

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE
RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE
SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE:
AUTOS

ETHELL ALEJANDRA JARAMILLO ESCOBAR

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

ETHELL ALEJANDRA JARAMILLO ESCOBAR

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Topográfico

**Director del Proyecto:
Ing. EDUARDO PEÑA ABADÍA. Esp.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2018**

ACEPTACIÓN

Nota de Aceptación

Firma del director

Firma del evaluador

Firma del evaluador

DEDICATORIA

A Dios y a la santísima virgen por ser bendecida, por la vida, la salud, la prosperidad, el amor y por todas las oportunidades que se me han brindado.

A mis padres Lidia Escobar y Reinel Jaramillo por la vida y por siempre creer en mí.

A mi esposo Luis Carlos por ser mi mejor amigo, excelente padre, guerrero, apoyo, motivador y confidente.

A mis hijos que son mi motor y lo mejor que tengo en mi vida.

A mis hermanas Paola y Angie que siempre han estado conmigo en todos los momentos.

Y para todos ellos no tengo palabras para estar infinitamente agradecida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de culminar este capítulo de mi vida.

Agradezco especialmente a mi madre por haberme dado los mejores cimientos formativos, porque gracias a ella me he convertido en la mujer que soy, una mujer guerrera, emprendedora, profesional y que ha alcanzado todo lo que se ha proyectado en la vida.

A mi esposo por siempre estar ahí conmigo, por su apoyo, porque cuando empecé esta aventura dudaste, pero no me soltaste de la mano, porque gracias a nuestros sueños que ahora son realidades, y que no hemos dejado de seguir soñando porque Dios nos ha mostrado que podemos seguir creciendo y bendecida por Dios por haberte puesto en mi camino.

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional a mis hermanas que me han ayudado, en especial a mi hermana Paola por haber recorrido este capítulo juntas; a mi padre que desde la distancia siempre ha estado pendiente de mí y de mis hijos por ser el mejor abuelo para ellos.

Quiero dar un agradecimiento especial a mi director, el profesor Eduardo Peña Abadía, por convencerme de culminar esta etapa de mi vida, yo sé que no fue fácil, empezando porque no estaba en la ciudad, pero se tomó su tiempo para ubicarme y hacerme el llamado a volver a terminar; por relacionarme con mis compañeros de trabajo ya que en ellos tuve un apoyo incondicional para terminar el proyecto.

Agradezco al Ingeniero Luis Carlos Moya y la ingeniera Carolina Mendoza por abrirnos sus puertas, porque gracias a su apoyo y acompañamiento se logró realizar este proyecto; en donde logré reforzar mis conocimientos y aplicar todos los conceptos aprendidos.

Agradezco a mis compañeros y amigos que de una u otra forma me acompañaron y apoyaron a lo largo de mi carrera; en especialmente a mis compañeros del proyecto a John Jairo Vergara y Armando Quiñonez por las fuerzas y empeño que le pusieron desde el principio al fin para culminar este proyecto.

Agradezco infinitamente a todos y cada uno de los profesores que conocí a lo largo de mi carrera, porque de todos ellos algo aprendí y extraje lo mejor para llevarlo en mí, por el profesionalismo y carisma con que dieron sus clases, de verdad que disfruté el paso por la universidad.

Y para terminar agradezco infinitamente a todas las personas que se vieron involucradas en este proyecto que sacaron de su tiempo para ayudarnos en la recolección de toda la información, chicos de verdad que les agradezco de corazón.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3. JUSTIFICACION	19
4. OBJETIVOS.....	21
4.1 OBJETIVO GENERAL	21
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5 MARCO CONCEPTUAL	22
5.1 MOVILIDAD	22
5.2 ACCESIBILIDAD	22
5.3 CONECTIVIDAD	22
5.4 CONGESTIÓN VEHICULAR.....	22
5.5 VELOCIDAD	22
5.6 CORRIENTES VEHICULARES	23
5.6.1 Circulación continua:	23
5.6.2 Discontinua	24
5.6.3 Pelotón, cóncava o columna:.....	24
5.6.4 Cola	25
5.7 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	25
5.8 NIVELES DE SERVICIO (NDS).....	25
5.9 DEMORAS PROMEDIO POR VEHÍCULO	26
6 MARCO TEORICO	27
6.1 VELOCIDADES	27
6.1.1 VELOCIDAD EN GENERAL	27
6.1.2 VELOCIDAD DE PUNTO.....	27
6.1.3 VELOCIDAD INSTANTANEA.....	28
6.1.4 VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL	28
6.1.5 VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL	29
6.1.6 VELOCIDAD DE RECORRIDO	30
6.1.6.1 Estudios de Velocidad de Recorrido.....	30

6.1.7	VELOCIDAD DE LA MARCHA	31
6.2	INDICADORES DE MOVILIDAD	31
6.2.1	NIVELES DE SERVICIO.....	31
7	MARCO DE REFERENCIA	35
8	METODOLOGIA.....	37
8.1	IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	40
8.2	SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	41
8.3	RECOLECCION DE INFORMACION PRIMARIA	42
8.3.1	PLANEACIÓN ESTUDIO DE VELOCIDADES	42
8.3.2	APLICATIVO PARA CAPTURA DE INFORMACIÓN DE VELOCIDAD MAP MY TRACKS	44
8.3.3	RECORRIDOS DE AUTOS	52
8.3.4	EJECUCION ESTUDIO DE VELOCIDADES	65
8.4	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	66
8.4.1	DESCRIPCIÓN RUTINAS EN PYTHON	66
8.4.1.1	PRIMERA RUTINA: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP - GPXtoSHP Masivo.py	67
8.4.1.2	SEGUNDA RUTINA: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV - DBFtoCSV Masivo.py	71
8.4.1.3	TERCERA RUTINA: Armado de archivo CSV completo - CSVCompleto.py	74
8.4.1.4	CUARTA RUTINA: Generación de los tiempos en minutos por rutas – RutasFinal.py.....	75
8.4.2	CÁLCULO DE TIEMPOS PROMEDIO	80
8.5	GENERACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	84
8.5.1	CREACION SHAPE DE NODOS EN LA GDB:	87
8.5.2	CREACION SHAPE DE COMPORTAMIENTO VIAL EN LA GDB:	88
8.6	CALCULO DE INDICADORES Y VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR.....	89
8.6.1	VELOCIDAD PROMEDIO DEL RECORRIDO	89
8.6.2	VELOCIDAD DE LA MARCHA	97
8.6.3	NIVELES DE SERVICIO (NDS).....	104
8.7	REPRESENTACION CARTOGRAFICA	106
9	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	107
9.1	CALCULO DE VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR	107

9.1.1	VELOCIDAD PROMEDIO DEL RECORRIDO	107
9.1.2	VELOCIDAD DE LA MARCHA	107
9.1.3	Representación gráfica Velocidad Promedio Recorrido y Velocidad de la Marcha:	108
9.1.4	Datos Estadísticos Velocidad Promedio Recorrido y Velocidad de la Marcha: 113	
9.1.5	Salida grafica para Velocidad Promedio de Recorrido y Velocidad de la Marcha: 114	
9.2	CALCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD.....	117
9.2.1	NIVELES DE SERVICIO (NDS).....	117
9.2.2	Representación gráfica de los resultados obtenidos para niveles de servicio	118
10	CONCLUSIONES.....	120
11	RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.
12	BIBLIOGRAFIA.....	122
13	ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Medios de transporte utilizado por los caleños</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Congestión vehicular Avenida6, el hundimiento carrera 1, Avenida 4 Oeste.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3. Medios de transporte utilizado por los caleños y percepción tiempo de recorrido.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Circulación continua.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 5. Circulación discontinua.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Pelotón.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Cola</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Velocidad de punto</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Velocidad instantánea.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10. Velocidad de recorrido</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Caracterización de los NDS según los tipos de vías.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 12. Caracterización de los diferentes tipos de vías.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 13. Datos GPX generados por el aplicativo con el dispositivo GPS.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 14. Determinación de los puntos de referencia.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15. Identificación de la Zona de Estudio.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16. Sistema Vial Arterias Principales Secundarias Santiago de Cali.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17. Sistema Vial Arterias Secundarias Santiago de Cali.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 18. Pantalla inicial MMT y Pantalla de inicio MMT.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19. Pantalla principal MMT, aforador Ethell.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 20. Pantalla principal MMT, aforador Ethell.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 21. Pantalla principal MMT, aforador Ethell.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 22. Señal de GPS activa para iniciar recorrido.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23. Pantalla de sincronización.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 24. Página principal Map My Tracks.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 25. Ingreso a la cuenta del Map My Tracks.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 26. Rutas sincronizadas por el usuario ethelljaramillo85.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 27. Actividad por recorrido del usuario ethelljaramillo85.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 28. Descarga de información formato GPX.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 29. Cambio de políticas Map My Tracks.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 30. Descarga del archivo GPX a través del correo</i>	<i>51</i>
<i>Figura 31. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta1.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 32. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta2.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 33. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta3.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 34. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta4.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 35. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta5.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 36. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta6.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 37. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta7.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 38. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta8.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 39. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta9.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 40. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta10.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 41. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta11.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 42. Recorridos ejecutados en auto.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 43. Distribución de Carpetas y Archivos para las rutinas.....</i>	<i>68</i>

Figura 44. IDE Python dentro de ArcGis 10.5.....	69
Figura 45. Tabla de Atributos de uno de los Shapes generados por la rutina.....	71
Figura 46. Archivos generados por cada Shape.....	71
Figura 47. Archivos CSV Generados por la rutina.....	73
Figura 48. Archivo CSV generado por día de toma.....	75
Figura 49. Archivo de Intersecciones.csv.....	76
Figura 50. Resultado en archivo CSV por día, con los tiempos por tramo.....	80
Figura 51. Complemento Power Query en Excel 2016 – Carga de Archivos CSV.....	81
Figura 52. Editor Avanzado Power Query. Lenguaje M.....	82
Figura 53. Editor de Power Query. Resultado Final.....	83
Figura 54. Resultado Cargado en Excel.....	83
Figura 55. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB.....	84
Figura 56. Shapes que componen la Ruta de la GDB.....	85
Figura 57. Shapes que componen la Zona de estudio de la GDB.....	85
Figura 58. Shapes que componen el Comportamiento Vial de la GDB.....	86
Figura 59. Shape que componen la GDB.....	86
Figura 60. Shape de Nodos, zona Centro-Oeste.....	87
Figura 61. Tabla de atributos shape de Nodos, zona Centro-Oeste.....	87
Figura 62. Shape de comportamiento Vial, zona Centro-Oeste.....	88
Figura 63. Tabla de atributos shape Comportamiento Vial.....	88
Figura 64. Carga del Shape de Vías y el CSV Resultante.....	89
Figura 65. Join entre Shape de Vías y el archivo CSV.....	90
Figura 66. Tabla de Atributos después de ejecutado el Join.....	90
Figura 67. Adición de Campo en la Tabla de Atributos.....	91
Figura 68. Definición del tipo de Campo y Nombre.....	91
Figura 69. Field Calculator.....	92
Figura 70. Fórmula para el cálculo de la Velocidad en el Field Calculator.....	92
Figura 71. Tabla de Atributos con el cálculo de Velocidad.....	93
Figura 72. GPS Track Editor.....	93
Figura 73. Exportar archivo CSV a partir de Archivo GPX.....	94
Figura 74. Elección de Tipo de Archivo CSV.....	94
Figura 75. Resultado unión archivos CSV en Power Query de Excel.....	96
Figura 76. Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel.....	97
Figura 77. Power Query con la Unión de archivos CSV y Filtro de Velocidades mayores a 5 km/h.....	98
Figura 78. Tabla Cargada en Excel, con saltos en el Date/Time.....	100
Figura 79. Fórmula para el cálculo de la Fecha/Tiempo continua.....	100
Figura 80. Generación de la Tabla Dinámica basada en los datos filtrados y continuos.....	101
Figura 81. Código VBA Excel desarrollado para la Extracción de Archivos CSV.....	101
Figura 82. Salida de archivos CSV con ayuda del código VBA.....	102
Figura 83. Estructura del aplicativo CSV_to_GPX converter.....	102
Figura 84. Aspecto archivos CSV de entrada.....	103
Figura 85. Modificación del archivo settings.ini.....	103
Figura 86. Salida de csv_to_gpx_converter – archivos GPX.....	104
Figura 87. Cálculo de los Niveles de Servicio, por cada Tramo.....	105
Figura 88. Tabla de Atributos del Shape de Vías con el Nivel de Servicio.....	105
Figura 89. Velocidades promedio de recorrido diseñadas para las rutas.....	107
Figura 90. Velocidades promedio de recorrido diseñadas para las rutas.....	107
Figura 91. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido modo vehicular autos.....	115

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

<i>Figura 92. Salida cartográfica de la velocidad de la marcha modo vehicular autos.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 93. Salida cartográfica de niveles de servicio hora pico de la mañana.</i>	<i>119</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Caracterización de los NDS según las demoras para intersecciones no señalizadas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 2. Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempos de recorrido y demoras con un nivel de confiabilidad del 95 %.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 3. Recorrido para mediciones de velocidad.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4. Lista de Aforadores con sus respectivas cuentas de MMT.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 5. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta1.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 6. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta2.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 7. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta3.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 8. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta4.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta5.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta6.</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 11. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta7.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 12. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta8.</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 13. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta9.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 14. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta10.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 15. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta11.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 16. Aforadores de autos y cuentas MMT.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 17. Recorridos ejecutados por aforador.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 18. Estadística para la Velocidad de Recorrido Autos.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 19. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos</i>	<i>117</i>

LISTA DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 1 y 2, por cada 200 m.....</i>	<i>109</i>
<i>Gráfico 2. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 3, 4 y 5, por cada 200 m</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico 3. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 5, 6 y 7, por cada 200 m</i>	<i>111</i>
<i>Gráfico 4. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 8, 9 y 10, por cada 200 m</i>	<i>112</i>
<i>Gráfico 5. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 11 por cada 200 m</i>	<i>113</i>
<i>Gráfico 6. Estadística generada para la velocidad promedio del recorrido Autos.</i>	<i>113</i>
<i>Gráfico 7. Estadística generada para la velocidad de marcha Autos.</i>	<i>114</i>
<i>Gráfico 8. Nivel de Servicio modo Autos por arcos en todos los recorridos.....</i>	<i>118</i>

RESUMEN

La zona de estudio abarca algunos de los sectores de las comunas 1, 2, 3, 9 y 19 al Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, cuyas zonas comprende alrededor de 27 barrios. En esta zona converge una diversidad de estratos socioeconómicos y culturales como lo son las zonas administrativas gubernamentales, comerciales, educativas, residenciales, turística, religiosas y demás.

En el presente estudio se ha realizado un análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro - Oeste de la ciudad de Santiago de Cali en el modo de transporte: autos, en donde se realizaron dos tomas de información por cada ruta para un total de 22 recorridos, con el fin de obtener la velocidad promedio del recorrido. Para el desarrollo del proyecto que abarca 132.13km de malla vial, se necesitó de 3 aforadores que se desplazaron a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón empleando un dispositivo GPS. Las grandes ventajas de este método es que se puede conseguir una velocidad promedio de los vehículos que circularon por la red. Adicional a esto este método permitió obtener datos directos del geoposicionamiento de la red vial, de manera que se pueden verificar los diferentes arcos de la malla vial.

Después de haber calculado la velocidad promedio del recorrido se pudo determinar los niveles del servicio (NDS) que ofrecen las vías dentro de la zona de estudio, tomando como base el criterio del HCM2010 - Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras, 2010*), en donde este clasifica los niveles de servicio (NDS) según el tipo de vías al cual pertenecen. Lo cual hace posible realizar una asociación en función de la velocidad con la que transitan cada uno de los vehículos apoyados en los sistemas de información geográfica (SIG) que facilitaron así el análisis y la georreferenciación.

1.INTRODUCCION

Al momento de analizar la dinámica de las ciudades, uno de los aspectos más relevantes asociado a la calidad de vida de sus habitantes es sin duda alguna la movilidad. Estudiosos del transporte urbano mencionan ya el “derecho a la movilidad básica como el derecho inherente que tienen los ciudadanos de movilizarse a lo largo y ancho de las ciudades, en aras de satisfacer las necesidades laborales, familiares y sociales al más bajo costo posible”.¹

En la ciudad de Santiago de Cali la movilización de automotores particulares por las vías de la ciudad se está viendo insostenible debido al aumento constante en las cifras del parque automotor (Ver figura 1) y que implicaría hacer grandes inversiones en infraestructura vial. Lo cual ha provocado que desplazarse de un lugar a otro haciendo uso de la infraestructura existente para tal fin sea cada vez más complicado, afectando la movilidad y accesibilidad en diferentes zonas de la ciudad.

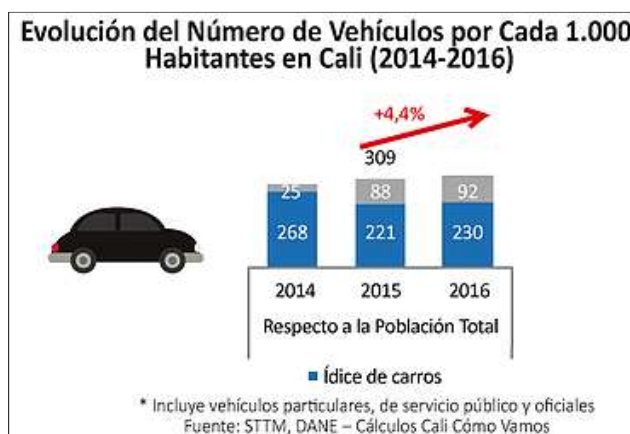


Figura 1. Medios de transporte utilizado por los caleños

Fuente: Cali como vamos 2017

En este estudio de análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali modo de transporte: autos, se han realizado los cálculos de algunas variables de velocidad del flujo vehicular que permiten caracterizar la zona de estudio mediante los niveles de servicio (NDS). Dicho análisis se desarrolló aplicando una metodología acertada para recolección de información y el procesamiento de la misma en cuanto a la oferta y demanda de la red vial principal y secundaria de la zona de estudio. Se empleo el método

¹ C. Cadena Gaitán, «El derecho a la movilidad,» El Colombiano, 27 diciembre 2010.

convencional de tipificar la red y seleccionar corredores representativos de la red principal y secundaria asociada a la infraestructura vial y sobre ellos hacer medidas de tiempos y velocidades a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón empleando un dispositivo GPS y se incorporó toda la información obtenida en el sistema de información geográfica (SIG), este tipo de metodologías se ha impulsado de manera positiva permitiendo el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías; de manera particular Conesa et.al, (2004), establece que los SIG son un instrumento de gran utilidad para el análisis de flujo vehicular, estos poseen la facilidad de analizar gran cantidad de datos geográficos mediante modelos matemáticos y estos permite comparar y analizar información con el fin de revelar causas y efectos muy difíciles de analizar con métodos cuantitativos tradicionales.

Mediante este tipo de análisis desde la variable del flujo vehicular velocidad se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para la planeación, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un problema de movilidad se deriva en demoras para las diferentes actividades laborales, sociales, económicas y ambientales. El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, donde se abarca gran parte de las comunas 1, 2, 3, 9 y 19 cuyas zonas comprende alrededor de 27 barrios. En esta zona converge una diversidad de estratos socioeconómicos y culturales como lo son las zonas administrativas gubernamentales, comerciales, educativas, residenciales, turística, hoteleras, religiosas y demás; sin mencionar el tráfico de personas que transitan a diario para llegar a corregimientos y municipios colindantes como lo son: Felidia, El Saladito, Dagua, Buenaventura.

Cada día la movilidad del Centro-Oeste de Cali es más traumática: las avenidas 1 Oeste, 2 Oeste, 4 Oeste, 6 Norte; Calle 25, 26, 15; Carrera 1, 8, 10, 15; entre otras no dan abasto (ver figura 2), las colas vehiculares en la hora pico de la mañana parecen no tener fin. Muchos residentes del sector están preocupados de que ahora se genere más embotellamiento en esta zona que en años anteriores y que sus tiempos de desplazamientos para sus tareas cotidianas se vean afectadas por los tiempos de recorrido; ya que cada vez su tiempo de desplazamiento está más prolongado.

De acuerdo con la Exposición de Motivos del Plan Integral de Movilidad Urbana de Santiago de Cali (PIMU, 2017) en la página 70, se han realizado varios estudios para determinar el nivel de congestión, indicando que en la hora de máxima demanda se realizan 72.490 viajes en automóvil (13% del total de viajes en el día con este modo de transporte) y 67.762 viajes en motocicleta (11% del total de viajes en el día con este modo de transporte). Del mismo estudio, y de acuerdo con la tasa de incremento promedio vehicular en un 7%, se estipula la necesidad de realizar cambios tanto en la red de transporte como en el buen uso de la infraestructura existente.

La Alcaldía de la Ciudad de Cali ha identificado problemas en el sector, por lo que, de acuerdo con el Plan Integral de Movilidad Urbana de Santiago de Cali (PIMU, 2017) en el Artículo 54, se habla de la implementación de Zonas de Pacificación del Tráfico, las cuales están orientadas a desincentivar el uso de vehículos en zonas de alto valor cultural, estableciendo un tope máximo de velocidad de 30 km/h. De igual forma, Plan de Acción del Plan Integral de Movilidad Urbana (Anexo 6, PIMU, 2017) en el punto 4.5.12.3, donde se describen los proyectos de dotación de infraestructura vial para la movilidad interurbana, se estipula un proyecto de Ampliación de la Vía al Mar, la cual contempla la construcción de una segunda

calzada de tráfico mixto y de carga, además de obras civiles y aceras peatonales en ambos costados de la vía, en un horizonte temporal de 1 a 4 años.



Figura 2. Congestión vehicular Avenida 6, el hundimiento carrera 1, Avenida 4 Oeste.

Fuente: 3 fotos propias, 1 Web tu barco.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, es preciso realizar un análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali en el modo vehicular autos, con las cuales se puedan generar resultados de los niveles de servicio (NDS) que ofrecen las vías del sector, con las cuales se puedan tomar decisiones futuras para el mejoramiento de la movilidad.

3.JUSTIFICACION

Las personas para desplazarse en procura de satisfacer sus necesidades de trabajo, estudio, recreación, etc., dentro y fuera de la ciudad, producen una gran cantidad de viajes para desarrollar estos traslados, para los cuales los individuos de manera voluntaria y racional toman decisiones entre las diferentes alternativas que poseen, escogiendo entre la utilización de transporte público, el uso de vehículo particular, la motocicleta o el viaje a pie, teniendo en cuenta, entre otros, aspectos como su condición socio-económica, los costos de transporte, la longitud de los desplazamientos, la calidad del servicio y el tiempo de viaje.²

Cifras de Cali como vamos a 2017 muestran como la mayoría de los ciudadanos de la ciudad de Santiago de Cali se moviliza en transporte público (bus, buseta, colectivos, taxis, sistema de transporte masivo – MIO y transporte no formal), adicionalmente encuestas de percepción ciudadana muestran que el 53% de los caleños que se movilizan frecuentemente por la ciudad se toman más tiempo en sus desplazamientos que en el año anterior, tal como se puede observar en la figura siguiente:

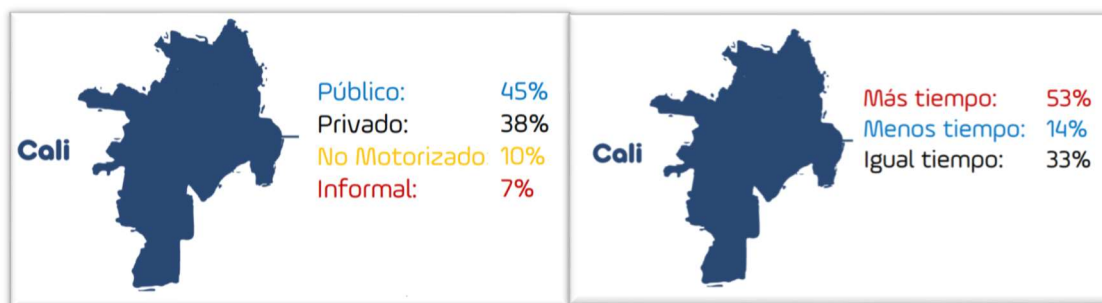


Figura 3. Medios de transporte utilizado por los caleños y percepción tiempo de recorrido

Fuente: Cali como vamos 2017

Por lo tanto, se desea hacer un análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, que contribuya a la correcta identificación de las variables de flujo vehicular que apoyen el análisis y caracterización de los niveles de servicio de la zona, para tal fin se analizan diferentes tipos de técnicas y métodos que contribuyen en el análisis, procesamiento y representación de este tipo de información.

² Juan Carlos Orobio, Secretario de Movilidad, Junio 2017, Secretaria de Movilidad de Santiago de Cali.

De esta forma surgen las técnicas basadas en procesos de modelación, simulación y análisis geográfico, los cuales tienen en cuenta los factores predominantes de la red vial con las condiciones actuales de la misma. Este tipo de técnicas son una herramienta de gran utilidad que permite una adecuada representación de los datos tomados en campo para la posterior creación de proyectos. Los análisis de esta información se realizan a través de diferente software especializados los cuales ayudan en el procesamiento, representación, cuantificación y análisis de información.

4.OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar desde la componente cartográfica, la variable velocidad del recorrido, específicamente en el modo de transporte autos, de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar los recorridos a realizar en la zona Centro - Oeste, para el posterior levantamiento de información.
- Caracterizar la zona de estudio desde las variables velocidades y tiempos de recorrido, para que éstas puedan ser analizadas debidamente.
- Generar una representación cartográfica que permita identificar y analizar las velocidades, tiempos de recorrido y volúmenes de tránsito.

5 MARCO CONCEPTUAL

Para analizar la movilidad en una vía o sector determinado, es necesario hacer uso de varias definiciones, y aplicarlas de forma correcta a la hora de interpretar los resultados que generan el estudio. A continuación, se describirán brevemente algunos de los términos a emplear a lo largo del estudio:

5.1 MOVILIDAD

Es una variable de tipo cuantitativa que contribuye a la medición de la cantidad de viajes que las personas hacen, teniendo en cuenta el tiempo, la ubicación y el medio. Por movilidad se entiende el conjunto de desplazamientos, de personas y mercancías, que se producen en un entorno físico. Cuando hablamos de movilidad urbana nos referimos a la totalidad de desplazamientos que se realizan en la ciudad.

5.2 ACCESIBILIDAD

Término frecuentemente empleado para designar el grado, la facilidad de acceso a un punto, en términos de distancia, tiempo o costo.

5.3 CONECTIVIDAD

Se encuentran directamente relacionadas con las ideas de unión, enlace, interrelación o conexión entre dos puntos o más

5.4 CONGESTIÓN VEHICULAR

La movilidad es un tema de interés pues todos los días se debe convivir con ella, las ciudades modernas enfrentan varios problemas relacionados con la movilidad, siendo el principal de ellos la congestión vehicular. La palabra congestión en cuanto al término de tránsito vehicular, se refiere a la circulación lenta y demorada de los vehículos que va creciendo en forma exponencial.

5.5 VELOCIDAD

Se puede definir de modo general la velocidad como la relación existente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo, y suele expresarse en km/h. Particularmente, sin embargo, existen otros conceptos más precisos:

- Velocidad puntual: es la velocidad de un vehículo al pasar por una sección.
- Velocidad instantánea: es la velocidad de un vehículo en un momento determinado.
- Velocidad de recorrido de un vehículo: es la velocidad media conseguida por el vehículo al recorrer un tramo dado de carretera.
- Velocidad de circulación de un vehículo: es la velocidad media descontando las paradas completas.
- Velocidad media temporal: es la velocidad media de todos los vehículos que pasan por un perfil fijo de la carretera durante un cierto periodo de tiempo.
- Velocidad media espacial: es la velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo de carretera dado.
- Velocidad media de recorrido: es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

5.6 CORRIENTES VEHICULARES

5.6.1 Circulación continua:

Es cuando el tránsito circula normalmente sin interrupciones, ya que no hay elementos de control y los vehículos solo se detienen por interacción vehicular y por motivos ajenos al tránsito, tales como cobro de peajes, entre ellas encontramos las autopistas y las carreteras de dos carriles.

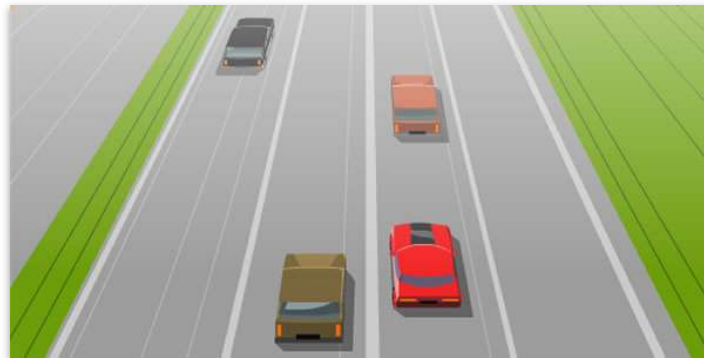


Figura 4. Circulación continua.

5.6.2 Discontinua

La forma normal de transitar requiere detenciones más o menos frecuentes, impuestas por la regulación de tránsito, así como sucede en las arterias y vías urbanas.

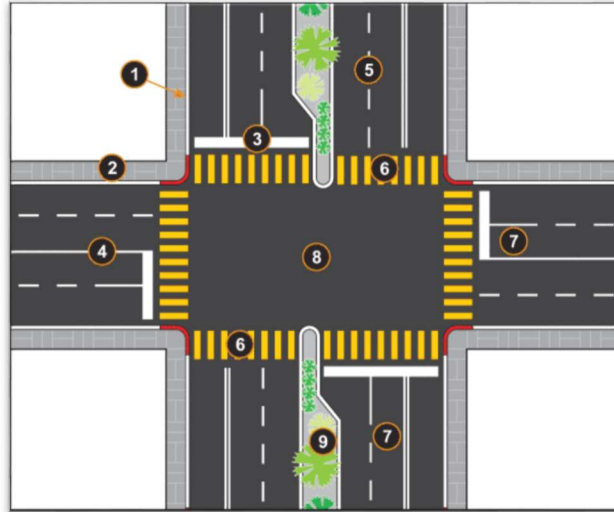


Figura 5. Circulación discontinua.

5.6.3 Pelotón, cóncava o columna:

Es el conjunto de vehículos que se siguen unos a otros y que avanzan juntos por un carril de la calzada.



Figura 6. Pelotón

5.6.4 Cola

Es la hilera de vehículos detenidos o casi detenidos, a diferencia del pelotón que es una hilera de vehículos en movimiento, en pelotón puede convertirse en cola o viceversa.



Figura 7.Cola

5.7 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Es un sistema de información que es utilizado para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar y obtener datos referenciados geográficamente o datos geoespaciales, a fin de brindar apoyo en la toma de decisiones sobre planificación y manejo del uso del suelo, recursos naturales, medio ambiente, transporte e instalaciones urbanas entre otros.

5.8 NIVELES DE SERVICIO (NDS)

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Este es determinado por los factores internos y externos, los internos correspondan variaciones en la velocidad, el volumen, composición del tránsito, etc. Dentro de los factores externos encontramos las características físicas, como son los anchos de carril, geometría de la intersección, entre otros. Este tipo de indicador establece una caracterización basada en las letras de la "A" a la "F", donde cada una de estas corresponde a:

- Nivel de servicio A: La mayoría de los vehículos llegan en la fase verde, reducen velocidades, pero no se detienen del todo.
- Nivel de servicio B: Algunos vehículos comienzan a detenerse.
- Nivel de servicio C: El tránsito es regular y algunos ciclos comienzan a presentar demoras.
- Nivel de servicio D: Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito, llegadas en rojo o longitudes de Nivel límite aceptable de demoras.
- Nivel de servicio E. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones flujo y capacidad muy altos.
- Nivel de servicio F: Los flujos exceden la capacidad de la intersección, esto ocasiona congestión y operación saturada.

5.9 DEMORAS PROMEDIO POR VEHÍCULO

Está directamente relacionado con el tiempo que pierde un vehículo detenido en un punto debido a las condiciones del tránsito y los dispositivos de regulación, generalmente este indicador es medido en segundos/vehículo. A su vez existen diferentes tipos de demoras las cuales están directamente relacionadas con la información con que cuenta el analista y el contraste de datos que se desee realizar; estas se dividen en:

- Demoras Fijas: Son causadas por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.
- Demoras Operacionales: Son causadas por la presencia e interferencia de otros vehículos.
- Demoras de tiempo parado: Se refiere al momento en el cual el vehículo no está en movimiento.
- Demoras de tiempo de viaje: Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta.

6 MARCO TEORICO

Para analizar la movilidad en una vía o sector determinado, es necesario hacer uso de varias definiciones, y aplicarlas de forma correcta a la hora de interpretar los resultados que generan el estudio. A continuación, se describirán brevemente algunos de los términos a emplear a lo largo del estudio:

6.1 VELOCIDADES

6.1.1 VELOCIDAD EN GENERAL

En general, el termino velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h).

