico	15,75	Valle	17,03	Pico	15,75	Valle	16,15	Valle
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	220	0,22	10,56	Pico	11,65	Pico	12,57	Pico	12,98	Valle	12,57	Pico	15,23	Valle	16,16	Valle
REGRESO	28	CL 8 KR 7	210	0,21	9,33	Pico	8,89	Pico	8,49	Pico	13,03	Valle	8,79	Pico	14,00	Valle	14,00	Valle
REGRESO	29	CL 8 KR 5	210	0,21	8,79	Pico	7,20	Pico	7,41	Pico	14,54	Valle	10,96	Pico	15,12	Valle	14,54	Valle
REGRESO	30	CL 8 KR 3	220	0,22	8,08	Pico	9,78	Pico	10,42	Valle	14,94	Valle	13,20	Pico	15,84	Valle	16,85	Valle
REGRESO	31	CL 7 KR 3	130	0,13	4,29	Pico	5,20	Pico	8,21	Valle	12,32	Valle	11,70	Pico	15,10	Valle	14,63	Valle
REGRESO	32	KR 5 CL 6	270	0,27	10,23	Pico	10,57	Pico	11,30	Valle	11,85	Valle	11,30	Pico	20,68	Valle	21,13	Valle
REGRESO	33	KR 5 CL 4	200	0,20	7,74	Pico	6,86	Pico	9,47	Valle	14,69	Valle	11,08	Pico	14,12	Valle	13,58	Valle
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	300	0,30	11,37	Pico	11,61	Pico	15,43	Valle	17,70	Valle	11,87	Pico	19,29	Valle	20,00	Valle
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	72	0,07	3,93	Pico	3,41	Pico	7,85	Valle	12,34	Valle	9,26	Pico	13,64	Valle	15,25	Valle
REGRESO	36	KR 4 CL 0	140	0,14	7,52	Pico	7,64	Pico	8,69	Valle	10,29	Valle	6,38	Pico	12,92	Valle	12,92	Valle
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	230	0,23	9,63	Pico	10,62	Valle	15,92	Valle	17,25	Valle	12,74	Pico	19,71	Valle	20,70	Valle
REGRESO	38	KR 4 CL 3	250	0,25	8,33	Pico	15,79	Valle	18,37	Valle	19,57	Valle	13,43	Pico	19,15	Valle	18,37	Valle
REGRESO	39	SAN TELMO 1	220	0,22	16,85	Pico	12,98	Valle	14,67	Valle	16,50	Valle	15,53	Pico	18,86	Valle	19,80	Valle
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	950	0,95	18,49	Pico	18,00	Valle	19,43	Valle	22,80	Valle	18,49	Pico	22,95	Valle	22,95	Valle
DISTANCIA DE RECORRIDO			10122,00 m	10,122 km	10,33		10,34		11,42		14,63		12,78		15,62		15,81	

Figura 62. Comparación de velocidades promedio en días representativos.
Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD ALIMENTADOR APD7			
Hora	DÍAS HÁBILES (Lunes - Viernes)	DÍAS SÁBADOS	DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS
Pico	10,35	12,78	N/A
Valle	13,14	14,63	15,72

Figura 63. Velocidades promedio del alimentador en días representativos.
Elaboración propia en Excel.

VELOCIDAD CORREDOR VIAL			
Hora	DÍAS HÁBILES (Lunes - Viernes)	DÍAS SÁBADOS	DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS
Pico	17,54	20,64	N/A
Valle	20,50	22,79	23,99

Figura 64. Velocidades promedio del corredor vial en días representativos.
Elaboración propia en Excel.

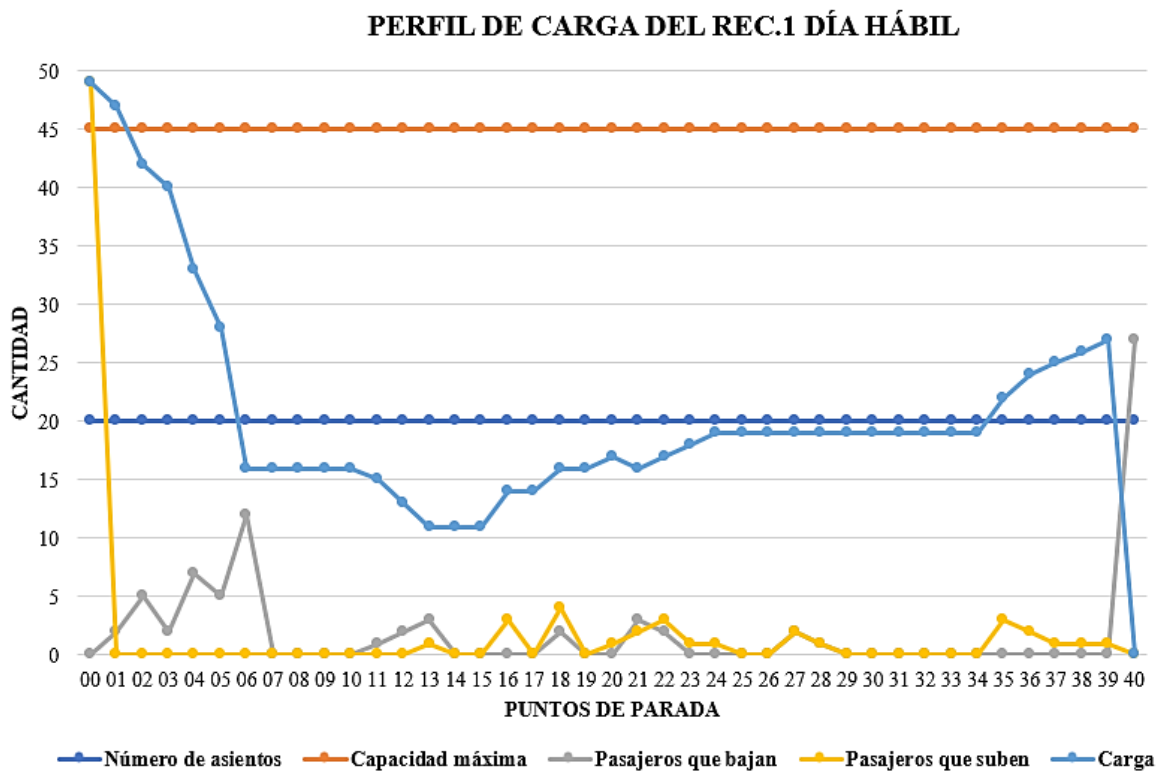


Figura 65. Perfil de carga para el Rec.1 Día Hábil.
Elaboración propia en Excel.

21%	La velocidad de los alimentadores disminuye 21% cuando el recorrido pasa de hora pico a hora valle los días hábiles.
13%	La velocidad de los alimentadores disminuye 21% cuando el recorrido pasa de hora pico a hora valle los sábados.
24%	La velocidad de los alimentadores en hora pico los sábados aumenta 24% en comparación a la velocidad en hora pico los días hábiles.
11%	La velocidad de los alimentadores en hora valle los sábados aumenta 11% en comparación a la velocidad en hora valle los días hábiles.
41%	La velocidad del bus alimentador en días hábiles en hora pico es 41% menor que la velocidad del corredor vial en días hábiles en hora pico.
36%	La velocidad del bus alimentador en días hábiles en hora valle es 36% menor que la velocidad del corredor vial en días hábiles en hora valle.
38%	La velocidad del bus alimentador los sábados en hora pico es 38% menor que la velocidad del corredor vial los sábados en hora pico.
36%	La velocidad del bus alimentador en días hábiles en hora valle es 36% menor que la velocidad del corredor vial en días hábiles en hora valle.

Figura 66. Resultados de velocidades en los días representativos.
Elaboración propia en Excel.

KR 4 CL 1ND	38	KR 4 CL 3	39	SAN TELMO 1	40	PORTAL DE PIEDRECUESTA	VERIFICACIÓN	
Se bajan	Se suben	Se bajan	Se suben	Se bajan	Se suben	Se bajan	Se suben	Se bajan
0	1	0	1	0	42	18	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	39	19	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	37	18	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	40	23	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	42	21	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	45	26	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	49	17	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	40	21	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	41	20	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	44	18	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	50	23	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	49	19	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	52	27	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	40	19	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	42	22	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	45	21	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	39	16	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	41	18	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	38	11	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	32	16	VERDADERO	VERDADERO
0	0	0	0	0	39	20	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	23	13	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	25	12	VERDADERO	VERDADERO
0	1	0	1	0	35	14	VERDADERO	VERDADERO

Figura 67. Cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada recorrido de los días representativos.
Elaboración propia en Excel.

De la figura 55 a la figura 61 se tiene el resultado de velocidades y pasajeros que abordan y desabordan el bus en los 7 recorridos realizados. En color blanco, se observa el punto de inicio, en azul los puntos de ida, en rojo los puntos de regreso y en blanco nuevamente el punto final. En

color amarillo está resaltado el recorrido que fue realizado y que es identificado en el formato de frecuencias. A su vez, se representa en morado, la hora de llegada y los pasajeros que se bajan y en rosa la hora de partida y los pasajeros que se suben, teniendo la velocidad en horas pico (color rojo) y en horas valle (color verde), se puede apreciar en color café los tramos críticos en los cuales se disminuye la velocidad. El punto de inicio y punto final, son representados en color blanco y son también puntos críticos debido a que tienen una alta concentración de pasajeros.

En la figura 62 se observa el resultado de la comparación de las velocidades halladas. Estas velocidades en color azul respecto a su tipo de hora llevan a las figuras 63 y 64 donde se registra el promedio de velocidades en cada uno de los días representativos tanto del alimentador como del corredor vial, en rojo se observa la hora pico y en verde la hora valle.

En la figura 65 se tiene el perfil de carga del recorrido modelada en la etapa 3. Aquí se muestra en color azul el número de asientos con los que cuenta el bus, en naranja, la capacidad máxima que se tiene, en gris los pasajeros que se bajan, en amarillo los pasajeros que se suben y en celeste la ocupación del bus.

En la figura 66 se tienen las conclusiones respectivas de velocidades y en la 67 se tiene la estimación de pasajeros que se subían y bajaban en cada punto de parada de todos los recorridos de los 3 días representativos. Aquí se representa en color amarillo los pasajeros que se bajan y en verde los pasajeros que se suben. A su vez se tiene la verificación de los cálculos realizados tal como se especifica en 3.5.2. Esto se puede ver más detalladamente en el Anexo B.

En la figura 68 se muestran las velocidades del tramo y la velocidad del alimentador medidas y las modeladas en el software Aimsun Next. También, las figuras 69, 70 y 71 comprenden la variación de estas velocidades para días hábiles, sábados y para días domingo.

CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	DÍA HÁBIL				SÁBADOS		DOMINGOS Y FESTIVOS	
			VELOCIDAD TRAMO (Km/h)		VELOCIDAD ALIMENTADOR (Km/h)		VELOCIDAD TRAMO (Km/h)	VELOCIDAD ALIMENTADOR (Km/h)	VELOCIDAD TRAMO (Km/h)	VELOCIDAD ALIMENTADOR (Km/h)
			Medida	Software	Medida	Software	Medida	Medida	Medida	Medida
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
IDA	01	KR 6 INC PASEO GALICIA	19,46	20,00	13,11	14,00	22,83	17,37	25,87	18,70
IDA	02	KR 8 CL 2	19,72	20,00	16,40	18,00	22,86	19,92	25,44	21,87
IDA	03	KR 8 CL 3	16,93	18,00	11,85	13,00	20,75	14,16	22,25	15,13
IDA	04	KR 8 CL 5	16,49	18,00	7,62	8,00	20,33	14,09	21,97	14,41
IDA	05	KR 8 CL 7	17,36	19,00	9,72	9,00	20,42	11,05	22,26	12,50
IDA	06	KR 8 CL 9	16,20	17,00	10,15	11,00	20,62	12,04	22,34	13,95
IDA	07	KR 8 CL 10	15,91	17,00	6,42	8,00	20,32	10,32	21,42	13,21
IDA	08	KR 8 CL 12	15,66	15,00	10,15	9,00	20,45	12,60	22,24	12,97
IDA	09	CL 14 KR 7	18,69	18,00	9,60	9,00	22,90	15,08	26,31	16,50
IDA	10	CL 14 KR 6	19,64	20,00	11,39	12,00	23,38	14,52	26,40	12,29
IDA	11	KR 6 CL 14	16,80	18,00	9,52	9,00	20,27	14,73	22,15	12,00
IDA	12	KR 6 CL 17	19,64	19,00	5,52	6,00	23,51	12,96	26,18	12,61
IDA	13	CL 21 KR 4	17,24	17,00	12,33	12,00	20,41	15,28	22,04	16,55
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	15,73	16,00	10,29	9,00	20,44	12,55	21,60	15,66
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	15,56	15,00	14,58	13,00	20,42	14,58	21,86	15,52
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	19,14	20,00	8,24	9,00	23,17	11,46	25,50	13,92
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	19,64	19,00	14,93	15,00	23,49	12,65	26,67	14,48
REGRESO	18	KR 6 CL 19	19,24	20,00	12,66	14,00	23,65	15,27	26,07	17,38
REGRESO	19	KR 6 CL 16	15,88	16,00	13,26	12,00	20,29	16,81	22,50	14,06
REGRESO	20	CL 15 KR 6	15,73	17,00	9,27	7,00	20,44	10,93	22,50	14,61
REGRESO	21	KR 7 CL 14	19,64	20,00	8,11	8,00	23,26	13,95	25,92	15,44
REGRESO	22	KR 7 CL 12	16,01	16,00	10,57	9,00	20,32	13,60	22,50	13,47
REGRESO	23	KR 7 CL 10	18,84	19,00	8,69	8,00	23,07	11,68	26,36	16,89
REGRESO	24	CL 10 KR 8	15,74	17,00	12,78	11,00	20,36	12,07	22,00	14,27
REGRESO	25	CL 10 KR 10	19,07	20,00	9,66	10,00	23,26	13,10	25,92	15,63
REGRESO	26	CL 8 KR 11	16,22	18,00	13,21	13,00	20,37	16,39	21,91	15,95
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	15,84	17,00	11,59	10,00	20,60	12,78	22,00	15,70
REGRESO	28	CL 8 KR 7	16,56	17,00	8,91	8,00	20,19	10,91	22,24	14,00
REGRESO	29	CL 8 KR 5	15,86	16,00	7,80	10,00	20,19	12,75	22,91	14,83
REGRESO	30	CL 8 KR 3	20,01	20,00	9,43	8,00	23,08	14,07	26,40	16,35
REGRESO	31	CL 7 KR 3	16,84	18,00	5,90	6,00	20,39	12,01	22,29	14,86
REGRESO	32	KR 5 CL 6	16,65	19,00	10,70	11,00	20,06	11,58	20,68	20,91
REGRESO	33	KR 5 CL 4	15,66	16,00	8,02	9,00	20,32	12,89	22,50	13,85
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	20,06	19,00	12,80	11,00	23,52	14,79	26,03	19,64
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	20,49	18,00	5,06	5,00	22,58	10,80	25,92	14,44
REGRESO	36	KR 4 CL 0	19,68	20,00	7,95	9,00	22,96	8,33	26,53	12,92
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	20,38	20,00	12,06	11,00	23,07	14,99	25,09	20,21
REGRESO	38	KR 4 CL 3	20,84	20,00	14,16	13,00	23,14	16,50	26,47	18,76
REGRESO	39	SAN TELMO 1	20,68	21,00	14,83	15,00	23,00	16,01	25,97	19,33
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	20,53	20,00	18,64	18,00	23,92	20,64	26,31	22,95
DESVIACIÓN MEDIA			1,759	1,413	2,437	2,400	1,403	1,938	1,979	2,097
PROMEDIO			17,907	18,250	10,697	10,500	21,715	13,706	23,988	15,718

Figura 68. Velocidad medida y modelada en el software Aimsun Next. Elaboración propia en Excel.