Para cada caso de una velocidad constante, esta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

v = *velocidad constante (kilometros por hora)*

d = *distancia recorrida (kilometros)*

t = *tiempo recorrido (horas)*

6.1.2 VELOCIDAD DE PUNTO

Tal como se ilustra en la figura 8, *la velocidad de punto* de un vehículo i , es la velocidad v_i a su paso por un determinado punto o sección transversal de una carretera o de una calle.

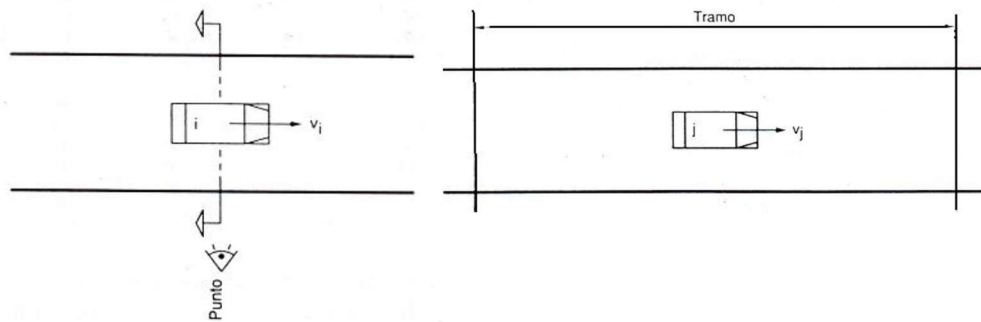


Figura 8. Velocidad de punto

6.1.3 VELOCIDAD INSTANTANEA

De acuerdo con la figura 9, la *velocidad instantánea* de un vehículo j , es la velocidad v_j cuando se encuentra circulando a lo largo de un tramo de una carretera o de una calle en un instante dado.



Figura 9. Velocidad instantánea.

6.1.4 VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL

Es la media aritmética de las *velocidades de punto* de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto. Para datos de velocidades de punto no agrupados, matemáticamente la *velocidad media temporal* se define como:

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

Donde:

V_t = velocidad media temporal

V_i = velocidad de punto del vehículo i

n = numero total de vehiculos observados en el punto o tamano de la muestra

6.1.5 VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL

Es la media aritmética de las *velocidades instantáneas* de todos los vehículos que un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades instantáneas. Para datos de velocidades instantáneas no agrupados, matemáticamente la *velocidad media espacial* se define como:

$$V_e = \frac{\sum_{j=1}^m v_j}{m}$$

Donde:

V_e = velocidad media espacial

V_j = velocidad instantanea del vehículo j

m = numero total de vehiculos observados en el tramo o tamano de la muestra

Para un espacio o distancia dados, la *velocidad media espacial* también se puede calcular dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en recorrerla. Esto es:

$$V_e = \frac{d}{t}$$

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

Donde:

d =distancia dada o recorrida

t =tiempo promedio de recorrido de los vehículos

t = tiempo empleado por el vehículo i en recorrer la distancia d

6.1.6 VELOCIDAD DE RECORRIDO

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, *la velocidad media del recorrido* es la suma de sus distancias recorridas dividida por la suma de los tiempos totales de viaje.

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas; ya sea una con otra, o bien, en una misma ruta cuando se han realizado cambios, para medir los efectos.

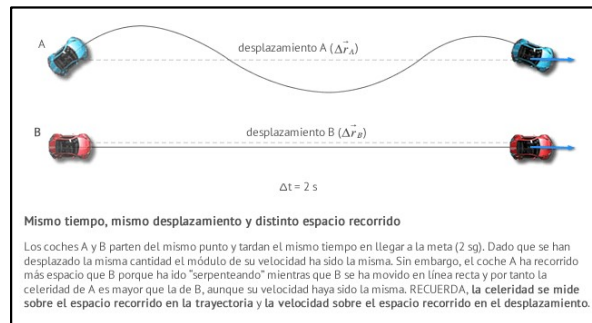


Figura 10. Velocidad de recorrido

6.1.6.1 Estudios de Velocidad de Recorrido

Para determinar la velocidad de recorrido es necesario tener los tiempos de recorrido, los que a su vez están asociados con las demoras. Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son: evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito. La calidad del flujo se mide por las velocidades de recorrido y de marcha. En el momento del estudio se miden los tiempos de recorrido y los tiempos de detención en cada uno de los tramos; los cuales son convertidos posteriormente a medidas de velocidad. Para tal efecto se acostumbra utilizar el método del vehículo de prueba o vehículo flotante.

La información de las demoras se registra cuando el flujo de tránsito es detenido o forzado. Para un recorrido la duración de las demoras de tránsito es detenido o

forzado. Para un recorrido la duración de las demoras del tránsito se mide en unidades de tiempo, anotando el lugar en que ocurren, causa y frecuencia de las mismas. Las demoras pueden ser determinadas para recorridos a lo largo de una ruta, durante un día y hora de la semana específicos, así como en lugares seleccionados, donde existan serios problemas de tránsito.

Para el caso de rutas, los resultados de los estudios de tiempos de recorridos y demoras, son útiles en la evaluación general del movimiento del tránsito, dentro de un área o a lo largo de rutas específicas. Con estos datos se pueden identificar los lugares conflictivos, donde el proyecto y las mejoras operacionales pueden ser esenciales para incrementar la seguridad y la movilidad.

6.1.7 VELOCIDAD DE LA MARCHA

Para un vehículo, la *velocidad de la marcha o velocidad de crucero*, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total del recorrido, todo aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa asociada a la operación del tránsito. Por lo tanto, esta velocidad, por lo general, será superior a la de recorrido.

6.2 INDICADORES DE MOVILIDAD

6.2.1 NIVELES DE SERVICIO

Los niveles de servicio son un tipo de indicador que están basados principalmente en la densidad del tránsito, los mismos pueden estar dados por diversos tipos de factores como lo son: la velocidad, las demoras y la relación v/c entre otros. Entre los parámetros que afectan a los niveles de servicio se encuentran la calidad de la coordinación de semáforos, los tiempos de semáforos y la capacidad de la vía.

El grado de movilidad del sistema arterial urbano principal y secundario, se da en términos de la velocidad de recorrido o de viaje, para el tránsito de paso. La velocidad de los vehículos en vías urbanas está influenciada por tres factores principales: el uso del suelo y actividades laterales, la interacción entre los vehículos y el tipo de dispositivos de control existentes. Como resultado de estos factores, también se afecta la calidad del servicio de la operación vehicular en ellas.

El medio ambiente circundante alrededor de una determinada vía, afecta la posibilidad que tiene un conductor en seleccionar determinada velocidad. Cuando la interacción entre los vehículos es mínima, o sea cuando existen muy bajos volúmenes de tránsito, la velocidad escogida por un conductor promedio es conocida como velocidad a flujo libre, la cual solo se verá afectada por las velocidades límites impuestas, que para la ciudad de Cali no debe sobrepasar los 60 Km/h.

No siempre los vehículos pueden circular a la velocidad a flujo libre. La mayoría de las veces, sobre todo en períodos pico, la presencia de otros vehículos, restringe la velocidad de un vehículo en movimiento, debido a las diferencias de velocidades entre los vehículos o como resultado de desaceleraciones o aceleraciones ante la presencia de otros dispositivos de control, como por ejemplo los semáforos. Por lo tanto, las velocidades de los vehículos tienden a ser menores que la velocidad a flujo libre durante condiciones de volúmenes vehiculares moderados y altos.

En este sentido, la velocidad que caracteriza estas circunstancias se conoce como velocidad de recorrido o de viaje, la cual, para un tramo determinado se calcula como la longitud del tramo dividido por el tiempo de recorrido o viaje. El tiempo de recorrido es el tiempo que toma el vehículo en atravesar dicho tramo incluyendo todo tipo de demoras operacionales (como caídas de velocidad o detenciones momentáneas).

Por tal razón se consideró pertinente analizar este tipo de indicadores en función de las demoras por vehículo presentadas en cada uno de los arcos de la red vial. A continuación, se dan a conocer los umbrales que se manejaron en función de las velocidades en los diferentes arcos de la red. Dichos umbrales fueron tomados de las consideraciones realizadas por (Sever, 2010) en el Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras*). En el cual definen los parámetros de medición teniendo en cuenta las características de la intersección.

La Figura 11, corresponde a la Tabla 15.2, relacionada en el Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras, 2010*), esta clasifica los niveles de servicio (NDS) según el tipo de vías al cual pertenecen. Lo cual hace posible realizar una asociación en función de la velocidad con la que transitan cada uno de los vehículos.

EXHIBIT 15-2. URBAN STREET LOS BY CLASS

Urban Street Class	I	II	III	IV
Range of free-flow speeds (FFS)	90 to 70 km/h	70 to 55 km/h	55 to 50 km/h	55 to 40 km/h
Typical FFS	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
LOS	Average Travel Speed (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	> 26-32	> 21-26	> 17-22	> 14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Figura 11. Caracterización de los NDS según los tipos de vías.

Fuente: Sever, (HCM) – 2010

A su vez en la Figura 12, se presenta la Tabla 10.3, del Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras*, 2010), la cual establece que las clases II y III corresponden a vías arterias principales suburbanas y suburbanas intermedias, lo cual se ajusta a las condiciones y características encontradas en la ciudad de Cali. A partir de dicha analogía se construye la Tabla 1 la cual se realiza a partir de las tablas mencionadas con anterioridad complementando y clasificando los niveles de servicio en cada uno de los arcos de la red vial en función de la velocidad del tramo.

EXHIBIT 10-3. URBAN STREET CLASS BASED ON FUNCTIONAL AND DESIGN CATEGORIES

Design Category	Functional Category	
	Principal Arterial	Minor Arterial
High-Speed	I	N/A
Suburban	II	II
Intermediate	II	III or IV
Urban	III or IV	IV

Figura 12. Caracterización de los diferentes tipos de vías.

Fuente: Sever, (HCM) - 2010.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

VÍA PRINCIPAL	VÍA SECUNDARIA	NDS
59	50	A
46	39	B
33	28	C
26	22	D
21	17	E
16	1	F

Tabla 1. Caracterización de los NDS según las demoras para intersecciones no señalizadas.

Fuente: Sever, (HCM) - 2010.

7 MARCO DE REFERENCIA

Dentro de las actividades para fomentar el desarrollo en las diferentes regiones y municipios a nivel mundial, la construcción de vías e intersecciones ha sido a lo largo de los años un factor primordial para lograrlo, y para este fin, los estudios previos son indispensables, ya que estos dependen la buena ejecución de los mismos.

Estudio de Movilidad y Accesibilidad en la Comuna 22 el Municipio de Santiago de Cali. Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2016). Este estudio fue realizado entre los meses de septiembre y diciembre del año 2016, en el cual se analizó el comportamiento vehicular existente en la Comuna 22. En este estudio se analizaron los siguientes indicadores: velocidades, ocupación vehicular y volúmenes vehiculares. A su vez se analizó el impacto que se genera sobre la red al incluir obras de infraestructura vial proyectadas por POT 2014 y Grupo PIMU.

Análisis Integral de la Red de Infraestructura Vial para la Movilidad Motorizada en el Municipio de Santiago de Cali. Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2015). Este estudio fue realizado entre los meses de octubre y diciembre del año 2015, en el cual se analizó el comportamiento vehicular existente en el Municipio de Santiago de Cali, analizando diferentes tipos de indicadores de movilidad como son: velocidades de recorrido, volúmenes vehiculares y el análisis de jerarquización vial entre otros.

Cárdenas (Cárdenas, 2010) realizó para Planeación Municipal de la ciudad de Cali un estudio de tránsito de los accesos a la ciudad de Cali, entre los cuales se encuentra la vía Cali-Jamundí. Con este estudio se logró observar las horas pico de los aforos realizados para los dos sentidos, la composición de los vehículos y los volúmenes de tránsito.

Martínez (2008) realizó para Planeación Municipal de la ciudad de Cali un estudio para la comuna 22 en el sur de Cali en el que se observa la situación actual de la vía en el momento del estudio como las condiciones físicas, la prestación del servicio, la responsabilidad de la vía que es Interregional y la entidad encargada de su mantenimiento que es el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en una parte y en la otra del municipio de Santiago de Cali debido a que hacer parte del perímetro urbano.

Por otro lado *Palomares y García, (2008)*, afirma que los cambios generados en la movilidad están directamente relacionados con el proceso de transformación, el cual genera espacios discontinuos, dispersos y fragmentados provocando un aumento

en el uso del vehículo privado. Sin embargo, para el caso de los niveles de accesibilidad se considera que el crecimiento poblacional es un factor predominante en la disminución de los mismos por estar directamente relacionado con la creación de unidades de vivienda, provocando así que los desplazamientos no puedan darse de manera lineal *Eggermond et.al,(2016)*.

La importancia de estos análisis se fundamenta en la necesidad de contar con parámetros básicos para la buena ejecución del proyecto “ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS”; dicho proceso se realiza empleando el método convencional de tipificar la red y seleccionar corredores representativos de la red principal y secundaria de la zona centro-oeste asociada a la infraestructura vial y sobre ellos hacer medidas de tiempos y velocidades a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón del modo motorizado, empleando un dispositivo GPS; para obtener velocidades promedias en tramos viales sobre la zona de estudio; para obtener como resultado las áreas que poseen mayores deficiencias en cuanto a movilidad y accesibilidad se refiere.

8 METODOLOGIA

Se emplea el método convencional de tipificar la red y seleccionar corredores representativos de la red principal y secundaria asociada a la infraestructura vial y sobre ellos hacer medidas de tiempos y velocidades a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón, empleando un dispositivo GPS a través de un aplicativo llamado **MAP MY TRACKS**. El GPS envía pulsaciones cada cierto tiempo, con lo cual se tienen datos de posicionamiento del vehículo en tiempos determinados y se puede establecer por tanto la velocidad con la que circula dicho vehículo. Las grandes ventajas de este método es que se puede conseguir una velocidad promedio de los vehículos que circularon por la red, Adicional a esto, este método permite obtener datos directos del geoposicionamiento de la red vial, de manera que se pueden verificar los diferentes arcos de la malla vial.

La metodología contempla hacer una representatividad de la zona de estudio, es decir, se tendrán en cuenta algunos de los corredores de la red vial principal y secundaria que se encuentren dentro de la zona de estudio de Santiago de Cali por donde circulan los automóviles en el periodo hora pico de la mañana. Esta hora pico se selecciona de información secundaria de estudios anteriores.

En la figura 13, que se muestra a continuación se muestran los datos generados del aplicativo **MAP MY TRACKS** en formato **GPX** por el dispositivo GPS. Estos datos permiten definir los tiempos de recorridos sobre los tramos viales; que posteriormente nos servirán para calcular las velocidades promedios en los recorridos.

#	Date/time	Leg length (m)	Speed (km/h)	Heading	Coordinates	Elevation (m)
1	25/04/2018 7:14:53 a. m.	0,0	0,0	0°	3,448138°, -76,545194°	1.086
2	25/04/2018 7:14:54 a. m.	8,0	28,8	94°	3,448133°, -76,545122°	1.085
3	25/04/2018 7:14:55 a. m.	8,3	29,9	98°	3,448122°, -76,545048°	1.084
4	25/04/2018 7:14:56 a. m.	8,0	29,0	97°	3,448113°, -76,544976°	1.083
5	25/04/2018 7:14:57 a. m.	7,2	26,0	94°	3,448109°, -76,544911°	1.084
6	25/04/2018 7:14:58 a. m.	6,3	22,8	87°	3,448112°, -76,544854°	1.083
7	25/04/2018 7:14:59 a. m.	5,6	20,2	82°	3,448119°, -76,544804°	1.082
8	25/04/2018 7:15:00 a. m.	5,3	18,9	83°	3,448125°, -76,544757°	1.082
9	25/04/2018 7:15:01 a. m.	4,5	16,1	84°	3,448129°, -76,544717°	1.081
10	25/04/2018 7:15:02 a. m.	3,6	12,8	88°	3,448130°, -76,544685°	1.081
11	25/04/2018 7:15:03 a. m.	2,2	8,0	87°	3,448131°, -76,544665°	1.081
12	25/04/2018 7:15:04 a. m.	1,7	6,1	79°	3,448134°, -76,544650°	1.081

Figura 13. Datos GPX generados por el aplicativo con el dispositivo GPS.

Fuente: Elaboración propia, 2018

El número de recorridos y periodo se adopta siguiendo las recomendaciones del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

Para este estudio análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali; la secretaria de movilidad y tránsito no nos reciben información levantada los días lunes, ni los días viernes; es decir, que para la ejecución de este proyecto solo pudimos levantar información los días martes, miércoles y jueves; dentro de la franja de la hora pico de la mañana.

Para el cálculo de las velocidades; debemos de depurar la información y mirar si el levantamiento de la información está en óptimas condiciones para ser utilizada, de no ser así se debe de programar la repetición de toma de información en campo; los recorridos generan información en formato GPX el cual debe ser convertido CSV para después utilizar una rutina con lenguaje de programación en python, la cual nos va a generar los tiempos entre nodos sobre nuestro recorridos, para posteriormente asociar esos nodos a nuestros tramos viales para el cálculo posterior de velocidades promedios del recorrido por tramos.

Es de suma importancia saber que antes de realizar lo dicho anteriormente se debe adoptar las propiedades del punto del recorrido más cercano para crear nuestros nodos. Inicialmente se crea una zona de influencia de 10 metros para cada intersección, al intersecar los recorridos del GPS con el área de influencia se obtendrán diferentes valores, los cuales se analizan a través de una tabla de proximidad y finalmente se atribuyen sus propiedades a la intersección. A continuación, en la figura 14 se muestran la determinación de los puntos más cercanos a cada intersección, se toma con ejemplo el recorrido de la ruta 6 con sus respectivas dos muestras de campo.

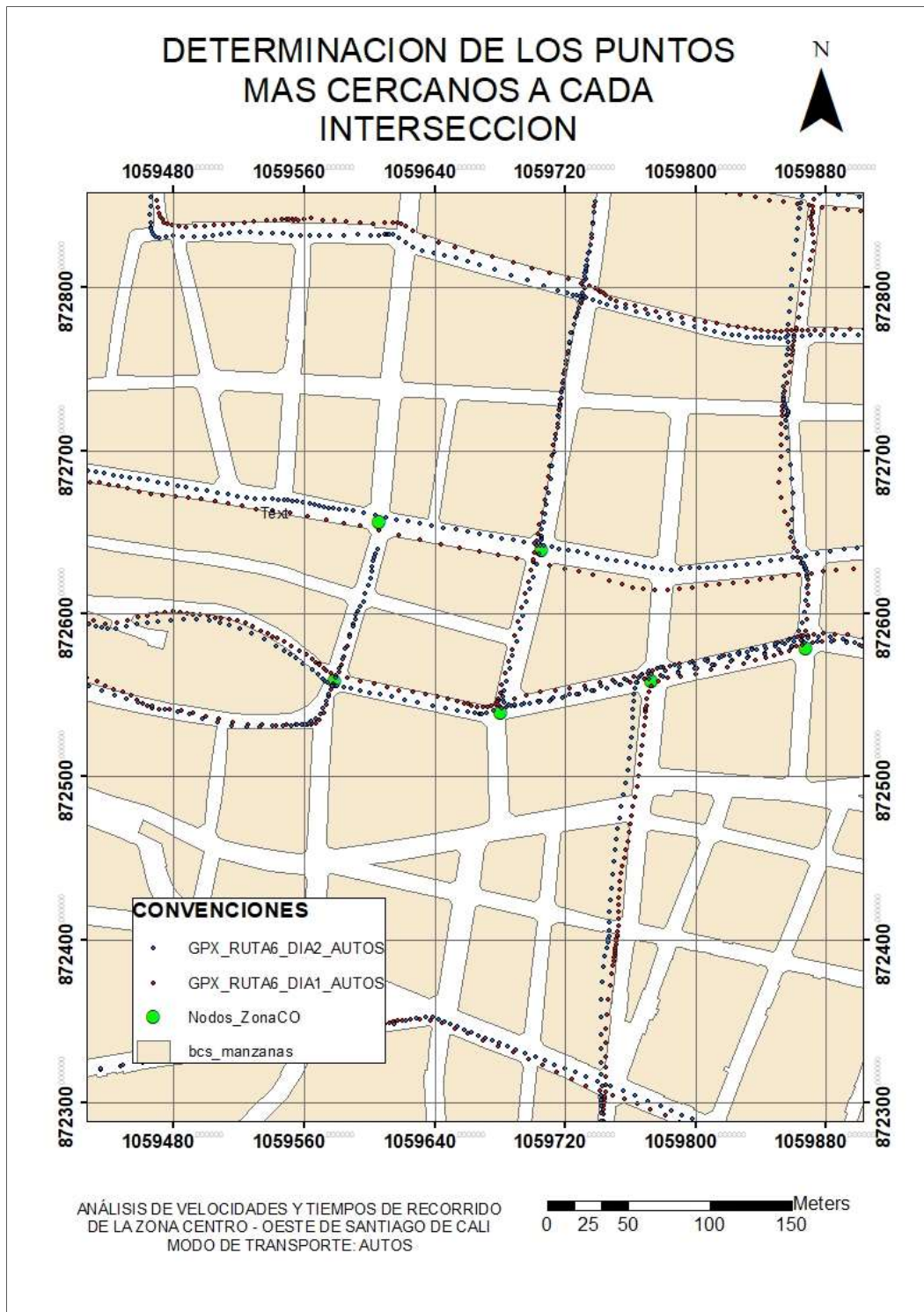


Figura 14. Determinación de los puntos de referencia.

Fuente: Elaboración propia, 2018

8.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio abarca algunos de los sectores de las comunas 1, 2, 3, 9 y 19 al centro oeste de la ciudad de Santiago de Cali, cuyas zonas comprende alrededor de 27 barrios. En esta zona converge una variedad de estratos socioeconómicos, zonas comerciales, educativas, residenciales y recreativas.

La zona de estudio, Zona Centro - Oeste, se muestra en la figura 15 siguiente:

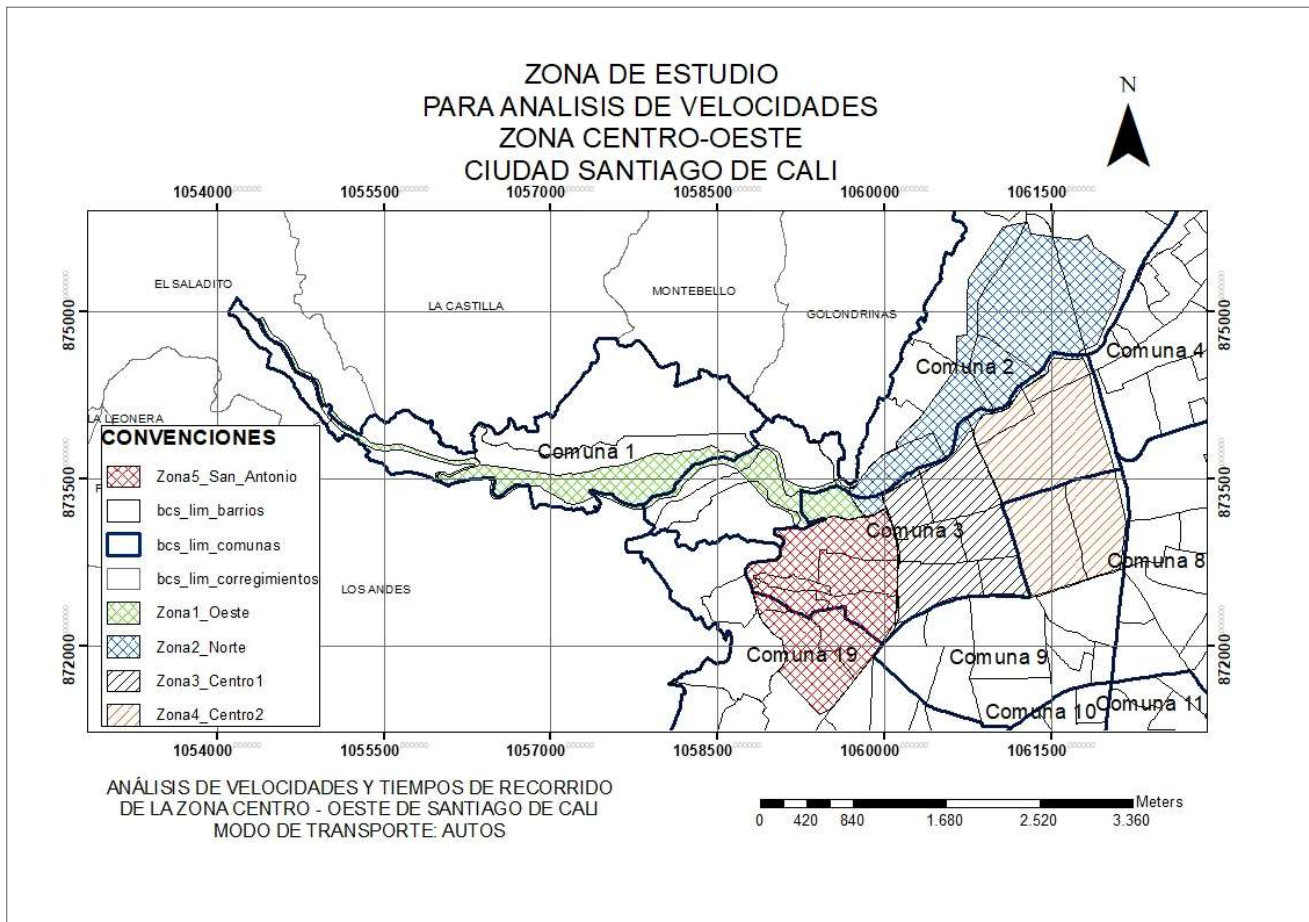


Figura 15. Identificación de la Zona de Estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

8.2 SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

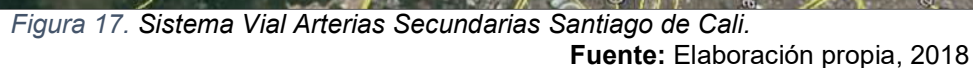
El GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TRANSITO, TRANSPORTE Y VÍAS – GITTIV escuela de ingeniería civil y geomática facultad de ingeniería universidad del valle; ha suministrado toda la información base para el desarrollo de proyecto. Dicha información contemplo básicamente la base digital de la ciudad de Santiago de Cali como son: la red vial, manzanas, barrios, comunas, perímetro urbano, perímetro rural, corregimientos y demás archivos que se implementaron. Las fuentes de dicha información son: Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Metro Cali S.A. y de estudios previos de la Universidad del Valle.

Por otro lado, se tomó de base para el desarrollo de este proyecto la metodología adoptada para el cálculo de velocidades por tramos, en el estudio de Análisis Integral de la Red de Infraestructura Vial para la Movilidad Motorizada en el Municipio de Santiago de Cali³. *Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2015)*. Este estudio fue realizado entre los meses de Octubre y Diciembre del año 2015, en el cual se analizó el comportamiento vehicular existente en el Municipio de Santiago de Cali, analizando diferentes tipos de indicadores de movilidad como son: velocidades de recorrido, volúmenes vehiculares y el análisis de jerarquización vial entre otros.

El grupo consultor define realizar el estudio en la jornada de la mañana exactamente entre el periodo de las 6:45am a 8:15am (LA HORA DE TOMA) ya que en general, se analiza el pico de la mañana porque corresponde al viaje critico de las personas y se conectan en una dirección. En la tarde puede haber mayor volumen simultaneo por viajes no basados en el hogar, pero está distribuido en todos los sentidos y es menos crítico para efectos de capacidad. Lo mejor es analizar todos los periodos, pero por limitación de recursos se prefiere el pico de la mañana por estar asociado al extremo del viaje que mueve la economía.

³ CONTRATO INTERADMINISTRATIVO 4132.0.27.1.03 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL – UNIVERSIDAD DEL VALLE -GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TRANSITO, TRANSPORTE Y VÍAS – GITTIV ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMATICA.

La zona de estudio está conformada por la red de vías arterias principales y red de vías arterias secundarias, conforme con el POT 2014. En la figura 16 y 17, se identifican las vías de los dos (2) sistemas.



- **Periodo de Observación.** Se define una (1) hora como periodo de observación, es decir; la hora pico de la mañana entre 7:00am – 8:00am oscilando 15 minutos antes y después de la hora pico, para la recolección de información para el cálculo de velocidades.
- **Días de toma de Información:** Para que esta información sea utilizada e implementada en estudios posteriores los días de toma información son los martes, miércoles y jueves.
- **Tamaño de la muestra.** El número de recorridos para cada vía por modo y periodo se adopta siguiendo las recomendaciones del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

A continuación, se muestra la Tabla 2, del manual de estudios de ingeniería de tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

Intervalo promedio de la velocidad de recorrido (km/h)	Número mínimo de recorridos para un error permisible específico				
	+ - 2,0 km/h	+ - 3,5 km/h	+ - 5,0 km/h	+ - 6,5 km/h	+ - 8,0 km/h
5,0	4	3	2	2	2
10,0	8	4	3	3	2
15,0	14	7	5	3	3
20,0	21	9	6	5	4
25,0	28	13	8	6	5
30,0	38	16	10	7	6

Tabla 2. Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempos de recorrido y demoras con un nivel de confiabilidad del 95 %.

Fuente: Fuente. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander

Para un estudio de tiempos de recorrido y demora, el tamaño de la muestra se basa en la necesidad de la información. Para la estimación de la velocidad media de recorrido y teniendo en cuenta que el propósito es para temas de planeación, el error permisible sugerido es +- 5,0 a +- 8 km/h.

Considerando una diferencia media de velocidades de 5 km/h, el número de recorridos seleccionado para el estudio es dos (2) tomas por modo de AUTOS. Sin embargo, el estudio prevé calcular la diferencia de velocidades entre las dos (2)

observaciones y si es el caso, ajustar con observaciones adicionales; en el caso que se presenten daños en la información de tipo recepción de datos con el dispositivo GPS.

En la siguiente tabla se manejan los posibles recorridos a ejecutar con distancias en la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali:

KILOMETROS DE RECORRIDO POR RUTAS PARA AUTOS			
RECORRIDO	IDA	REGRESO	TOTAL
RUTA1	11	11,9	22,9
RUTA2	5,22	3,71	8,93
RUTA3	5,11	4,19	9,3
RUTA4			9,85
RUTA5			15,8
RUTA6			14,3
RUTA7			16,2
RUTA8			11
RUTA9			7,65
RUTA10			7,89
RUTA11			8,31
TOTAL KM			132,13

Tabla 3. Recorrido para mediciones de velocidad.

Fuente: Elaboración propia, 2018

8.3.2 APLICATIVO PARA CAPTURA DE INFORMACIÓN DE VELOCIDAD MAP MY TRACKS

Se emplea aplicaciones que funcionan a través de GPS para un registro de localización geográfica, distancia, velocidad puntual y tiempo. A continuación, una descripción detalla de esta aplicación:

Es una aplicación en forma de red social, donde convierte tu teléfono móvil en su dispositivo personal en tiempo real de seguimiento de GPS. Esta aplicación está disponible para celulares cuyo sistema operativo es IOS y Android. El uso de un teléfono móvil incorporado a un receptor de GPS externo puede asignar y realizar un seguimiento de su ubicación en tiempo real. Map My Tracks carga sus datos de seguimiento de GPS directamente a su registro de actividad personal en la web. Los recorridos realizados pueden ser privados para su propio uso o públicos de tal forma de que todos puedan acceder a estos.

A continuación, daremos una pequeña explicación de cómo se instala, se activa y se maneja esta aplicación:

- Para instalar el aplicativo, se entra a Play Store (En Android), y se busca: Map My Tracks. En donde posteriormente se descarga el aplicativo. El peso aproximado de esta aplicación es de 6,79 megas.
- Una vez finalice la instalación, se abre la aplicación y sale la pantalla inicial del aplicativo ver figura 18-izquierda y posteriormente para crear la cuenta de Map My Tracks correspondiente, se debió haber creado previamente una cuenta Gmail, la cual será asociada a esta cuenta creada, por cada usuario. Ya creadas las cuentas Gmail, se hace clic en Join Map My Tracks, y aparece una pantalla como la figura 18-derecha:

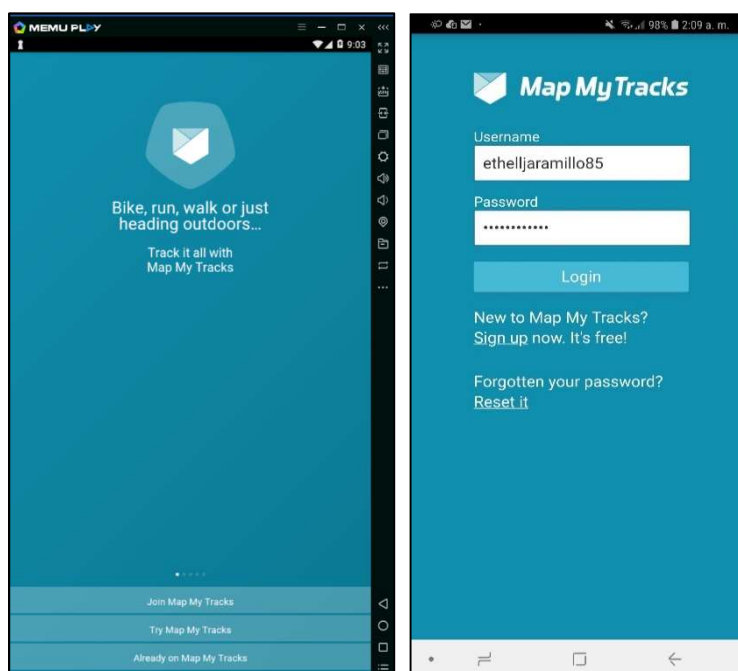


Figura 18. Pantalla inicial MMT y Pantalla de inicio MMT.