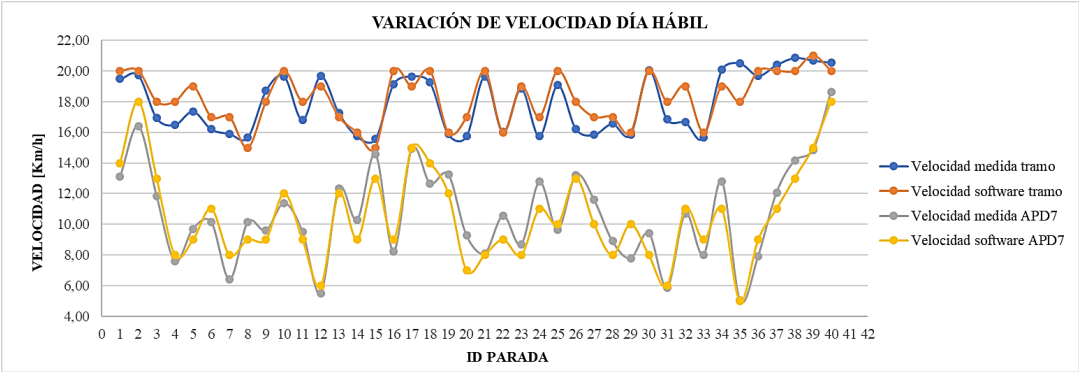


Figura 69. Variación de velocidad en día hábil. Elaboración propia en Excel.

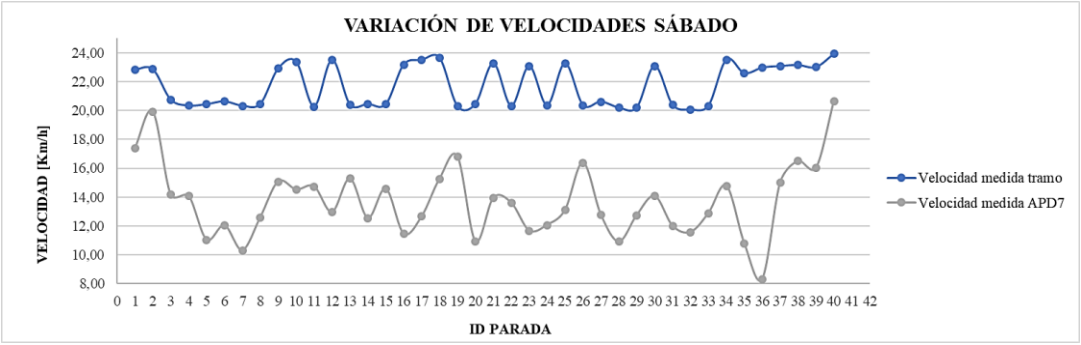


Figura 70. Variación de velocidades en sábados.
Elaboración propia en Excel.

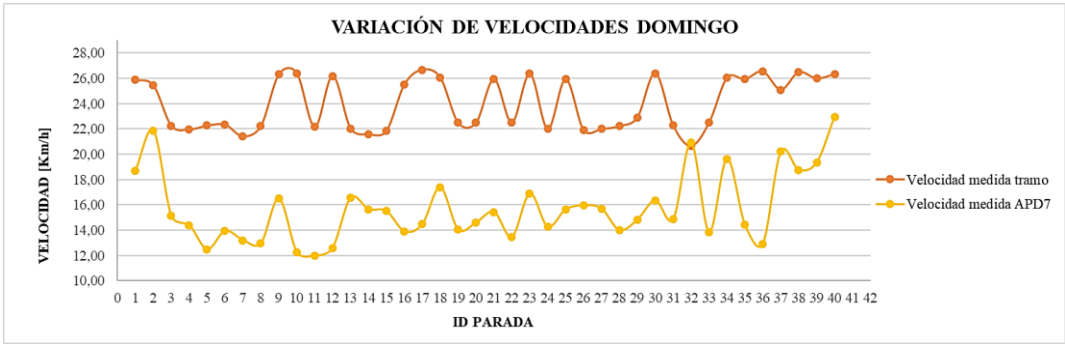


Figura 71. Resultados de variación de velocidad en días representativos.
Elaboración propia en Excel.

Tramo vs Alimentador (día hábil)	41%	La velocidad del alimentador es 41% menor que la velocidad del tramo los días hábiles.
Tramo vs Alimentador (sábado)	37%	La velocidad del alimentador es 37% menor que la velocidad del tramo los sábados.
Tramo vs Alimentador (domingos y festivos)	34%	La velocidad del alimentador es 34% menor que la velocidad del tramo los domingos y festivos.

Alimentador vs Tramo (día hábil)	71%	La velocidad del tramo es 71% mayor que la velocidad del alimentador los días hábiles.
Alimentador vs Tramo (sábado)	58%	La velocidad del tramo es 58% mayor que la velocidad del alimentador los sábados.
Alimentador vs Tramo (domingos y festivos)	53%	La velocidad del tramo es 53% mayor que la velocidad del alimentador los domingos y festivos.

Figura 72. Cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada recorrido de los días representativos.
Elaboración propia en Excel.

De la figura 73 a la figura 75 se tienen los resultados de los volúmenes vehiculares según el punto de parada, la hora y el día representativo. Es importante tener en cuenta los colores rojo y verde para el tipo de hora y el color amarillo donde se representa un tramo crítico debido al alto volumen vehicular. En el Anexo B, se tiene esta información de manera desglosada con todas las tablas que conforman estos volúmenes.

VOLUMEN VEHICULAR DÍAS HÁBILES (Lunes-Viernes)										
Condición	ID	Denominación parada	6 - 8 am	8 - 10 am	10 - 12 m	12 - 2 pm	2 - 4 pm	4 - 6 pm	6 - 8 pm	8 - 10 pm
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	1217	1229	1402	1300	1468	1169	1407	1109
IDA	01	KR 6 1NC PASEO GALICIA	667	635	822	807	804	739	723	677
IDA	02	KR 8 CL 2	883	842	975	1040	1022	861	923	807
IDA	03	KR 8 CL 3	1153	1208	1399	1449	1291	1051	1271	1102
IDA	04	KR 8 CL 5	1324	1238	1502	1489	1289	1348	1387	1172
IDA	05	KR 8 CL 7	843	815	945	959	939	908	985	798
IDA	06	KR 8 CL 9	938	998	1127	1187	1067	875	1046	933
IDA	07	KR 8 CL 10	614	739	736	769	729	760	778	588
IDA	08	KR 8 CL 12	802	750	714	855	734	587	788	603
IDA	09	CL 14 KR 7	1549	1486	1591	1585	1522	1237	1589	1393
IDA	10	CL 14 KR 6	1364	1362	1531	1661	1493	1392	1586	1380
IDA	11	KR 6 CL 14	1504	1431	1617	1691	1532	1359	1587	1358
IDA	12	KR 6 CL 18	1065	1009	1161	1183	1092	954	1144	1026
IDA	13	CL 21 KR 4	606	552	668	660	604	528	662	545
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	820	765	895	940	833	753	889	755
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	596	524	603	619	583	520	619	520
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	619	573	656	664	610	534	654	524
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	1267	1089	1220	1334	1211	1062	1348	1061
REGRESO	18	KR 6 CL 19	868	807	912	969	935	819	917	776
REGRESO	19	KR 6 CL 16	989	922	1033	1096	990	860	1030	893
REGRESO	20	CL 15 KR 6	1631	1426	1660	1672	1575	1388	1630	1460
REGRESO	21	KR 7 CL 14	1248	1043	1229	1341	1121	1049	1293	1040
REGRESO	22	KR 7 CL 12	1887	1804	2148	2103	2084	1794	2178	1815
REGRESO	23	KR 7 CL 10	780	684	777	795	714	659	784	679
REGRESO	24	CL 10 KR 8	1831	1763	1929	1990	1893	1633	2049	1644
REGRESO	25	CL 10 KR 10	840	768	844	882	869	740	887	733
REGRESO	26	CL 8 KR 11	1671	1514	1709	1809	1557	1426	1744	1374
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	1371	1253	1454	1448	1411	1243	1450	1154
REGRESO	28	CL 8 KR 7	662	658	733	789	710	602	775	628
REGRESO	29	CL 8 KR 5	837	708	805	861	784	651	779	649
REGRESO	30	CL 8 KR 3	606	505	585	585	601	495	626	477
REGRESO	31	CL 7 KR 3	1316	1266	1497	1490	1465	1261	1433	1245
REGRESO	32	KR 5 CL 6	1490	1338	1523	1593	1396	1265	1456	1277
REGRESO	33	KR 5 CL 4	1852	1881	2101	2131	1948	1768	1974	1741
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	2125	1781	2176	2152	2084	1772	1996	1796
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	2857	2537	2861	2980	2663	2468	3057	2429
REGRESO	36	KR 4 CL 0	2706	2365	2642	2835	2663	2152	2705	2303
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	2553	2388	2642	2861	2614	2291	2585	2167
REGRESO	38	KR 4 CL 3	1732	1576	1836	1886	1651	1442	1721	1529
REGRESO	39	SAN TELMO 1	1852	1718	1963	1957	1779	1689	1805	1650
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	2613	2415	2773	2769	2507	2373	2532	2324

Figura 73. Volumen vehicular días hábiles (lunes-viernes).
Elaboración propia en Excel.

VOLUMEN VEHICULAR DÍAS SÁBADOS										
Condición	ID	Denominación parada	6 - 8 am	8 - 10 am	10 - 12 m	12 - 2 pm	2 - 4 pm	4 - 6 pm	6 - 8 pm	8 - 10 pm
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	947	690	840	1306	1061	960	1061	704
IDA	01	KR 6 1NC PASEO GALICIA	501	393	548	723	557	566	557	468
IDA	02	KR 8 CL 2	685	517	699	930	708	643	708	541
IDA	03	KR 8 CL 3	1078	696	1000	1177	1028	948	1028	768
IDA	04	KR 8 CL 5	1069	811	1005	1123	1104	1024	1104	794
IDA	05	KR 8 CL 7	647	489	651	840	750	664	750	520
IDA	06	KR 8 CL 9	881	568	816	947	818	774	818	632
IDA	07	KR 8 CL 10	637	337	505	637	600	489	600	369
IDA	08	KR 8 CL 12	662	503	585	649	618	470	618	386
IDA	09	CL 14 KR 7	1280	983	1073	1350	1244	1097	1244	951
IDA	10	CL 14 KR 6	1087	788	1132	1288	1205	1028	1205	915
IDA	11	KR 6 CL 14	1222	917	1144	1371	1249	1086	1249	920
IDA	12	KR 6 CL 18	826	646	806	952	874	806	874	690
IDA	13	CL 21 KR 4	457	379	441	514	535	456	535	374
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	617	500	644	720	704	620	704	521
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	430	365	412	511	488	407	488	353
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	485	389	442	535	534	446	534	361
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	857	772	931	1062	1032	842	1032	687
REGRESO	18	KR 6 CL 19	656	525	652	825	691	614	691	500
REGRESO	19	KR 6 CL 16	752	603	753	870	775	709	775	587
REGRESO	20	CL 15 KR 6	1138	997	1119	1363	1220	1135	1220	966
REGRESO	21	KR 7 CL 14	853	772	914	960	1005	836	1005	681
REGRESO	22	KR 7 CL 12	1365	1142	1445	1833	1660	1528	1660	1201
REGRESO	23	KR 7 CL 10	532	493	539	610	587	548	587	452
REGRESO	24	CL 10 KR 8	1321	1134	1412	1655	1558	1386	1558	1080
REGRESO	25	CL 10 KR 10	621	506	597	779	677	574	677	482
REGRESO	26	CL 8 KR 11	1165	1030	1296	1353	1321	1228	1321	884
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	950	819	1018	1261	1093	1043	1093	745
REGRESO	28	CL 8 KR 7	527	392	543	624	617	507	617	431
REGRESO	29	CL 8 KR 5	605	528	579	692	618	530	618	436
REGRESO	30	CL 8 KR 3	398	374	391	531	495	403	495	316
REGRESO	31	CL 7 KR 3	950	786	1042	1293	1069	1074	1069	825
REGRESO	32	KR 5 CL 6	1044	956	1123	1197	1107	1072	1107	858
REGRESO	33	KR 5 CL 4	1554	1132	1435	1700	1535	1430	1535	1191
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	1439	1358	1442	1878	1557	1482	1557	1241
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	1952	1796	2072	2289	2383	2005	2383	1619
REGRESO	36	KR 4 CL 0	1919	1721	1942	2388	2153	1779	2153	1591
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	1945	1589	1968	2329	2020	1779	2020	1459
REGRESO	38	KR 4 CL 3	1259	1073	1298	1426	1328	1282	1328	1048
REGRESO	39	SAN TELMO 1	1420	1176	1366	1585	1416	1406	1416	1165
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	1811	1501	1744	2024	1808	1793	1808	1487

Figura 74. Volumen vehicular sábados.
Elaboración propia en Excel.