Fuente: Elaboración propia, 2018

A continuación, se muestran las cuentas por usuario utilizados por los aforadores para hacer los recorridos de Autos:

No.	Nombre	Cuenta	login MMT	Modo
1	John Jairo Vergara	johnj.vergara83@gmail.com	johnjvergara83	Auto
2	Armando Quiñones	arman.quinones71@gmail.com	armanquinones71	Auto
3	Ethell Alejandra Jaramillo	ethell.jaramillo85@gmail.com	ethelljaramillo85	Auto

Tabla 4. Lista de Aforadores con sus respectivas cuentas de MMT.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Una vez se terminen de diligenciar los datos, en conjunto con la contraseña elegida, se hace clic en **Register**. Una vez creadas las cuentas, en la Pantalla inicial (mostrada anteriormente), se hace clic en **Already on Map My Tracks** y ahí aparecerá la pantalla de logueo. Una vez introducidos los datos correspondientes, se hace clic en **Login**. Y aparecerá la **Pantalla Principal**. Para utilizar el aplicativo por primera vez, se deben hacer varias configuraciones en la aplicación. Para hacerlas, se hace clic en las tres rayas que se encuentran en la parte superior izquierda de la pantalla mostrada en la figura 19, y aparece lo siguiente:

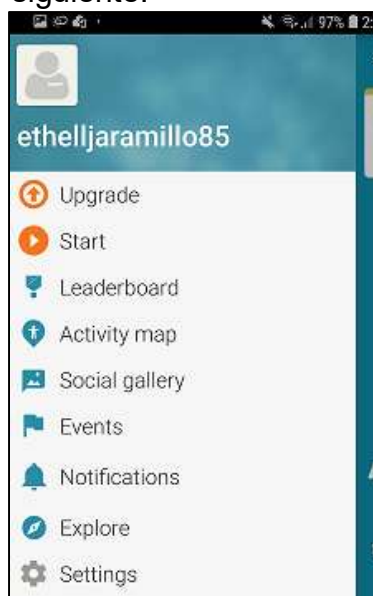


Figura 19. Pantalla principal MMT, aforador Ethell.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Para hacer las configuraciones respectivas, se hace clic en Settings y después hago clic en Display, y ahí aparecerá la siguiente figura 20. Ahí se configuran las unidades en Kilómetros, para que se muestre así en cada recorrido que se tome.

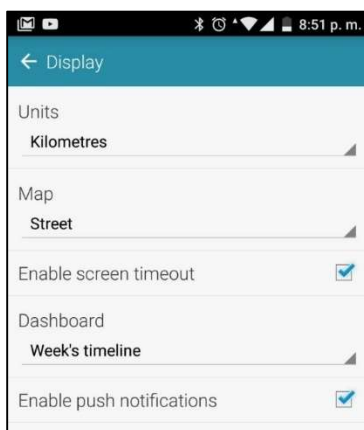


Figura 20. Pantalla principal MMT, aforador Ethell.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Luego, de la pantalla de configuración, seleccionamos Tracking y configuramos el apartado **Default activity** y lo colocamos de acuerdo con el modo que se vaya a realizar. Para autos, que es el modo vehicular que se está analizando, se coloca la opción **Driving**.

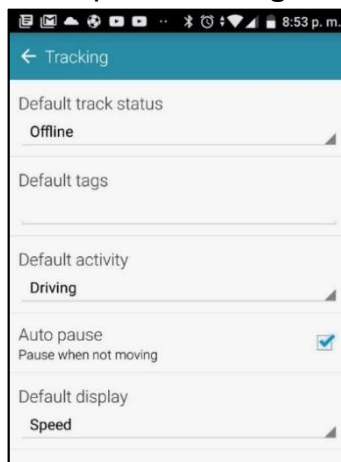


Figura 21. Pantalla principal MMT, aforador Ethell.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Una vez se tenga la configuración inicial, se regresa a la Pantalla Principal y se hace clic en el símbolo más verde que se encuentra en la parte inferior derecha. Ahí aparecerá la pantalla para iniciar la toma del recorrido. Es importante destacar que El Status debe decir **Ready**, lo cual indica que la señal de GPS está activa y lista para tomar información como se muestra a continuación:

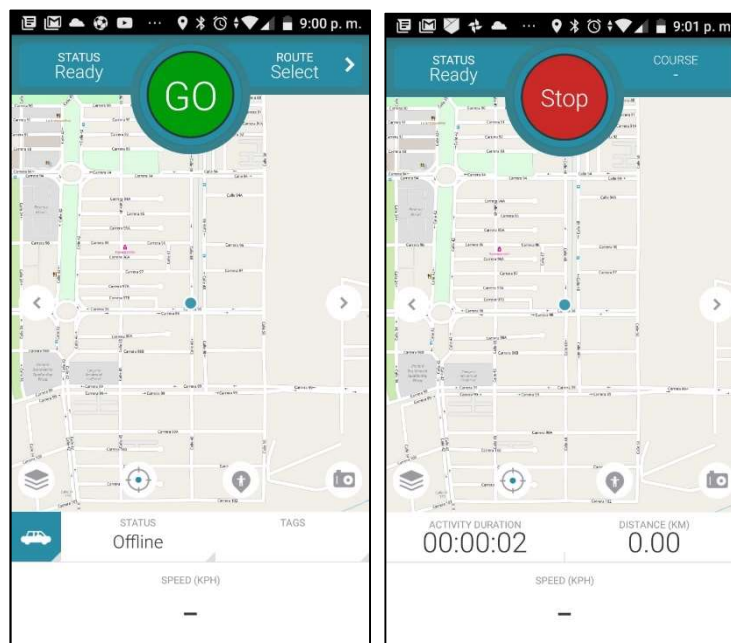


Figura 22. Señal de GPS activa para iniciar recorrido.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Una vez esté el Status en Ready, se hace clic en GO (Botón verde superior) para iniciar la toma del recorrido. Una vez se termine el recorrido, se debe hacer clic en Stop (Botón rojo superior). Cuando esto se realiza, aparecerá la figura 23 que es la pantalla de sincronización, ahí se hace clic en Public. Si se tiene conexión de datos, o se está conectado a una red wifi, los datos se sincronizarán con la cuenta web configurada del usuario.



Figura 23. Pantalla de sincronización.

Fuente: Elaboración propia, 2018

DESCARGA DE LA INFORMACIÓN

En los primeros tramos recolectados, se descargó directamente la información desde la Página Web. Se entra desde el navegador, por la URL: <http://www.mapmytracks.com/>. Aparece la siguiente pantalla:

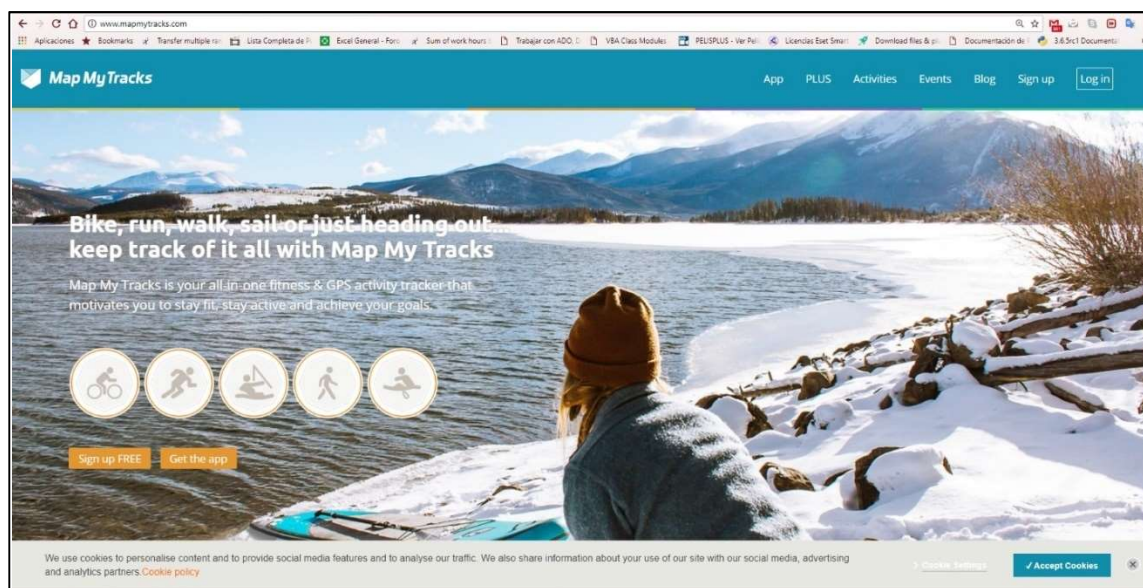


Figura 24. Página principal Map My Tracks.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- En la parte superior derecha, se hace clic en Login, para introducir la información correspondiente a la cuenta en Map My Tracks.

Figura 25. Ingreso a la cuenta del Map My Tracks.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- A continuación, en la pantalla principal, aparecen las rutas sincronizadas con el usuario. Para descargar el GPX asociado a cada recorrido tomado, se hace clic en cada ruta, que dentro del aplicativo Map My Tracks se denomina actividad. De forma preliminar, se muestra en la Página Web información de la ruta, como la distancia total en Kilómetros, el tiempo de duración del recorrido, la velocidad promedio del tramo, al igual el tiempo que se estuvo detenido en el tramo.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

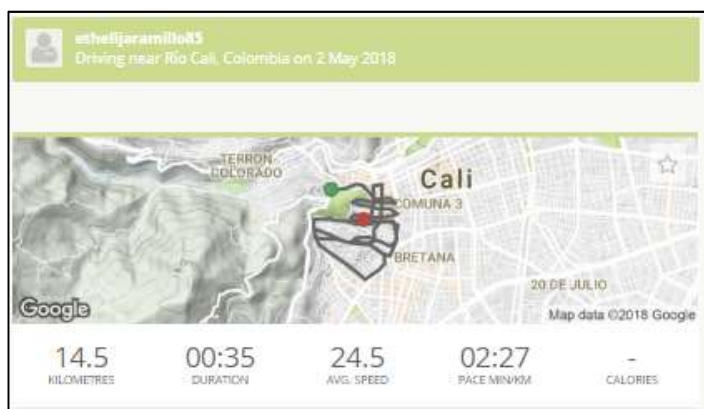


Figura 26. Rutas sincronizadas por el usuario ethelljaramillo85.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Al hacer clic en la actividad o ruta, se muestra la siguiente pantalla, donde hay más detalle sobre la ruta en cuestión.

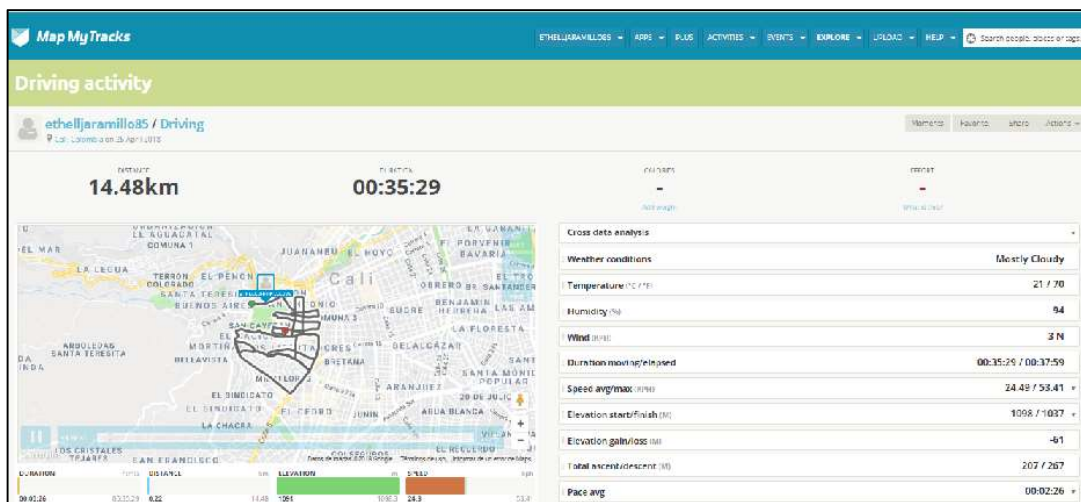


Figura 27. Actividad por recorrido del usuario ethelljaramillo85.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Para bajar la información correspondiente a la ruta (Archivo GPX), se hace clic en el botón Actions, que se encuentra en la parte superior derecha de la página web. Ahí, se selecciona la opción Export, escogiendo la opción de Archivo GPX.



Figura 28. Descarga de información formato GPX.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Nota: Un tiempo después de estar trabajando con la página web para la descarga de información, hubo un cambio de políticas del aplicativo, el cual no permitía hacer la descarga del archivo, a menos que se hiciese una suscripción mensual o anual a la plataforma, apareciendo el siguiente mensaje:



Figura 29. Cambio de políticas Map My Tracks.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Entonces se cambió de estrategia para realizar la descarga del archivo, a través del aplicativo móvil, de cada usuario. En la pantalla principal de este aplicativo móvil, en la parte inferior, hay un botón que se denomina **History**. Se hace clic en él: Al hacer clic, aparecen las rutas tomadas desde el dispositivo. Ahí, se hace clic en los tres puntos verticales que se encuentran en la parte superior derecha de la ruta, y se hace clic en Share, y luego en **Share with other apps**, para escoger la opción **Gmail** como se muestra a continuación:

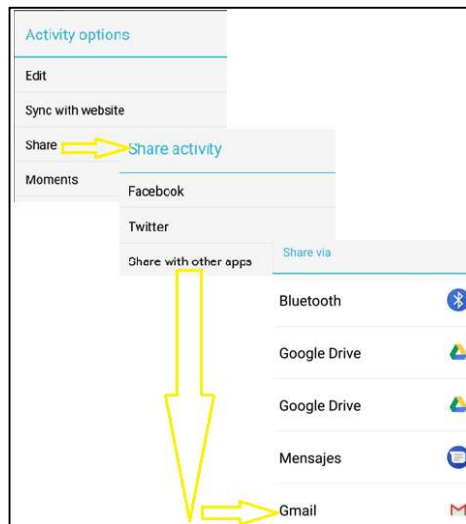


Figura 30. Descarga del archivo GPX a través del correo

Fuente: Elaboración propia, 2018

- De inmediato conectará con la cuenta Gmail asociada al teléfono, en donde aparecerá como archivo adjunto el GPX para descargar.

8.3.3 RECORRIDOS DE AUTOS

A continuación, se muestran las imágenes y tablas de los recorridos diseñados para el análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali para el modo vehicular autos:

➤ RUTA 1:



Figura 31. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta1.

Fuente: Elaboración propia, 2018

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 1	Avenida 6 Norte	Oriente - Occidente	CC Chipichape	Avenida 6 A Norte
	Avenida 6 A Norte	Oriente - Occidente	Calle 37 Norte	Calle 22 Norte
	Avenida 8 Norte	Oriente - Occidente	Calle 22 Norte	Calle 8 Norte
	Avenida 4 Norte	Oriente - Occidente	Calle 8 Norte	Avenida 1
	Avenida 4 Oeste	Oriente - Occidente	Avenida 1	Avenida 5 Oeste
	Avenida 6 Oeste	Oriente - Occidente	Avenida 5 Oeste	Reten forestal-Vía al Mar
	Avenida 6 Oeste	Occidente - Oriente	Reten forestal-Vía al Mar	Avenida 5 Oeste
	Avenida 4 Oeste	Occidente - Oriente	Avenida 5 Oeste	Calle 7 Oeste
	Carrera 1	Occidente - Oriente	Calle 7 Oeste	Calle 15 Norte
	Avenida 4 Norte	Occidente - Oriente	Calle 15 Norte	Calle 23 C Norte
	Avenida 3 Bis Norte	Occidente - Oriente	Calle 23 C Norte	Glorieta terminal

Fuente: Elaboración propia, 2018

RUTA 2 - AUTOS
RECORRIDOS ZONA CENTRO OESTE

Leyenda

- RUTA2
- Zona 1 - Oeste
- Zona 2 - Norte
- Zona 3 - Centro 1
- Zona 4 - Centro 2
- Zona 5 - San Antonio

The map shows a network of roads and zones. Key streets labeled include Av. 15 Oeste, Av. 4 Oeste, Av. 1 Norte, Av. 2 Norte, Av. 3 Norte, Av. 6 Norte, Carrera 1 Norte, Carrera 4, Carrera 5, Carrera 10, Carrera 15, Carrera 20, Carrera 34, Calle 6, Calle 7, Calle 10, Calle 11, Calle 15, Calle 16a, Calle 25, Diagonal 23, and Av. De Los Cerros. The zones are color-coded: Zona 1 (light green), Zona 2 (light blue), Zona 3 (orange), Zona 4 (purple), and Zona 5 (pink). The map also shows a green line representing the Ruta 2 route, starting from 'Inicio' and ending at 'FIN'.

Fuente: Elaboración propia, 2018

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 2	Avenida 3 Norte	Norte - Sur	Calle 39 Norte	Calle 12 Norte
	Avenida 1	Oriente - Occidente	Calle 12 Norte	Calle 2 A
	Carrera 3	Oriente - Occidente	Calle 2 A	Calle 5 Oeste
	Carrera 1	Occidente - Oriente	Calle 5 Oeste	Calle 3 Oeste
	Avenida 4 Oeste	Occidente - Oriente	Calle 3 Oeste	Avenida 4 Norte
	Avenida 2 Norte	Occidente - Oriente	Avenida 4 Norte	Calle 8 Norte
	Avenida 4 Norte	Occidente - Oriente	Calle 8 Norte	Calle 12 Norte
	Avenida 6 Norte	Sur - Norte	Calle 12 Norte	Calle 38 Norte

Fuente: Elaboración propia, 2018

➤ **RUTA 3:**



Figura 33. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta3.

Fuente: Elaboración propia, 2018

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 3	Avenida 4 Norte	Norte - Sur	Calle 38 Norte	Calle 34 Norte
	Avenida 2 Bis	Norte - Sur	Calle 34 Norte	Calle 26 Norte
	Avenida 4 Norte	Norte - Sur	Calle 26 Norte	Calle 25 Norte
	Calle 25 Norte	Norte - Sur	Avenida 4 Norte	Avenida 2 Norte
	Avenida 2 Norte	Oriente - Occidente	Avenida 4 Norte	Avenida 1
	Avenida 1	Oriente - Occidente	Avenida 2 Norte	Carrera 1 - Edf Alfárez Real
	Carrera 1	Occidente - Oriente	Carrera 1 - Edf Alfárez Real	Calle 33

Tabla 7. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta3.

Fuente: Elaboración propia, 2018

➤ **ruta 4:**



Figura 34. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta4.

Fuente: Elaboración propia, 2018

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 4	Avenida 6 A Norte	Norte - Sur	CC Chipichape	Calle 29 Norte
	Calle 29 Norte	Norte - Sur	Avenida 6 A Norte	Avenida 6 Norte
	Avenida 6 Norte	Sur - Norte	Calle 29 Norte	Calle 34 Norte
	Avenida 2 B Norte	Norte - Sur	Calle 34 Norte	Calle 23 D Norte
	Calle 23 D Norte	Oriente - Occidente	Avenida 2 B Norte	Avenida 6 A Norte
	Avenida 6 A Norte	Norte - Sur	Calle 23 D Norte	Calle 22 Norte
	Avenida 8 Norte	Oriente - Occidente	Calle 22 Norte	Calle 21 Norte
	Calle 21 Norte	Occidente - Oriente	Avenida 8 Norte	Avenida 2 Norte
	Avenida 2 Norte	Norte - Sur	Calle 21 Norte	Calle 18 Norte
	Calle 18 Norte	Sur - Norte	Avenida 2 Norte	Avenida 9 Norte
	Avenida 9 Norte	Sur - Norte	Calle 18 Norte	Calle 21 Norte
	Calle 21 Norte	Occidente - Oriente	Avenida 9 Norte	Avenida 6 Norte
	Avenida 6 Norte	Norte - Sur	Calle 21 Norte	Calle 25 Norte
	Calle 25 Norte	Occidente - Oriente	Avenida 6 Norte	Avenida 2 B Norte
	Avenida 2 B Norte	Sur - Norte	Calle 25 Norte	Calle 37 Norte
	Avenida 6 A Norte	Norte - Sur	Calle 37 Norte	Calle 24 Norte
	Avenida 6 A Norte	Sur - Norte	Calle 24 Norte	Calle 26 Norte

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

	Calle 26 Norte	Occidente - Oriente	Avenida 6 A Norte	Avenida 5 B Norte
	Avenida 5 B Norte	Norte - Sur	Calle 26 Norte	Calle 23 A Norte
	Calle 23 A Norte	Occidente - Oriente	Avenida 5 B Norte	Avenida 2 Norte
	Avenida 2 Norte	Oriente - Occidente	Calle 23 A Norte	Calle 22 Norte
	Calle 22 Norte	Sur - Norte	Avenida 2 Norte	Avenida 9 Norte

Tabla 8. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta4.

Fuente: Elaboración propia, 2018

➤ RUTA 5:



Figura 35. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta5.

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 5	Avenida 4 Oeste	Oriente - Occidente	Estación Texaco - Portada al mar	Avenida 4 B Oeste
	Avenida 4 B Oeste	Oriente - Occidente	Avenida 4 Oeste	Calle 19 Oeste
	Calle 19 Oeste	Sur - Norte	Avenida 4 Oeste	Avenida 5 Oeste
	Avenida 5 Oeste	Oriente - Occidente	Calle 19 Oeste	Avenida 6 Oeste
	Avenida 5 Oeste	Occidente - Oriente	Avenida 6 Oeste	Calle 19 Oeste
	Calle 19 Oeste	Norte - Sur	Avenida 5 Oeste	Avenida 4 Oeste
	Avenida 4 B Oeste	Occidente - Oriente	Calle 19 Oeste	Avenida 4 Oeste
	Avenida 4 Oeste	Occidente - Oriente	Avenida 4 B Oeste	Calle 7 Oeste
	Calle 7 Oeste	Norte - Sur	Avenida 4 Oeste	Carrera 1
	Carrera 1	Occidente - Oriente	Calle 7 Oeste	Retorno a la Avenida 4 Oeste
	Avenida 4 Oeste	Oriente - Occidente	Carrera 1	Avenida 5 Oeste
	Avenida 5 Oeste	Oriente - Occidente	Avenida 4 Oeste	Calle 19 Oeste
	Calle 19 Oeste	Norte - Sur	Avenida 5 Oeste	Avenida 4 Oeste
	Avenida 4 B Oeste	Occidente - Oriente	Calle 19 Oeste	Avenida 4 Oeste
	Avenida 4 Oeste	Occidente - Oriente	Avenida 4 B Oeste	Calle 7 Oeste
	Calle 7 Oeste	Norte - Sur	Avenida 4 Oeste	Carrera 1 Oeste
	Carrera 1 Oeste	Oriente - Occidente	Calle 7 Oeste	Calle 9 Oeste
	Calle 9 Oeste	Norte - Sur	Carrera 1 Oeste	Carrera 2
	Carrera 2 Oeste	Occidente - Oriente	Calle 9 Oeste	Calle 7 Oeste
	Calle 7 Oeste	Norte - Sur	Carrera 2 Oeste	Carrera 1 C
	Carrera 2 Oeste	Norte - Sur	Carrera 1 C	Carrera 5 - Av. Circunvalar
	Carrera 5 - Av. Circunvalar	Oriente - Occidente	Carrera 2 Oeste	Calle 10 Oeste
	Calle 10 Oeste	Norte - Sur	Carrera 5 - Av. Circunvalar	Carrera 27
	Carrera 27	Norte - Sur	Calle 10 Oeste	Calle 5
	Calle 4 B	Oriente - Occidente	Carrera 27	Carrera 34
	Carrera 34	Sur - Norte	Calle 4 B	Calle 3 Oeste
	Calle 3 Oeste	Occidente - Oriente	Carrera 34	Carrera 27
	Carrera 27	Sur - Norte	Calle 3 Oeste	Calle 10 Oeste
	Calle 10 Oeste	Sur - Norte	Carrera 27	Carrera 5 - Av. Circunvalar
	Carrera 5 - Av. Circunvalar	Occidente - Oriente	Calle 10 Oeste	Carrera 2 Oeste
	Carrera 2 Oeste	Sur - Norte	Carrera 5 - Av. Circunvalar	Carrera 1 A
	Carrera 1 A	Occidente - Oriente	Carrera 2 Oeste	Carrera 1
	Carrera 1	Norte - Sur	Carrera 1 A	Carrera 1 B
	Carrera 1 B	Oriente - Occidente	Carrera 1	Carrera 2 Oeste

Tabla 9. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta5.

Fuente: Elaboración propia, 2018

➤ **RUTA 6:**



Figura 36. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta6.

Fuente: Elaboración propia, 2018

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 6	Carrera 4	Occidente - Oriente	Carrera 5 - Av Circunvalar	Calle 1
	Calle 1	Norte - Sur	Carrera 4	Calle 1 A
	Calle 1 A	Norte - Sur	Calle 1	Calle 2
	Calle 2	Norte - Sur	Calle 1 A	Carrera 10
	Carrera 10	Oriente - Occidente	Calle 2	Calle 1
	Calle 1	Sur - Norte	Carrera 10	Carrera 9
	Carrera 9	Occidente - Oriente	Calle 1	Calle 5
	Calle 5	Norte - Sur	Carrera 9	Carrera 10
	Carrera 10	Oriente - Occidente	Calle 5	Calle 3 A Oeste
	Carrera 12	Occidente - Oriente	Calle 3 A Oeste	Calle 5
	Calle 5	Norte - Sur	Carrera 12	Carrera 13
	Carrera 13	Oriente - Occidente	Calle 5	Calle 3 A Oeste
	Calle 3 A Oeste	Norte - Sur	Carrera 13	Carrera 13 B
	Carrera 13 B	Occidente - Oriente	Calle 3 A Oeste	Calle 1 Oeste
	Carrera 14	Occidente - Oriente	Calle 1 Oeste	Calle 5
	Calle 5	Norte - Sur	Carrera 14	Carrera 22
	Carrera 22	Oriente - Occidente	Calle 5	Calle 1 A
	Carrera 22 A	Oriente - Occidente	Calle 1 A	Carrera 23
	Carrera 23	Occidente - Oriente	Carrera 22 A	Calle 2 A
	Calle 2 A	Sur - Norte	Carrera 23	Carrera 14

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

Carrera 14	Occidente - Oriente	Calle 2 A	Calle 3
Calle 3	Sur - Norte	Carrera 14	Carrera 4
Carrera 4	Oriente - Occidente	Calle 3	Calle 2
Calle 2	Norte - Sur	Carrera 4	Carrera 14
Carrera 14	Occidente - Oriente	Calle 2	Calle 5
Calle 5	Norte - Sur	Carrera 14	Carrera 23
Carrera 23	Oriente - Occidente	Calle 5	Carrera 24 C
Carrera 24 C	Oriente - Occidente	Carrera 23	Calle 10 Oeste
Calle 10 Oeste	Norte - Sur	Carrera 24 C	Carrera 24 D
Carrera 24 D	Occidente - Oriente	Calle 10 Oeste	Carrera 24 C
Carrera 24 C	Occidente - Oriente	Carrera 24 D	Carrera 23
Carrera 23	Occidente - Oriente	Carrera 24 C	Calle 5
Calle 5	Norte - Sur	Carrera 23	Carrera 25
Carrera 25	Oriente - Occidente	Calle 5	Calle 10 Oeste
Calle 10 Oeste	Sur - Norte	Carrera 25	Carrera 22 A
Carrera 22 A	Occidente - Oriente	Calle 10 Oeste	Calle 9 Oeste
Calle 9 Oeste	Occidente - Oriente	Carrera 22 A	Carrera 14
Carrera 14	Occidente - Oriente	Calle 9 Oeste	Calle 1 Oeste
Calle 1 Oeste	Sur - Norte	Carrera 14	Carrera 13

Tabla 10. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta6.

Fuente: Elaboración propia, 2018

➤ RUTA 7:



Figura 37. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta7.

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD
DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA 7	Calle 5	Sur - Norte	Carrera 23 B	Carrera 15
	Carrera 15	Occidente - Oriente	Calle 5	Calle 26
	Calle 26	Norte - Sur	Realizo 2 orejas en el Puente 26	Carrera 15
	Carrera 15	Oriente - Occidente	Calle 26	Calle 5
	Calle 5	Norte - Sur	Carrera 15	Calle 6 - Av Roosevelt
	Calle 6 - Av Roosevelt	Norte - Sur	Calle 5	Carrera 25
	Carrera 25	Occidente - Oriente	Calle 6	Calle 7
	Calle 7	Sur - Norte	Carrera 25	Calle 5
	Calle 5	Sur - Norte	Calle 7	Carrera 13
	Carrera 13	Occidente - Oriente	Calle 5	Calle 19
	Calle 19	Norte - Sur	Carrera 13	Carrera 13 A
	Carrera 13 A	Occidente - Oriente	Calle 19	Calle 25
	Calle 25	Norte - Sur	Realizo 2 orejas en el Puente 26	Calle 26
	Calle 26	Sur - Norte	Carrera 15	Carrera 8
	Carrera 8	Oriente - Occidente	Calle 26	Calle 25
	Calle 25	Norte - Sur	Carrera 8	Carrera 10
	Carrera 10	Oriente - Occidente	Calle 25	Calle 5
	Calle 5	Norte - Sur	Retorno Santa librada	Calle 5
	Calle 5	Sur - Norte	Calle 5	Carrera 10
	Carrera 10	Occidente - Oriente	Calle 5	Calle 25

Tabla 11. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta7.

Fuente: Elaboración propia, 2018



RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA8	Calle 15	Sur - Norte	Carrera 12	Carrera 9
	Carrera 9	Occidente - Oriente	Calle 15	Calle 25
	Calle 25	Norte - Sur	Realizo 2 orejas en el Puente 26	Calle 26
	Calle 26	Sur - Norte	Carrera 15	Carrera 8
	Carrera 8	Oriente - Occidente	Calle 26	Calle 7
	Calle 7	Sur - Norte	Carrera 8	Carrera 5
	Carrera 5	Occidente - Oriente	Calle 7	Calle 10
	Calle 10	Norte - Sur	Carrera 5	Carrera 7
	Carrera 7	Occidente - Oriente	Calle 10	Calle 25
	Calle 25	Norte - Sur	Carrera 7	Carrera 7 A
	Carrera 7 A	Oriente - Occidente	Calle 25	Calle 23
	Calle 23	Sur - Norte	Carrera 7 A	Carrera 5
	Carrera 5	Occidente - Oriente	Calle 23	Calle 25
	Calle 25	Norte - Sur	Carrera 5	Carrera 6
	Carrera 6	Oriente - Occidente	Calle 25	Calle 10
	Calle 10	Norte - Sur	Carrera 6	Carrera 8
	Carrera 8	Oriente - Occidente	Calle 10	Calle 9
	Calle 9	Sur - Norte	Carrera 8	Carrera 6
	Carrera 6	Oriente - Occidente	Calle 9	Calle 6

Tabla 12. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta8.

Jaramillo Escobar, E

➤ **ruta 9:**

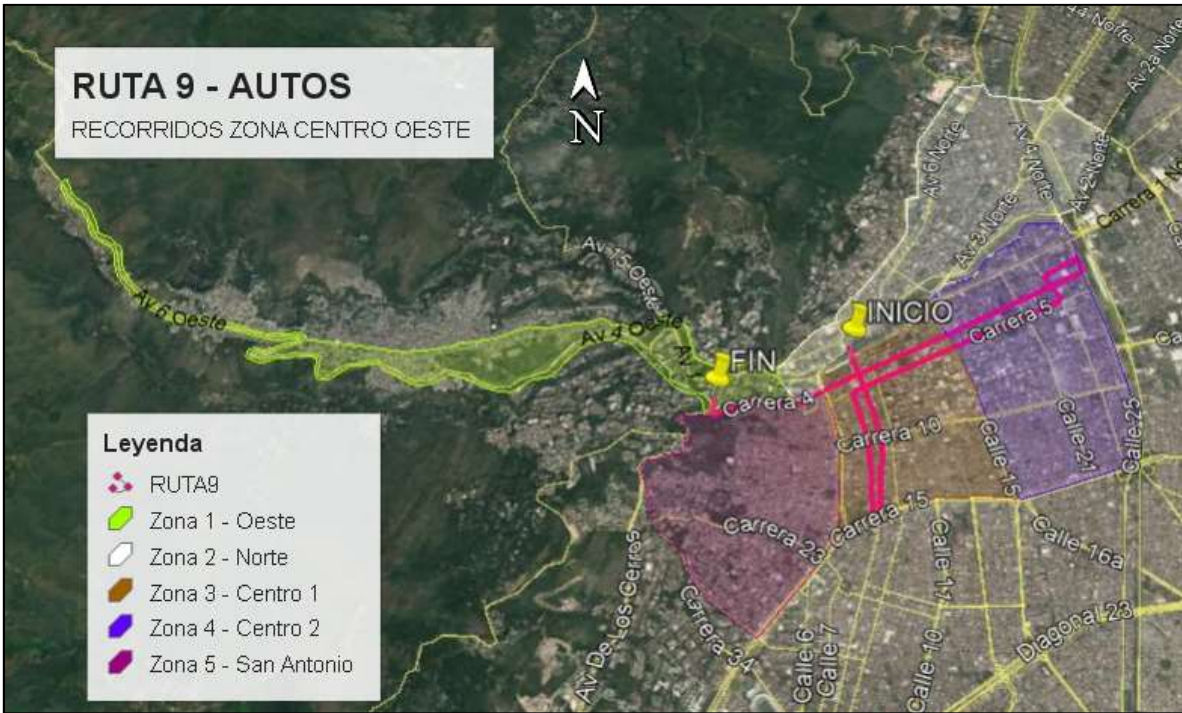


Figura 39. Recorrido zona Centro-Oeste, Ruta9.