VOLUMEN VEHICULAR DÍAS DOMINGOS Y FESTIVOS										
Condición	ID	Denominación parada	6 - 8 am	8 - 10 am	10 - 12 m	12 - 2 pm	2 - 4 pm	4 - 6 pm	6 - 8 pm	8 - 10 pm
INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	622	508	707	787	881	586	827	542
IDA	01	KR 6 1NC PASEO GALICIA	331	261	501	517	518	375	487	317
IDA	02	KR 8 CL 2	455	371	560	665	608	485	645	374
IDA	03	KR 8 CL 3	653	522	675	958	884	733	924	548
IDA	04	KR 8 CL 5	774	581	903	952	955	686	943	586
IDA	05	KR 8 CL 7	407	339	581	608	596	437	616	362
IDA	06	KR 8 CL 9	450	424	539	764	701	571	718	431
IDA	07	KR 8 CL 10	291	211	484	459	419	323	474	254
IDA	08	KR 8 CL 12	417	417	323	531	387	380	514	234
IDA	09	CL 14 KR 7	856	789	748	994	1003	783	1011	619
IDA	10	CL 14 KR 6	720	562	876	1058	942	801	1024	582
IDA	11	KR 6 CL 14	811	693	870	1091	1029	799	1105	633
IDA	12	KR 6 CL 18	569	498	577	756	733	540	735	448
IDA	13	CL 21 KR 4	279	293	308	387	387	281	392	231
REGRESO	14	CL 21 KR 2A	358	374	486	606	568	434	583	349
REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	281	281	319	381	315	268	379	186
REGRESO	16	CL 23 KR 3B	293	305	324	396	366	285	413	219
REGRESO	17	KR 6 CL 21 ÉXITO	696	610	630	875	775	654	861	472
REGRESO	18	KR 6 CL 19	434	397	488	589	525	434	569	318
REGRESO	19	KR 6 CL 16	469	465	519	700	648	513	682	393
REGRESO	20	CL 15 KR 6	908	777	850	1056	1069	771	1037	658
REGRESO	21	KR 7 CL 14	654	610	624	845	755	605	834	467
REGRESO	22	KR 7 CL 12	1068	844	1171	1370	1442	1033	1383	890
REGRESO	23	KR 7 CL 10	377	385	405	489	480	339	482	291
REGRESO	24	CL 10 KR 8	1062	866	1040	1326	1293	983	1299	795
REGRESO	25	CL 10 KR 10	437	396	421	529	497	377	549	302
REGRESO	26	CL 8 KR 11	937	808	863	1201	1133	881	1146	698
REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	778	623	770	944	973	713	922	601
REGRESO	28	CL 8 KR 7	318	298	362	504	468	336	512	285
REGRESO	29	CL 8 KR 5	442	426	395	538	482	390	530	293
REGRESO	30	CL 8 KR 3	319	298	284	348	352	244	367	211
REGRESO	31	CL 7 KR 3	643	576	813	987	1009	743	922	616
REGRESO	32	KR 5 CL 6	838	750	805	1052	985	780	966	604
REGRESO	33	KR 5 CL 4	956	834	1177	1354	1350	1004	1342	834
REGRESO	34	TORRES DE CAMPO VERDE KR 4 CL 1D	1283	1058	1173	1359	1397	1008	1378	863
REGRESO	35	KR 4 AV 1B	1729	1392	1598	1968	1887	1432	1990	1170
REGRESO	36	KR 4 CL 0	1623	1367	1392	1859	1685	1374	1885	1043
REGRESO	37	KR 4 CL 1ND	1458	1201	1534	1887	1682	1382	1833	1043
REGRESO	38	KR 4 CL 3	990	847	878	1211	1187	860	1158	731
REGRESO	39	SAN TELMO 1	1028	888	1126	1285	1304	906	1231	809
FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	1278	1135	1445	1642	1674	1170	1584	1044

Figura 75. Volumen vehicular domingos y festivos.
Elaboración propia en Excel.

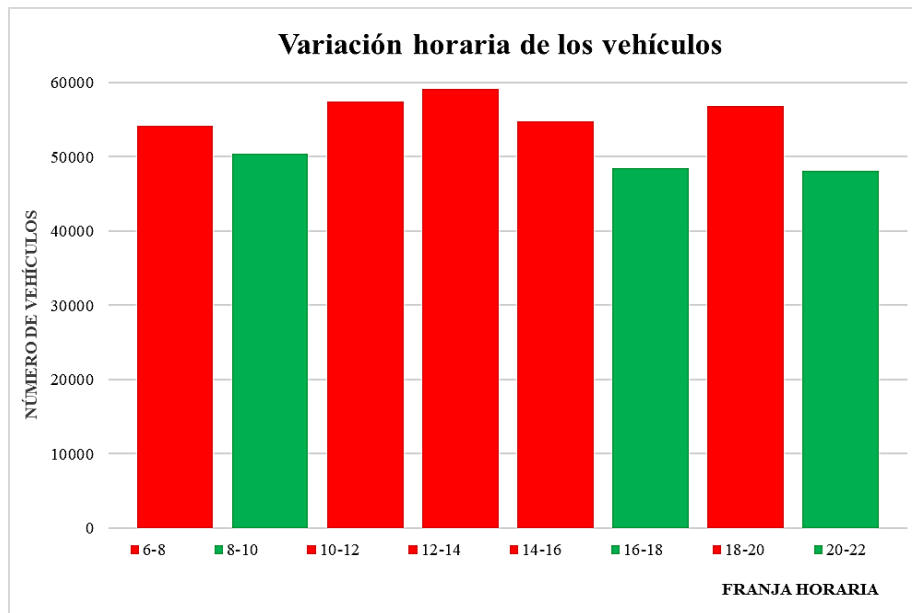


Figura 76. Volumen vehicular días hábiles (lunes-viernes).
Elaboración propia en Excel.

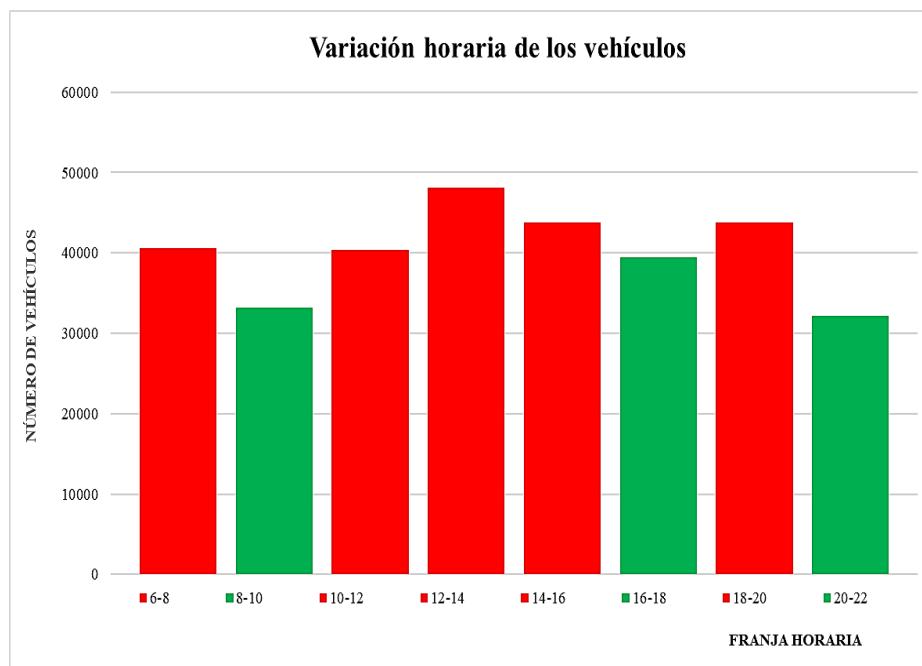


Figura 77. Volumen vehicular sábados.
Elaboración propia en Excel.

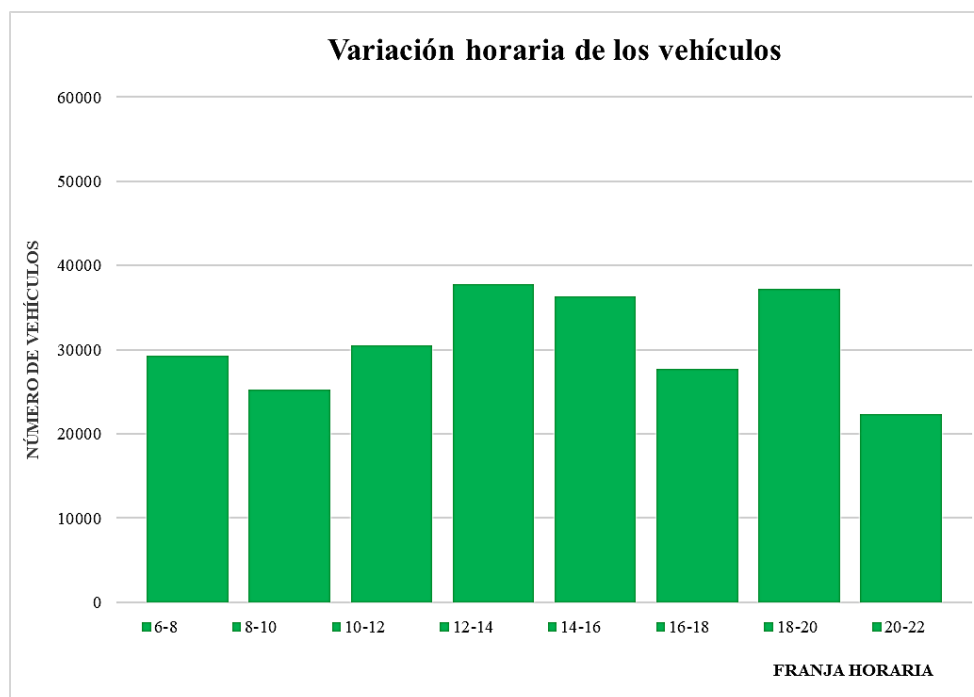


Figura 78. Volumen vehicular domingos y festivos.
Elaboración propia en Excel.

De la figura 76 a la figura 78 se tienen los volúmenes vehiculares en franjas de 2 horas de los días representativos. De la figura 79 a la figura 81 se tiene la anterior información discriminada por puntos de parada y por tipo de vehículo. En color verde claro se observan los datos de vehículos particulares, en azul claro el transporte público, en amarillo los buses de Metrolínea, en verde oscuro los taxis, en azul claro las motos, en café las bicicletas y en verde cian los camiones.

Y para ver esto durante el recorrido gráficamente se tiene la figura 82 según los modos de transporte. Estas gráficas pueden ser cambiadas según la hora o punto de parada deseado en el archivo externo del Anexo B.

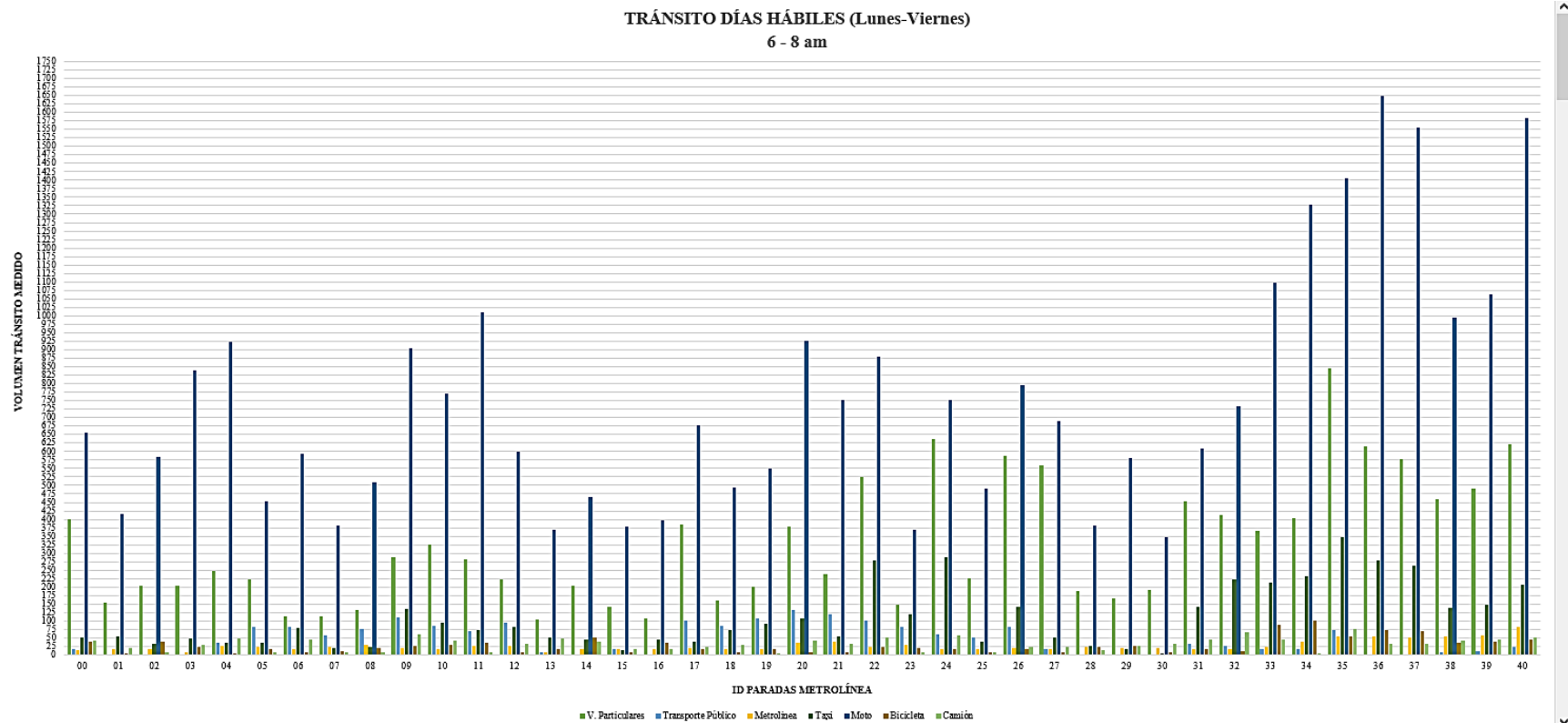


Figura 79. Volumen vehicular días hábiles (lunes-viernes) de 6-8 am.
Elaboración propia en Excel.

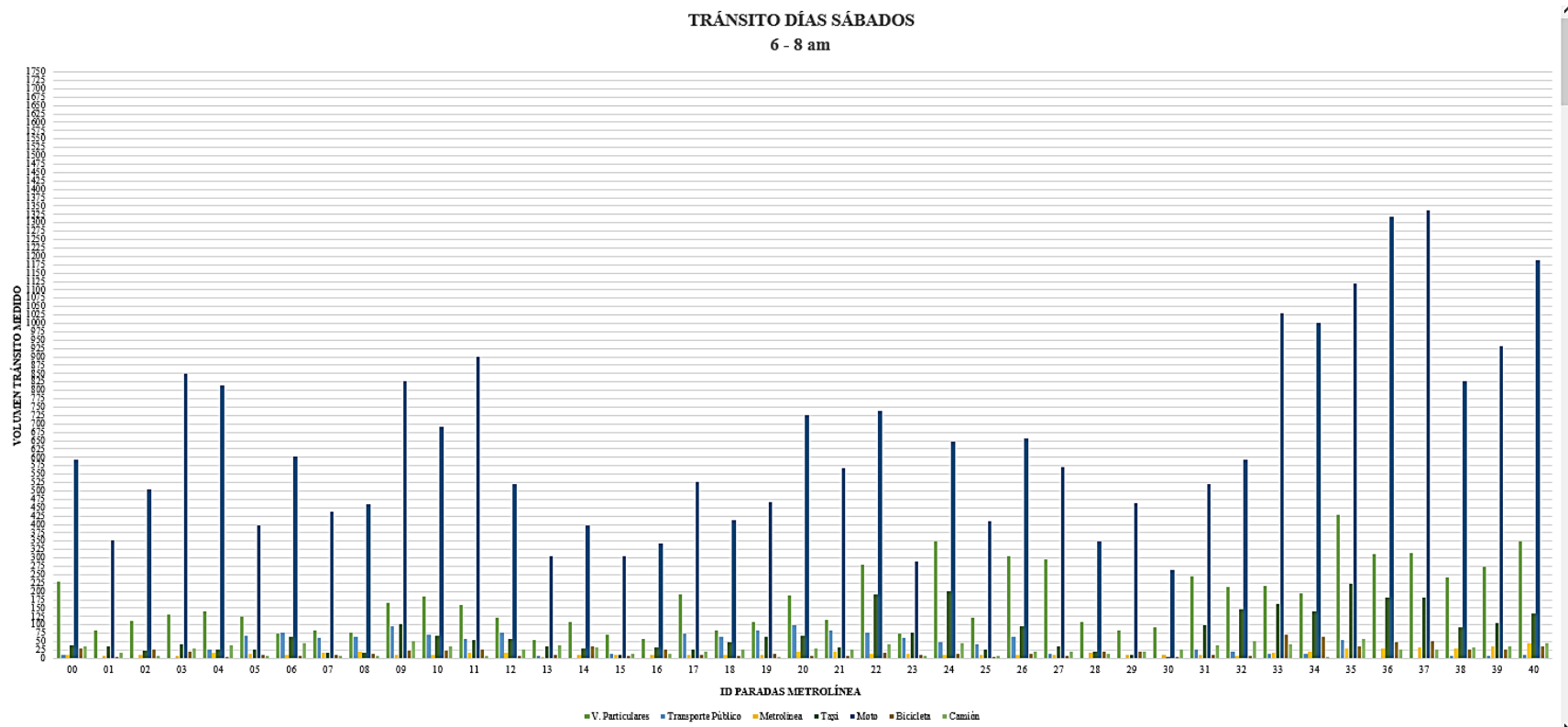


Figura 80. Volumen vehicular sábados de 6-8 am.
Elaboración propia en Excel.

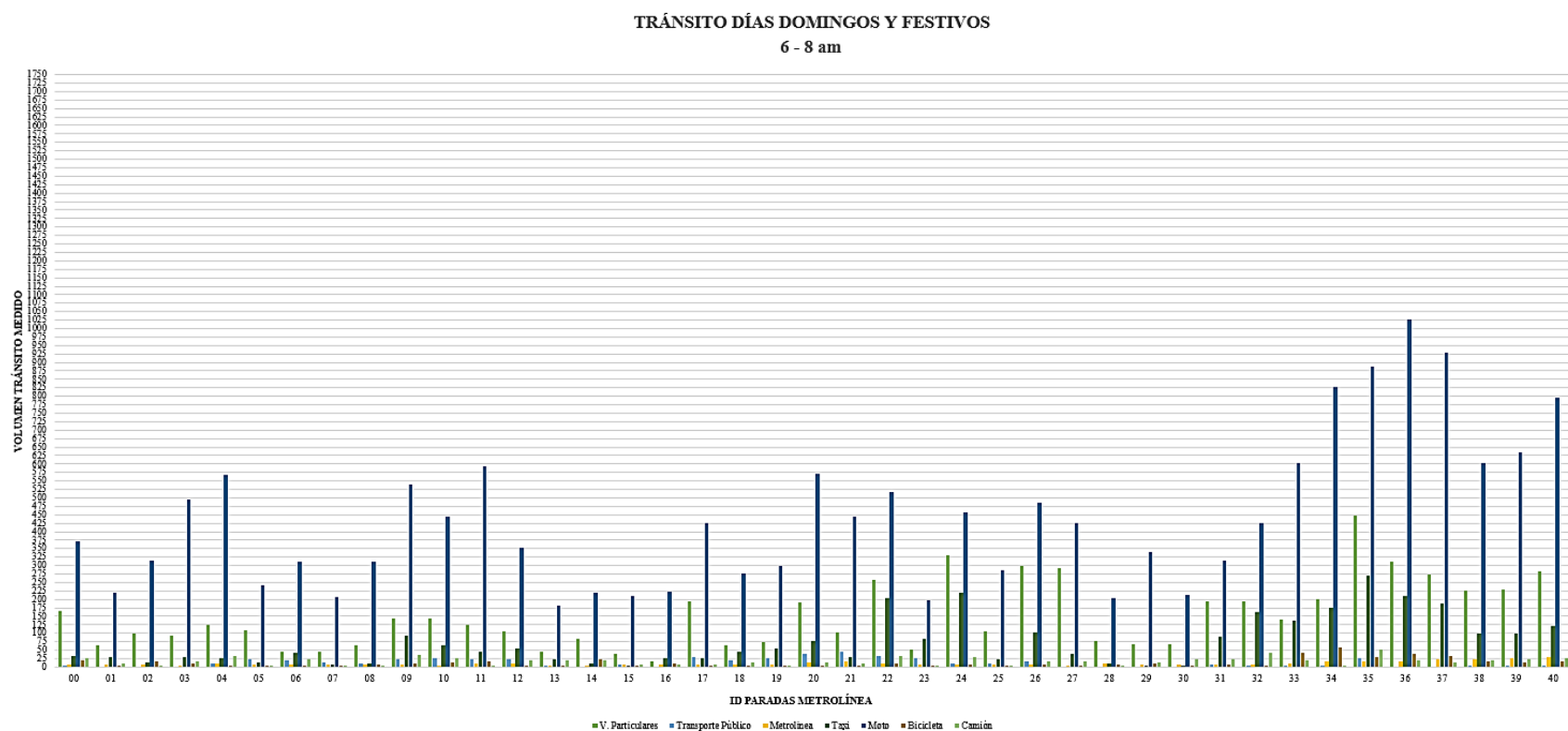


Figura 81. Volumen vehicular domingos y festivos de 6-8 am.
Elaboración propia en Excel.

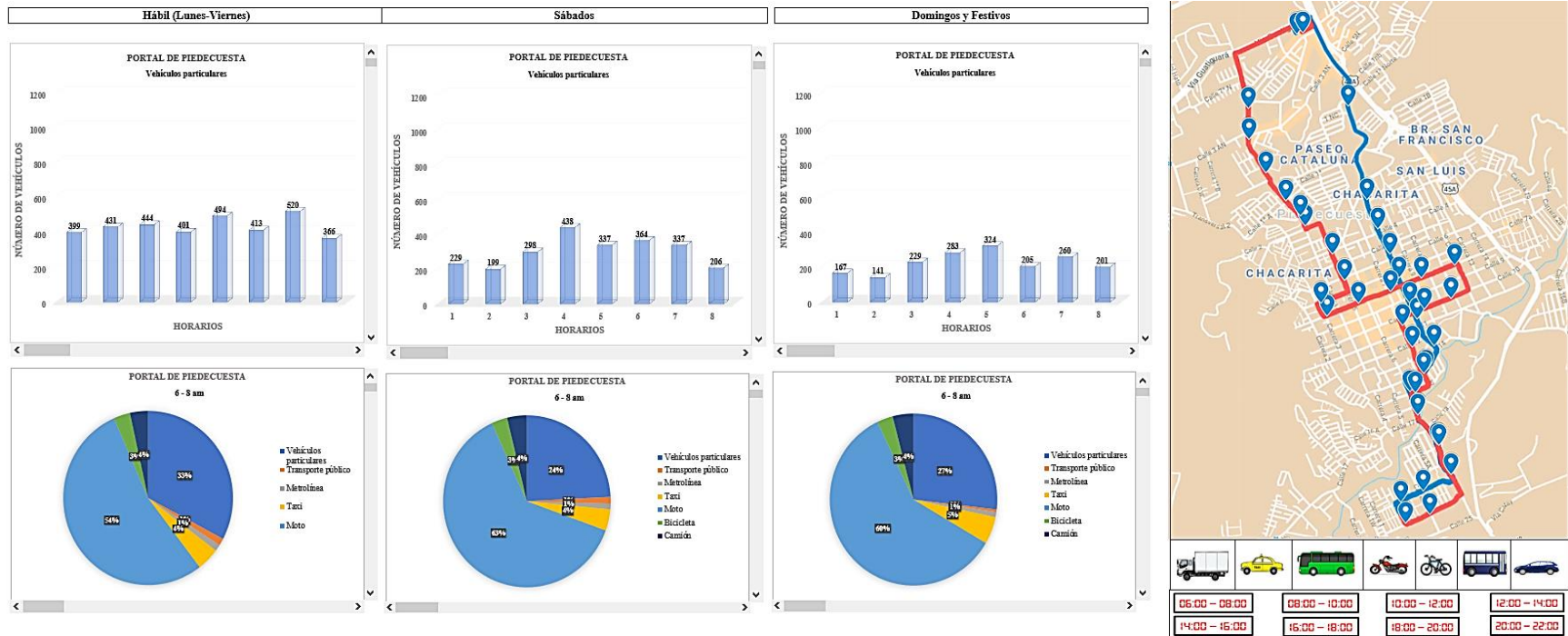


Figura 82. Visualización del volumen vehicular en los 3 días representativos para los 7 modos de transporte. Elaboración propia en Excel.

10.2 Resultados etapa 3

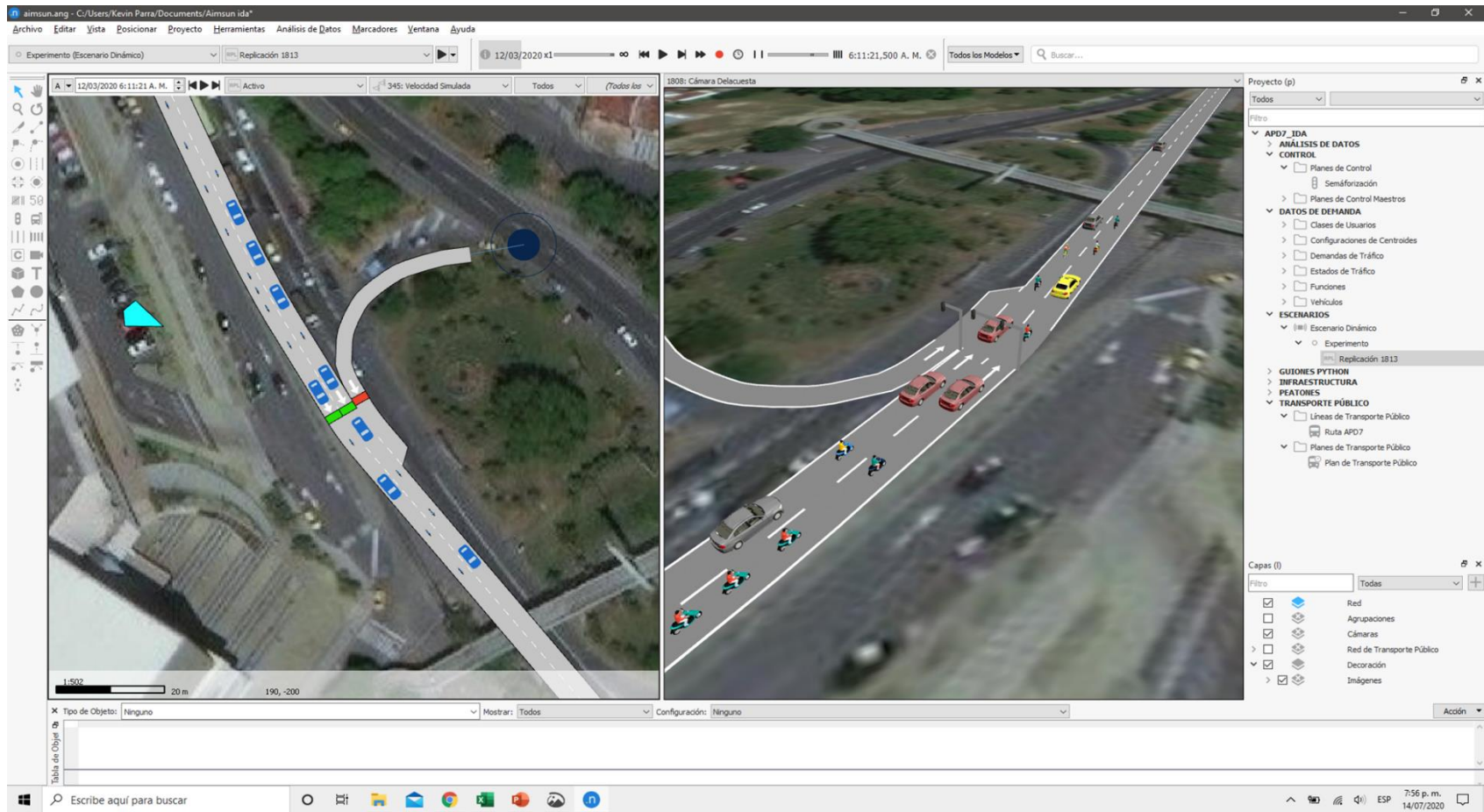


Figura 83. Modelo de simulación multimodal del REC.1 de día hábil.
Elaboración propia en Aimsun Next.