Fuente: Elaboración propia, 2018

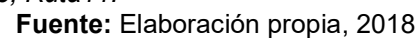
RECORRIDO	VIA	SENTIDO	DESDE	HASTA
RUTA9	Calle 8	Norte - Sur	Avenida 1	Carrera 15
	Carrera 15	Oriente - Occidente	Calle 8	Calle 7
	Calle 7	Sur - Norte	Carrera 15	Carrera 5
	Carrera 5	Occidente - Oriente	Calle 7	Calle 23
	Calle 23	Sur - Norte	Carrera 5	Carrera 3
	Carrera 3	Occidente - Oriente	Calle 23	Calle 25
	Calle 25	Norte - Sur	Carrera 3	Carrera 4
	Carrera 4	Oriente - Occidente	Calle 25	Calle 7 Oeste

Tabla 13. Recorrido para mediciones de velocidad, Ruta9.

Fuente: Elaboración propia, 2018



Fuente: Elaboración propia, 2018



Fuente: Elaboración propia, 2018

8.3.4 EJECUCION ESTUDIO DE VELOCIDADES

Los recorridos en auto iniciaron el 17 de abril del 2018 y finalizaron el 26 de abril del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali. A continuación, en la tabla:16 se nombrar a los aforadores con sus respectivas cuentas *MAP MY TRACKS* y en la tabla 17 los recorridos y días ejecutados por aforador.

AUTOS		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
1	John Jairo Vergara	johnjvergara83
2	Armando Quiñonez	armanquinones71
3	Ethell Alejandra Jaramillo	ethelljaramillo85

Tabla 16. Aforadores de autos y cuentas MMT.

Fuente: Elaboración propia, 2018

RECORRIDO EN AUTOS				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 1	17 de abril de 2018	19 de abril de 2018	RUTA1	AM
AFORADOR 1	19 de abril de 2018	24 de abril de 2018	RUTA2	AM
AFORADOR 3	17 de abril de 2018	18 de abril de 2018	RUTA3	AM
AFORADOR 3	18 de abril de 2018	19 de abril de 2018	RUTA4	AM
AFORADOR 2	24 de abril de 2018	25 de abril de 2018	RUTA5	AM
AFORADOR 3	25 de abril de 2018	26 de abril de 2018	RUTA6	AM
AFORADOR 3	19 de abril de 2018	24 de abril de 2018	RUTA7	AM
AFORADOR 3 Y 1	24 de abril de 2018	26 de abril de 2018	RUTA8	AM
AFORADOR 3	25 de abril de 2018	26 de abril de 2018	RUTA9	AM
AFORADOR 1	24 de abril de 2018	25 de abril de 2018	RUTA10	AM
AFORADOR 1	25 de abril de 2018	26 de abril de 2018	RUTA11	AM

Tabla 17. Recorridos ejecutados por aforador.

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos ejecutados en el modo vehicular **AUTOS** para la hora pico de mañana:

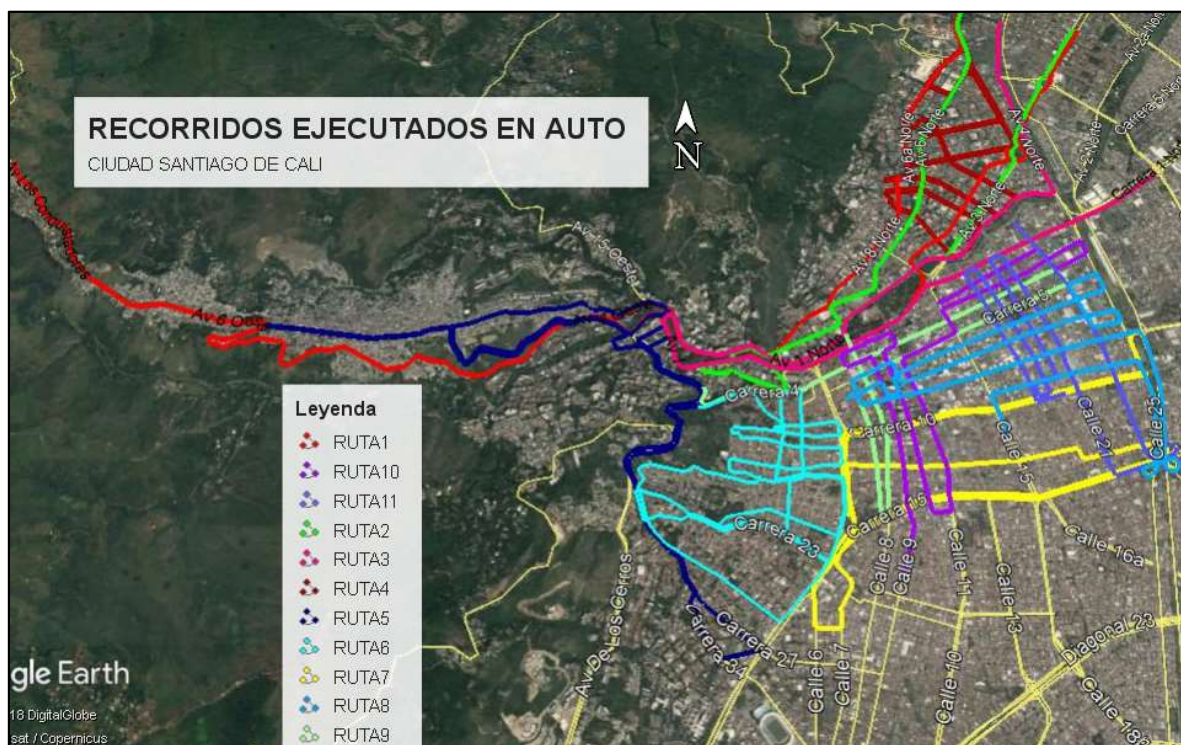


Figura 42. Recorridos ejecutados en auto.

Fuente: Elaboración propia, 2018

8.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Dentro del Análisis de Velocidades de la Zona Centro – Oeste en la Ciudad de Cali, se necesitaban realizar varias tareas repetitivas, por lo que se consideró necesario realizar rutinas o pequeños aplicativos para realizar estos procedimientos. De entre todos los lenguajes de programación existentes, se escogió Python en su versión 2.7 como el adecuado, debido que, adicional a ser un lenguaje de programación muy potente, es el lenguaje y versión que se utilizan en ArcGis para realizar procedimientos automáticos.

8.4.1 DESCRIPCIÓN RUTINAS EN PYTHON

En general, se desarrollaron 4 rutinas en Python, las cuales tienen como objetivo principal calcular los tiempos de recorrido por cada tramo – arco de la red vial de los recorridos definidos.

Es importante destacar que la rutina está preparada para trabajar con varios modos de transporte, por lo que los archivos GPX se estructuraron en su nombre con la siguiente sintaxis:

[MODO] RUTA [NOMBRE RUTA] [FECHA] [IDA – VUELTA] [DIA DE TOMA].gpx

En donde:

[MODO]: Representa el nombre del modo de transporte que se usó para la toma con el dispositivo GPS. Ejemplo: AUTO.

[NOMBRE RUTA]: Representa el nombre del recorrido o ruta que se le asigna a la toma con el dispositivo GPS. Ejemplo: 01.

[FECHA]: Representa la fecha escrita de forma alfanumérica del día de la toma de información. Esto se hizo con efectos de organización – depuración de la información levantada en campo con el dispositivo GPS. Ejemplo: 25MAY.

[IDA – VUELTA] (Opcional): Si la ruta es IDA y VUELTA, en esta parte se especifica el tipo de recorrido en este sentido.

[DIA DE TOMA]: Se especifica si el recorrido corresponde al primer día (DIA 1) o al segundo día (DIA 2). En el presente estudio, se utilizaron dos días de toma por recorrido.

Siendo, así las cosas, este es un ejemplo de nombre de archivo GPX: **AUTO RUTA 01 24ABR IDA DIA 1.gpx**

Es importante destacar el no uso de caracteres especiales no alfanuméricos como tilde, guiones en la creación del nombre, para evitar contratiempos con el lenguaje de programación.

El funcionamiento de las rutinas se describe a continuación:

8.4.1.1 PRIMERA RUTINA: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP - GPXtoSHP Masivo.py

Inicialmente, para convertir los archivos GPX a SHP, se necesita el Toolbox **“GPX to Features Tool”**, el cual se descargó de la siguiente página web:

<https://acolita.com/convertir-archivos-gpx-shp-en-arcgis/>

A continuación, se muestra la distribución de carpetas y archivos para la ejecución de las rutinas.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

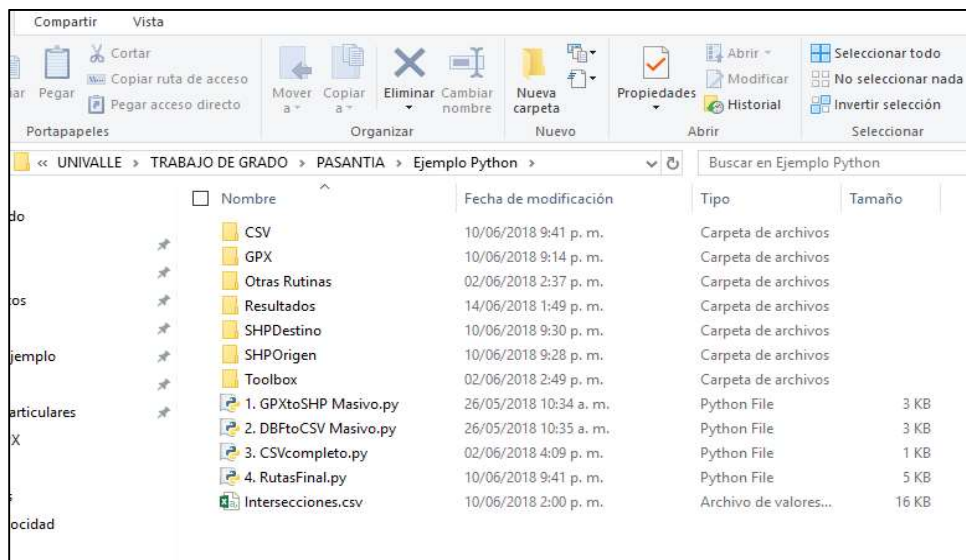


Figura 43. Distribución de Carpetas y Archivos para las rutinas.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Dentro de la rutina, al tener el Toolbox descargado, se instala en Arcgis para realizar posteriormente la conversión de los sistemas de referencia: De coordenadas geográficas a coordenadas planas. Esta primera rutina se ejecutó dentro del IDE de ArcGis, para no tener inconvenientes con compatibilidad con algún componente de la librería **ARCPY** como se muestra a continuación:

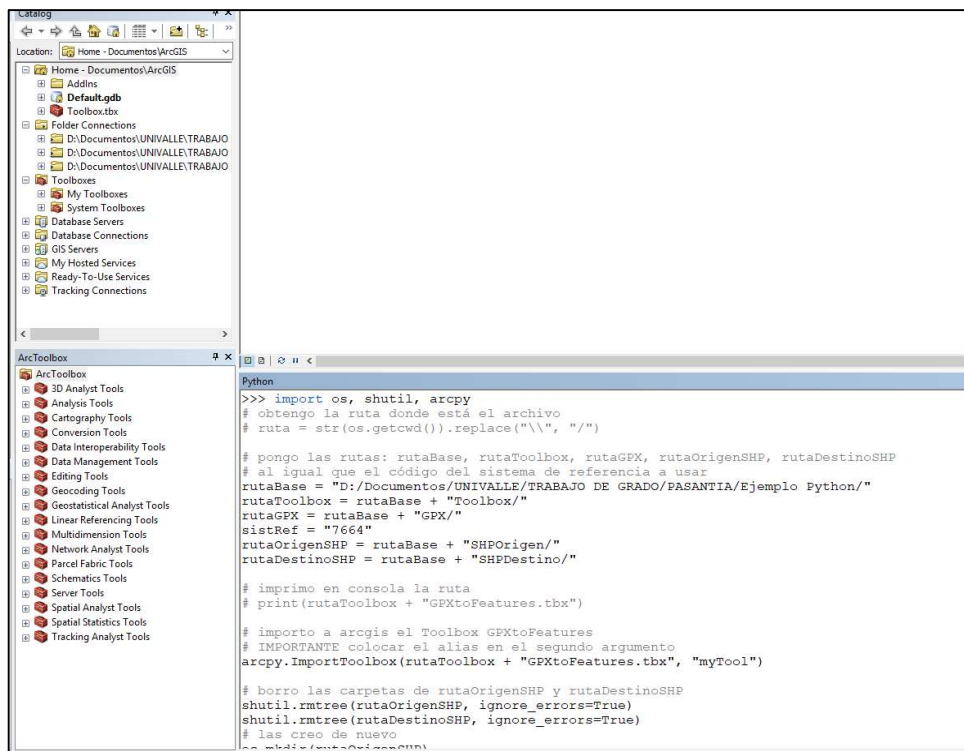


Figura 44. IDE Python dentro de ArcGis 10.5

Fuente: Elaboración propia, 2018

Inicio de la rutina:

```
import os, shutil, arcpy
```

La rutina utilizada importa 3 librerías: **OS, SHUTIL Y ARCPY**. Las primeras dos librerías se importan para trabajo con creación y eliminación de carpetas, y la tercera librería se utiliza para conectarse con las herramientas Python de ArcGis.

```
rutaBase = "D:/ Documentos / UNIVALLE / TRABAJO DE GRADO / PASANTIA /  
Ejemplo Python /"  
rutaToolbox = rutaBase + "Toolbox/"  
rutaGPX = rutaBase + "GPX/"  
sistRef = "7664"  
rutaOrigenSHP = rutaBase + "SHPOrigen/"  
rutaDestinoSHP = rutaBase + "SHPDestino/"
```

En este apartado, se colocan las rutas que se usaron en el programa, donde se encuentran: **La ruta Base** (que alberga las demás rutas), **la ruta donde se encuentra el Toolbox** (el nombre del toolbox es GPXtoFeatures.tbx), **la ruta donde se albergan los GPX, y las rutas origen y destino de los Shapes**. La rutaOrigen SHP, es donde se colocan los Shapes convertidos en coordenadas geográficas, mientras que la rutaDestinoSHP es donde se colocan los Shapes convertidos al sistema de referencia SR-ORG:7664, el cual corresponde a Magna_Cali_Valle_del_Cauca_2009.⁴

```
arcpy.ImportToolbox(rutaToolbox + "GPXtoFeatures.tbx", "myTool")
```

Con esta línea, se importa el Toolbox al ArcGis, colocando como alias "myTool"

```
shutil.rmtree(rutaOrigenSHP, ignore_errors=True)  
shutil.rmtree(rutaDestinoSHP, ignore_errors=True)  
os.mkdir(rutaOrigenSHP)  
os.mkdir(rutaDestinoSHP)
```

Estas líneas permiten borrar y volver a crear las rutas de origen y destino de los Shapes, para evitar la sobreescritura de archivos existentes.

```
archivosGPX = os.listdir(rutaGPX)
```

Luego, enlisto todos los archivos GPX en una variable, para poder recorrer uno a uno los archivos y hacer la conversión masiva.

⁴ (Fuente: <http://spatialreference.org/ref/?search=magna+cali+Valle+del+Cauca+2009>)

for archivo *in* archivosGPX:

```
    arcpy.GPXtoFeatures_myTool(Input_GPX_File = rutaGPX + archivo,
    Output_Feature_class = rutaOrigenSHP + archivo[:-4] + ".shp")
    arcpy.Project_management(in_dataset = rutaOrigenSHP + archivo[:-4] +
    ".shp", out_dataset = rutaDestinoSHP + archivo[:-4] + "_" + sistRef + ".shp",
    out_coor_system =
    "PROJCS['MAGNA_Cali_Valle_del_Cauca_2009',GEOGCS['GCS_MAGNA',DATU
    M['D_MAGNA',SPHEROID['GRS_1980',6378137.0,298.257222101]],PRIMEM['Gre
    enwich',0.0],UNIT['Degree',0.0174532925199433]],PROJECTION['IGAC_Plano_C
    artesiano'],PARAMETER['False_Easting',1061900.18],PARAMETER['False_Northi
    ng',872364.63],PARAMETER['Longitude_Of_Center',-
    76.5205625],PARAMETER['Latitude_Of_Center',3.441883333333334],PARAMET
    ER['Height',1000.0],UNIT['Meter',1.0]]",
    transform_method="MAGNA_To_WGS_1984_1",
    in_coor_system="GEOGCS['GCS_WGS_1984',DATUM['D_WGS_1984',SP
    HEROID['WGS_1984',6378137.0,298.257223563]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT
    ['Degree',0.0174532925199433]]",
    preserve_shape="NO_PRESERVE_SHAPE",
    max_deviation="", vertical="NO_VERTICAL")
```

Siguiendo con la rutina, lo que se realiza para cada archivo es transformarlo a formato SHP (Shape), guardándolos en la rutaOrigenSHP previamente definida, y luego se realiza la conversión al sistema de referencia SR_ORG:7664, colocando los parámetros correspondientes al mismo dentro de la rutina. El resultado proyectado se guarda en la rutaDestinoSHP, también definida previamente.

```
    arcpy.AddField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Este",
    "DOUBLE")
    arcpy.CalculateField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Este",
    "!SHAPE.FIRSTPOINT.X!", "PYTHON_9.3")
    arcpy.AddField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Norte",
    "DOUBLE")
    arcpy.CalculateField_management(archivo[:-4] + "_" + sistRef, "Norte",
    "!SHAPE.FIRSTPOINT.Y!", "PYTHON_9.3")
```

Finalmente, con estas líneas se calculan 2 nuevos campos, los cuales corresponden a las coordenadas Este y Norte de cada punto.

A continuación, se muestra la tabla generada por esta rutina en donde están los atributos para cada uno de los shapes.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

FID	Shape	Id	Name	Descript	Type	Date Time	Elevation	Este	Norte
0	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:44Z	98500	1061333,1232	876471,014165
1	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:45Z	98500	1061330,78941	876471,677752
2	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:46Z	98500	1061327,34429	876471,898962
3	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:47Z	98400	1061327,34429	876472,230749
4	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:48Z	98460	1061326,67749	876472,120157
5	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:49Z	98440	1061326,78862	876472,120156
6	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:50Z	98440	1061327,23315	876472,120154
7	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:50.99Z	98440	1061323,23233	876466,81158
8	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:51.99Z	98460	1061318,34246	876464,378501
9	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:52.99Z	98460	1061315,34184	876459,512305
10	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:53.99Z	98440	1061311,341	876451,438839
11	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:54.99Z	98420	1061308,34036	876442,922984
12	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:55.99Z	98400	1061304,56179	876435,623687
13	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:56.99Z	98420	1061301,45001	876427,550216
14	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:57.99Z	98480	1061299,67183	876418,923759
15	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:58.99Z	98540	1061294,44854	876413,172811
16	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:00:59.99Z	98540	1061291,00336	876403,993385
17	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:00.99Z	98520	1061286,33571	876394,371583
18	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:01.99Z	98460	1061284,00186	876385,523938
19	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:02.99Z	98400	1061279,66761	876376,786901
20	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:03.99Z	98340	1061274,1109	876368,824041
21	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:04.99Z	98300	1061269,22099	876361,30356
22	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:05.99Z	98280	1061264,88674	876352,013545
23	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:06.99Z	98260	1061261,55269	876343,165906
24	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:07.99Z	98220	1061258,99657	876334,207667
25	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:08.99Z	98200	1061255,77366	876326,134199
26	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:09.99Z	98180	1061251,7728	876317,618352
27	Point ZM	0	miércoles, 25 de abril de 2018		TRKPT	2018-04-25T12:01:10.99Z	98160	1061248,21648	876307,775353

Figura 45. Tabla de Atributos de uno de los Shapes generados por la rutina.

Fuente: Elaboración Propia,2018.

8.4.1.2 SEGUNDA RUTINA: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV - DBFtoCSV Masivo.py

Cada Shape generado por la rutina anterior, consta de varios archivos (8 en total por Shape), dentro de los cuales se encuentra el archivo DBF, que tiene en su interior la Tabla de Atributos.



Figura 46. Archivos generados por cada Shape.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

La esencia de la rutina es poder convertir de forma masiva los archivos DBF a CSV, debido a que es mucho más fácil trabajar con archivos delimitados por comas para posterior manipulación de estos.

Inicio de la rutina:

```
import os, csv, shutil, arcpy
```

La rutina utilizada importa 4 librerías: **os**, **csv**, **shutil** y **arcpy**. La librería **csv** permite trabajar cómodamente con archivos delimitados por comas de extensión .csv, las dos librerías **os** y **shutil** se importan para trabajo con creación y eliminación de carpetas, y la librería **arcpy** se utiliza para conectarse con las herramientas Python de ArcGis.

```
def dbf2csv(dbfpath, csvpath):  
    rows = arcpy.SearchCursor(dbfpath)  
    csvFile = csv.writer(open(csvpath, 'wb'))  
    fieldnames = [f.name for f in arcpy.ListFields(dbfpath)]  
    allRows = []  
    for row in rows:  
        rowlist = []  
        for field in fieldnames:  
            rowlist.append(row.getValue(field))  
        allRows.append(rowlist)  
    csvFile.writerow(fieldnames)  
    for row in allRows:  
        row[3] = row[3].encode('utf8')  
        csvFile.writerow(row)  
    row = None  
    rows = None
```

Con estas líneas, se crea una función que recibe dos parámetros: **dbfpath**, que corresponde a la ruta donde se encuentran los archivos de extensión .dbf, y **csvpath**, que corresponde a la ruta donde se pondrán los archivos CSV resultantes. Esta función lo que permite es leer cada archivo .dbf línea por línea, para luego traspasar la información a un archivo .csv

```
ruta = "D:/Documentos/UNIVALLE/TRABAJO DE GRADO/PASANTIA/Ejemplo  
Python/"
```

```
dbf_dir = ruta + "SHPDestino/"
```

```
csv_dir = ruta + "CSV/"
```

Seguido a esto, se definen las variables donde estarán las rutas. La ruta base en la variable **ruta**, la ruta donde están los archivos de extensión .dbf, que en este caso es SHPDestino, y la ruta donde serán alojados los archivos .csv

```
shutil.rmtree(csv_dir, ignore_errors=True)  
os.mkdir(csv_dir)
```

A continuación, se borra la carpeta donde serán alojados los archivos .csv, y se vuelve a crear. Esto se realiza para evitar la sobreescritura de archivos existentes.

```
for dbf_file in os.listdir(dbf_dir):
    # Recorro todos los archivos DBF en la carpeta
    # Y exporto a DBF
    fileName, fileExt = os.path.splitext(dbf_file) #[0] or [1] for file
    if '.dbf' in fileExt:
        # Construyo la ruta completa del archivo DBF y del archivo CSV
        dbfpath = dbf_dir + fileName + fileExt
        csvpath = csv_dir + fileName + '.csv'
        if os.path.exists(dbfpath):
            # this may not be necessary
            # print 'processing: ', dbfpath, csvpath
            if not os.path.exists(csvpath):
                ## Para prevenir sobreescritura del archivo CSV existente
                ## llamo la función para convertir el archivo DBF a CSV
                print 'Export nexrad {0} to {1}'.format(dbfpath, csvpath)
                dbf2csv(dbfpath, csvpath)
```

Finalmente, con estas líneas se recorren cada uno de los archivos .dbf listados en la carpeta SHPDestino, y se construyen los nombres finales de los archivos .csv alojados en la carpeta CSV previamente definida, en la siguiente figura se muestra el archivo csv generado por la rutina:

 AUTO RUTA 01 17ABR IDA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	151 KB
 AUTO RUTA 01 17ABR VUELTA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	218 KB
 AUTO RUTA 01 19ABR IDA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	151 KB
 AUTO RUTA 01 19ABR VUELTA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	262 KB
 AUTO RUTA 02 19ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	227 KB
 AUTO RUTA 02 24ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	237 KB
 AUTO RUTA 03 17ABR COMPLETO DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	124 KB
 AUTO RUTA 03 18ABR COMPLETO DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	124 KB
 AUTO RUTA 04 18ABR COMPLETO DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	215 KB
 AUTO RUTA 04 19ABR COMPLETO DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	215 KB
 AUTO RUTA 05 24ABR IDA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	95 KB
 AUTO RUTA 05 24ABR VUELTA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	419 KB
 AUTO RUTA 05 25ABR IDA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	75 KB
 AUTO RUTA 05 25ABR VUELTA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	457 KB
 AUTO RUTA 06 25ABR COMPLETO DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	361 KB
 AUTO RUTA 06 26ABR COMPLETO DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	349 KB
 AUTO RUTA 07 19ABR COMPLETO DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	289 KB
 AUTO RUTA 07 24ABR COMPLETO DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	343 KB
 AUTO RUTA 08 24ABR COMPLETO DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	296 KB
 AUTO RUTA 08 26ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	406 KB
 AUTO RUTA 09 25ABR COMPLETO DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	180 KB
 AUTO RUTA 09 26ABR COMPLETO DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	151 KB
 AUTO RUTA 10 24ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	327 KB
 AUTO RUTA 10 25ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	478 KB
 AUTO RUTA 11 25ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	169 KB
 AUTO RUTA 11 26ABR COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 6:46 p.	Archivo de valores...	236 KB

Figura 47. Archivos CSV Generados por la rutina

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

8.4.1.3 TERCERA RUTINA: Armado de archivo CSV completo - CSVCompleto.py

Los archivos .csv vienen con información que, para efectos del cálculo de tiempos para cada arco, tiene información que no es relevante. La idea es armar dos archivos CSV (un único por cada día de toma) unificados con los campos necesarios para el cálculo de este tiempo por cada tramo, los cuales son: Fecha_Hora del tiempo de toma de cada punto, las coordenadas Este – Norte de cada punto, y el nombre de la ruta (recorrido) al cual pertenece dicho punto.

Inicio de la rutina:

```
import os, pandas as pd
```

Se importan dos librerías: la librería **os** que sirve para el manejo de carpetas dentro del sistema, y la librería **pandas**, que permite ampliamente la manipulación de archivos planos de forma masiva, como es el caso de los archivos .csv.

```
rutaBase = "D:/Documentos/UNIVALLE/TRABAJO DE  
GRADO/PASANTIA/Ejemplo Python/"  
rutaCSV = rutaBase + "CSV/"
```

Con estas líneas se definen las variables correspondientes a las rutas de trabajo. **rutaBase** donde se coloca la ruta base de la distribución de carpetas y archivos, y la **rutaCSV** que contiene la ruta de los archivos .csv generados por la rutina anterior.

```
dfDiauno = pd.DataFrame(columns = ["Date_Time", "Este", "Norte", "Recorrido"])  
dfDiados = dfDiauno
```

A continuación, se crean dos dataframes con las cuatro (4) columnas antes mencionadas, ambos iguales. Los dataframes son tipos de archivos que se crean con ayuda de la librería pandas que permiten alojar archivos CSV. Son estructuras de datos similares a las tablas de bases de datos relacionales como SQL, lo cual lo dota de facilidad de manipulación entre columnas.

```
for archCSV in os.listdir(rutaCSV):  
    modo = archCSV[:archCSV.find(" ")]  
    csvOrigen = pd.read_csv(rutaCSV + archCSV)  
    df = pd.DataFrame(csvOrigen, columns = ["Date_Time", "Este", "Norte"])  
    df["Recorrido"] = archCSV.split(" ")[2]  
    pos = archCSV.find("_") - 1  
    if (archCSV[pos:pos + 1] == "1"):  
        dfDiauno = pd.concat([dfDiauno, df])  
    elif (archCSV[pos:pos + 1] == "2"):  
        dfDiados = pd.concat([dfDiados, df])
```

Seguido a esto, las siguientes líneas recorren cada archivo CSV, extrayendo la información de las coordenadas Este – Norte, Fecha y hora, además del nombre del recorrido asociado.

```
dfDiauno.to_csv(rutaBase + modo + " DIA 1.csv", index = False)
dfDiados.to_csv(rutaBase + modo + " DIA 2.csv", index = False)
```

Finalmente, se convierten estos dataframes a archivos CSV, para poderlos manipular y visualizar posteriormente. A continuación, se muestra la siguiente figura que contiene los archivos csv generados por día de toma.

```
1 Date_Time,Este,Norte,Recorrido
2 2018-04-24T11:45:04Z,1061312.56359,876473.226191,01
3 2018-04-24T11:45:05Z,1061312.78585,876473.336786,01
4 2018-04-24T11:45:05.99Z,1061311.22994,876465.15271,01
5 2018-04-24T11:45:06.99Z,1061309.34065,876459.401743,01
6 2018-04-24T11:45:07.99Z,1061307.2291,876455.6415,01
7 2018-04-24T11:45:08.99Z,1061306.0066,876450.443507,01
8 2018-04-24T11:45:09.99Z,1061303.56165,876446.351479,01
9 2018-04-24T11:45:10.99Z,1061303.67276,876441.264075,01
10 2018-04-24T11:45:11.99Z,1061301.67233,876435.844895,01
11 2018-04-24T11:45:12.99Z,1061299.11624,876431.974059,01
12 2018-04-24T11:45:13.99Z,1061299.67188,876427.882014,01
13 2018-04-24T11:45:14.99Z,1061297.78259,876423.347599,01
14 2018-04-24T11:45:15.99Z,1061295.8933,876418.481398,01
15 2018-04-24T11:45:16.99Z,1061292.0036,876411.624485,01
16 2018-04-24T11:45:17.99Z,1061287.22483,876403.772215,01
17 2018-04-24T11:45:18.99Z,1061285.33552,876396.030525,01
18 2018-04-24T11:45:19.99Z,1061281.11241,876387.625274,01
19 2018-04-24T11:45:20.99Z,1061277.2227,876379.551809,01
20 2018-04-24T11:45:21.99Z,1061273.11071,876370.81477,01
21 2018-04-24T11:45:22.99Z,1061268.88759,876360.087009,01
22 2018-04-24T11:45:23.99Z,1061264.55333,876350.465206,01
23 2018-04-24T11:45:24.99Z,1061260.99701,876341.506974,01
24 2018-04-24T11:45:25.99Z,1061256.88502,876331.442787,01
25 2018-04-24T11:45:26.99Z,1061254.10662,876322.262259,01
```

Figura 48. Archivo CSV generado por día de toma

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

8.4.1.4 CUARTA RUTINA: Generación de los tiempos en minutos por rutas – RutasFinal.py

Para esta rutina, necesitamos como insumo los archivos de cada día de toma en .csv, y un archivo .csv de intersecciones, el cual sale del shape de puntos que representan las intersecciones de la red vial. El archivo en la distribución de carpetas y archivos base se denomina intersecciones.csv. Este contiene los nombres del punto representados por direcciones viales, y las coordenadas Este – Norte de cada intersección como se muestra a continuación:

1	ID,Nombre,Este,Norte
2	0,CALLE 44 - CARRERA 8,1063600.4358000000,873626.1934000000
3	1,CALLE 13 - CARRERA 15,1060998.7596000000,872455.3258000000
4	2,CALLE 25 - CARRERA 1,1061837.2027000000,874439.6291000000
5	3,CALLE 25 - CARRERA 8,1062066.3624000000,873577.9001000000
6	4,CALLE 44 N - AVENIDA 6,1061429.6914000000,876738.9714000000
7	5,CALLE 15 N - AVENIDA 3,1060706.3620000000,874065.7383000000
8	6,AVENIDA 4 - AVENIDA 1,1059677.3411000000,873415.9231000000
9	7,AVENIDA 2 - AVENIDA 3,1060924.5548000000,874149.2976000000
10	8,CALLE 15 - CARRERA 8,1061050.5604600000,873274.7842930000
11	9,CALLE 15 - CARRERA 15,1061300.2749000000,872441.8036000000
12	10,CALLE 5 - CARRERA 15,1060149.7579000000,872208.7689000000
13	11,CALLE 9 - CARRERA 15,1060499.1404000000,872379.9050000000
14	12,CALLE 5 - CARRERA 50,1058820.0558000000,869456.8157000000
15	13,CALLE 25 - CARRERA 5,1061931.6649000000,874030.7873000000
16	14,CALLE 15 - CARRERA 5,1060925.6375200000,873582.2561230000
17	15,CALLE 34 - CARRERA 5,1062705.3813000000,874241.2982000000
18	16,CALLE 13 - CARRERA 10,1060860.8974000000,873010.8139000000
19	17,CALLE 25 - CARRERA 10,1062126.2389000000,873296.3409000000
20	18,CALLE 15 - CARRERA 10,1061133.0128000000,873033.7279000000
21	19,CALLE 5 - CARRERA 10,1060143.6166000000,872867.6123000000