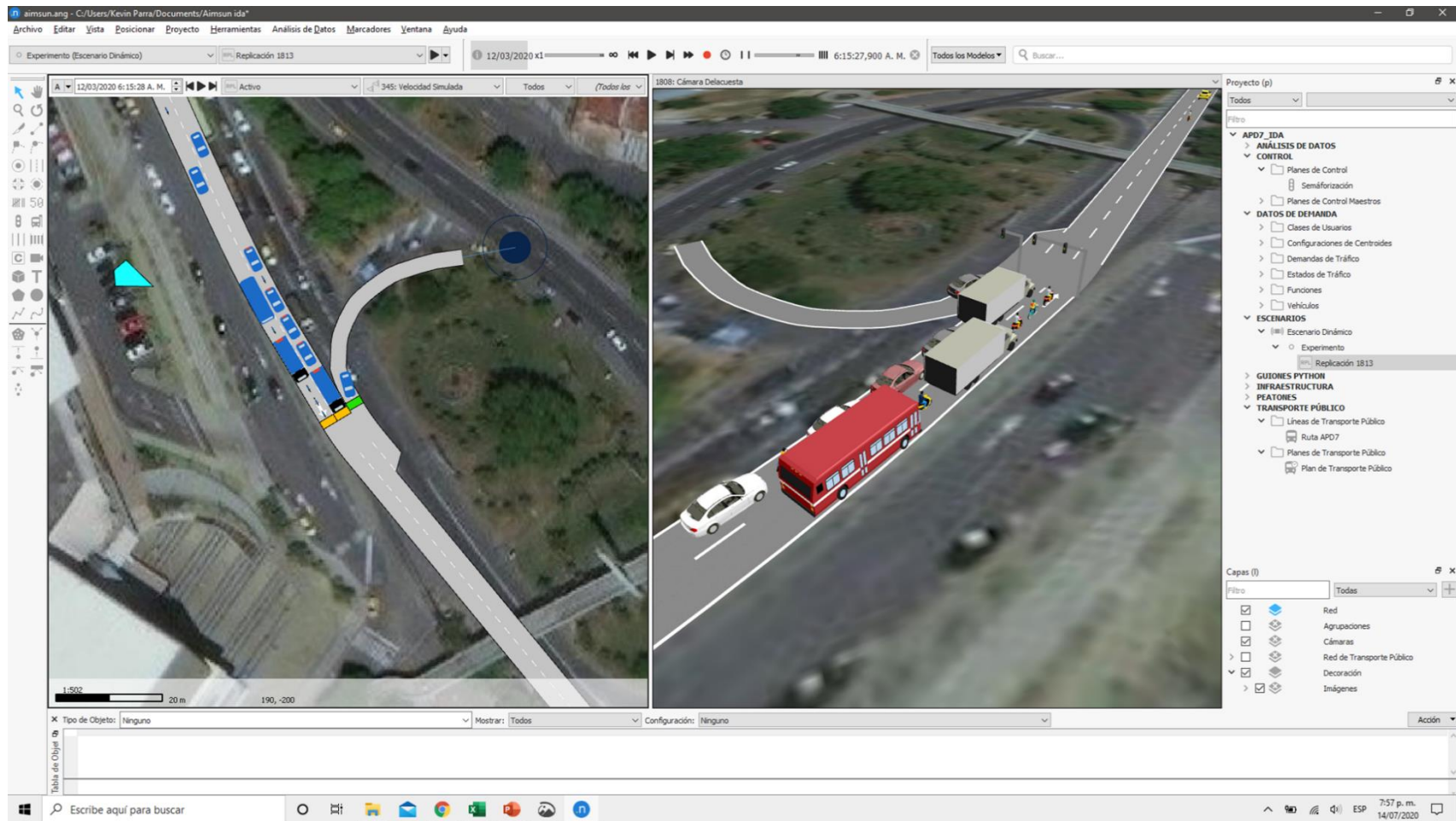


Figura 84. Modelo de simulación multimodal del REC.1 de día hábil.
Elaboración propia en Aimsun Next.



Figura 85. Mapa de velocidades [velocidad solo de los alimentadores - el alimentador realiza sus respectivas paradas].

Elaboración propia en Aimsun Next.



Figura 86. Mapa de velocidades [velocidad general (todos los vehículos) de la red vial – el alimentador realiza sus respectivas paradas].
Elaboración propia en Aimsun Next.



Figura 87. Mapa de velocidades (alimentador apd7 no realiza ninguna parada).
Elaboración propia en Aimsun Next.



Figura 88. Mapa de velocidades (parque automotor proyectado a 10 años) - velocidad general de la red vial.

Elaboración propia en Aimsun Next.



Figura 89. Mapa de velocidades (parque automotor proyectado a 10 años) - velocidad de los alimentadores de la ruta apd7.

Elaboración propia en Aimsun Next.

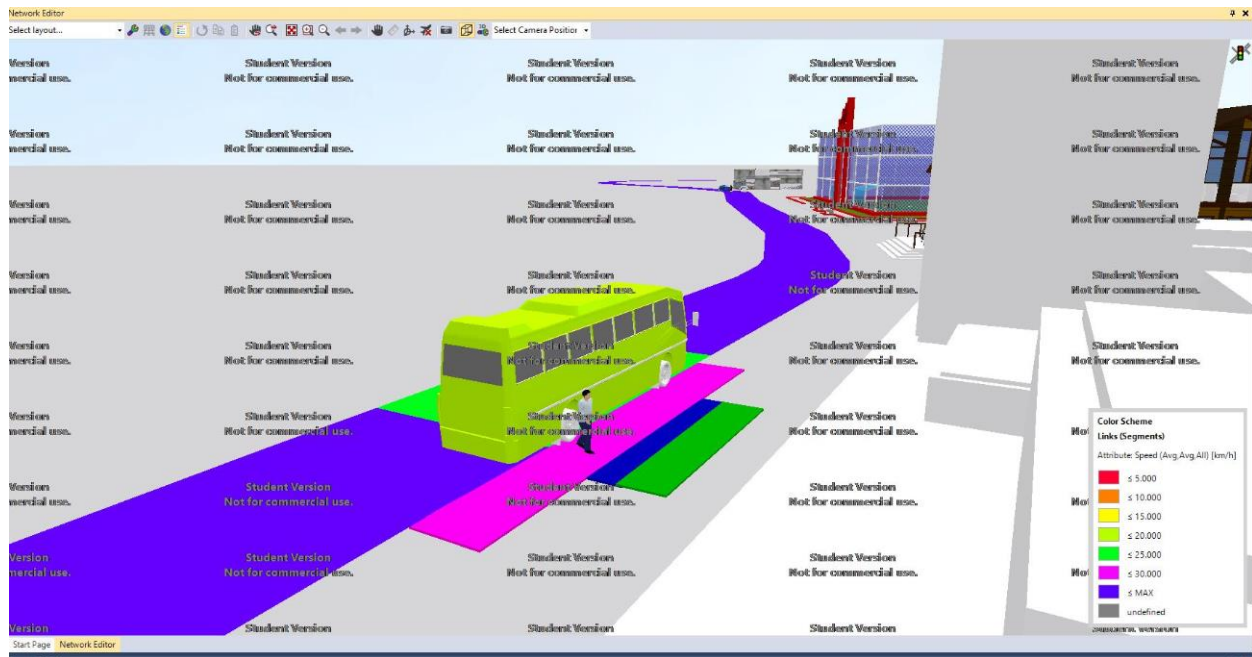


Figura 90. Modelo de la carga de pasajeros en la ruta APD7.
Elaboración propia en PTV Vissim.

En la figura 83 y 84 se puede observar el resultado de la simulación del escenario multimodal por medio de Aimsun Next, las entradas, salidas, semaforización y el bus alimentador en color rojo. El modelo puede ser visto en el Anexo C.

De la figura 85 a la figura 89 se tienen los mapas de velocidades de la ruta de ida según condiciones como lo actual, la operación del bus alimentador al realizar todas sus paradas, al no realizarlas y el resultado de simular el parque automotor proyectado a 10 años. Estos mapas se encuentran en el Anexo C junto con los mapas de la ruta de regreso.

Por último, en la figura 90 se tiene el modelo de simulación de la carga de pasajeros del recorrido en el software PTV Vissim y puede ser observado el recorrido completo en el Anexo C.

10.3 Resultados etapa 4

AFECTACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO, SEÑALIZACIÓN, PENDIENTE Y VEHÍCULOS ESTACIONADOS EN LOS TRAMOS DEL CORREDOR																	
TRAMO			Número de carriles	Intersecciones	Ancho del carril tramo 1	Ancho del carril tramo 2	Ancho del carril tramo 3	Ancho del carril tramo 4	Ancho del carril tramo 5	Ancho del carril tramo 6	Ancho del carril tramo 7	Ancho del carril tramo 8	Ancho del carril tramo 9	Ancho del carril tramo 10	Semáforos	Curvas	¿Es compartido con otra ruta?
1	PORTAL DE PIEDECUESTA	KR 6 INC PASEO GALICIA	3 y 2	9	3	3	3	3	3	3	2,32	2,32	2,32	N/A	1	2	Si
				Sentido 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	N/A			¿Cuál?
				Sentido 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	N/A			APD6
				Sentido 3	NS	NS	NS	NS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			
				Vehículos estacionados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A			
				Afectación de los vehículos estacionados	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	N/A				
				Estado del pavimento	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	N/A			
				Estado de la demarcación	Regular	Regular	Malo	Malo	Regular	Regular	No existe	No existe	Malo	N/A			
	Coordenadas			Cantidad de señales verticales	5	4	3	2	3	0	0	0	0	N/A			APD6
7.002, -73.05585	6.99783, -73.05297	Pendiente	Baja	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	N/A					
TRAMO			Número de carriles	Intersecciones	Ancho del carril tramo 1	Ancho del carril tramo 2	Ancho del carril tramo 3	Ancho del carril tramo 4	Ancho del carril tramo 5	Ancho del carril tramo 6	Ancho del carril tramo 7	Ancho del carril tramo 8	Ancho del carril tramo 9	Ancho del carril tramo 10	Semáforos	Curvas	¿Es compartido con otra ruta?
2	KR 6 INC PASEO GALICIA	KR 8 CL 2	2	6	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	N/A	N/A	N/A	N/A	0	6	No
				Sentido 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	N/A	N/A	N/A	N/A			¿Cuál?
				Sentido 2	NS	NS	NS	NS	SN	SN	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A
				Sentido 3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A
				Vehículos estacionados	4	0	0	0	0	0	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A
				Afectación de los vehículos estacionados	Baja	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A
				Estado del pavimento	Bueno	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Regular	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A
				Estado de la demarcación	No existe	Muy malo	Muy malo	No existe	No existe	No existe	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A
				Coordenadas		Cantidad de señales verticales	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A			N/A
	6.99783, -73.05297	6.99236, -73.05188		Pendiente	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	N/A	N/A	N/A	N/A				

Figura 91. Afectación del estado del pavimentos, señalización, pendiente y vehículos estacionados en los tramos del corredor. Elaboración propia en Excel.

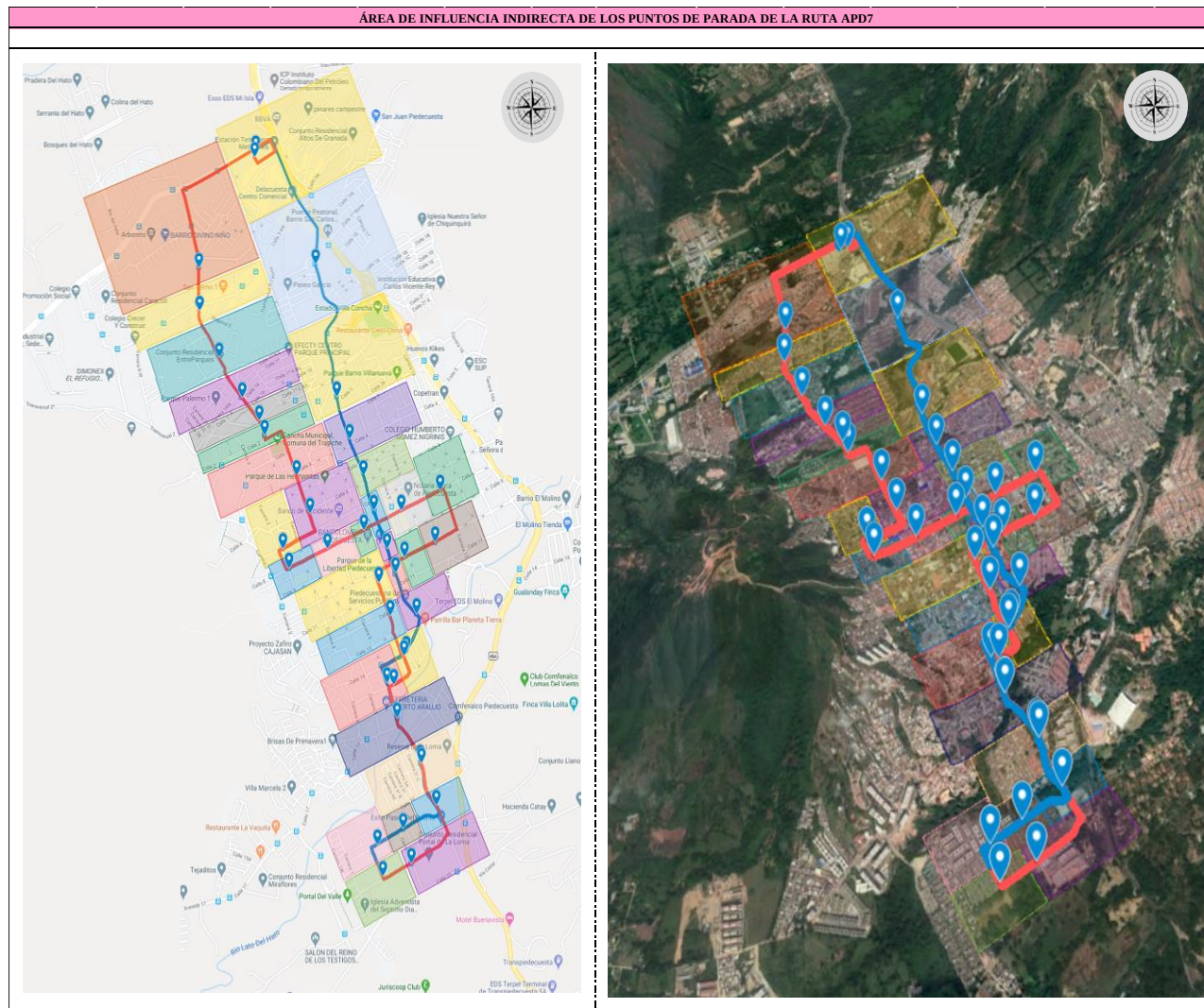


Figura 92. Área de influencia indirecta de los puntos de parada de la ruta APD7.
Elaboración propia en Excel.