Figura 49. Archivo de Intersecciones.csv

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Inicio de la rutina:

```
import csv, numpy as np, pandas as pd
from scipy.ndimage import label
```

Inicialmente, se importan las librerías, en donde:

csv: para el trabajo con archivos csv.

numpy: para el trabajo eficiente con matrices.

pandas: para el trabajo con dataframes y archivos csv.

label: para la identificación de patrones, útil a la hora de la identificación de los tiempos para cada intersección.

```
rutaBase = "D:/Documentos/UNIVALLE/TRABAJO DE
GRADO/PASANTIA/Ejemplo Python/"
```

```
nomint = "Intersecciones.csv"
```

```
nomrut = "AUTO DIA 1.csv"
```

Se establece la ruta inicial y los nombres de los archivos base: El nombre del archivo intersecciones en la variable **nomint** y el nombre de la ruta a analizar en la variable **nomrut**.

```
# Abro el archivo de Intersecciones
```

```
arch_int = open(rutaBase + nomint, "r")
```

```
# Grabo el archivo como una lista manipulable
```

```
lista_int = arch_int.readlines()
```

```
# Cierro el archivo
```

```
arch_int.close()
```

Se abre el archivo de intersecciones correspondiente, y se graba en una variable que permita manipularlo internamente.

```
# Inicializo la matriz que contendrá las Intersecciones
n_int = len(lista_int) - 1 # Cantidad de Intersecciones
matBase_int = [[0 for col in range(4)] for fil in range(n_int)] # Nombre, Este, Norte,
Buffer
# Asigno a la matriz Intersecciones el Nombre, y sus coordenadas Este - Norte
for i in range(n_int):
    a = lista_int[i + 1].split(",")
    matBase_int[i][0] = str(a[1]) # Nombre
    matBase_int[i][1] = float(a[2]) # Este
    matBase_int[i][2] = float(a[3]) # Norte
# Calculo la distancia más corta entre Intersecciones, y le asigno la mitad
for i in range(n_int):
    dist = 9999999.0
    for j in range(n_int):
        if (i != j):
            a = ((matBase_int[i][1] - matBase_int[j][1])**2 + (matBase_int[i][2] -
matBase_int[j][2])**2)**0.5
            if (a < dist):
                dist = a
            matBase_int[i][3] = dist / 2
```

Luego, se crea una variable denominada **matBase_int**, el cual contendrá 4 columnas. Las tres primeras serán Nombre, Este y Norte del punto. La cuarta columna contendrá la distancia más corta entre intersecciones, para asignarlo como una especie de buffer alrededor de la intersección, y se sepa así cuándo el recorrido pasa por un nodo determinado.

```
# Abro el archivo de Ruta
arch_ruta = open(rutaBase + nomrut, "r")
# Grabo el archivo como una lista manipulable
lista_ruta = arch_ruta.readlines()
# Cierro el archivo
arch_ruta.close()
```

De igual forma, se trabaja con el archivo de rutas, asignándolo a una variable que permita manipular el archivo internamente.

```
# Inicializo las Variables del archivo de Ruta
n_ruta = len(lista_ruta) - 1 # Cantidad de Puntos de Ruta
matBase_ruta = [[0 for col in range(4)] for fil in range(n_ruta)] # Recorrido,
TiempoMinutos, Este, Norte
# Asigno a la matriz de Ruta el Número de Recorrido, TiempoMinutos, y
Coordenadas Este - Norte
for i in range(n_ruta):
    a = lista_ruta[i + 1].split(",")
    matBase_ruta[i][0] = str(a[3].replace("\n", "")) # Recorrido
    p = a[0].find("T")
```

```
q = a[0].find("Z")
matBase_ruta[i][1] = float(a[0][p + 1:p + 3])*60 + float(a[0][p + 4:p + 6]) +
float(a[0][p + 7:p + 9])/60 # TiempoMinutos
matBase_ruta[i][2] = float(a[1]) # Este
matBase_ruta[i][3] = float(a[2]) # Norte
```

A continuación, se crea una matriz base de la ruta (matBase_ruta), la cual contendrá 4 columnas: Recorrido, TiempoMinutos, Este y Norte. Al recorrer el archivo, se calcula el tiempo en minutos de cada recorrido de acuerdo con la hora de toma del punto por el dispositivo GPS.

```
a = np.array(matBase_ruta)
r = sorted(list(set(a[:,0])))
cantRec = len(r)
```

Tomando como base la primera columna de la matriz base, se calcula en estas líneas la cantidad de recorridos que se realizaron, contando los registros únicos de esta columna. La Variable r tendrá, de forma ordenada, los recorridos tomados.

```
# creo DataFrame en Pandas con la matriz de rutas
tit_ruta = ["Recorrido", "TiempoMinutos", "Este", "Norte"]
dfBase_ruta = pd.DataFrame.from_records(matBase_ruta, columns = tit_ruta)
# creo DataFrame en Pandas, para colocar los resultados
tit_res = ["Recorrido", "Tramo", "TiempoMin"]
dfres = pd.DataFrame(columns = tit_res)
```

Se crean dos dataframes para manipulación interna de datos: uno para la ruta, y otro para colocar los resultados.

```
# iteración para recorrer el archivo
for i in r:
```

```
    # creo un DataFrame con cada Recorrido
    dfRec = dfBase_ruta[dfBase_ruta["Recorrido"] == i]
    # ordeno el DataFrame con base en el Tiempo en Minutos
    dfRec = dfRec.sort_values(by = ["TiempoMinutos"], ascending = [True])
    # Grabo el DataFrame como una matriz en una variable auxiliar
    a = dfRec.as_matrix()
    ti = []
    inter = []
```

Se recorre el archivo de rutas, haciendo que coincida con cada recorrido. Por cada recorrido, se ordena el archivo con base en el tiempo en minutos, para asegurarnos que el orden de los puntos sea cronológico. Es decir, ordenado de menor a mayor tiempo, de acuerdo con los datos obtenidos desde el GPS.

```
# iteración para recorrer las intersecciones
```

```
    for j in range(n_int):
        D_rutaint = ((a[:,2] - matBase_int[j][1])**2 + (a[:,3] -
matBase_int[j][2])**2)**0.5
```

```
esquina = 1 * (D_rutaint < matBase_int[j][3])
esquina1 = esquina[1:] - esquina[:-1]
labesquina, nmax = label(esquina)
for k in range(1, nmax + 1):
    D_esq = np.empty(shape = len(esquina))
    s = np.where(labesquina == k)[0]
    D_esq[s] = D_rutaint[s]
    esq = np.where(D_esq == min(D_esq[s]))[0]
    ti.append(a[esq, 1][0])
    inter.append(j)
datos = np.array(list(zip(ti, inter)))
if (len(datos) != 0):
    datos = datos[datos[:,0].argsort()]
tramos = len(datos)
matRes = [[0 for col in range(3)] for fil in range(tramos - 1)]
for j in range(1, tramos):
    matRes[j - 1][0] = i # Recorrido
    a = int(datos[j - 1, 1])
    b = int(datos[j, 1])
    matRes[j - 1][1] = matBase_int[a][0] + " con " + matBase_int[b][0] #
Nombre Tramo
    matRes[j - 1][2] = datos[j, 0] - datos[j - 1, 0] # TiempoMin
```

Con estas líneas, se le asigna el tiempo en minutos al nodo más cercano al recorrido realizado con el dispositivo GPS. Así se hace en cada nodo, para luego, restar ambos tiempos y hallar el tiempo de recorrido por tramo. Adicionalmente, se arma el nombre del tramo con cada intersección, separado con la palabra “con”. Como el archivo está ordenado con base en los tiempos, el nombre se asignará de acuerdo con el sentido de la vía.

```
dfaux = pd.DataFrame.from_records(matRes, columns = tit_res)
dfres = dfres.append(dfaux)
# Exporto el dataFrame Resultado a un archivo CSV
dfres.to_csv(rutaBase + nomrut[:-4] + "_Resultado.csv", index = False)
```

Los resultados quedan en la variable **dfres**, y, finalmente, se exporta el resultado en un archivo .csv, el cual viene siendo el resultado final de la rutina en cuestión, a continuación se muestra la figura 50 que contiene los resultados finales con los tiempos de recorrido por tramos.

1	Recorrido,Tramo,TiempoMin
2	01,CALLE 38 N - AVENIDA 6 con CALLE 37 N - AVENIDA 6,0.6
3	01,CALLE 37 N - AVENIDA 6 con CALLE 29 N - AVENIDA 6A N,0.683333333333
4	01,CALLE 29 N - AVENIDA 6A N con CALLE 25 N - AVENIDA 6A N,0.666666666667
5	01,CALLE 25 N - AVENIDA 6A N con CALLE 24 N - AVENIDA 6A N,0.35
6	01,CALLE 24 N - AVENIDA 6A N con CALLE 23D N - AVENIDA 6A N,0.583333333333
7	01,CALLE 23D N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 6A N,0.216666666667
8	01,CALLE 22 N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 8,0.25
9	01,CALLE 22 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 8,0.283333333333
10	01,CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 18 N - AVENIDA 9,0.166666666667
11	01,CALLE 18 N - AVENIDA 9 con CALLE 8 N - AVENIDA 4,2.316666666667
12	01,CALLE 8 N - AVENIDA 4 con AVENIDA 4 - AVENIDA 1,0.983333333333
13	01,AVENIDA 4 - AVENIDA 1 con CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.466666666667
14	01,CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1B - CARRERA 1,0.666666666667
15	01,CARRERA 1B - CARRERA 1 con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe,0.183333333333
16	01,CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe,0.116666666667
17	01,CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.266666666667
18	01,AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.716666666667
19	01,AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.566666666667
20	01,CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe,0.716666666667
21	01,CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 2 - CARRERA 1,1.1
22	01,CARRERA 2 - CARRERA 1 con CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe,0.8
23	01,CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe con CARRERA 1 Oe - CARRERA 1,0.666666666667
24	01,CARRERA 1 Oe - CARRERA 1 con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe,1.733333333333

Figura 50. Resultado en archivo CSV por día, con los tiempos por tramo

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

A partir de aquí, y ya de forma manual, se realiza un proceso de promediar ambos tiempos obtenidos, para obtener un archivo .csv final con los tiempos promedio de todos los recorridos. Con este archivo .csv resultante, se realiza un join con el shape de vías, para obtener como resultado final un shape de vías con velocidades por tramo. Teniendo las velocidades por tramo, se calculan los niveles de servicio según los tipos de vías siguiendo el HCM2010 (*Manual de Capacidad de Carreteras, 2010*) mencionado en el capítulo 6.3.

8.4.2 CÁLCULO DE TIEMPOS PROMEDIO

Una vez se tenga el archivo .csv por cada día, se realiza un proceso de promediar estos tiempos de ambos días, para obtener un archivo .csv final con los tiempos promedio de todos los recorridos. Para realizar esta labor, se utilizó un complemento de Excel, que viene implícito en su versión 2016, el cual es Power Query. Este complemento se especializa en un proceso conocido en inglés como ETL: Extract (Extraer), Transform (Transformar) y Load (Cargar), el cual consiste en extraer información de varias fuentes, transformarlas haciendo los procesos necesarios, para finalmente cargarlos en una hoja de trabajo Excel.

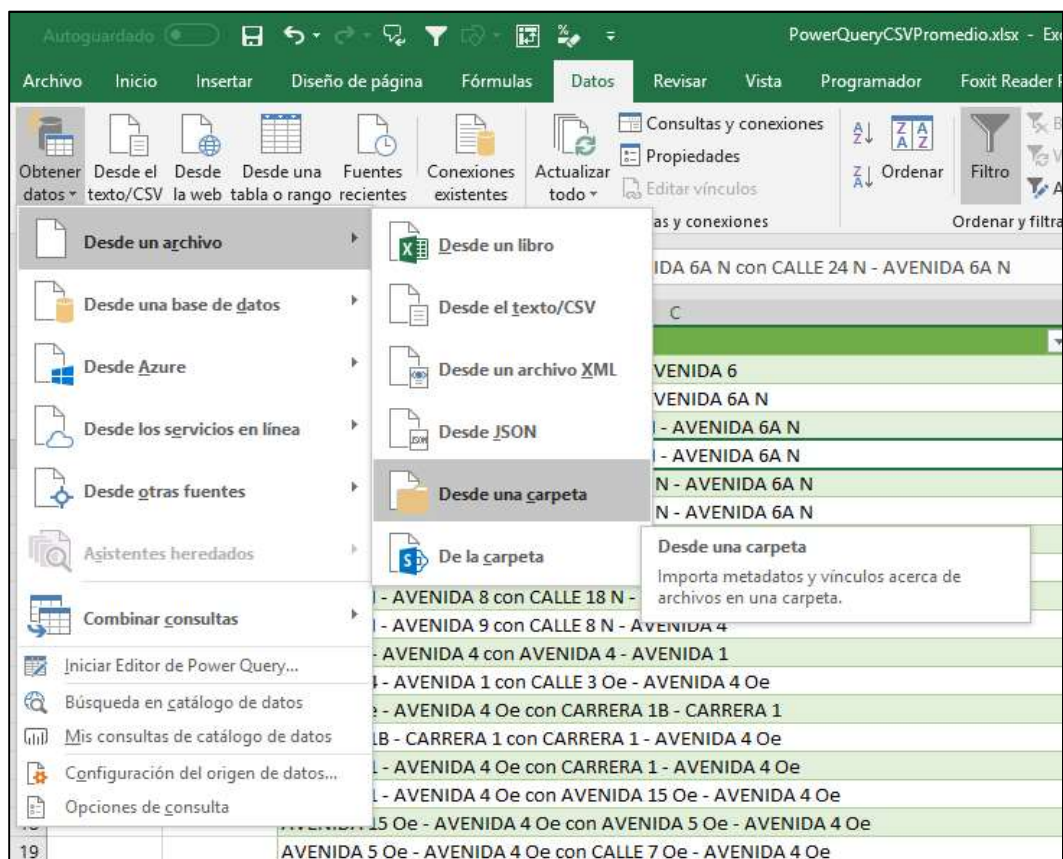


Figura 51. Complemento Power Query en Excel 2016 – Carga de Archivos CSV

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Se le indica al complemento la carpeta donde se encuentran los archivos CSV por día, y luego, con ayuda de lenguaje de programación M, se genera el promedio de los tiempos por cada tramo.

Este es el código M asociado:

let

```

Modo = Excel.CurrentWorkbook(){[Name="tModo"]}[Content][Modo]{0},
Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV Modo"),
#"Filas filtradas" = Table.SelectRows(Origen, each Text.StartsWith([Name], Modo) and Text.EndsWith([Name], "Resultado.csv")),
#"Filtered Hidden Files1" = Table.SelectRows(#"Filas filtradas", each [Attributes]?[Hidden]? <> true),
#"Invocar función personalizada1" = Table.AddColumn(#"Filtered Hidden Files1", "Transformar archivo de CSV Modo", each #"Transformar archivo de CSV Modo"([Content])),
#"Columnas con nombre cambiado1" = Table.RenameColumns(#"Invocar función personalizada1", {"Name", "Source.Name"}),

```

```
"Otras columnas quitadas1" = Table.SelectColumns("#Columnas con nombre  
cambiado1", {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV Modo"}),  
#"Columna de tabla expandida1" = Table.ExpandTableColumn("#Otras  
columnas quitadas1", "Transformar archivo de CSV Modo",  
Table.ColumnNames("#Transformar archivo de CSV Modo"("#Archivo de  
ejemplo"))),  
#"Tipo cambiado con configuración regional" =  
Table.TransformColumnTypes("#Columna de tabla expandida1", {"TiempoMin",  
type number}}, "en-US"),  
#"Filas agrupadas" = Table.Group("#Tipo cambiado con configuración regional",  
{"Tramo"}, {"TiempoMinPromedio", each List.Average([TiempoMin]), type  
number}})  
in  
#"Filas agrupadas"
```



The image shows a screenshot of the 'Editor avanzado' (Advanced Editor) in Power Query. The title bar says 'Editor avanzado'. The main area has a tab labeled 'tResultado'. Below the tab, there is a text area containing M code. The code starts with 'let' and includes several steps: 'Modo = Excel.CurrentWorkbook(){[Name="tModo"]}[Content][Modo]{0}', 'Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV')', 'Filas filtradas = Table.SelectRows(Origen, each Text.StartsWith([Name], Modo) and Text.EndsWith([Name], "CSV"))', 'Filtered Hidden Files1 = Table.SelectRows(Filas filtradas, each [Attributes]?[Hidden]? <> true)', 'Invocar función personalizada1 = Table.AddColumn(Filtered Hidden Files1, "Transformar archivo de CSV", each Table.TransformColumnTypes([Filtered Hidden Files1], {"TiempoMin", type number}, "en-US"))', 'Columnas con nombre cambiado1 = Table.RenameColumns(Invocar función personalizada1, {"Name", "Source.Name"}), 'Otras columnas quitadas1 = Table.SelectColumns(Columnas con nombre cambiado1, {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV"}), 'Columna de tabla expandida1 = Table.ExpandTableColumn(Otras columnas quitadas1, "Transformar archivo de CSV", Table.ColumnNames("Transformar archivo de CSV"("Archivo de ejemplo"))), 'Tipo cambiado con configuración regional = Table.TransformColumnTypes(Columna de tabla expandida1, {"TiempoMin", type number}, "en-US"), 'Filas agrupadas = Table.Group(Tipo cambiado con configuración regional, {"Tramo"}, {"TiempoMinPromedio", each List.Average([TiempoMin]), type number}). The code ends with 'in' and 'Filas agrupadas'.

Figura 52. Editor Avanzado Power Query. Lenguaje M.
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

Tramo	TiempoMinPromedio
1 CALLE 38 N - AVENIDA 6 con CALLE 37 N - AVENIDA 6	0,591666667
2 CALLE 37 N - AVENIDA 6 con CALLE 29 N - AVENIDA 6A N	0,913888889
3 CALLE 29 N - AVENIDA 6A N con CALLE 25 N - AVENIDA 6A N	0,754166667
4 CALLE 25 N - AVENIDA 6A N con CALLE 24 N - AVENIDA 6A N	0,395833333
5 CALLE 24 N - AVENIDA 6A N con CALLE 23D N - AVENIDA 6A N	0,508333333
6 CALLE 23D N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 6A N	0,241666667
7 CALLE 22 N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 8	0,283333333
8 CALLE 22 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 8	0,2875
9 CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 18 N - AVENIDA 9	0,2
10 CALLE 18 N - AVENIDA 9 con CALLE 8 N - AVENIDA 4	2,108333333
11 CALLE 8 N - AVENIDA 4 con AVENIDA 4 - AVENIDA 1	1,1
12 AVENIDA 4 - AVENIDA 1 con CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,470833333
13 CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1B - CARRERA 1	0,666666667
14 CARRERA 1B - CARRERA 1 con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,183333333
15 CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,15
16 CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,2875
17 AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,820833333
18 AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,333333333
19 CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,654166667
20 CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 2 - CARRERA 1	1,158333333
21 CARRERA 2 - CARRERA 1 con CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,491666667
22 CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe con CARRERA 1 Oe - CARRERA 1	0,825
23 CARRERA 1 Oe - CARRERA 1 con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	2,566666667
24 AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,433333333
25 AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA LOS CONQUISTADORES - ...	5,333333333
26 AVENIDA LOS CONQUISTADORES - RETEN FORESTAL con AVENIDA 6 Oe	10,91666667

Figura 53. Editor de Power Query. Resultado Final

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el proceso en Power Query, en el Editor de este complemento a través de la Ficha Archivo, Grupo Cerrar, Opción Cerrar y Cargar, se coloca en Excel para observar el resultado:

Modo	Tramo	TiempoMinPromedio
MOTO	CALLE 38 N - AVENIDA 6 con CALLE 37 N - AVENIDA 6	0,591666667
	CALLE 37 N - AVENIDA 6 con CALLE 29 N - AVENIDA 6A N	0,913888889
	CALLE 29 N - AVENIDA 6A N con CALLE 25 N - AVENIDA 6A N	0,754166667
	CALLE 25 N - AVENIDA 6A N con CALLE 24 N - AVENIDA 6A N	0,395833333
	CALLE 24 N - AVENIDA 6A N con CALLE 23D N - AVENIDA 6A N	0,508333333
	CALLE 23D N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 6A N	0,241666667
	CALLE 22 N - AVENIDA 6A N con CALLE 22 N - AVENIDA 8	0,283333333
	CALLE 22 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 8	0,2875
	CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 18 N - AVENIDA 9	0,2
	CALLE 18 N - AVENIDA 9 con CALLE 8 N - AVENIDA 4	2,108333333
	CALLE 8 N - AVENIDA 4 con AVENIDA 4 - AVENIDA 1	1,1
	AVENIDA 4 - AVENIDA 1 con CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,470833333
	CALLE 3 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1B - CARRERA 1	0,666666667
	CARRERA 1B - CARRERA 1 con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,183333333
	CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe	0,15
	CARRERA 1 - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,2875
	AVENIDA 15 Oe - AVENIDA 4 Oe con AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,820833333
	AVENIDA 5 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,333333333
	CALLE 7 Oe - AVENIDA 4 Oe con CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe	0,654166667
	CALLE 19 Oe - AVENIDA 4 Oe con CARRERA 2 - CARRERA 1	1,158333333
	CARRERA 2 - CARRERA 1 con CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,491666667
	CALLE 19 Oe - AVENIDA 5 Oe con CARRERA 1 Oe - CARRERA 1	0,825
	CARRERA 1 Oe - CARRERA 1 con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	2,566666667
	AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe	1,433333333
	AVENIDA 6 Oe - AVENIDA 5 Oe con AVENIDA LOS CONQUISTADORES - RETEN FORESTAL	5,333333333

Figura 54. Resultado Cargado en Excel

Fuente: Elaboración Propia, 2018

De aquí, se puede copiar la información resultante en un nuevo archivo Excel, y guardarlo como .csv para su posterior manipulación.

8.5 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

Teniendo en cuenta la cantidad de elementos a procesar y el volumen de datos levantados en campo se decidió generar una base de datos geográfica, la cual a su vez permitió realizar una adecuada representación cartográfica de los datos obtenido en campo y procesados que dieron como resultado velocidades promedio de recorrido por tramos en la zona Centro-Oeste. Para este análisis se implementó el software es **ArcGis 10.5**.

Para la creación de nuestra base de datos geográfica llamada **Zona_Centro_Oeste.gdb** es necesario llamar a toda nuestra cartografía base, la cual está compuesta por una subclasificación, que se opta para mejor orden de la misma **GDB** como es: Base, Comportamiento_Vial, Rutas y la Zona_de_estudio; en la siguiente imagen se muestra los shapes que contiene la **Base** cartográfica, **Rutas**, **Zona_de_Estudio** y el **Comportamiento_Vial**:

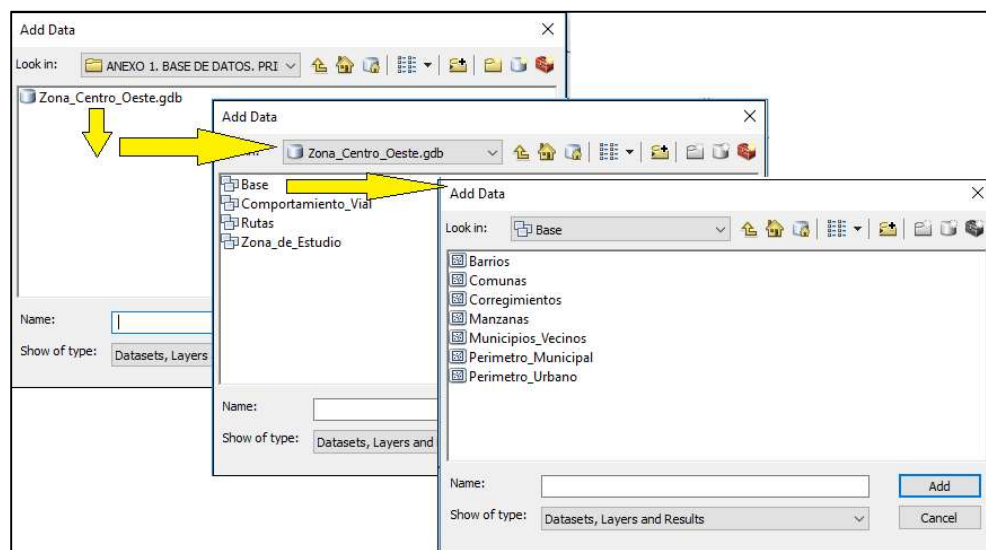


Figura 55. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

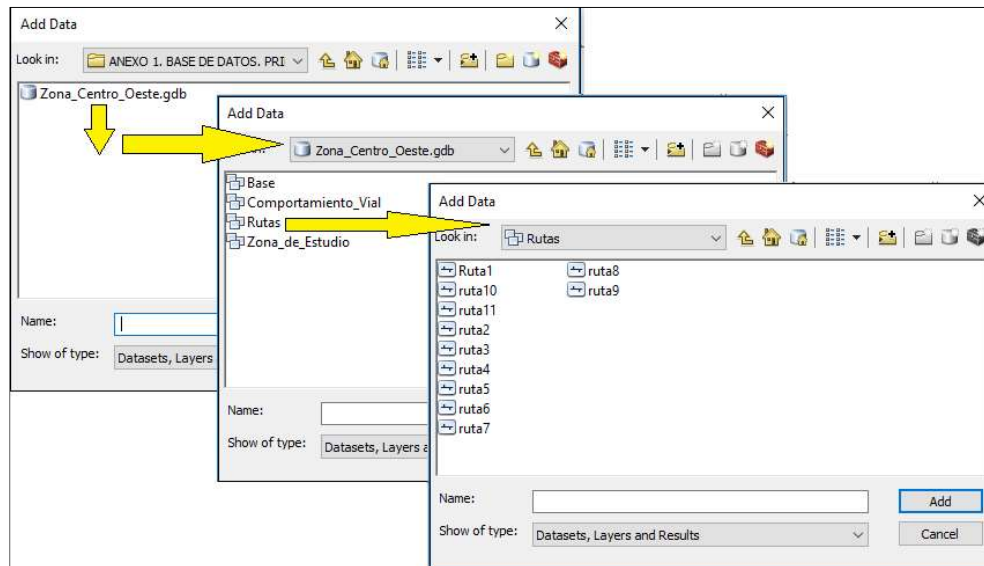


Figura 56. Shapes que componen la Ruta de la GDB.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

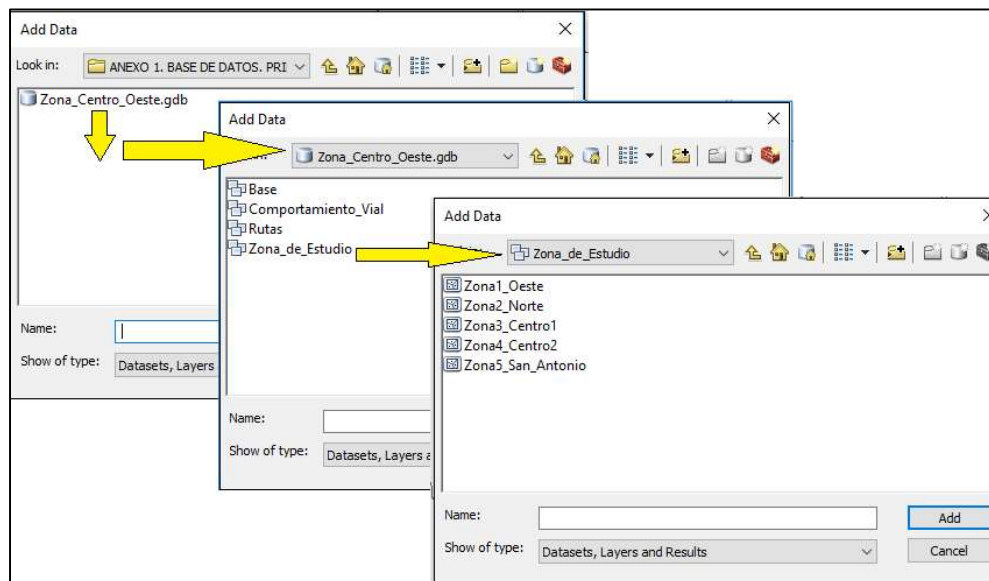


Figura 57. Shapes que componen la Zona de estudio de la GDB.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Y por último nuestra clasificación de Comportamiento_Vial que a su vez tiene los shapes creados para este análisis, como se muestra a continuación:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

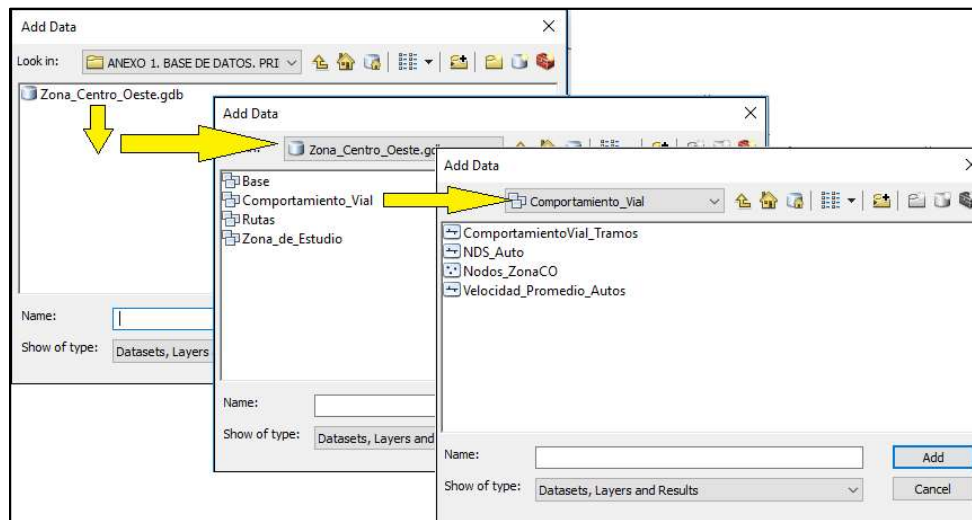


Figura 58. Shapes que componen el Comportamiento Vial de la GDB.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

A continuación, se llama toda nuestra base al proyecto, para su visualización:

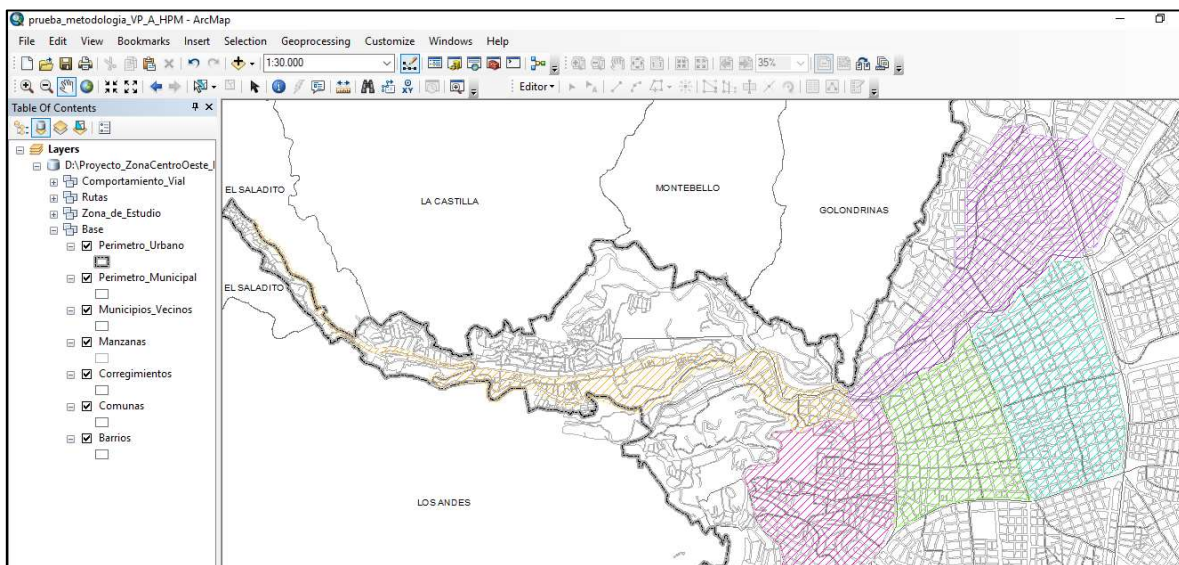


Figura 59. Shape que componen la GDB.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