Número	CONDICIÓN	ID	DENOMINACIÓN PARADA	Características
1	INICIO	00	PORTAL DE PIEDECUESTA	En este punto de parada en hora pico se llegan a subir hasta 56 personas y en hora valle hasta 51 personas superando en más del 25% su capacidad máxima. Los tiempos de subida llegan a ser de hasta 4 minutos, pero realmente esto depende de las decisiones que tome el conductor. Zona de alta concentración de pasajeros ya que hay sitios de interés como el centro comercial De la Cuesta, restaurantes, bares, panaderías y centro veterinario.
2	IDA	03	KR 8 CL 3	Desde la KR 8 CL 2 hasta la KR 8 CL 3 existe una afectación en la operación por parte de los vehículos estacionados, se clasificó como media debido a que se cuenta con 2 carriles uno en sentido NS y otro en sentido SN. El estado del pavimento es regular en todo el tramo. No existe demarcación ni señales verticales en el tramo y se tiene pendientes baja y media en los 2 subtramos respectivamente. En esta zona se encuentran sitios de interés como el Centro Familiar de Adoración CFA, cancha de básquet, restaurantes, tiendas de artículos para el hogar y panaderías.
3	IDA	04	KR 8 CL 5	Desde la KR 8 CL 3 a la KR 8 CL 5 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados media, el ancho de los 2 carriles es de 2,32 cm y el estado del pavimento en un subtramo es bueno pero en el otro regular. El estado de la demarcación es muy malo en un subtramo y en el otro prácticamente no existe. Existe una señal vertical de velocidad máxima y las pendientes son de baja a media. En esta zona, se encuentra un corresponsal de Efecty, Iglesia de Dios ministerial, Disfarma, Hostal San Juan, papelerías y restaurantes.
4	IDA	05	KR 8 CL 7	Desde la KR 8 CL 5 a la KR 8 CL 7 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados media y aunque el estado del pavimento es bueno no existe demarcación. Aquí en este tramo hay 1 sólo carril, hay 2 señales verticales en buen estado y hay 1 semáforo. La pendiente es media en todo el tramo. Aquí se encuentra una tienda de materiales, Bancamía, restaurantes de Parrilla, local de Hot Dogs, papelerías, droguerías y tiendas de ropa. Es una zona muy comercial.
5	IDA	06	KR 8 CL 9	Desde la KR 8 CL 7 a la KR 8 CL 9 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula pero debido a que hay bahías donde estacionar. Hay 1 sólo carril de 2,5 m, el estado del pavimento es bueno, no existe demarcación ni señales verticales y la pendiente es baja.
6	IDA	07	KR 8 CL 10	Desde la KR 8 CL 9 a la KR 8 CL 10 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula pero debido a que es casi imposible estacionar con el alto volumen de tránsito. Hay 1 sólo carril de 2,5 m, el estado del pavimento es muy bueno, no existe demarcación ni señales verticales y la pendiente es de media a baja. Aquí se encuentra la funeraria San Francisco Javier, micromercados, restaurantes, un café bar y el centro comercial la Casona.
7	IDA	08	KR 8 CL 12	Desde la KR 8 CL 10 a la KR 8 CL 12 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula pero debido a que es casi imposible estacionar con el alto volumen de tránsito. Hay 1 sólo carril de 3 m en 2 subtramos y en el otro subtramo hay 2 carriles de 3 m, el estado del pavimento es muy bueno, no existe demarcación ni señales verticales y la pendiente es en 2 subtramos alta y en el otro baja. En esta zona se encuentra el Colegio Centro Pedagógico La Candelaria, la Piedecuestana de Servicios Públicos, restaurantes de hamburguesas y papelerías.
8	IDA	11	KR 6 CL 14	Desde la KR 8 CL 10 a la KR 8 CL 12 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula pero debido a que es casi imposible estacionar con el alto volumen de tránsito. Hay 1 sólo carril de 3 m en 2 subtramos y en el otro subtramo hay 2 carriles de 3 m, el estado del pavimento es muy bueno, no existe demarcación ni señales verticales y la pendiente es en 2 subtramos alta y en el otro baja. En esta zona se encuentra el Instituto Luis Carlos Galán Sarmiento, locales de internet y papelería, Ministerio Internacional Reino Poder y Gloria, ferreterías y tiendas de artículos para el hogar.
9	IDA	13	CL 21 KR 4	Desde la KR 6 CL 17 a la CL 21 KR 4 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula pero debido a que hay bahías para estacionar. Hay 2 carriles de 3 m, uno en sentido NS y otro en sentido SN, el estado del pavimento es bueno, la demarcación es regular y en un subtramo no existe. Hay una señal vertical ya que se encuentra un resalto y la pendiente en este tramo es baja. Es una zona en la que hay 2 curvas. En esta zona se encuentra Western Unión acciones y valores, alta cantidad de restaurantes de comida rápida, un Éxito, un asadero y una licorera.
10	REGRESO	14	CL 21 KR 2A	Desde la CL 21 KR 4 a la CL 21 KR 2A se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados alta en un subtramo y nula en otro. No hay bahías para estacionar. Hay 2 carriles, 1 de 2,32 m y el otro de 3 m, el estado del pavimento es muy bueno, la demarcación no existe, no hay señales verticales y la pendiente es baja. En esta zona se encuentran ferreterías, fábrica de repuestos para motos, papelerías, heladerías y restaurantes.
11	REGRESO	15	KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE	Desde la CL 21 KR 2A a la KR 2 CL 22 PASEO DEL PUENTE se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados alta aunque haya bahías para estacionar es una zona donde se estacionan camiones. Hay 2 carriles, en un subtramo de 2,32 m y en el otro de 3,5 m, el estado del pavimento es muy bueno, la demarcación no existe y 1 subtramo es regular, no hay señales verticales y la pendiente es baja. En esta zona hay una curva. En esta zona se encuentran tiendas de artículos para el hogar, restaurantes y tiendas de regalos.
12	REGRESO	19	KR 6 CL 16	Desde la KR 6 CL 19 a la KR 6 CL 16 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula ya que no hay bahías para estacionar y además se tiene una pendiente de media a alta. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, la demarcación no existe y tampoco hay señales verticales. Es una zona con una curva. En esta zona se encuentra el Instituto Luis Carlos Galán Sarmiento, locales de internet y papelería, Ministerio Internacional Reino Poder y Gloria, ferreterías y tiendas de artículos para el hogar.

Figura 93. Caracterización de tramos críticos.
Elaboración propia en Excel.

13	REGRESO	20	CL 15 KR 6	Desde la KR 6 CL 16 a la CL 15 KR 6 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados alta ya que no hay bahías para estacionar y además se tiene una pendiente de media a alta. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación es regular y no hay señales verticales. En esta zona se encuentra una cancha municipal, el Santuario Virgen de las Angustias, Servientrega Paseo del Puente, droguerías, Pesquera Aguazul, tiendas de café y un asadero.
14	REGRESO	22	KR 7 CL 12	Desde la KR 7 CL 14 a la KR 7 CL 12 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula debido a que hay bahías para estacionar. Hay 2 carriles de 2,5 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación muy malo en un subtramo y en el otro subtramo no existe. Existen 2 señales verticales de pare y la pendiente es baja. En esta zona se encuentra una zapatería, el cementerio principal de Piedecuesta, Parroquia del cementerio, empresas de transporte público como La Culona y Flota Cachira, un parqueadero, Instituto Bellas Artes, tiendas de artículos para el hogar y restaurantes.
15	REGRESO	24	CL 10 KR 8	Desde la KR 7 CL 14 a la KR 7 CL 12 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula debido a que hay bahías para estacionar. Hay 2 carriles de 2,5 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación muy malo en un subtramo y en el otro subtramo no existe. Existen 2 señales verticales de pare y la pendiente es baja. En esta zona se encuentra el hotel Piedecuesta Plaza, tiendas de bebidas alcohólicas, tiendas de artículos para el hogar, Colegio José Ignacio Zabala, Cajero ATH y supermercados.
16	REGRESO	26	CL 8 KR 11	Desde la CL 10 KR 10 a la CL 8 KR 11 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula debido a que hay un alto volumen vehicular. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación regular en un subtramo y en el otro subtramo muy malo. No existen señales verticales y la pendiente es baja. En esta zona se encuentran droguerías, panaderías, micromercados, restaurantes, la Registraduría Nacional Piedecuesta, Plazoleta San Rafael, Servientrega, tienda de pintura y de confecciones.
17	REGRESO	27	PARQUE URIBE CL 8 KR 9	Desde la CL 8 KR 11 al PARQUE URIBE CL 8 KR 9 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados nula en un subtramo y alta en otro debido al alto volumen vehicular. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación regular, existen señales verticales ya que hay un resalto y es una zona escolar. La pendiente del tramo es baja y no hay curvas. En esta zona se encuentra la Notaría Única de Piedecuesta, el Parque Uribe Uribe, tiendas de ropa y uniformes, floristerías, Madecentro, Servientrega Calle 9, Colegio Balbino García, Gimnasio Total Body y restaurantes.
18	REGRESO	28	CL 8 KR 7	Desde el PARQUE URIBE CL 8 KR 9 a la CL 8 KR 7 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados alta en 2 subtramos y media en otro debido al alto volumen vehicular. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación regular, no hay señales verticales. La pendiente del tramo es baja y no hay curvas. Esta es una zona muy comercial, se encuentran tiendas de ropa, droguerías, la funeraria San Rafael, Bancolombia Piedecuesta, Cajero Banco Caja Social, BBVA cajeros, cafeterías y bares.
19	REGRESO	29	CL 8 KR 5	Desde la CL 8 KR 7 a la CL 8 KR 5 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados alta en todo el tramo debido al alto volumen vehicular. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, el estado de la demarcación regular y malo, no hay señales verticales. La pendiente del tramo es baja y no hay curvas per hay un semáforo, además no hay señalización para este. En esta zona se encuentra el Banco Mundo Mujer, veterinarias, heladerías, graneros, supermercados y restaurantes de comida rápida.
20	REGRESO	31	CL 7 KR 3	Desde la CL 8 KR 3 a la CL 7 KR 3 se encuentra una afectación por parte de los vehículos estacionados baja. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es bueno, la demarcación no existe, no hay señales verticales. La pendiente del tramo es baja y hay una curvas. En esta zona se encuentran restaurantes de comida rápida y empresas domiciliarias.
21	REGRESO	32	KR 5 CL 6	Desde la CL 7 KR 3 a la KR 5 CL 6 se encuentra una afectación por parte de los vehículos alta en todo el tramo debido al alto volumen vehicular. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento es malo en un subtramo y bueno en el otro, la demarcación no existe, no hay señales verticales. La pendiente del tramo es baja y hay una curvas. En esta zona se encuentra el Hospital Local de Piedecuesta, Estación de Policía, Banco Agrario de Colombia, Colegio La Presentación, Colegio Centro de Orientación Infantil – COI, supermercados y droguerías.
22	REGRESO	33	KR 5 CL 4	Desde la KR 5 CL 6 a la KR 5 CL 4 se encuentra una afectación por parte de los vehículos alta en todo el tramo debido al alto volumen vehicular. Hay 2 carriles de 2,32 m, el estado del pavimento bueno en el tramo, la demarcación no existe en 1 subtramo y en otros 2 es regular, no hay señales verticales. La pendiente del tramo es baja y hay una curvas. En esta zona se encuentran asaderos y restaurantes de comida rápida, tienda Efecty, Iglesia Evangélica Luterana San Juan, lavaderos de autos, droguerías, micromercados, parqueaderos, parque y cancha Comuna del Trapiche y empresas domiciliarias.
23	FIN	40	PORTAL DE PIEDECUESTA	En este punto de parada en hora pico se llegan a bajar hasta 29 personas y en hora valle 22. Los tiempos de bajada llegan a ser de hasta 3 minutos, pero realmente esto depende de las decisiones que tome el conductor. Zona de alta concentración de pasajeros ya que hay sitios de interés como el centro comercial De la Cuesta, restaurantes, bares, panaderías y centro veterinario.

Figura 94. Caracterización de tramos críticos.
Elaboración propia en Excel.

En la figura 91 se tiene la descripción de los factores que fueron elegidos para realizar la inspección de la condición del corredor vial de la ruta APD7. Esta tabla se puede observar de forma completa en el Anexo D.

En la figura 92, se tiene el mapa con el área indirecta de cada punto de parada en cuento a zonas de interés que los piedecuestanos tienen que visitar. Este mapa puede ser visto de manera más detallada en el Anexo D.

En la figura 93 y 94, se tienen las paradas de inicio en color blanco, de ida en color azul, de regreso en color rojo y parada final en color blanco. Los tramos críticos respecto a volumen de pasajeros y estado del corredor vial son los naranjas y el punto de inicio – fin representa el punto de parada más crítico respecto a concentración de pasajeros. Esta tabla puede ser vista en el Anexo D.

11. Discusión

Los resultados de este estudio implican una actualización de los datos que se tenían en estudios de años anteriores. Como se muestra en [5] en el año 2012 los pasajeros esperaban el bus aproximadamente 7 minutos. Acá se muestra esta información actualizada y por tipo de hora, pues para hora valle los usuarios esperan 8 minutos aproximadamente y 10 en hora pico. También se tiene en cuenta que para este año los tiempos de subida y bajada eran menores en un 30% que, para el tiempo actual, aunque se siguen presentando variaciones.

De esta manera, se tiene también actualización de datos mostrados en [6] respecto a la velocidad y tiempo de ciclo en un carril compartido que en este caso para 2016 era de 27 - 30 km/h. El tiempo

de ingreso de los usuarios según aquí se muestra es menor en estaciones de cabecera que en puntos de parada donde se ingresa por la puerta delantera derecha.

A su vez, como consecuencia teórica de esta investigación se tiene un dato comparativo de exactamente el objeto de estudio en [7] ya que el tiempo de ciclo era de 45 minutos en hora valle y 48 minutos en hora pico y se encontraron además velocidades de 25 km/h. Por otro lado, se observan las causas de estas variaciones según variables problema del tránsito descritas en [8] y [9].

En cuanto a la demanda y aglomeración de pasajeros, se tiene en esta investigación una percepción del servicio en su operación alimentadora ya que en [9] fueron estudiadas rutas troncales. Como se observa en este antecedente se tienen grandes fluctuaciones en los tiempos de espera y de 8 a 9 buses/hora, esto se realiza para la ruta APD7 y además se evalúa según [75], para obtener una puntuación según el mínimo de 8 autobuses por hora pico y 4 autobuses por hora en hora valle y además se recalca que no se debe presentar velocidades menores a 14 km/h.

Por último, es importante tener un estudio de tránsito actualizado en contraste con lo realizado en [11], donde se encuentran picos de alto volumen vehicular entre las 8 a 9 horas, 11 a 14:45 horas y 18 a 20 horas. Teniendo en cuenta esto se tiene el siguiente análisis de los resultados.

Según se obtuvo en la figura 52, 53 y 54, en días hábiles para hora valle se tiene una frecuencia promedio de 10:07, para los sábados de 10:02 y para domingos de 10:23 minutos. Las frecuencias establecidas por la empresa son de 10:00 minutos en hora valle y según lo obtenido estas frecuencias se ven distorsionadas de 7 a 23 segundos por las condiciones del tránsito en hora valle.

Ahora, por otro lado, en la hora pico se tiene un escenario más crítico, las frecuencias establecidas para hora pico en días hábiles y sábados son de 8:00 minutos. En días hábiles, la frecuencia es de 9:30 minutos y en sábados es de 9:24 minutos. Por el volumen vehicular que se

tiene en ciertos tramos de la ruta, se producen retrasos de 1:24 a 1:30 minutos que se traducen en un mayor tiempo de espera por parte de los usuarios.