8.5.1 CREACION SHAPE DE NODOS EN LA GDB:

Inicialmente se crea un shape de Nodos, teniendo en cuenta la determinación de los puntos más cercanos a las intersecciones explicados anteriormente, para crear este shape se tuvo en cuenta todos los recorridos ejecutados con el fin de que cuando se corriera la rutina de **PYTHON** cada tramo entre nodos tuviera su velocidad promedio de recorrido, a continuación, se muestran las figuras 51 y 52 que incluyen el shape de nodos y su tabla de atributos:

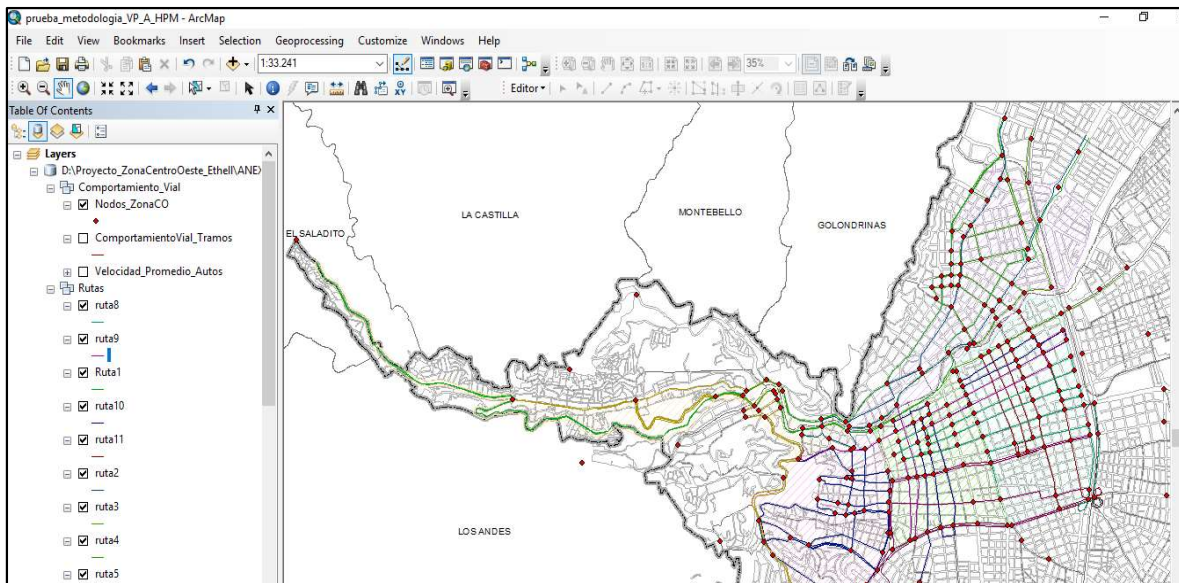


Figura 60. Shape de Nodos, zona Centro-Oeste

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

FID *	Shape *	Nombre	POINT X	POINT Y
1	Point	CALLE 44 - CARRERA 8	1063600,4358	873626,1934
2	Point	CALLE 13 - CARRERA 15	1060998,7596	872455,3258
3	Point	CALLE 25 - CARRERA 1	1061837,2027	874439,6291
4	Point	CALLE 25 - CARRERA 8	1062066,3624	873577,9001
5	Point	CALLE 44 N - AVENIDA 6	1061429,6914	876738,9714
6	Point	CALLE 15 N - AVENIDA 3	1060706,362	874065,7383
7	Point	AVENIDA 4 - AVENIDA 1	1059677,3411	873415,9231
8	Point	AVENIDA 2 - AVENIDA 3	1060924,5548	874149,2976
9	Point	CALLE 15 - CARRERA 8	1061050,56046	873274,784293
10	Point	CALLE 15 - CARRERA 15	1061300,2749	872441,8036
11	Point	CALLE 5 - CARRERA 15	1060149,7579	872208,7689
12	Point	CALLE 9 - CARRERA 15	1060499,1404	872379,905
13	Point	CALLE 5 - CARRERA 50	1058820,0558	869456,8157
14	Point	CALLE 25 - CARRERA 5	1061931,6649	874030,7873
15	Point	CALLE 15 - CARRERA 5	1060925,63752	873582,256123
16	Point	CALLE 34 - CARRERA 5	1062705,3813	874241,2982
17	Point	CALLE 13 - CARRERA 10	1060860,8974	873010,8139
18	Point	CALLE 25 - CARRERA 10	1062126,2389	873296,3409
19	Point	CALLE 15 - CARRERA 10	1061133,0128	873033,7279
20	Point	CALLE 5 - CARRERA 10	1060143,6166	872867,6123
21	Point	CALLE 9 - CARRERA 10	1060475,7559	872911,373
22	Point	CALLE 33A - CARRERA 15	1062888,7974	872719,2115
23	Point	CALLE 34 - CARRERA 1	1062499,3773	874865,9709
24	Point	CALLE 34 - CARRERA 8	1062864,2572	873723,5309
25	Point	CALLE 34 N - AVENIDA 3	1061807,2896	875628,8122
26	Point	CALLE 18 N - AVENIDA 6	1060736,5449	874501,6206

Figura 61 Tabla de atributos shape de Nodos, zona Centro-Oeste

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.5.2 CREACION SHAPE DE COMPORTAMIENTO VIAL EN LA GDB:

Posteriormente se creó un shape de Comportamiento vial, en el cual solo se tuvo en cuenta las vías primarias, secundarias, colectoras y demás por donde pasaron los recorridos, este shape es creado entre los nodos mostrados anteriormente y se alimentó con información como nombre, de donde ab, hasta donde ba, coordenadas X – Y de inicio y fin, Longitud y la columna más importante creada para enlazar la información de resultado de **PYTHON** la columna **Tramos** que tiene la información del nodo de inicio y nodo de fin en el sentido de la vía, a continuación se muestra la figura 53 y 54 en donde se observan el shape de comportamiento vial y la tabla de atributos:

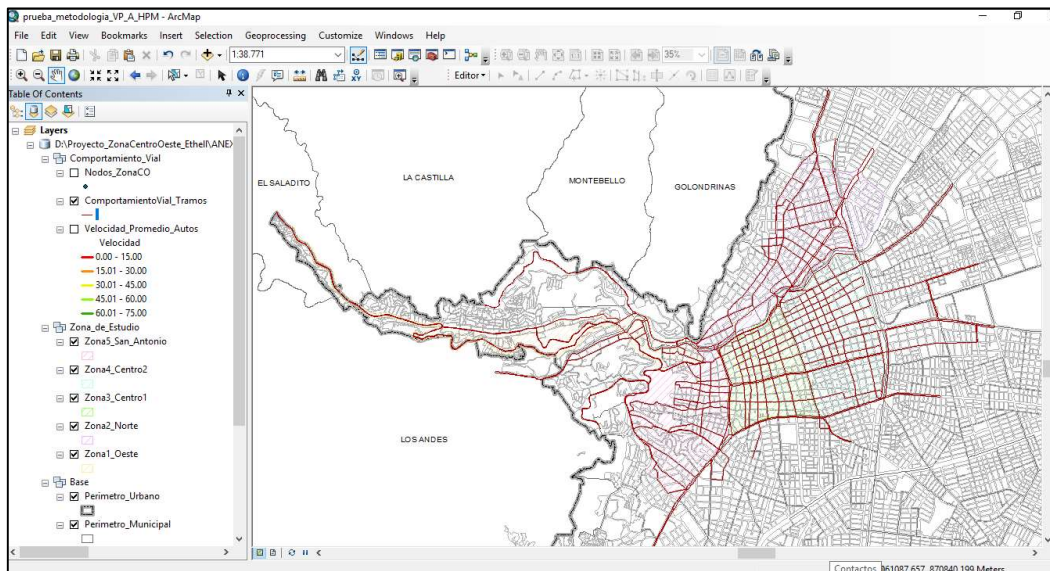


Figura 62. Shape de comportamiento Vial, zona Centro-Oeste.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Comportamiento/Vial Tramos												
FIN	Shape	Nombre	Desde AB	Hasta BA	Tramo	LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Shape	Length
1	Polyline	CALLE 6	CARRERA 44	CARRERA 39	CALLE 6 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 39	0.530901	1058824.7538	869948.1038	1059004.908	870433.9989	0.004549	
2	Polyline	CALLE 5	CARRERA 39	CARRERA 44	CALLE 5 - CARRERA 39 con CALLE 5 - CARRERA 44	0.531407	1059004.908	870433.9989	1058824.7538	869948.1038	0.004501	
3	Polyline	CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 50	CALLE 5 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 50	0.874460	1058824.7538	869948.1038	1059200.0667	869478.9192	0.004567	
4	Polyline	CARRERA 50	CARRERA 44	CALLE 5	CARRERA 50 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 44	0.874460	1059200.0667	869478.9192	1058824.7538	869948.1038	0.004567	
5	Polyline	AVENIDA 4	CALLE 34 N	CALLE 30 N	CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0.433494	1061507.7369	876670.7189	1061626.9432	875316.2223	0.003915	
6	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 34 N	CALLE 30 N	CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0.375491	1061807.2695	875628.6096	1061626.9432	875316.2223	0.003539	
7	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 30 N	CALLE 34 N	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	0.389960	1061626.9432	875316.2223	1061807.2695	875628.6096	0.003539	
8	Polyline	CARRERA 1	CALLE 44	CALLE 44	CALLE 34 - CARRERA 1 con CALLE 44 - CARRERA 1	0.872799	1062499.3773	874885.9689	1063046.5457	875056.0954	0.007875	
9	Polyline	CARRERA 5	CALLE 44	CALLE 34	CALLE 44 - CARRERA 5 con CALLE 34 - CARRERA 5	0.719242	1063385.2111	874455.7845	1062705.3813	874241.2962	0.006475	
10	Polyline	CARRERA 8	CALLE 21	CALLE 15	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	0.591987	1061213.1742	873458.6745	1061055.0049	873474.784293	0.005258	
11	Polyline	CARRERA 8	CALLE 34	CALLE 26	CALLE 34 - CARRERA 8 con CALLE 26 - CARRERA 8	0.190003	1062084.2672	875723.5299	1061156.5012	875393.3943	0.004861	
12	Polyline	CARRERA 15	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	0.308979	1061300.2749	872441.8035	1060996.7596	872455.3267	0.002781	
13	Polyline	CARRERA 1	CALLE 6	CALLE 15 N	CALLE 6 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	1.089008	1060026.9753	873575.0192	1060709.362	874065.7368	0.009262	
14	Polyline	CALLE 5	CARRERA 4	CARRERA 1	CALLE 5 - CARRERA 4 con CALLE 5 - CARRERA 1	0.151815	1060012.2062	873241.9476	1060026.9753	873575.0192	0.013171	
15	Polyline	CALLE 5	AVENIDA 4	CARRERA 4	CALLE 5 - AVENIDA 4 con CALLE 5 - CARRERA 4	0.247173	1060038.0012	873445.1154	1060012.3082	873241.9476	0.002232	
16	Polyline	CARRERA 15	CALLE 13	CALLE 15	CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	0.315385	1060988.7596	872455.3267	1061300.2749	872441.8035	0.002839	
17	Polyline	CARRERA 8	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	0.260246	1061020.55049	873274.784293	1060802.4958	873195.3099	0.002245	
18	Polyline	AVENIDA 6	CALLE 18 N	CALLE 21 N	CALLE 18 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 6	0.214285	1060738.5449	874501.8206	1060888.0247	874445.2981	0.005134	
19	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 18 N	CALLE 21 N	AVENIDA 3 - CARRERA 15 con CALLE 21 N - AVENIDA 3	0.384104	1060924.5548	874149.2981	1061153.1123	874400.0078	0.005357	
20	Polyline	AVENIDA 1	AVENIDA 3	CALLE 15 N	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	0.245981	1060924.5548	874149.2981	1060709.362	874065.7368	0.002218	
21	Polyline	CARRERA 8	CALLE 26	CALLE 34	CALLE 34 - CARRERA 8 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.715599	1062155.3212	873593.2643	1062084.2672	873723.5296	0.006444	
22	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 21 N	CALLE 18 N	CALLE 21 N - AVENIDA 3 con AVENIDA 2 - AVENIDA 3	0.3569	1061153.1123	874400.0078	1060924.5548	874149.2981	0.005134	
23	Polyline	CARRERA 15	CALLE 18	CALLE 21	CALLE 18 - CARRERA 15 con CALLE 21 - CARRERA 15	0.611513	1061347.4121	872444.6283	1061820.2064	872596.0623	0.004605	
24	Polyline	CARRERA 15	CALLE 21	CALLE 10	CALLE 21 - CARRERA 15 con CALLE 10 - CARRERA 15	0.602319	1061586.9385	872526.0227	1061588.473	872526.8739	0.004522	
25	Polyline	CARRERA 1	CALLE 44	CALLE 34	CALLE 44 - CARRERA 1 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.855911	1063046.5457	875555.0995	1062499.3773	874685.9689	0.007723	
26	Polyline	CARRERA 8	CALLE 34	CALLE 44	CALLE 34 - CARRERA 8 con CALLE 44 - CARRERA 8	0.118512	1062705.3813	874241.2962	1063385.2111	874455.7845	0.004441	
27	Polyline	CALLE 34	CARRERA 8	CARRERA 8	CALLE 34 - CARRERA 8 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.548091	1062705.3813	874241.2962	1062084.2672	873723.5296	0.004935	
28	Polyline	CARRERA 8	CALLE 15	CALLE 21	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 21 - CARRERA 8	0.583359	1060925.03762	873582.256123	1061455.95483	873828.65234	0.005259	
29	Polyline	CARRERA 10	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 10 con CALLE 13 - CARRERA 10	0.278148	1061133.0128	873033.7277	1060880.8974	873010.8132	0.002485	
30	Polyline	CARRERA 10	CALLE 13	CALLE 15	CALLE 13 - CARRERA 10 con CALLE 15 - CARRERA 10	0.278107	1060880.8974	873010.8132	1061133.0128	873033.7277	0.002481	
31	Polyline	CALLE 21 N	AVENIDA 6	AVENIDA 4	CALLE 21 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0.320228	1060808.0247	874703.4086	1061068.138	874520.3916	0.002888	
32	Polyline	CALLE 18 N	AVENIDA 4	AVENIDA 8	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 18 N - AVENIDA 8	0.251013	1060370.3543	874289.3755	1060736.5449	874501.8206	0.002267	
33	Polyline	AVENIDA 4	CALLE 18 N	CALLE 21 N	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0.311199	1061068.138	874520.3916	1060870.3543	874289.3755	0.002909	

Figura 63. Tabla de atributos shape Comportamiento Vial.

8.6 CALCULO DE INDICADORES Y VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR

8.6.1 VELOCIDAD PROMEDIO DEL RECORRIDO

Los cálculos de velocidades se realizaron después de unificar los tiempos de viajes obtenidos después de ejecutar la rutina de **PYTHON** con el grafo de comportamiento vial, el cual contiene la longitud de los arcos en km. Por tanto, a través de un cálculo operativo entre campos se determinó la velocidad en km/h. Es decir, y ya de forma manual, se realiza un proceso de promediar ambos tiempos obtenidos, para obtener un archivo .csv final con los tiempos promedio de todos los recorridos. Con este archivo .csv resultante, se realiza un join con el **shape de Comportamiento Vial**, para obtener como resultado final un shape de vías con velocidades promedio por tramo. A continuación, se explica de una mejor forma:

Con este archivo .csv resultante, en ArcGis se realiza un join con el shape de vías (comportamiento vial) teniendo en cuenta el nombre del tramo, para asignarle a este Shape los tiempos promedio calculados.

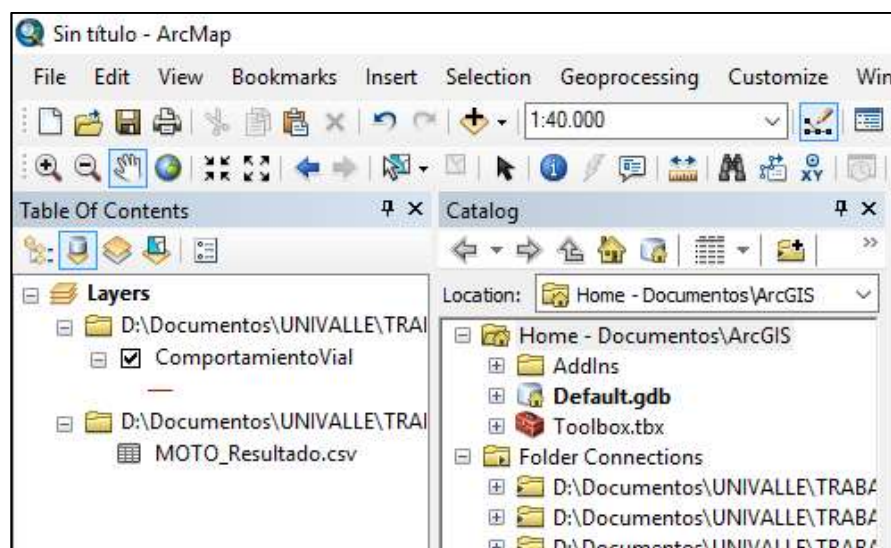


Figura 64. Carga del Shape de Vías y el CSV Resultante

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

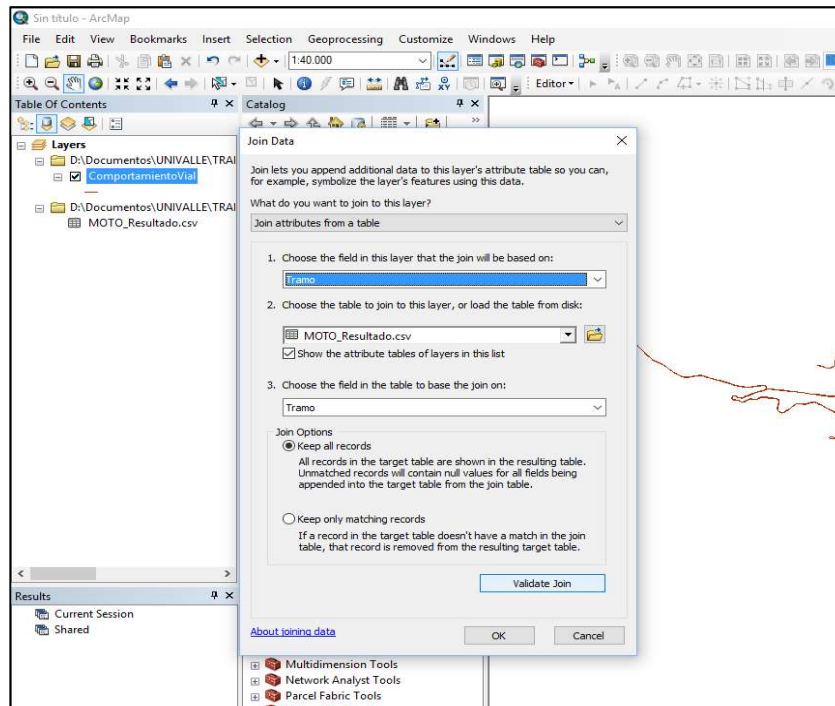


Figura 65. Join entre Shape de Vías y el archivo CSV

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez realizado el Join, se observa que quedan unos tramos vacíos (null). Estos se eliminan, puesto que representan los tramos (arcos) por donde no pasaron los recorridos.

	LENGTH	START_X	START_Y	END_X	END_Y	Tramo	TiempoMinPromedio
0.536661	1058024.7538	869948.1038	1059004.906	870433.9989	<Null>	<Null>	
0.531407	1059004.906	870433.9989	1058824.7538	869948.1038	<Null>	<Null>	
0.507456	1058824.7538	869948.1038	1058820.0557	869456.8192	<Null>	<Null>	
0.505008	1058820.0557	869456.8192	1058824.7538	869948.1038	<Null>	<Null>	
0.433494	1061507.7368	875670.7189	1061626.9432	875316.2223	CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0,516667	
0.375491	1061807.2896	875628.8098	1061626.9432	875316.22	CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0,591667	
0.39098	1061626.9432	875316.22	1061807.2896	875628.8098	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	1,233333	
0.872799	1062499.3773	874865.9689	1063046.5457	875505.0695	<Null>	<Null>	
0.719242	1063385.2111	874455.7845	1062705.3813	874241.2982	<Null>	<Null>	
0.591987	1061613.1742	873458.8745	1061050.56046	873274.784293	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	1,033333	
0.720035	1062864.2572	873723.5296	1062165.9212	873593.2643	<Null>	<Null>	
0.308979	1061300.2749	872441.8035	1060998.7596	872455.3257	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	0,65	
1.089008	1060028.9753	873375.0192	1060706.362	874065.7368	CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	2,366667	
0.151815	1060012.3082	873241.9478	1060028.9753	873375.0192	<Null>	<Null>	
0.247173	1060038.6012	873449.1164	1060012.3082	873241.9478	<Null>	<Null>	
0.315385	1060998.7596	872455.3257	1061300.2749	872441.8035	CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	0,625	
0.260546	1061050.56046	873274.784293	1060802.4958	873195.3099	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	0,8	
0.214039	1060736.5449	874501.6206	1060806.0247	874703.4066	CALLE 18 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 6	0,508333	
0.394104	1060924.5548	874149.2961	1061153.1123	874460.0078	<Null>	<Null>	
0.245981	1060924.5548	874149.2961	1060706.362	874065.7368	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	0,35	
0.715599	1062165.9212	873593.2643	1062864.2572	873723.5296	<Null>	<Null>	
0.3959	1061153.1123	874460.0078	1060924.5548	874149.2961	CALLE 21 N - AVENIDA 3 con AVENIDA 2 - AVENIDA 3	0,85	
0.511513	1061347.4121	872444.8283	1061820.2054	872596.0523	CALLE 16 - CARRERA 15 con CALLE 21 - CARRERA 15	0,941667	
0.502319	1061586.9385	872525.5227	1061588.473	872525.9739	CALLE 21 - CARRERA 15 con CALLE 16 - CARRERA 15	0,808333	
0.855911	1063046.5457	875505.0695	1062499.3773	874865.9689	<Null>	<Null>	
0.715512	1062705.3813	874241.2982	1063385.2111	874455.7845	<Null>	<Null>	
0.546091	1062705.3813	874241.2982	1062864.2572	873723.5296	<Null>	<Null>	
0.583939	1060925.63752	873592.256123	1061455.95483	873826.65234	CALLE 15 - CARRERA 5 con CALLE 21 - CARRERA 5	1,2	
0.276146	1061133.0128	873033.7272	1060660.8974	873010.8132	CALLE 15 - CARRERA 10 con CALLE 13 - CARRERA 10	0,8	
0.275707	1060860.8974	873010.8132	1061133.0128	873033.7272	CALLE 13 - CARRERA 10 con CALLE 15 - CARRERA 10	0,55	
0.320228	1060806.0247	874703.4066	1061088.138	874520.3916	CALLE 21 N - AVENIDA 6 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	1,033333	
0.251013	1060870.3543	874289.3755	1060736.5449	874501.6206	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 18 N - AVENIDA 6	0,608333	
0.311199	1061068.138	874520.3916	1060870.3543	874289.3755	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0,85	
0.104305	1061068.138	874520.3916	1061153.1123	874460.0096	CALLE 21 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 3	0,35	
0.282457	1061613.1742	873458.8745	1061666.9589	873184.1578	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 21 - CARRERA 10	0,95	
0.681692	1062048.9994	874058.9437	1062705.3813	874241.2982	<Null>	<Null>	
0.544452	1062864.2572	873723.5296	1062705.3813	874241.2982	<Null>	<Null>	
0.193525	1060802.4958	873195.3099	1060860.8974	873010.8132	<Null>	<Null>	

Figura 66. Tabla de Atributos después de ejecutado el Join

Fuente: Elaboración Propia

Una vez eliminados los registros vacíos, se procede a realizar el cálculo de la velocidad, teniendo en cuenta la longitud del tramo (que está en kilómetros) y el tiempo asignado (que está en minutos). Se adiciona un campo, el cual se llamará Velocidad, de tipo Double:

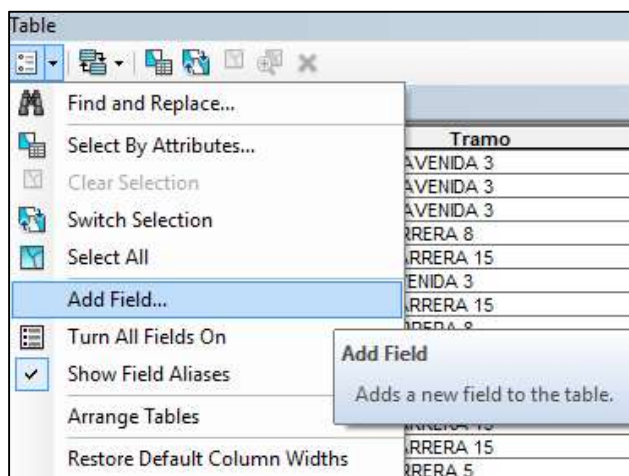


Figura 67. Adición de Campo en la Tabla de Atributos

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

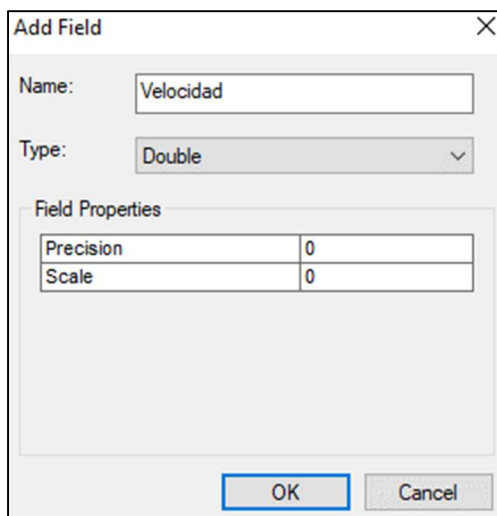


Figura 68. Definición del tipo de Campo y Nombre

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Una vez adicionado el campo, y establecido el tipo de campo, se procede a calcular la **Velocidad de recorrido**, con ayuda del Field Calculator (Calculadora de Campo), haciendo clic derecho encima del nuevo campo y seleccionando la opción correspondiente:

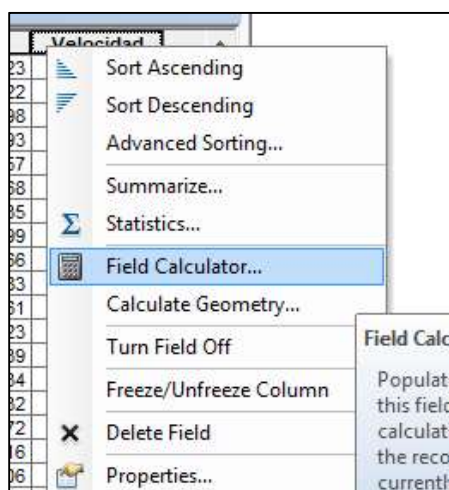


Figura 69. Field Calculator.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Una vez en el Field Calculator, se coloca la fórmula correspondiente para el cálculo de la Velocidad de Recorrido: **$\text{Longitud} / \text{TiempoMinPromedio} * 60$** , para que la fórmula genere la Velocidad de recorrido en Kilómetros por Hora:

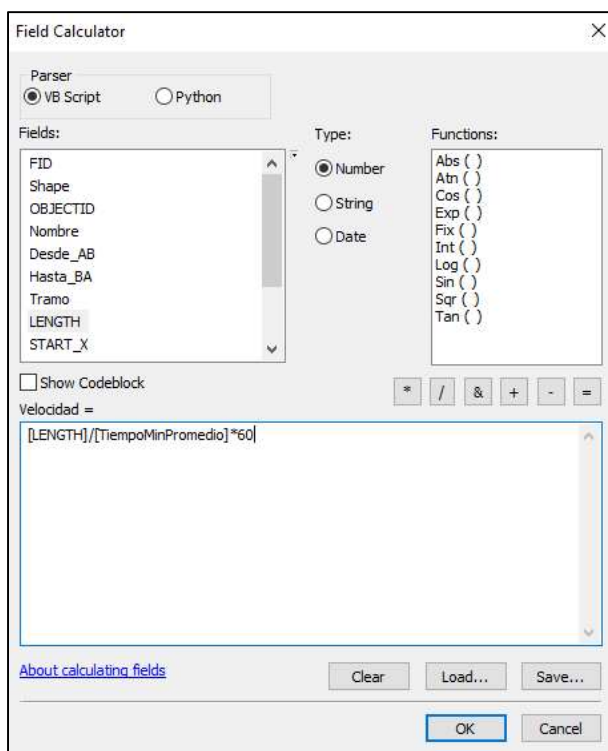


Figura 70. Fórmula para el cálculo de la Velocidad en el Field Calculator.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

Al hacer clic en OK, ya se tendrá el cálculo de la Velocidad de recorrido en el Shape de Vías.

LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Velocidad
0,433494	1061507,7368	875670,7189	1061626,9432	875316,2223	50,341296
0,375491	1061807,2896	875628,8098	1061626,9432	875316,22	38,077939
0,39098	1061626,9432	875316,22	1061807,2896	875628,8098	19,020629
0,591987	1061613,1742	873458,8745	1061050,56046	873274,784293	34,373452
0,308979	1061300,2749	872441,8035	1060998,7596	872455,3257	28,521175
1,089008	1060028,9753	873375,0192	1060706,362	874065,7368	27,608655
0,315385	1060998,7596	872455,3257	1061300,2749	872441,8035	30,276988
0,260546	1061050,56046	873274,784293	1060802,4958	873195,3099	19,54096
0,214039	1060736,5449	874501,6206	1060806,0247	874703,4066	25,263642
0,245981	1060924,5548	874149,2961	1060706,362	874065,7383	42,168105
0,3959	1061153,1123	874460,0078	1060924,5548	874149,2961	27,94586
0,511513	1061347,4121	872444,6283	1061820,2054	872596,0523	32,591981
0,502319	1061586,9385	872525,5227	1061588,473	872525,9739	37,285557
0,583939	1060925,63752	873582,256123	1061455,95483	873826,65234	29,196934
0,276146	1061133,0128	873033,7272	1060860,8974	873010,8132	20,710933
0,275707	1060860,8974	873010,8132	1061133,0128	873033,7272	30,077147
0,320228	1060806,0247	874703,4066	1061068,138	874520,3916	18,593871
0,251013	1060870,3543	874289,3755	1060736,5449	874501,6206	24,75745
0,311199	1061068,138	874520,3916	1060870,3543	874289,3755	21,966989

Figura 71. Tabla de Atributos con el cálculo de Velocidad

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

También, para generar el cálculo de Velocidades de Recorrido por cada una de las rutas diseñadas, se hace una conversión de los archivos GPX con ayuda del programa gratuito **GPS Track Editor**, el cual, además de permitir visualizar los archivos GPX, también permite hacer conversiones de los archivos a .CSV directamente con todos los campos que genera el GPX.

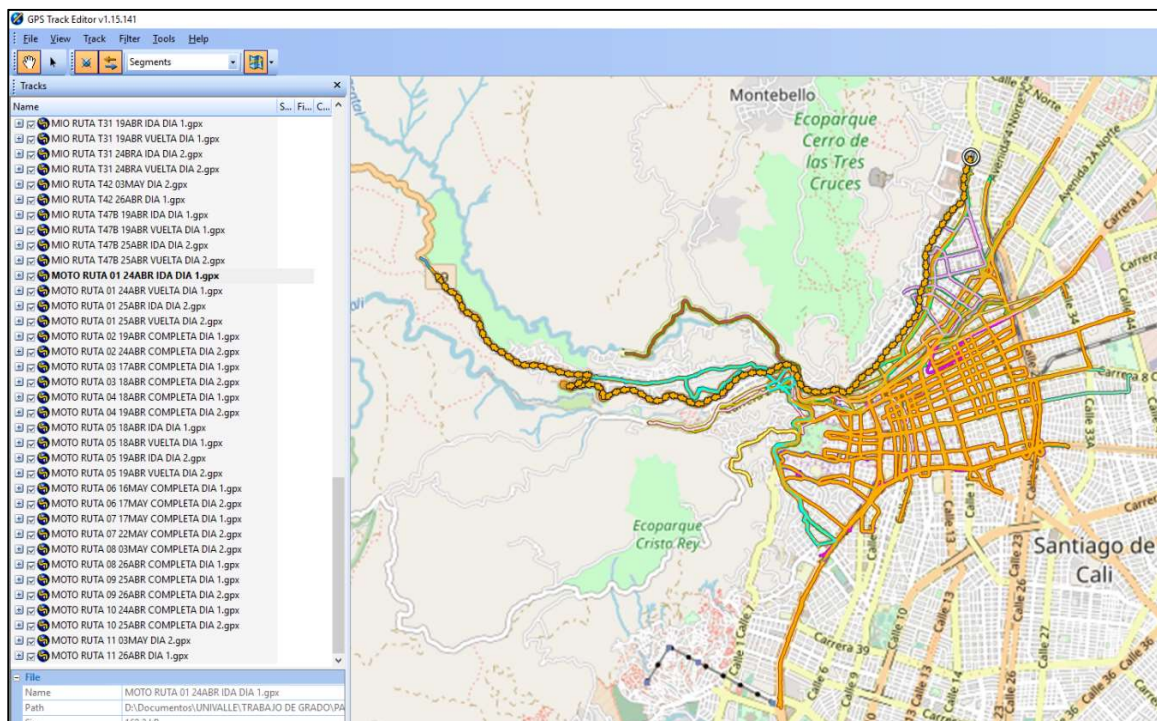


Figura 72. GPS Track Editor

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Para hacer la exportación a .CSV, nos vamos al menú **File**, y seleccionamos la opción **Export**:

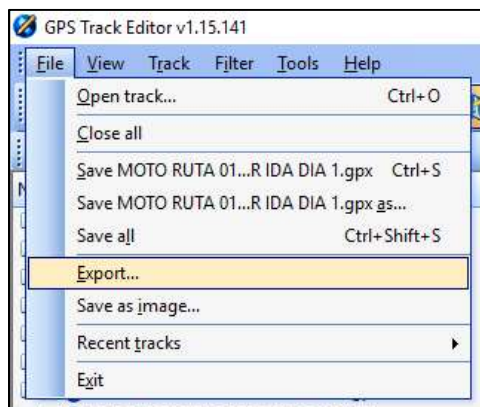


Figura 73. Exportar archivo CSV a partir de Archivo GPX

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Una vez ahí, se selecciona el tipo de archivo para la extracción.