El tiempo de espera de los usuarios varía de 7 a 8 minutos en horas valle de los días representativos y en horas pico de 9 a 11 minutos. En horas valle, en días hábiles se suben en promedio 34 personas al autobús en el Portal de Piedecuesta y se bajan 16, en los sábados, se suben 27 y se bajan 13 en promedio y en domingos y festivos se suben y bajan en promedio 25 y 12 respectivamente. Debido al alto volumen vehicular encontrado en horas pico de días hábiles se suben en promedio 43 personas y se bajan 20 y en días sábado se suben en promedio 34 y se bajan 16. Esta alta demanda de usuarios como se muestra en la figura 90 y en el Anexo C, hace que se supere la capacidad máxima del bus como se muestra en la figura 67, en algunos recorridos como en el REC. 1. día hábil modelado en el que se subieron en total 4 personas más de lo establecido y en algunos recorridos como en el de las 19:20:24 horas se llegaron a subir 56 personas (11 personas más de lo establecido). Esta alta concentración de pasajeros se traduce en menores tiempos de subida de estos, pues no se tiene orden por parte de los usuarios ya que se busca subir al bus lo más rápido posible para encontrar un puesto vacío o simplemente para no tener que someterse a mayores tiempos de espera por tomar la decisión de tomar el siguiente recorrido. A su vez, otro problema que se presenta es que el tiempo de descanso del bus disminuye porque al observar una gran fila de pasajeros esperando el conductor toma la decisión (verificando a veces también el horario de despacho establecido) de abordar los pasajeros presentes y empezar el recorrido.

Por el contrario, en horas valle el tiempo de descanso del bus es mayor ya que los conductores toman la decisión de esperar un poco más o esperar el tiempo establecido de partida para que durante esa espera lleguen más pasajeros. Lo mismo sucede con el tiempo de subida de pasajeros pues también se deja un tiempo libre en caso de que lleguen más pasajeros a abordar provenientes

de alguna ruta troncal o del mismo sector. Por lo que el nivel de desempeño de la ruta se ve afectado ya que existen tramos en los que el bus no lleva ningún pasajero a bordo (esto sucede en los puntos de parada antes de terminar el recorrido de ida y empezando el recorrido de regreso).

El tránsito vehicular afecta también las velocidades de los tramos de las rutas. Al verse afectada la velocidad por la variación del volumen en días representativos se traduce este problema en un mayor tiempo de recorrido. Según como se muestra en la figura 68, la velocidad promedio en hora valle de días representativos es de 20,50 km/h, en los sábados de 22,79 km/h y en domingos y festivos es de 23,99 km/h. Por el contrario, en horas pico, la velocidad promedio de días hábiles 17,54 km/h y en sábados de 23,99 km/h. De la misma manera, el tiempo de recorrido promedio en hora valle, como se muestra en la figura 52, 53 y 54, es en días hábiles de 57,25 minutos, en sábados de 49:50 minutos y en domingos y festivos de 49:32 segundos. Pero en hora pico, en días hábiles este tiempo es de 55:04 minutos y en sábados de 52:32 minutos.

Según lo obtenido en la figura 73, la dinámica del tránsito en la mañana congestiona el corredor con un pico entre las 6:00 a las 8:00 horas debido al desplazamiento habitual a jornadas laborales, universidades, colegios etc., otro pico se tiene desde las 10:00 a las 16:00 con una mayor demanda entre las 12:14 horas ya que los piedecuestanos suelen salir a su hora de almuerzo y aprovechar para realizar otras actividades. Por último, se tiene un pico entre las 18:00 a las 20:00 horas. Estos picos suceden tanto para día hábil, sábados y domingos y festivos, pero en orden descendente respectivamente. Por ejemplo, según se muestra en las figuras 76, 77 y 78 entre las 12:00 a las 14:00 horas de días hábiles, se tiene un total de 59186 vehículos, en sábados de 48100 vehículos y en domingos y festivos de 37828 vehículos.

Debido a lo anterior, se tiene en la figura 75, 24 tramos críticos (en amarillo) respecto a un alto volumen vehicular, pero algunos de estos tienen menor importancia debido a los términos de

geometría de la configuración vial (mostrados en la figura 91) que mejoran ostensiblemente los niveles de servicio haciendo que no se presenten grandes colas y demoras prolongadas. Debido a los datos encontrados en la figura 93, se tiene que, aunque este volumen vehicular mencionado anteriormente sea bajo en unos puntos de parada en comparación a los otros con la reducción de la calzada a 1 sólo carril a veces de hasta 2,5 m, estos tramos se volvían críticos. Por esta razón se escogieron 23 tramos críticos como se muestra en la figura 93. Esta comprobación se puede observar en la figura 89, donde se ven las disminuciones de las velocidades.

Como se muestra de la figura 85 a la figura 89 y en el Anexo C, en los mapas de segmentación dinámica de velocidad operativa, la variación de velocidad en esta hora pico del REC.1 día hábil analizado, las velocidades no superan en unos tramos los 18 km/h. Esto se produce debido a la falta de conciencia vial por parte de los motorizados al realizar ciertas maniobras ya que las motos son la mayor cantidad de vehículos que pasan por los puntos de paradas en comparación con los otros 6 modos de transporte aforados. Otra de las causas de este problema es que como se muestra en la figura 91, 92 y 93, la ruta es compartida también con los buses del sistema de transporte público colectivo de Piedecuesta los cuales tienen un comportamiento desordenado en cuanto a las paradas realizadas y esto combinado con tramos críticos de 1 sólo carril genera el problema. En un estado ideal en el que el alimentador no realizara ninguna parada (figura 87), se llegarían a tener velocidades de 25 km/h en día hábil.

Como se muestra en la tabla 1, los niveles de servicio en este caso se clasificaron como B y D para tramos no críticos y críticos respectivamente en horas pico de los días hábiles y sábados y para los domingos y festivos B para todos los tramos.

12. Conclusiones

Se logró analizar la operación alimentadora de la ruta APD7 del municipio de Piedecuesta y se encontró que se ve afectada por las condiciones del tránsito en los diferentes días representativos, por la concentración de pasajeros en ciertos puntos de parada y por el estado de la red vial.

Inicialmente, los tiempos de ciclo obtenidos en horas valle fueron de 52,23 minutos en días hábiles, de 49,77 minutos los sábados y de 49,5 minutos los domingos y festivos. Sin embargo, estos tiempos fueron diferentes cuando se midieron en horas pico, por ejemplo, en días hábiles de 55,06 minutos y los sábados de 52,53 minutos, es decir, un incremento del 10% y 8%, respectivamente.

Se encontró que existe una relación lineal entre la variación de los resultados de acuerdo con el día representativo analizado y su condición de hora pico u hora valle, por ejemplo, la velocidad promedio de los alimentadores APD7 en días hábiles es de 10,35 km/h en horas pico y de 13,14 km/h en horas valle. Sin embargo, el comportamiento de los sábados en hora pico es similar al de los días hábiles en horas valle, siendo 12,78 km/h la velocidad promedio de los alimentadores APD7. Finalmente, en los sábados valle y los domingos y festivos se mantiene la relación lineal con un incremento en las velocidades promedio con 14,63 km/h y 15,72 km/h, respectivamente.

Para encontrar la relación que existe entre la variación de las velocidades, descrita en el párrafo anterior, y el volumen de tránsito se compara la variación porcentual de estos dos factores en términos de los resultados obtenidos el día hábil con hora pico. En la tabla 5 se puede observar la disminución del volumen de tránsito y el proporcional aumento de la velocidad de los APD7 y del corredor vial. Esta relación proporcional se puede observar en otros factores operacionales como

la duración del recorrido o tiempo de ciclo. Es decir, el tránsito afecta a la velocidad de los alimentadores y por ende la duración del recorrido en las proporciones identificadas en la tabla 5.

Tabla 5. *Resumen de resultados factores operacionales.*

Factor operacional	Hábiles Pico	Hábiles Valle	Sábados Pico	Sábados Valle	Domingos y festivos	HábP vs HábV	HábP vs Sábp	HábP vs Sábv	HábP vs D&F
Velocidad corredor vial [km/h]	17,54	20,50	20,64	22,79	23,99	↑ -17%	↑ -18%	↑ -30%	↑ -37%
Velocidad alimentador [km/h]	10,35	13,14	12,78	14,63	15,72	↑ -27%	↑ -24%	↑ -41%	↑ -52%
Paradas sin uso	13	16	19	16	17	↑ -23%	↑ -46%	↑ -23%	↑ -31%
Paradas con uso	27	24	21	24	23	↓ 11%	↓ 22%	↓ 11%	↓ 15%
Volumen Vehicular [veh/h]	28236	24496	21661	17469	15412	↓ 13%	↓ 23%	↓ 38%	↓ 45%
Frecuencias [hh:mm:ss]	0:09:30	0:10:07	0:09:24	0:10:02	0:10:23	↑ -7%	↓ 1%	↑ -6%	↑ -9%
Duración del recorrido [hh:mm:ss]	0:57:26	0:52:14	0:53:35	0:49:46	0:49:32	↓ 9%	↓ 7%	↓ 13%	↓ 14%
Pasajeros recogidos en el trayecto	20	16	16	13	12	↓ 18%	↓ 17%	↓ 32%	↓ 38%
Pasajeros que se bajan en el trayecto	43	34	34	27	25	↓ 21%	↓ 21%	↓ 36%	↓ 42%
Tiempo de espera en Portal [hh:mm:ss]	0:10:46	0:08:29	0:09:26	0:07:39	0:07:21	↓ 21%	↓ 12%	↓ 29%	↓ 32%
Tiempo de descanso APD7 [hh:mm:ss]	0:01:02	0:05:44	0:01:21	0:07:56	0:11:22	-	-	-	-

Además, se identificó una deficiencia en el uso y/o distribución de las paradas de la ruta APD7. En el recorrido de ida, las paradas son utilizadas para el retorno de usuarios a sus hogares y en el recorrido de vuelta las paradas son usadas para recoger pasajeros y transportarlos al Portal de Piedecuesta. Sin embargo, dependiendo del día representativo – pico/valle, en un rango de 33% a 49% de las paradas no se recogía ni dejaba usuarios, pero el bus alimentador si se detenía. Esto implica un aumento innecesario en los tiempos de recorrido y una disminución de la velocidad de los alimentadores. Por lo tanto, se sugiere omitir o eliminar algunas de estas paradas que no están prestando un servicio específico.

Con la simulación realizada con condiciones de volumen de tránsito y población proyectadas a 10 años se puede concluir que la velocidad general de todos los tramos de la ruta APD7 no superaría los 15 km/h en un día hábil en hora pico. Además, considerando que la población de Piedecuesta crece un 3,73% anualmente, se espera que, para el 2030, la población sea de aproximadamente 190.000 habitantes; por lo que, bajo estas condiciones, para un día hábil

simulado, la demanda de usuarios sería de 51 personas por recorrido y en el escenario de mayor demanda, esta cantidad de usuarios sería de 59 personas. Considerando que la capacidad máxima de los buses alimentadores es de 45 personas, se recomienda establecer un plan de contingencia a mediano y largo plazo y mayor control por parte de la empresa para evitar la sobresaturación de los buses.

Se logró caracterizar 23 tramos críticos (tramos de menor velocidad, tramos de alta demanda de usuarios, tramos con un mal estado del entorno de movilidad del corredor vial), debido al mal estado de la demarcación vial, a la ausencia de señalizaciones verticales en lugares que lo necesitaban como en intersecciones semaforizadas, a las curvas presentes, al mal estado del pavimento, a la presencia de semáforos, a la cantidad de vehículos estacionados en el corredor vial combinado con el ancho de carril que se tenía y, por supuesto, al flujo vehicular. A su vez lo anterior fue crítico debido a que estos tramos también se encontraban dentro de una zona de influencia indirecta como se muestra en la figura 83, que contaba con un alto flujo peatonal y demanda debido a que eran zonas comerciales, zonas en las que existían iglesias, colegios, restaurantes, supermercados, gimnasios y centros de atención bancaria. Por esto se recomienda que exista una actualización en el plan de movilidad respecto a las condiciones de tránsito mencionadas.

Referencias Bibliográficas

- [1] Metrolínea. “Glosario”, 2019. Recuperado de: <https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/atencion-al-usuario/glosario>.
- [2] Firma cal & mayor y asociados s.c. “Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte en Santafé de Bogotá” 1998. Bogotá. Colombia.
- [3] Sanz, T., 2020. VISSIM 5.40 - Manual Del Usuario. [online] Academia.edu. Disponible en: https://www.academia.edu/19116050/VISSIM_5.40_-_Manual_del_usuario [Accessed 26 July 2020].
- [4] Cómo vamos. “9ª Encuesta de percepción ciudadana 2018. Bucaramanga Metropolitana”, 2018. (p. 43- 44). Bucaramanga. Colombia. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/1YJa98pPVi3DRFGquR3WIbytI9BXugKRH/view>.
- [5] O. Herrera. “Estudio de variables operacionales actuales ruta troncal Lagos Quebradaseca del STM. Metrolínea S.A”, 2012. Trabajo de grado para optar al título de ingeniera civil. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2166/digital_23958.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [6] S. Gonzáles, C. Hernández y Rueda, D. “Análisis preliminar de un servicio expreso derivado de la ruta P8 del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) Metrolínea en Bucaramanga” 2016. Grupo Geomática. Universidad Industrial de Santander. Ingenierías USBMed, Volumen 7, No. 2. Bucaramanga. Colombia. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6007707.pdf>

- [7] S. Gutiérrez y J. Delgado. “Diagnóstico General del Sistema de Transporte Masivo Mediante la Revisión Operacional de las Rutas APD1, APD2, APD4, APD6, APD7, y APD8” 2017. Trabajo de grado para optar al título de ingenieros civiles. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. Recuperado de: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/14708/1/170768.pdf>
- [8] M. Vargas. “Identificación de problemas de movilidad en la ciudad de Bogotá. Trabajo de grado para optar al título de ingeniera civil” 2018. Universidad Católica de Colombia. Bogotá. Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22449/1/IDENTIFICACI%C3%93N%20DE%20PROBLEMAS%20DE%20MOVILIDAD%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20BOGOT%C3%81.pdf>.
- [9] J. Manrique. “Modelación de la aglomeración de pasajeros en Estaciones BRT del Sistema Metrolínea. Caso de estudio Bucaramanga – Colombia” 2018. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5288/digital_36407.pdf?sequence=1
- [10] M. Delgado y M. Castellanos. “Modelo de simulación para el comportamiento del sistema de transporte masivo “Metrolínea” y de sus usuarios en la parada de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga”, 2018. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia. Recuperado de: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3142/Modelo%20de%20sim>

ulaci%C3%B3n%20para%20el%20comportamiento%20del%20sistema.....pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [11] Cámara de Comercio Cartagena., “Estudio de movilidad del recinto ferial Expocenter en Cartagena de Indias a ubicarse en la zona franca de la ciudad de Cartagena” 2014, [Online]. Available: <https://www.findeter.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=215306>
- [12] L. J. Basso, F. Feres, and H. E. Silva, “The efficiency of bus rapid transit (BRT) systems : A dynamic congestion approach R,” *Transp. Res. Part B*, vol. 127, no. December 2018, pp. 47–71, 2019, doi: 10.1016/j.trb.2019.06.012.
- [13] M. Amirgholy, M. Shahabi, and H. O. Gao, “Optimal design of sustainable transit systems in congested urban networks : A macroscopic approach,” *Transp. Res. Part E*, vol. 103, pp. 261–285, 2017, doi: 10.1016/j.tre.2017.03.006.
- [14] W. Hook, “Institutional and Regulatory Options for Bus Rapid Transit in Developing Countries,” no. 1939, pp. 184–191, 2005.
- [15] B. Fauziah, “Evaluation of bus rapid transit (BRT) Trans Kota Tangerang service performance Evaluation of bus rapid transit (BRT) Trans Kota Tangerang service performance,” 2019, doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012032.
- [16] J. Wu, R. Song, Y. Wang, F. Chen, and S. Li, “Modeling the Coordinated Operation between Bus Rapid Transit and Bus,” vol. 2015, 2015.
- [17] T. Ian and A. Bull, “La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales,” 2001.

- [18] D. Hidalgo and R. King, "Public transport integration in Bogotá and Cali, Colombia - Facing transition from semi-deregulated services to full regulation citywide," *Res. Transp. Econ.*, vol. 48, pp. 166–175, 2014, doi: 10.1016/j.retrec.2014.09.039.
- [19] E. M. García Veloz, "Estudio técnico para la implementación de un Sistema de Transporte Público Urbano, en la ciudad de Alausí, provincia de Chimborazo," 2016, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6105>.
- [20] ITDP, "Guía de Planificación de Sistemas BRT Autobuses de Tránsito Rápido," p. 70, 2010, [Online]. Available: http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/BRT-Guide-Spanish-complete_unlocked.pdf.
- [21] X. Méndez, "ANÁLISIS CRÍTICO DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE CHIHUAHUA (MÉXICO)," UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, 2017.
- [22] F. A. Orozco, Juan Sebastián; Arenas, "Aproximación al desarrollo de un sistema de transporte masivo a través de la dinámica de sistemas," *Sist. Telemática*, vol. 11, p. 92, 2013, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534392006>.
- [23] A. Danilovs, "Transporte masivo en Cali: Mejoramiento de las prácticas reales de los usuarios del MIO," p. 14, 2012, [Online]. Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11947/>.
- [24] Alcaldía de Piedecuesta. 2020. Plan De Ordenamiento Territorial. p. 40, [online] Available at:
<<http://alcaldiadepiedecuesta.gov.co/Transparencia/PlanesProgramasyProyectos/POT%20Proyecto%20de%20Acuerdo.pdf>> [Accessed 26 July 2020].

- [25] Alcaldía de Piedecuesta. 2020. Plan de desarrollo 2016-2019. p. 17, [online] Available at: <http://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%202016-2019.pdf>. [Accessed 26 July 2020].
- [26] Alcaldía de Piedecuesta. 2020. Galería de mapas. p. 1, [online] Available at: <http://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>
- [27] Alcaldía de Piedecuesta. 2020. Plan de desarrollo 2016-2019. p. 17, [online] Available at: <http://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%202016-2019.pdf>. [Accessed 26 July 2020].
- [28] Concejo de Piedecuesta, “Plan de desarrollo (2020-2023),” 2020. [Online]. Available: https://concejopiedecuesta.micolombiadigital.gov.co/sites/concejopiedecuesta/content/files/000226/11270_pdm-matriz-pts-y-constancia.pdf.
- [29] Dane.gov.co. 2020. Censo General 2005 - Piedecuesta. [online] Available at: https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/68547T7T000.PDF [Accessed 26 July 2020].
- [30] C. Álvarez, “La movilidad sostenible como política global y su consolidación hacia el futuro en la ciudad de Medellin en respuesta a la ocupación territorial y sus problemáticas,” p. 111, 2016, [Online]. Available: <http://bdigital.unal.edu.co/52870/1/43876410.2016.pdf>.
- [31] F. Astals and J. F. Salado, “Estudio De Los Costes Totales, Incluyendo Externalidades, Del Ave. Aplicación Al Caso Barcelona-Madrid Y Comparación Con Otros Modos De Transporte,” Esc. Tècnica Super. D’Enginyeria Ind. Barcelona, p. 21, 2010, [Online]. Available: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9837/PFC.pdf?sequence=1>

- [32] I. Thompson and A. Bull, “La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales,” Div. Recur. Nat. e Infraestruct., p. 12, 2001, doi: 10.3989/arbor.2000.i653.1000.
- [33] Metrolínea, “Empalme 2019 - 2020,” p. 3, 2020, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [34] A. Achila and A. Sanchez, “PROPUESTA DE UNA ALTERNATIVA DE SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA, DEPARTAMENTO DEL CESAR,” Univ. Fr. PAULA SANTANDER OCAÑA, p. 25, 2017, [Online]. Available:
<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2290/1/32100.pdf>.
- [35] J. Arenas. “Entrevista realizada por los autores”. [10 Febrero 2020].
- [36] Vanguardia Liberal, 2020. Así avanza la construcción de los portales de Metrolínea en el área metropolitana. [online] Available at: <<https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/asi-avanza-la-construccion-de-los-portales-de-metrolinea-en-el-area-YA1255980>> [Accessed 26 July 2020].
- [37] Metrolínea. 2020. Traslado De La Estación Temprana De Metrolínea En Piedecuesta Ocasionará Cambios Viales Y En La Operación. [online] Available at: <<https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/traslado-de-la-estacion-temprana-de-metrolinea-en-piedecuesta-ocasionara-cambios-viales-y-en-la-1512>> [Accessed 26 July 2020].
- [38] Datos brindados por empresa Metrolínea a los autores. [13 Febrero 2020].
- [39] Metrolínea.gov.co. 2020. Rutas Del Sistema | Metrolínea. [online] Available at: <<https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/rutas-del-sistema>> [Accessed 26 July 2020].
- [40] Metrolínea.gov.co. 2016. Informe de gestión 2016. [online] Available at: <<https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/wp->

- content/uploads/2016/12/Rendici%C3%B3n-de-cuentas-2016-REV3.pdf> [Accessed 26 July 2020].
- [41] Secretaría de tránsito y transporte C&M, Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte Marco. p.9, 2005.
- [42] Firma cal & mayor y asociados s.c. “Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte en Santafé de Bogotá” 2018. Bogotá. Colombia.
- [43] SUBSECRETARIA DE PLANIFICACIÓN, “Política de Transporte e Infraestructura para la Movilidad y la Logística,” p. 56, 2019, [Online]. Available: https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/09/LOTAIP_normas-tecnicas-politica_de_movilidadMTOP.pdf.
- [44] M. L. Zaragoza and V. Islas, “Análisis de los sistemas de transporte,” Secr. Comun. Y Transp. Inst. Mex. DEL Transp., vol. 1, no. 307, p. 46, 2007, [Online]. Available: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt307.pdf>.
- [45] J. López, “Metodología de diseño para servicios alimentadores en ciudades intermedias. Caso Pereira,” Univ. Los Andes, vol. 53, no. 9, p. 15, 2004, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [46] H. Fuentes, “Práctica empresarial - control de calidad del la interventoría para construcción del SITM Metrolínea,” Univ. Pontif. Boliv., vol. 7, no. 2, p. 29, 2010, doi: 10.1192/s0368315x00238942.
- [47] S. L. Sociedad y Técnica, SOCYTEC and S. A. Paradores de Turismo de España, Manual de accesibilidad universal. 2007. Available: https://www.ciudadaccesible.cl/wp-content/uploads/2012/06/manual_accesibilidad_universal1.pdf

- [48] Universidad Pontificia Bolivariana, “Características de los elementos del tránsito.” p. 10, 2016, [Online]. Available: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11155/Capitulo2.pdf>.
- [49] Autos Nuevos Colombia, Lanzamientos, Noticias de Carros - AUTOSDEPRIMERA.COM. 2018. Seguridad Vial. Evite Manejar Tan Pegado Respecto Al Vehículo Que Antecede - Autos Nuevos Colombia, Lanzamientos, Noticias De Carros - AUTOSDEPRIMERA.COM. [online] Available at: <https://autosdeprimera.com/blog/cesvi-colombia-conduccion-con-espacios/> [Accessed 26 July 2020].
- [50] Ocw.unican.es. 2020. Tema 5. Sistema Motor: Control Del Movimiento Reflejo Y Voluntario. [online] Available at: <https://ocw.unican.es/mod/page/view.php?id=578> [Accessed 26 July 2020].
- [51] Ministerio de Sanidad, “Factores causantes de los accidentes,” p. 26, 2010, [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6321/06.pdf?sequence=7>.
- [52] J. Agudelo, “Diseño Geométrico de Vías,” Textos Univ., p. 64, 2012, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>.
- [53] A. Antonio, “Mecánica y entretenimiento simple del automovil,” Dir. Gen. tránsito, no. 12, 2017, [Online]. Available: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entrenamiento-simple-del-automovil.pdf>.
- [54] G. Valencia, “INGENIERÍA DE TRÁNSITO - GUÍA DE CLASE,” Univ. Nac. Colomb., p. 112, 2010.

- [55] S. Hudiel, 2009. Ingeniería De Tránsito. [online] Es.slideshare.net. Available at: <<https://es.slideshare.net/sjnavarro/trnsito-1851608>> [Accessed 26 July 2020].
- [56] C. Maquera, “COMPARACIÓN DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS EN CONDICIONES REALES CON LA NORMA DG 2014, EN LA CURVA DEL DIABLO – PUNO,” Univ. Nac. DEL ALTIPLANO, p. 30, 2018, [Online]. Available: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13422/Maquera_Mamani_Carlos_Clinthon.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [57] P. Reyna Peña, “Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones,” Univ. Peru. CIENCIAS Apl., p. 20, 2015, [Online]. Available: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581516/REYNA_PP.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [58] Ministerio de Transporte, “Manual De Señalización Vial Dispositivos Uniformes Para La Regulación De Tránsito En Calles, Carretras Y Ciclorrutas De Colombia,” J. Phys. A Math. Theor., vol. 44, no. 8, p. 085201, 2015, doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- [59] Código Nacional de Tránsito Terrestre, LEY 769 DE 2002, vol. 8, no. 1. 2002, p. 54. Available at: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf
- [60] D. Córdoba, A. Cortez, and G. Ortiz, “EVALUACIÓN DE FACTORES GENERADORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO FASE I (PASO NACIONAL), EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO RICO DEPARTAMENTO DE RISARALDA,” Univ. Libr. Secc. PEREIRA, vol. 53, no. 9, p. 24, 2015, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

- [61] D. Méndez, “Curso: maestría en vías terrestres,” p. 8, 2009, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf>.
- [62] Licitacivil. “Velocidad de los modos de transporte en la ciudad”, 2015. [Online]. Available: <http://www.licitacivil.com/wp-content/uploads/2013/09/velocidad-medios-transporte-ciudad.jpg>
- [63] N. Escobar, “Generalidades de la ingeniería de tránsito” p. 5. 2019. Available at: <https://independent.academia.edu/nxescobar>
- [64] Universidad Industrial de Santander, “Propuestas de manejo vial en el Área Metropolitana de Bucaramanga”, 2019, p. 112. Available at: <http://albatros.uis.edu.co/eisi/images/Cartelera/Pdf/PMM%20Floridablanca%202011%202030%20CAPITULO%205D%20PAG%20114-127.pdf>
- [65] L. Cifuentes. “Congestión del tránsito problema y como enfrentarlo”, 2003, [Online]. Available: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049_es.pdf
- [66] Conduzca, “Manual de referencia para conductores de vehículos en general y motocicletas”, 2006, [Online]. Available: <http://www.conduzca.com/normas/manual-del-conductor.pdf>
- [67] A. Córdoba and F. Ruiz, “Estudio de seguridad del tramo comprendido entre el monumento al campesino hasta la glorieta La Transparencia de la ciudad de Pasto,” Univ. NARIÑO, no. 140, p. 32, 2014, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf>.
- [68] C. Blair and A. Guevara, “EVALUACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 70 CON LA CALLE 9 POR LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VÍA SUBTERRÁNEA EN EL AEROPUERTO ENRIQUE OLAYA HERRERA,” Esc. Ing. ANTIOQUIA, p. 21, 2013, [Online]. Available:

- https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/380/7/BlairCatalina_2012_EvaluacionFlujoVehicular.pdf.
- [69] A. Alvarado, A. García, J. Cabezas, W. Cardona, and D. Hernández, “ALTERNATIVA Y PREDISEÑO DE LA INTERSECCIÓN A NIVEL DE LA CARRERA 22 ENTRADA A KIRPAS (CAMINO GANADERO) – PUERTO GAITÁN A VILLAVICENCIO – META,” Univ. Coop. Colomb., vol. 1, no. 1, p. 37, 2018, doi: 10.29333/aje.2019.423a.
- [70] Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, p. 18. 2009. Available: <https://www.metropol.gov.co/movilidad/PlanMaestro/Plan%20Maestro%20de%20Movilidad.pdf>
- [71] F. L. Pérez-Sánchez, A. Bautista, M. Salazar, and A. Macias, “Analysis of vehicular traffic flow using a macroscopic model,” Dyna, vol. 81, no. 184, p. 2, 2014, doi: 10.15446/dyna.v81n184.38650.
- [72] F. L. Pérez-Sánchez, A. Bautista, M. Salazar, and A. Macias, “Analysis of vehicular traffic flow using a macroscopic model,” Dyna, vol. 81, no. 184, p. 36, 2014, doi: 10.15446/dyna.v81n184.38650.
- [73] N. Torres and I. Magno, “Análisis de la relación velocidad-densidad vehicular de la avenida calle 26 en Bogotá,” Ingenio Magno, vol. 6, no. 1, pp. 79, 2015.
- [74] Transmilenio, “Manual de operaciones del archivo clínico,” p. 60, 2014, [Online]. Available: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=4741&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME.

- [75] ITDP, “Estándar BRT 2012,” BRT Stand., vol. 2, 2012, [Online]. Available: https://despacio.org/wp-content/uploads/2012/07/BRT_-Standard_Spanish_Draft_2.pdf.
- [76] Alcaldía de Bogotá, "Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá D.C", Alcaldiabogota.gov.co, 2020. [Online]. Available: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=20704>. [Accessed: 26- Jul- 2020].
- [77] Cuenta oficial de los piedecuestanos. @piedecuestanos.com. “Por manifestación ciudadana en el municipio de #Piedecuesta y ante la imposibilidad de movilidad, el SITM @Metrolinea suspende su operación hacia ese municipio y solo ofrece su servicio hasta la Estación Lagos hasta nueva orden”, 16 de Julio. [Online]. Available: <https://twitter.com/Metrolinea/status/1283813941278384128>
- [78] R. Gakenheimer, “Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo”, 1998. versión impresa ISSN 0250-7161. EURE Santiago. [Online]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71611998007200002