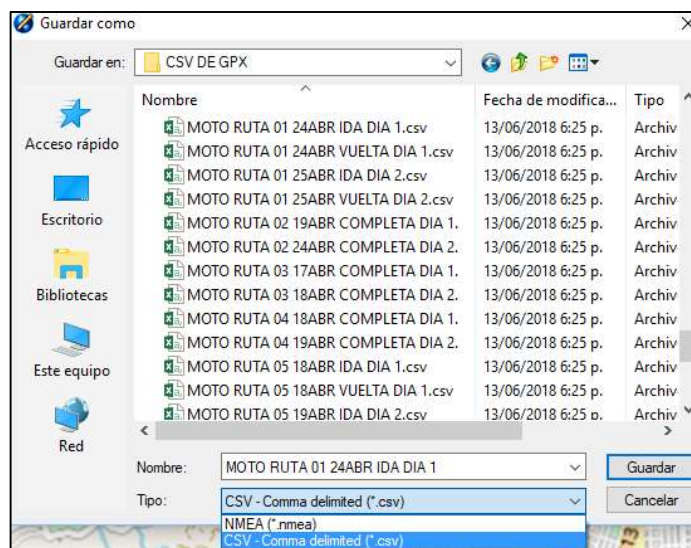


Figura 74. Elección de Tipo de Archivo CSV.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Una vez se tengan todos los archivos CSV extraídos, se procede a unir todos estos archivos en una sola tabla, para realizar el posterior análisis. Esta unión, la realizamos con la ayuda del complemento Excel Power Query, y la realización de código M, el cual se muestra a continuación:

let

```
Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV DE GPX"),  
#"Filtered Hidden Files1" = Table.SelectRows(Origen, each  
[Attributes]?[Hidden]? <> true),
```

```
#"Invocar función personalizada1" = Table.AddColumn("#Filtered Hidden  
Files1", "Transformar archivo de CSV DE GPX", each #"Transformar archivo de  
CSV DE GPX"([Content])),  
#"Columnas con nombre cambiado1" = Table.RenameColumns("#Invocar  
función personalizada1", {"Name", "Source.Name"}),  
#"Otras columnas quitadas1" = Table.SelectColumns("#Columnas con nombre  
cambiado1", {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV DE GPX"}),  
#"Columna de tabla expandida1" = Table.ExpandTableColumn("#Otras  
columnas quitadas1", "Transformar archivo de CSV DE GPX",  
Table.ColumnNames("#Transformar archivo de CSV DE GPX"("#Archivo de  
ejemplo"))),  
#"Valor reemplazado" = Table.ReplaceValue("#Columna de tabla  
expandida1", ".csv", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),  
#"Valor reemplazado1" = Table.ReplaceValue("#Valor reemplazado", "RUTA  
, ", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),  
#"Dividir columna por delimitador" = Table.SplitColumn("#Valor reemplazado1",  
"Source.Name", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false),  
{"Modo", "Source.Name.2"}),  
#"Dividir columna por delimitador1" = Table.SplitColumn("#Dividir columna por  
delimitador", "Source.Name.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "},  
QuoteStyle.Csv, false), {"RUTA", "Source.Name.2.2"}),  
#"Dividir columna por delimitador2" = Table.SplitColumn("#Dividir columna por  
delimitador1", "Source.Name.2.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "},  
QuoteStyle.Csv, false), {"Source.Name.2.2.1", "Source.Name.2.2.2"}),  
#"Filas filtradas" = Table.SelectRows("#Dividir columna por delimitador2", each  
([Source.Name.2.2.2] <> "CONEXION DIA 1")),  
#"Valor reemplazado2" = Table.ReplaceValue("#Filas filtradas", "COMPLETO  
, ", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name.2.2.2"}),  
#"Valor reemplazado3" = Table.ReplaceValue("#Valor  
reemplazado2", "COMPLETA ", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name.2.2.2"}),  
#"Filas filtradas1" = Table.SelectRows("#Valor reemplazado3", each true),  
#"Columnas quitadas" = Table.RemoveColumns("#Filas filtradas1", {"Heart rate",  
"Cadence", "Temperature", "GPS speed (km/h)", "GPS heading", "HDOP",  
"VDOP", "PDOP", "Source.Name.2.2.1"}),  
#"Columnas con nombre cambiado" = Table.RenameColumns("#Columnas  
quitadas", {"Source.Name.2.2.2", "DIA"}),  
#"Tipo cambiado con configuración regional" =  
Table.TransformColumnTypes("#Columnas con nombre cambiado", {"Latitude",  
type number}, {"Longitude", type number}, {"Elevation (m)", type number}, {"Speed  
(km/h)", type number}, {"Heading", type number}, {"Leg length (m)", type number},  
{"From start (km)", type number}}, "en-US"),  
#"Dividir columna por posición" = Table.SplitColumn("#Tipo cambiado con  
configuración regional", "DIA", Splitter.SplitTextByPositions({0, 5}, true), {"DIA.1",  
"DIA.2"}),
```

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

```
#"Columnas combinadas" = Table.CombineColumns(#"Dividir columna por posición",{ "RUTA", "DIA.1"},Combiner.CombineTextByDelimiter(" ",QuoteStyle.None),"Combinada"),
#"Columnas con nombre cambiado2" = Table.RenameColumns(#"Columnas combinadas",{ "Combinada", "RUTA"}, {"DIA.2", "DIA"}),
#"Filas filtradas2" = Table.SelectRows(#"Columnas con nombre cambiado2", each true)
in
#"Filas filtradas2"
```

A continuación, se muestra en el Editor de Power Query el resultado generado:

	Modo	RUTA	DIA	Date/time	Latitude	Longitude	Elevation
1	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:07	3,4774147	-76,5264831	
2	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:08	3,4774147	-76,5264829	
3	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:09	3,4774112	-76,5264788	
4	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:10	3,4774078	-76,526478	
5	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:11	3,4773887	-76,5264828	
6	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:12	3,4773688	-76,5264851	
7	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:13	3,4773339	-76,5264982	
8	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:14	3,4772937	-76,5265234	
9	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:15	3,4772412	-76,5265377	
10	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:16	3,477187	-76,5265574	
11	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:17	3,4771255	-76,5265674	
12	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:18	3,4770567	-76,526588	
13	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:19	3,4769806	-76,5266102	
14	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:20	3,476913	-76,5266154	
15	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:21	3,4768328	-76,5266373	
16	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:22	3,4767425	-76,526666	
17	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:23	3,4766612	-76,5266869	
18	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:24	3,4765713	-76,5267107	
19	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:25	3,4764823	-76,5267227	
20	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:26	3,4763917	-76,526756	
21	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:27	3,4763032	-76,526767	
22	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:28	3,4762076	-76,52678	
23	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:29	3,4761081	-76,5267897	
24	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:30	3,4760028	-76,5267937	
25	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:31	3,4759023	-76,5267968	
26	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:32	3,4757942	-76,5267842	
27	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:33	3,4756856	-76,5267676	
28	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:34	3,4755736	-76,5267526	

Figura 75. Resultado unión archivos CSV en Power Query de Excel.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Y, también, se muestra el resultado cargado en el archivo Excel:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Modo	RUTA	DIA	Date/time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length (m)	From start (km)	Elapsed time
2	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:07	3,4774147	-76,5264831	975	0	0	0	0	0 00:00:00
3	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:08	3,4774147	-76,5264829	975	0	104	0	0	0 00:00:01
4	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:09	3,4774112	-76,5264788	975	2,2	131	0,6	0,001	0 00:00:02
5	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:10	3,4774078	-76,526478	975	1,4	166	0,4	0,001	0 00:00:03
6	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:11	3,4773887	-76,5264828	975	7,9	194	2,2	0,003	0 00:00:04
7	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:12	3,4773688	-76,5264851	975	8	187	2,2	0,005	0 00:00:05
8	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:13	3,4773339	-76,5264982	975	14,9	200	4,1	0,01	0 00:00:06
9	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:14	3,4772937	-76,5265234	975	19	212	5,3	0,015	0 00:00:07
10	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:15	3,4772412	-76,5265377	971	21,8	195	6	0,021	0 00:00:08
11	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:16	3,477187	-76,5265574	971	23,1	200	6,4	0,027	0 00:00:09
12	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:17	3,4771255	-76,5265674	969	24,9	189	6,9	0,034	0 00:00:10
13	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:46:18	3,4770567	-76,526588	970	28,7	197	8	0,042	0 00:00:11

Figura 76. Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel

Fuente: Elaboración Propia

8.6.2 VELOCIDAD DE LA MARCHA

Al igual que el cálculo de la Velocidad de Recorrido, La Velocidad de Marcha se calculará en dos términos: en términos de cada arco, y en términos de cada ruta.

La Velocidad de Marcha, corresponde a la velocidad del vehículo estando en marcha, despreciando los tiempos en los cuales el vehículo estuvo detenido. Con ayuda de una tabla dinámica, se filtran las velocidades que sean mayores a 5 km/h, considerando el error que genera el dispositivo GPS cuando realiza las tomas en recorrido. El resultado obtenido se muestra en el apartado de Análisis y Discusión de Resultados del presente documento.

Para la asignación de la Velocidad de Marcha a cada uno de los arcos correspondientes a la red vial, y para una mejor manipulación de los archivos GPX, se decide trabajar con los archivos convertidos a CSV (que se generaron con ayuda de GPS Track Editor). La idea de todo el proceso que se describirá a continuación es poder manipular los archivos GPX, de tal forma que queden las velocidades puntuales y los tiempos de recorrido de forma continua en el archivo, y estos puedan ser usados en el proceso que se realizó previamente con la velocidad de recorrido, y así se pueda asignar la Velocidad de Marcha correspondiente a cada arco del Shape de Vías.

Para ello, se usa el archivo presente en el Anexo 6 del presente documento, el cual se llama Velocidades de Marcha.xlsm, y con ayuda del complemento Power Query de Excel, se unen todos estos archivos CSV y se filtran los registros de acuerdo con las velocidades mayores a 5 km/h. Se toma como base esta velocidad, sabiendo que el dispositivo GPS a la hora de levantar cada uno de los recorridos tiene

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

inherente un error de toma, por lo que en ocasiones cuando el vehículo estaba detenido marcaba una cierta velocidad, siendo esta no mayor a 5 km/h.

	1	2	3	4	5
	Date/Time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km)
1	2018-04-17 06:40:11	3,4773887	-76,5264828	975	
2	2018-04-17 06:40:12	3,4773888	-76,5264851	975	
3	2018-04-17 06:40:13	3,4773899	-76,5264862	975	
4	2018-04-17 06:40:14	3,4772937	-76,5265234	975	
5	2018-04-17 06:40:15	3,4772412	-76,5265377	971	
6	2018-04-17 06:40:16	3,4772187	-76,5265374	971	
7	2018-04-17 06:40:17	3,4771255	-76,5265574	969	
8	2018-04-17 06:40:18	3,4770567	-76,5265588	970	
9	2018-04-17 06:40:19	3,4769806	-76,5266102	967	
10	2018-04-17 06:40:20	3,4769323	-76,5266154	967	
11	2018-04-17 06:40:21	3,4768328	-76,5266373	968	
12	2018-04-17 06:40:22	3,4767425	-76,5266666	969	
13	2018-04-17 06:40:23	3,4766612	-76,5266869	970	
14	2018-04-17 06:40:24	3,4765713	-76,5267107	972	
15	2018-04-17 06:40:25	3,4764823	-76,5267227	973	
16	2018-04-17 06:40:26	3,4763917	-76,5267356	973	
17	2018-04-17 06:40:27	3,4763032	-76,5267507	974	
18	2018-04-17 06:40:28	3,4762076	-76,5267678	974	
19	2018-04-17 06:40:29	3,4761081	-76,5267897	974	
20	2018-04-17 06:40:30	3,4760028	-76,5267937	975	
21	2018-04-17 06:40:31	3,4758923	-76,5267968	976	
22	2018-04-17 06:40:32	3,4757942	-76,5267842	976	
23	2018-04-17 06:40:33	3,4756856	-76,5267676	975	
24	2018-04-17 06:40:34	3,4755738	-76,5267526	975	
25	2018-04-17 06:40:35	3,4754567	-76,5267291	975	
26	2018-04-17 06:40:36	3,4753342	-76,5267075	976	
27	2018-04-17 06:40:37	3,4752184	-76,5266824	976	
28	2018-04-17 06:40:38	3,4751063	-76,5266556	976	
29	2018-04-17 06:40:39	3,4749947	-76,5266333	977	

Figura 77. Power Query con la Unión de archivos CSV y Filtro de Velocidades mayores a 5 km/h
Fuente: Elaboración Propia, 2018

El código M asociado a este proceso se muestra a continuación:

let

```

    Origen = Folder.Files("D:\Documentos\UNIVALLE\TRABAJO DE GRADO\PASANTIA\Ejemplo Python\Resultados\CSV DE GPX"),
    #"Filtered Hidden Files1" = Table.SelectRows(Origen, each [Attributes]?[Hidden]? <> true),
    #"Invocar función personalizada1" = Table.AddColumn(#"Filtered Hidden Files1", "Transformar archivo de CSV DE GPX", each #"Transformar archivo de CSV DE GPX"([Content])),
    #"Columnas con nombre cambiado1" = Table.RenameColumns(#"Invocar función personalizada1", {"Name", "Source.Name"}),
    #"Otras columnas quitadas1" = Table.SelectColumns(#"Columnas con nombre cambiado1", {"Source.Name", "Transformar archivo de CSV DE GPX"}),
    #"Columna de tabla expandida1" = Table.ExpandTableColumn(#"Otras columnas quitadas1", "Transformar archivo de CSV DE GPX", Table.ColumnNames(#"Transformar archivo de CSV DE GPX"("#Archivo de ejemplo"))),
    #"Valor reemplazado" = Table.ReplaceValue(#"Columna de tabla expandida1", ".csv", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),
    #"Valor reemplazado1" = Table.ReplaceValue(#"Valor reemplazado", "RUTA", "", Replacer.ReplaceText, {"Source.Name"}),
    #"Dividir columna por delimitador" = Table.SplitColumn(#"Valor reemplazado1", "Source.Name", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false), {"Modo", "Source.Name.2"}),
    #"Dividir columna por delimitador1" = Table.SplitColumn(#"Dividir columna por delimitador", "Source.Name.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "}, QuoteStyle.Csv, false), {"RUTA", "Source.Name.2.2"}),

```

```

#"Dividir columna por delimitador2" = Table.SplitColumn("#Dividir columna por
delimitador1", "Source.Name.2.2", Splitter.SplitTextByEachDelimiter({" "},
QuoteStyle.Csv, false), {"Source.Name.2.2.1", "Source.Name.2.2.2"}),
#"Filas filtradas" = Table.SelectRows("#Dividir columna por delimitador2", each
([Source.Name.2.2.2] <> "CONEXION DIA 1")),
#"Valor reemplazado2" = Table.ReplaceValue("#Filas filtradas","COMPLETO
", "", Replacer.ReplaceText,{"Source.Name.2.2.2"}),
#"Valor reemplazado3" = Table.ReplaceValue("#Valor reemplazado2","COMPLETA ", "", Replacer.ReplaceText,{"Source.Name.2.2.2"}),
#"Filas filtradas1" = Table.SelectRows("#Valor reemplazado3", each true),
#"Columnas quitadas" = Table.RemoveColumns("#Filas filtradas1",{"Heart rate",
"Cadence", "Temperature", "GPS speed (km/h)", "GPS heading", "HDOP", "VDOP",
"PDOP", "Source.Name.2.2.1"}),
#"Columnas con nombre cambiado" = Table.RenameColumns("#Columnas
quitadas",{"Source.Name.2.2.2", "DIA"}),
#"Tipo cambiado con configuración regional" =
Table.TransformColumnTypes("#Columnas con nombre cambiado", {"Latitude",
type number}, {"Longitude", type number}, {"Elevation (m)", type number}, {"Speed
(km/h)", type number}, {"Heading", type number}, {"Leg length (m)", type number},
{"From start (km)", type number}}, "en-US"),
#"Dividir columna por posición" = Table.SplitColumn("#Tipo cambiado con
configuración regional", "DIA", Splitter.SplitTextByPositions({0, 5}, true), {"DIA.1",
"DIA.2"}),
#"Columnas combinadas" = Table.CombineColumns("#Dividir columna por
posición",{"RUTA", "DIA.1"},Combiner.CombineTextByDelimiter(" ",
QuoteStyle.None),"Combinada"),
#"Columnas con nombre cambiado2" = Table.RenameColumns("#Columnas
combinadas",{"Combinada", "RUTA"}, {"DIA.2", "DIA"}),
#"Filas filtradas2" = Table.SelectRows("#Columnas con nombre cambiado2",
each true),
#"Filas filtradas3" = Table.SelectRows("#Filas filtradas2", each [{"Speed (km/h)"
> 5}),
#"Filas ordenadas" = Table.Sort("#Filas filtradas3",{"Modo", Order.Ascending},
{"RUTA", Order.Ascending}, {"DIA", Order.Ascending}, {"Date/time",
Order.Ascending})
in
#"Filas ordenadas"

```

Una vez filtrados los CSV, se carga en Excel la tabla resultante. Esta tabla está ordenada con base en 4 columnas: El Modo, la Ruta, el Día y el Date/time. Este orden es importante para el siguiente proceso a realizar.

Como se puede observar en la siguiente imagen, el campo Date/time, por las filas que fueron eliminadas por el filtro, se encuentra en intervalos de tiempo disparejos. Normalmente el GPX muestra tiempos y velocidades puntuales cada segundo, pero al realizar el filtro, este comportamiento se altera.

	Modo	RUTA	DIA	Date/time	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length
70	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:19	3,4716012	-76,5288836	975	24,1	204	
71	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:20	3,471553	-76,5289191	975	23,9	216	
72	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:21	3,4715079	-76,528948	975	21,4	213	
73	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:22	3,4714891	-76,5289563	975	8,2	204	
74	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:23	3,4714603	-76,5289666	975	12,3	200	
75	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:24	3,4714433	-76,5289779	976	8,2	214	
76	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:25	3,4714277	-76,528993	977	8,7	224	
77	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:42	3,471394	-76,5289955	984	6,8	236	
78	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:43	3,4713667	-76,5290238	984	15,7	226	
79	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:44	3,4713408	-76,5290384	981	11,9	209	
80	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:45	3,4712983	-76,5290544	981	18,2	201	
81	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:46	3,4712562	-76,5290757	981	18,9	207	
82	AUTO	01 IDA	DIA 1	2018-04-17 06:47:47	3,4712006	-76,5291299	982	31	224	

Figura 78. Tabla Cargada en Excel, con saltos en el Date/Time

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Debido a este comportamiento, este campo se debe reformular, para que el GPX tenga las velocidades continuas en toda su configuración. Así se logrará la simulación: el vehículo nunca estuvo detenido a lo largo del tramo. Para ello, se realiza una nueva columna, llamada Fecha/Tiempo, la cual contendrá la fecha y la hora calculadas de forma continua por Modo, Ruta y Día correspondiente. Esto se logra con ayuda de fórmula Excel, en la celda M2:

	Elevation (m)	Speed (km/h)	Heading	Leg length (m)	From start (km)	Elapsed time	Fecha/Tiempo
1	975	7,9	194	2,2	0,003	00:00:04	2018-04-17 06:46:11
2	975	8	187	2,2	0,005	00:00:05	2018-04-17 06:46:12
3	975	14,9	200	4,1	0,01	00:00:06	2018-04-17 06:46:13
4	975	19	212	5,3	0,015	00:00:07	2018-04-17 06:46:14
5	971	21,8	195	6	0,021	00:00:08	2018-04-17 06:46:15
6	971	23,1	200	6,4	0,027	00:00:09	2018-04-17 06:46:16
7	969	24,9	189	6,9	0,034	00:00:10	2018-04-17 06:46:17
8	970	28,7	197	8	0,042	00:00:11	2018-04-17 06:46:18
9	967	31,7	196	8,8	0,051	00:00:12	2018-04-17 06:46:19
10	967	27,1	184	7,5	0,059	00:00:13	2018-04-17 06:46:20
11	968	33,2	195	9,2	0,068	00:00:14	2018-04-17 06:46:21
12	969	37,9	198	10,5	0,078	00:00:15	2018-04-17 06:46:22
13	970	33,6	194	9,3	0,088	00:00:16	2018-04-17 06:46:23

Figura 79. Fórmula para el cálculo de la Fecha/Tiempo continua

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez realizado esto, se realiza una tabla dinámica, que servirá como base para la generación de los nuevos archivos CSV con los datos filtrados y continuos.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
AUTO	01 IDA	36,86 km/h	36,44 km/h	36,65 km/h
AUTO	01 VUELTA	29,58 km/h	29,08 km/h	29,33 km/h
AUTO	02	28,22 km/h	31,65 km/h	29,87 km/h
AUTO	03	35,30 km/h	36,00 km/h	35,65 km/h
AUTO	04	25,85 km/h	25,85 km/h	25,85 km/h
AUTO	05 IDA	22,33 km/h	23,85 km/h	23,07 km/h
AUTO	05 VUELTA	24,51 km/h	23,62 km/h	24,06 km/h
AUTO	06	25,41 km/h	25,46 km/h	25,44 km/h
AUTO	07	29,99 km/h	31,04 km/h	30,51 km/h
AUTO	08	24,93 km/h	23,61 km/h	24,26 km/h
AUTO	09	27,82 km/h	28,38 km/h	28,10 km/h
AUTO	10	21,39 km/h	20,44 km/h	20,88 km/h
AUTO	11	26,55 km/h	27,05 km/h	26,80 km/h
CAMION	01	24,20 km/h	23,83 km/h	24,02 km/h
CAMION	02	22,63 km/h	22,72 km/h	22,68 km/h
CAMION	03	26,27 km/h	28,53 km/h	27,36 km/h
CAMION	CRA10	27,66 km/h	26,93 km/h	27,27 km/h
CAMION	CRA15	31,99 km/h	28,44 km/h	30,16 km/h
CAMION	CRA8	22,93 km/h	22,70 km/h	22,81 km/h
MIO	A01A	23,17 km/h	26,11 km/h	24,41 km/h
MIO	A02	25,82 km/h	25,01 km/h	25,41 km/h
MIO	A03	22,07 km/h	18,09 km/h	19,96 km/h
MIO	A04	26,79 km/h	24,05 km/h	25,30 km/h
MIO	A05	24,31 km/h	20,70 km/h	22,41 km/h
MIO	A06	21,09 km/h	20,78 km/h	20,93 km/h
MIO	E21 IDA	32,10 km/h	29,93 km/h	30,91 km/h
MIO	E21 VUELTA	29,29 km/h	27,51 km/h	28,39 km/h
MIO	E27 IDA	31,83 km/h	24,06 km/h	27,49 km/h
MIO	E27 VUELTA	24,23 km/h	28,63 km/h	26,30 km/h
MIO	E31 IDA	37,01 km/h	34,46 km/h	35,63 km/h
MIO	E31 VUELTA	37,20 km/h	36,83 km/h	37,01 km/h
MIO	E41 IDA	36,11 km/h	34,61 km/h	35,32 km/h
MIO	E41 VUELTA	36,07 km/h	35,23 km/h	35,64 km/h

Figura 80. Generación de la Tabla Dinámica basada en los datos filtrados y continuos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer este proceso automático, se desarrolló un código VBA, el cual permite a través del método **ShowDetail** (Mostrar detalles) de la Tabla Dinámica, sacar la información filtrada por Modo, Ruta y Día, y con base en esta información, generar archivos CSV de forma masiva sin necesidad de una interacción manual.

```
Sub DetallesTD()
    Dim C As Range
    Dim wb As Workbook
    Dim fecha As String

    Application.ScreenUpdating = False
    Application.DisplayAlerts = False
    With Sheets("Velocidad Marcha")
        For Each C In .Range("C6:D60")
            C.ShowDetail = True
            ActiveSheet.Range("A1").CurrentRegion.Copy
            Set wb = Workbooks.Add(1)
            With wb.Sheets(1).Range("A1")
                .PasteSpecial xlPasteValues
                .Sort Range("D1"), Header:=xlYes
            End With
            fecha = UCase(Format(DateValue(Left(wb.Sheets(1).Range("D2"), 10)), "ddmm"))
            wb.SaveAs ThisWorkbook.Path & "\" & _
                .Cells(C.Row, 1) & " RUTA " & .Cells(C.Row, 2) & fecha _
                & " " & .Cells(5, C.Column) & ".csv" _
                , xlCSVUTF8, CreateBackup:=False
            wb.Close
            ActiveSheet.Delete
        Next C
    End With
    Application.DisplayAlerts = True
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

Figura 81. Código VBA Excel desarrollado para la Extracción de Archivos CSV

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Este código genera los archivos CSV con la configuración mostrada en el párrafo de la descripción de la rutina en Python, correspondiente a la sintaxis de archivos GPX, pero con los archivos CSV.

[MODO] RUTA [NOMBRE RUTA] [FECHA] [IDA – VUELTA] [DIA DE TOMA].csv

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
MOTO RUTA 01 IDA 24ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	156 KB
MOTO RUTA 01 IDA 25ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	154 KB
MOTO RUTA 01 VUELTA 24ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	175 KB
MOTO RUTA 01 VUELTA 25ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	191 KB
MOTO RUTA 02 19ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	118 KB
MOTO RUTA 02 24ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	129 KB
MOTO RUTA 03 17ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	99 KB
MOTO RUTA 03 18ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	96 KB
MOTO RUTA 04 18ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	162 KB
MOTO RUTA 04 19ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	153 KB
MOTO RUTA 05 IDA 18ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	53 KB
MOTO RUTA 05 IDA 19ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	51 KB
MOTO RUTA 05 VUELTA 18ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	227 KB
MOTO RUTA 05 VUELTA 19ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	248 KB
MOTO RUTA 06 16MAY DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	248 KB
MOTO RUTA 06 17MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	245 KB
MOTO RUTA 07 17MAY DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	253 KB
MOTO RUTA 07 22MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	222 KB
MOTO RUTA 08 02MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	181 KB
MOTO RUTA 08 26ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	188 KB
MOTO RUTA 09 25ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	154 KB
MOTO RUTA 09 26ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	117 KB
MOTO RUTA 10 24ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	156 KB
MOTO RUTA 10 25ABR DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	125 KB
MOTO RUTA 11 02MAY DIA 2.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	139 KB
MOTO RUTA 11 26ABR DIA 1.csv	18/06/2018 10:27 ...	Archivo de valores...	139 KB

Figura 82. Salida de archivos CSV con ayuda del código VBA

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez ya se tienen los archivos CSV, se procede a convertir los archivos CSV en GPX. Esto se logra con la ayuda de un aplicativo gratuito denominado **CSV_to_GPX_converter**, desarrollado por Benjamin Ziepert de analyse-gps, y descargado de la página web <https://analyse-gps.com/software/csv-gpx-converter/>. Este aplicativo tiene la siguiente la siguiente estructuración para su funcionamiento:

csv	18/06/2018 6:47 p.	Carpeta de archivos	
gpx	18/06/2018 6:47 p.	Carpeta de archivos	
CSV_to_GPX_converter.exe	03/08/2016 6:50 a.	Aplicación	1,005 KB
readme.txt	03/08/2016 6:49 a.	Archivo TXT	1 KB
settings.ini	18/06/2018 5:56 p.	Opciones de confi...	1 KB

Figura 83. Estructura del aplicativo CSV_to_GPX converter

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Este aplicativo tiene dos carpetas: Una donde se le dan los archivos CSV como entrada en la carpeta **csv**, y otra carpeta donde el aplicativo saca la salida, archivos con extensión GPX en la carpeta **gpx**.

La estructura de los archivos CSV (Entrada) debe seguir algunas especificaciones:

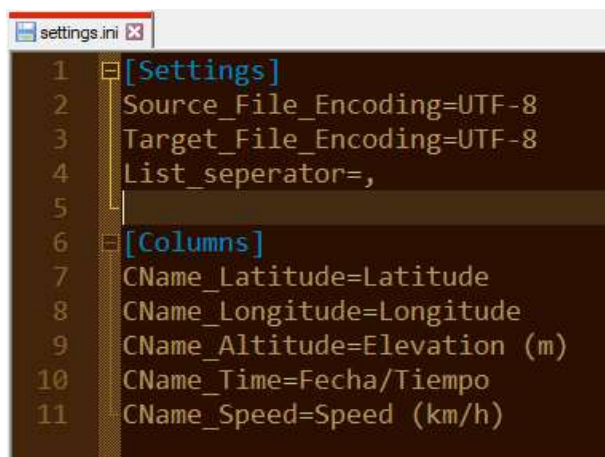
- ✓ Tener en su primera fila los nombres de las columnas
- ✓ El tiempo debe ser del tipo yyyy-mm-dd hh:mm:ss (ejemplo: 2018-06-19)
- ✓ Se pueden cambiar los nombres de las columnas en el archivo **settings.ini**
- ✓ Los archivos CSV deben verse como el siguiente ejemplo:

```
Time;Lat;Lon;Alt;Speed;Direction
2016-06-19 11:28:25;52.31450;4.93580;0;0.00;0
2016-06-19 11:28:38;52.31450;4.93580;0;0.00;0
2016-06-19 11:32:03;52.31450;4.93580;0;0.00;0
```

Figura 84. Aspecto archivos CSV de entrada

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer compatible el aplicativo con el nombre de las columnas que se vienen trabajando desde el archivo Excel, se modifica el archivo **settings.ini** de la siguiente forma:



```
1 [Settings]
2 Source_File_Encoding=UTF-8
3 Target_File_Encoding=UTF-8
4 List_seperator=,
5
6 [Columns]
7 CName_Latitude=Latitude
8 CName_Longitude=Longitude
9 CName_Altitude=Elevation (m)
10 CName_Time=Fecha/Tiempo
11 CName_Speed=Speed (km/h)
```

Figura 85. Modificación del archivo settings.ini

Fuente: Elaboración Propia, 2018

El funcionamiento del aplicativo, una vez teniendo en cuenta todas estas especificaciones, es:

Colocar los archivos CSV entrada en la carpeta **csv**.

Ejecutar el aplicativo csv_to_gpx_converter.exe

Los archivos salida GPX estarán convertidos en la carpeta **gpx**.

☐ Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 MOTO RUTA 01 IDA 25ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	161 KB
 MOTO RUTA 01 VUELTA 24ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	179 KB
 MOTO RUTA 01 VUELTA 25ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	197 KB
 MOTO RUTA 02 19ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	135 KB
 MOTO RUTA 02 24ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	140 KB
 MOTO RUTA 03 17ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	113 KB
 MOTO RUTA 03 18ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	109 KB
 MOTO RUTA 04 18ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	184 KB
 MOTO RUTA 04 19ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	174 KB
 MOTO RUTA 05 IDA 18ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	59 KB
 MOTO RUTA 05 IDA 19ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	53 KB
 MOTO RUTA 05 VUELTA 18ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	243 KB
 MOTO RUTA 05 VUELTA 19ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	266 KB
 MOTO RUTA 06 16MAY DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	270 KB
 MOTO RUTA 06 17MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	265 KB
 MOTO RUTA 07 17MAY DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	274 KB
 MOTO RUTA 07 22MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	241 KB
 MOTO RUTA 08 02MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	196 KB
 MOTO RUTA 08 26ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	203 KB
 MOTO RUTA 09 25ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	168 KB
 MOTO RUTA 09 26ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	127 KB
 MOTO RUTA 10 24ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	171 KB
 MOTO RUTA 10 25ABR DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	136 KB
 MOTO RUTA 11 02MAY DIA 2.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	151 KB
 MOTO RUTA 11 26ABR DIA 1.csv.gpx	18/06/2018 10:30 ...	Archivo GPX	152 KB

Figura 86. Salida de csv_to_gpx_converter – archivos GPX

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Ya en estas instancias, se siguen todos los pasos relacionados en la descripción de la rutina Python, previamente en este documento, para la asignación de la Velocidad de Marcha a cada uno de los arcos de la red vial en el Shape de Vías.

8.6.3 NIVELES DE SERVICIO (NDS)

Para el cálculo de este tipo de indicador el proceso consistió en establecer una relación entre la velocidad encontrada a lo largo del tramo vial y el tipo de vía al cual corresponde clasificando las mismas como vías arterias primarias y vías arterias secundarias. Debido al tipo de análisis que se requiere el cálculo de este índice se realizó mediante Excel, con ayuda de la función BUSCAR y constantes matriciales y se utilizó el software ArcGis 10.5 para su visualización.

Teniendo las velocidades de recorrido por tramo, se calculan los niveles de servicio según los tipos de vías. Para los tramos de la Zona Centro – Oeste de la ciudad de Cali, las vías clasifican en el tipo II, teniendo en cuenta los parámetros definidos HCM2010 (*Manual de Capacidad de Carreteras, 2010*)

Tramo	Velocidad	Nivel de Servicio
CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	50,34129586590	B
CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	38,07793870550	C
CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	19,02062907370	F
CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	34,37345199440	C
CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	28,52117471880	D
CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	27,60865514990	D
CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	30,27698761940	D
CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	19,54096588640	F

Figura 87. Cálculo de los Niveles de Servicio, por cada Tramo.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Una vez calculados los Niveles de Servicio en el Excel, se convierte el archivo en CSV, para luego realizar un Join con el Shape de Velocidades teniendo como campo base el nombre del tramo, y así asignar el Nivel de Servicio en el Shape de Vías.

LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Velocidad	Nivel de S
0,433494	1061507,7368	875670,7189	1061626,9432	875316,2223	50,341296	B
0,375491	1061807,2896	875628,8098	1061626,9432	875316,22	38,077939	C
0,39098	1061626,9432	875316,22	1061807,2896	875628,8098	19,020629	F
0,591987	1061613,1742	873458,8745	1061050,56046	873274,784293	34,373452	C
0,308979	1061300,2749	872441,8035	1060998,7596	872455,3257	28,521175	D
1,089008	1060028,9753	873375,0192	1060706,362	874065,7368	27,608655	D
0,315385	1060998,7596	872455,3257	1061300,2749	872441,8035	30,276988	D
0,260546	1061050,56046	873274,784293	1060802,4958	873195,3099	19,54096	F
0,214039	1060736,5449	874501,6206	1060806,0247	874703,4066	25,263642	E
0,245981	1060924,5548	874149,2961	1060706,362	874065,7383	42,168105	C
0,3959	1061153,1123	874460,0078	1060924,5548	874149,2961	27,94586	D
0,511513	1061347,4121	872444,6283	1061820,2054	872596,0523	32,591981	D
0,502319	1061586,9385	872525,5227	1061588,473	872525,9739	37,285557	C
0,583939	1060925,63752	873582,256123	1061455,95483	873826,65234	29,196934	D
0,276146	1061133,0128	873033,7272	1060860,8974	873010,8132	20,710933	F
0,275707	1060860,8974	873010,8132	1061133,0128	873033,7272	30,077147	D
0,320228	1060806,0247	874703,4066	1061068,138	874520,3016	18,503871	E

Figura 88. Tabla de Atributos del Shape de Vías con el Nivel de Servicio

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Con base en el archivo Excel de la **Figura 85 Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel**, se puede también calcular los niveles de Servicio por cada una de las rutas diseñadas. Esto se muestra en el apartado de Análisis y Resultados del presente documento.

8.7 REPRESENTACION CARTOGRAFICA

Este proceso se realizó mediante la implementación del software ArcGis 10.5; esto con el fin de representar de manera clara y ordenada cada uno de los índices calculados a lo largo del estudio. Por otro lado, este tipo de representación contribuyo a la identificación de zonas de mayor afectación de los niveles de servicio. En la siguiente figura se presenta una ejemplificación de las salidas cartográficas generadas.

9 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

9.1 CALCULO DE VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR

9.1.1 VELOCIDAD PROMEDIO DEL RECORRIDO

En la siguiente figura podemos observar como la velocidad promedio de los recorridos tiene una fluctuación entre 12,71km/hr y 34,52 km/hr; indicándonos de esta manera una gran deficiencia de los corredores viales de la zona de estudio.

Velocidad Recorrido		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
AUTO	01 IDA	34,60 km/h	34,43 km/h	34,52 km/h
AUTO	01 VUELTA	24,76 km/h	20,97 km/h	22,69 km/h
AUTO	02	18,80 km/h	23,11 km/h	20,77 km/h
AUTO	03	34,15 km/h	33,91 km/h	34,03 km/h
AUTO	04	23,26 km/h	23,26 km/h	23,26 km/h
AUTO	05 IDA	16,28 km/h	20,87 km/h	18,28 km/h
AUTO	05 VUELTA	18,85 km/h	17,30 km/h	18,05 km/h
AUTO	06	24,16 km/h	24,46 km/h	24,31 km/h
AUTO	07	27,92 km/h	29,17 km/h	28,54 km/h
AUTO	08	22,82 km/h	15,93 km/h	18,80 km/h
AUTO	09	26,23 km/h	25,53 km/h	25,88 km/h
AUTO	10	14,59 km/h	11,38 km/h	12,71 km/h
AUTO	11	23,43 km/h	21,75 km/h	22,54 km/h
Total general		23,23 km/h	21,61 km/h	22,39 km/h

Figura 89. Velocidades promedio de recorrido diseñadas para las rutas.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

9.1.2 VELOCIDAD DE LA MARCHA

En la siguiente figura podemos observar como la velocidad de la marcha tiene una fluctuación entre 20,83 km/hr y 36,64 km/hr; indicándonos de esta manera una gran deficiencia de los corredores viales de la zona de estudio

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
AUTO	01 IDA	36,83 km/h	36,44 km/h	36,64 km/h
AUTO	01 VUELTA	29,51 km/h	29,05 km/h	29,28 km/h
AUTO	02	28,20 km/h	31,65 km/h	29,86 km/h
AUTO	03	35,30 km/h	35,93 km/h	35,61 km/h
AUTO	04	25,82 km/h	25,82 km/h	25,82 km/h
AUTO	05 IDA	22,33 km/h	23,85 km/h	23,07 km/h
AUTO	05 VUELTA	24,50 km/h	23,62 km/h	24,05 km/h
AUTO	06	25,39 km/h	25,46 km/h	25,43 km/h
AUTO	07	29,97 km/h	31,04 km/h	30,50 km/h
AUTO	08	24,93 km/h	23,61 km/h	24,26 km/h
AUTO	09	27,82 km/h	28,33 km/h	28,07 km/h
AUTO	10	21,31 km/h	20,41 km/h	20,83 km/h
AUTO	11	26,47 km/h	27,05 km/h	26,77 km/h
Total general		27,35 km/h	27,36 km/h	27,35 km/h

Figura 90. Velocidades promedio de recorrido diseñadas para las rutas.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

9.1.3 Representación gráfica Velocidad Promedio Recorrido y Velocidad de la Marcha:

En estos gráficos se puede observar como varia la velocidad promedio en cada recorrido ejecutado en la hora pico de la mañana; se puede observar que en la ejecución de este estudio de velocidades si lo evaluamos en rutas; se puede decir que:

- Ruta1: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 3,53km/h-46,63km/h
- Ruta2: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 8,11km/h-44,99km/h
- Ruta3: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 14,38km/h-50,65km/h
- Ruta4: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 12,40km/h-53,19km/h
- Ruta5: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 7,68km/h-46,03km/h
- Ruta6: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 12,86km/h-44,75km/h
- Ruta7: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 16,58km/h-57,19km/h
- Ruta8: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 6,90km/h-44,35km/h
- Ruta9: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 16,77km/h-50,33km/h
- Ruta10: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 5,26km/h-46,65km/h
- Ruta11: hay una fluctuación de velocidades entre el rango 9,43km/h-56,47km/h

En donde no se alcanza una velocidad superior a los 57,19 km/h; y se puede observar como la velocidad de la marcha es mayor que la del recorrido.

En los gráficos mostrados a continuación, se presenta una relación visual entre la **Velocidad de Recorrido (Área en Azul) y la Velocidad de Marcha (Línea en Naranja)**. Las distancias por Recorrido están agrupadas a lo largo del trayecto por cada 200 m. hasta cumplir su longitud.

Los huecos observados entre las gráficas representan las diferencias entre las Velocidades, las cuales varían por cada recorrido diseñado dependiendo de las detenciones presentadas. Se recuerda que la Velocidad de Marcha está representada por la Velocidad calculada del Vehículo despreciando los tiempos en donde estuvo detenido el vehículo. Las variaciones en velocidad van haciéndose más notorio en algunos recorridos diseñados más que en otros.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

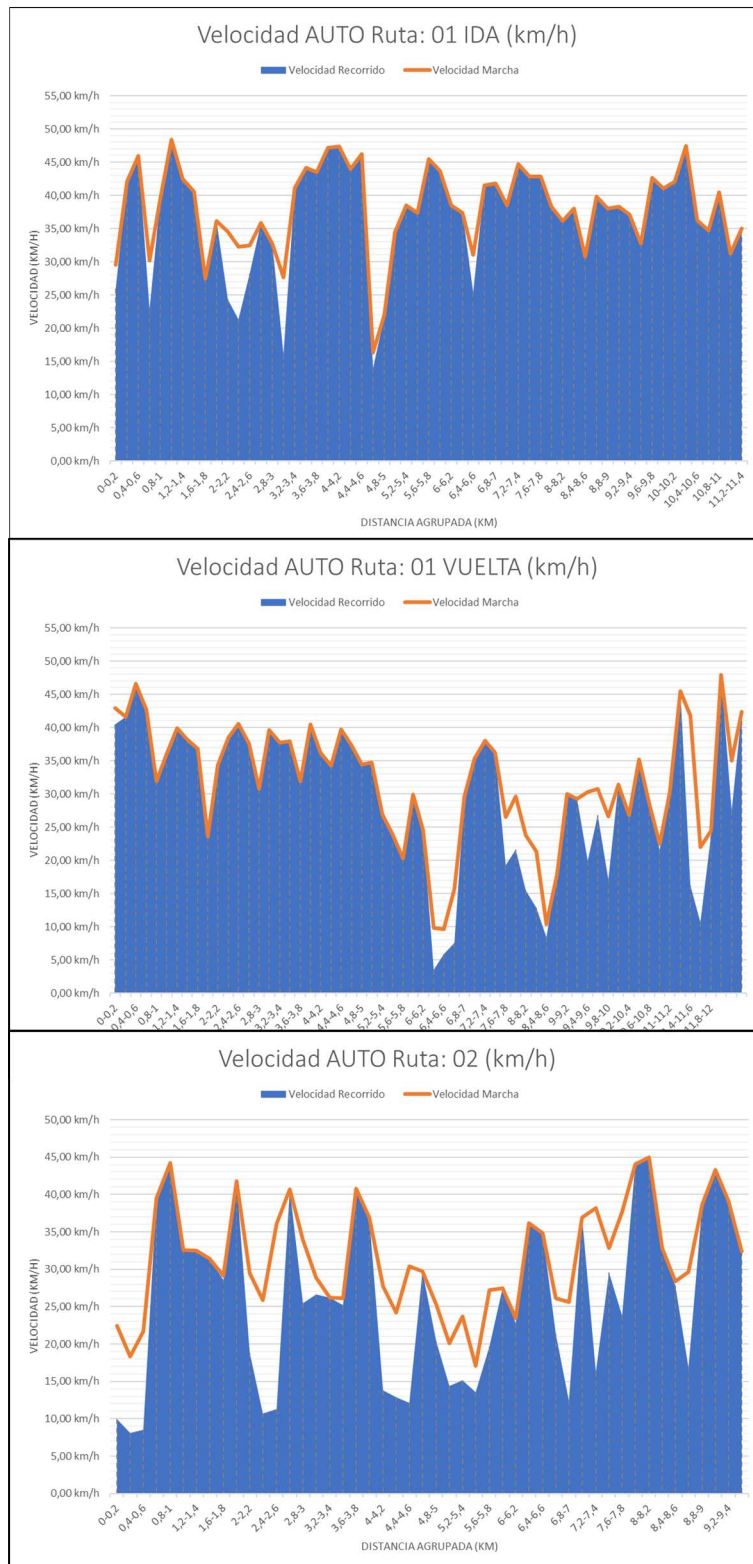


Gráfico 1. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 1 y 2, por cada 200 m

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

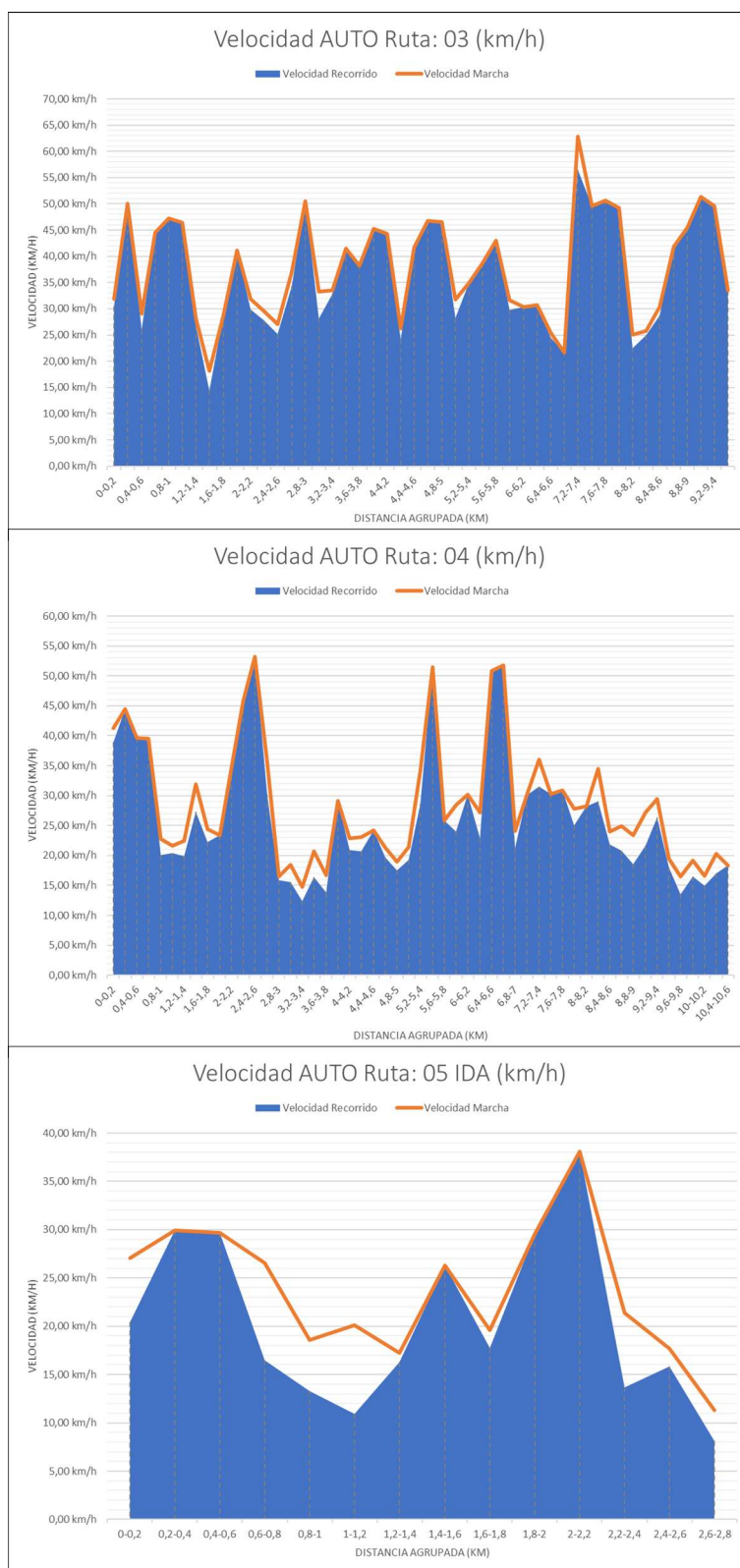


Gráfico 2. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 3, 4 y 5, por cada 200 m

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

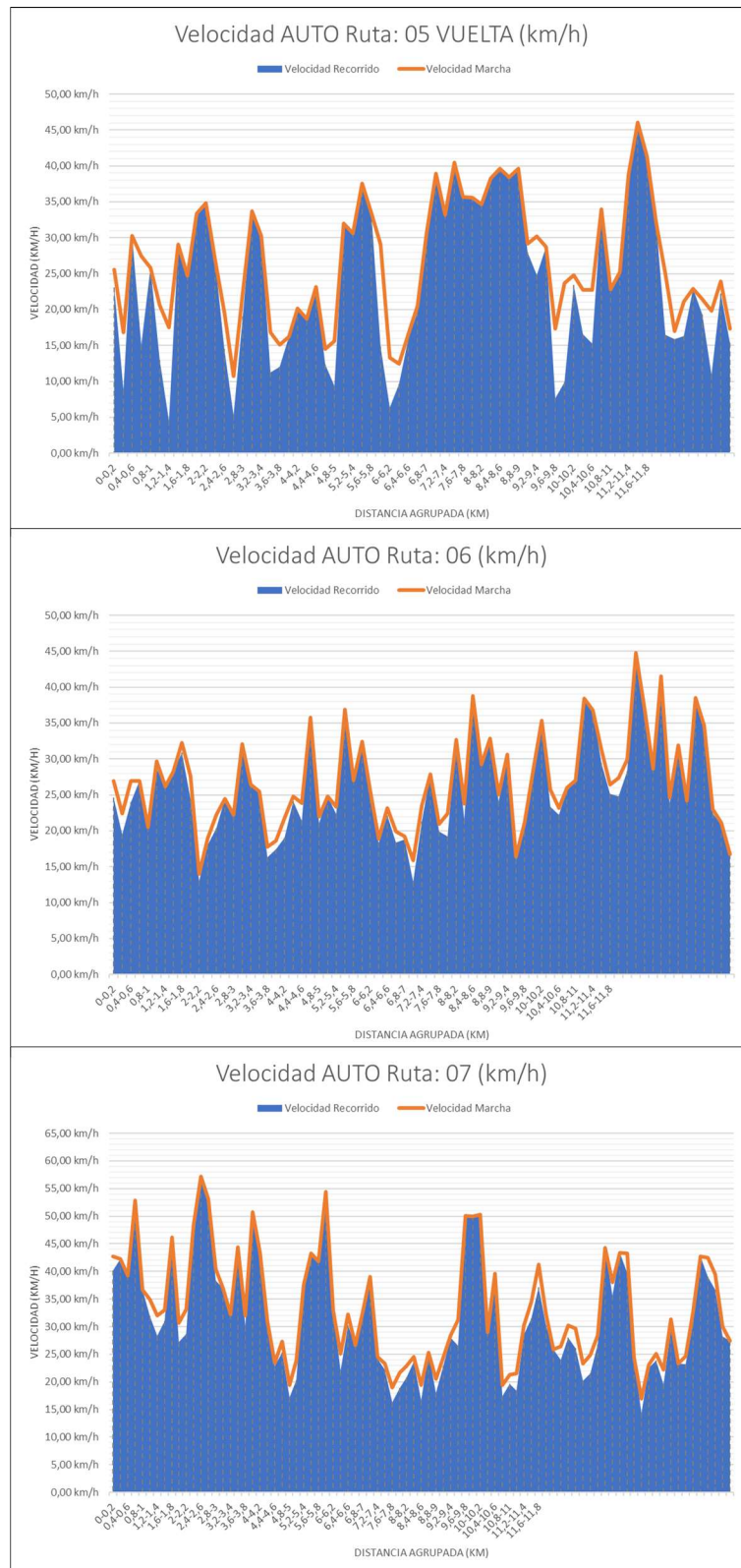


Gráfico 3. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 5, 6 y 7, por cada 200 m
Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

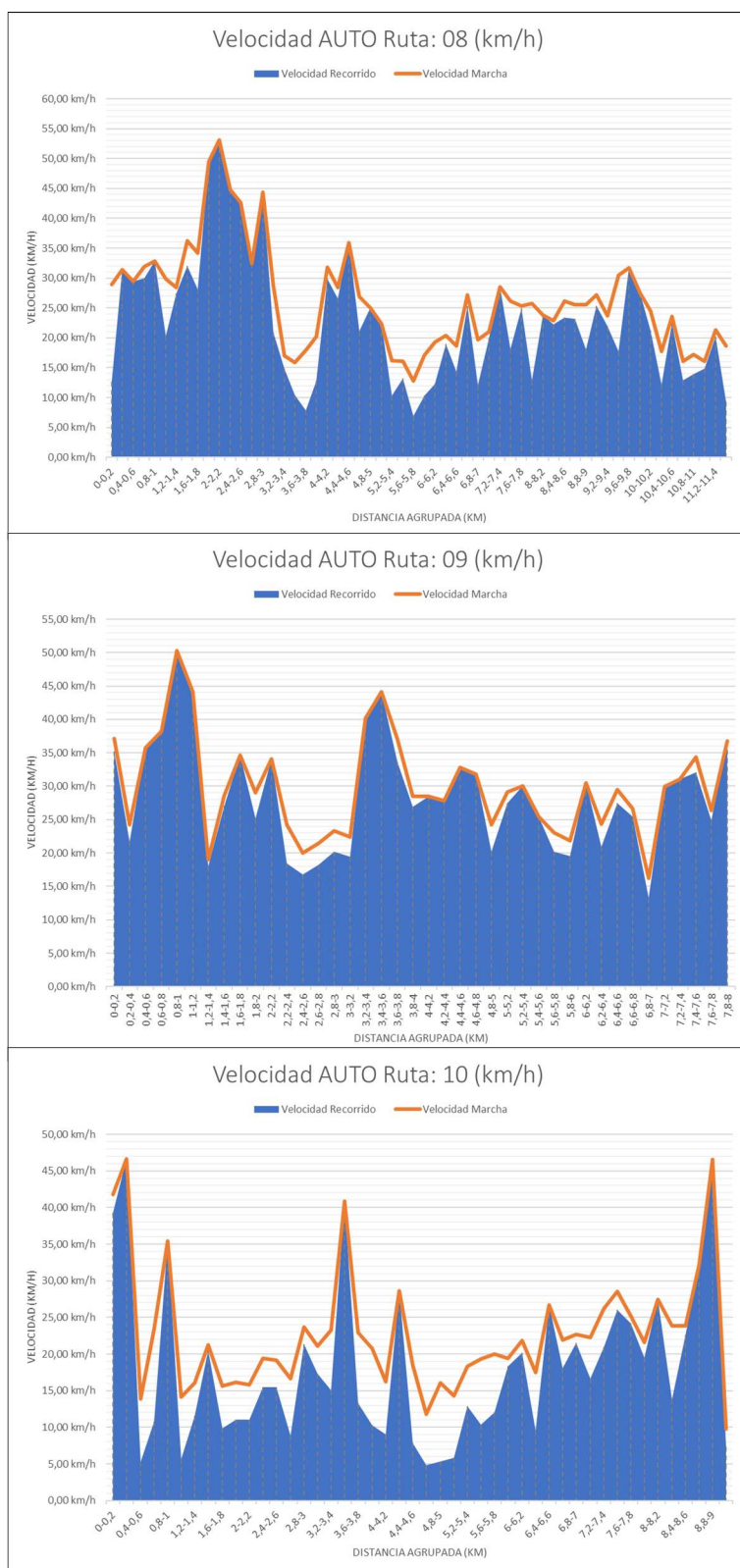


Gráfico 4. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 8, 9 y 10, por cada 200 m

Fuente: Elaboración Propia, 2018

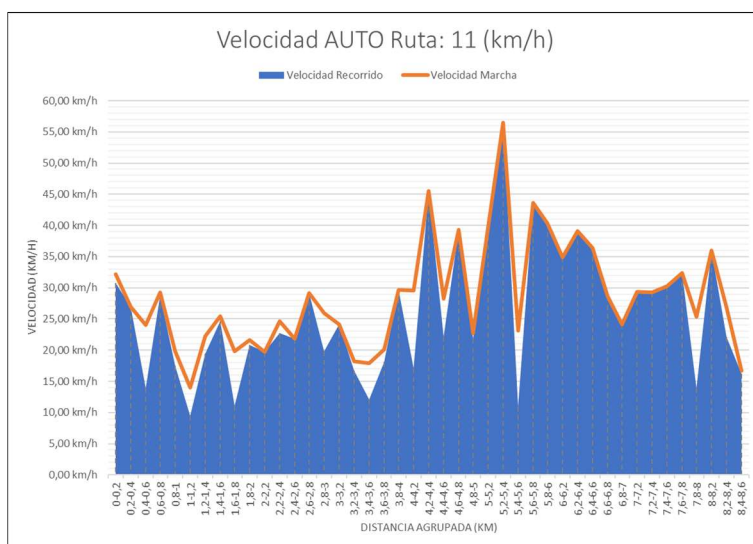


Gráfico 5. Velocidad de Recorrido y Marcha Ruta 11 por cada 200 m

Fuente: Elaboración Propia, 2018

9.1.4 Datos Estadísticos Velocidad Promedio Recorrido y Velocidad de la Marcha:

Tomando en cuenta los datos anteriores, se muestran algunas estadísticas relacionadas con la media (medida de tendencia central), y medidas de dispersión como la desviación estándar, con respecto a la Velocidad Promedio de Recorrido como de la Velocidad de Marcha.

Se puede observar en el siguiente grafico valores como la velocidad minima: 4,05 km/hr, la velocidad máxima 64,73 km/hr y el promedio 26,47 km/hr; en donde la desviación estándar de la velocidad promedio de los recorrido es de 10,70 km/hr dándole una oscilación al valor encontrado de velocidades de entre 15,77 km/hr y 37,17km/hr con respecto a la media.

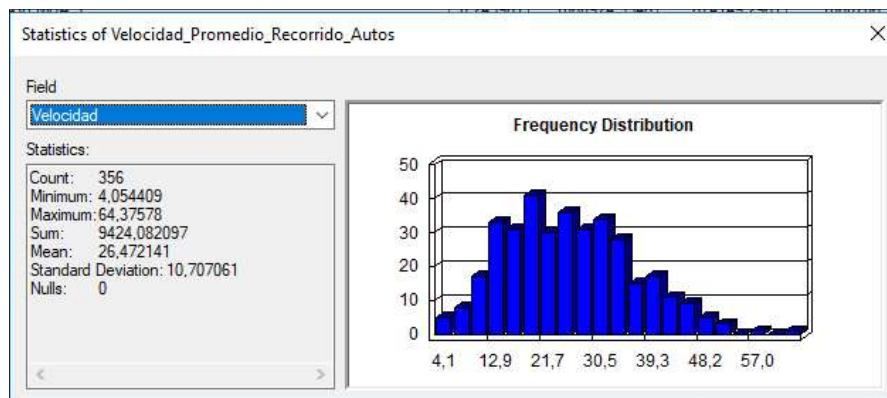


Gráfico 6. Estadística generada para la velocidad promedio del recorrido Autos.

Se puede observar en el siguiente grafico valores como la velocidad mínima: 8,55 km/hr, la velocidad máxima 78,40 km/hr y el promedio 29,40 km/hr; en donde la desviación estándar de la velocidad de la marcha es de 9,46 km/hr dándole una oscilación al valor encontrado de velocidades de entre 19,94 km/hr y 38,86 km/hr con respecto a la media.

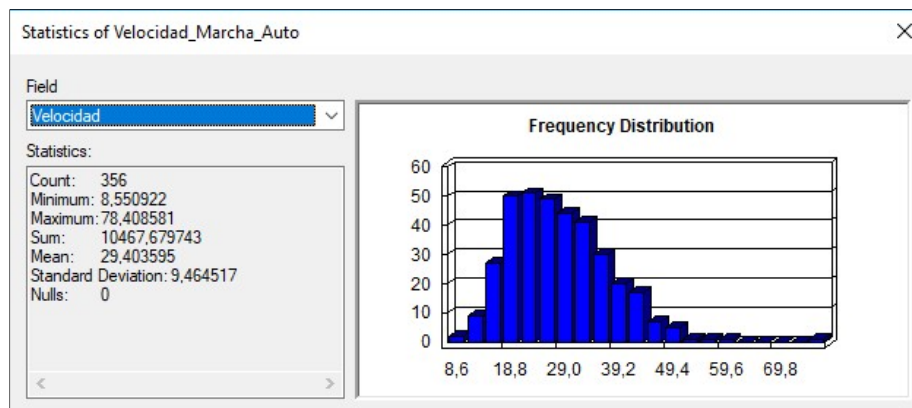


Gráfico 7. Estadística generada para la velocidad de marcha Autos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, está la tabla 18, se relaciona más información estadística de la velocidad promedio del recorrido; por ejemplo, el coeficiente Curtosis calculado (distribución Leptocúrtica o puntiaguda) dio negativo, lo que significa que hay muy poca concentración de los datos de Velocidad de Recorrido con respecto a la media.

Medidas de Tendencia Central	
Media	26,472
Mediana	26,021
Medidas de Dispersión	
Desviación Estándar	10,707
Varianza	114,641
Máximo	64,376
Mínimo	4,054
Rango	60,321
Coefficiente de Variación	40,45%
Medidas de Asimetría	
Curtosis	-0,162

Tabla 18. Estadística para la Velocidad de Recorrido Autos

9.1.5 Salida grafica para Velocidad Promedio de Recorrido y Velocidad de la Marcha:

Mediante el desarrollo de este ítem se dan a conocer de manera gráfica las velocidades de operación que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana, mediante el software Arc Gis 10.5:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

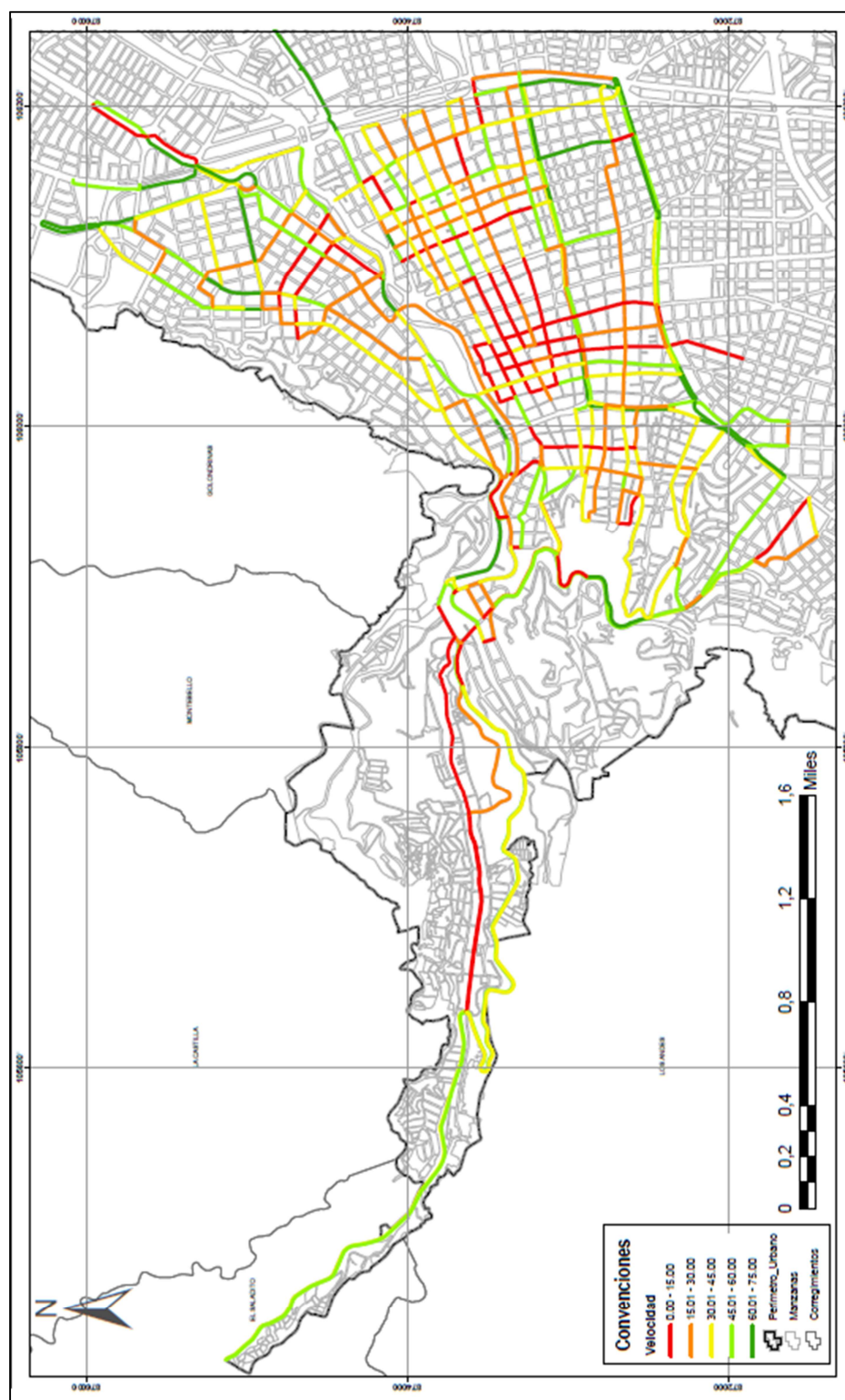


Figura 91. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido modo vehicular autos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

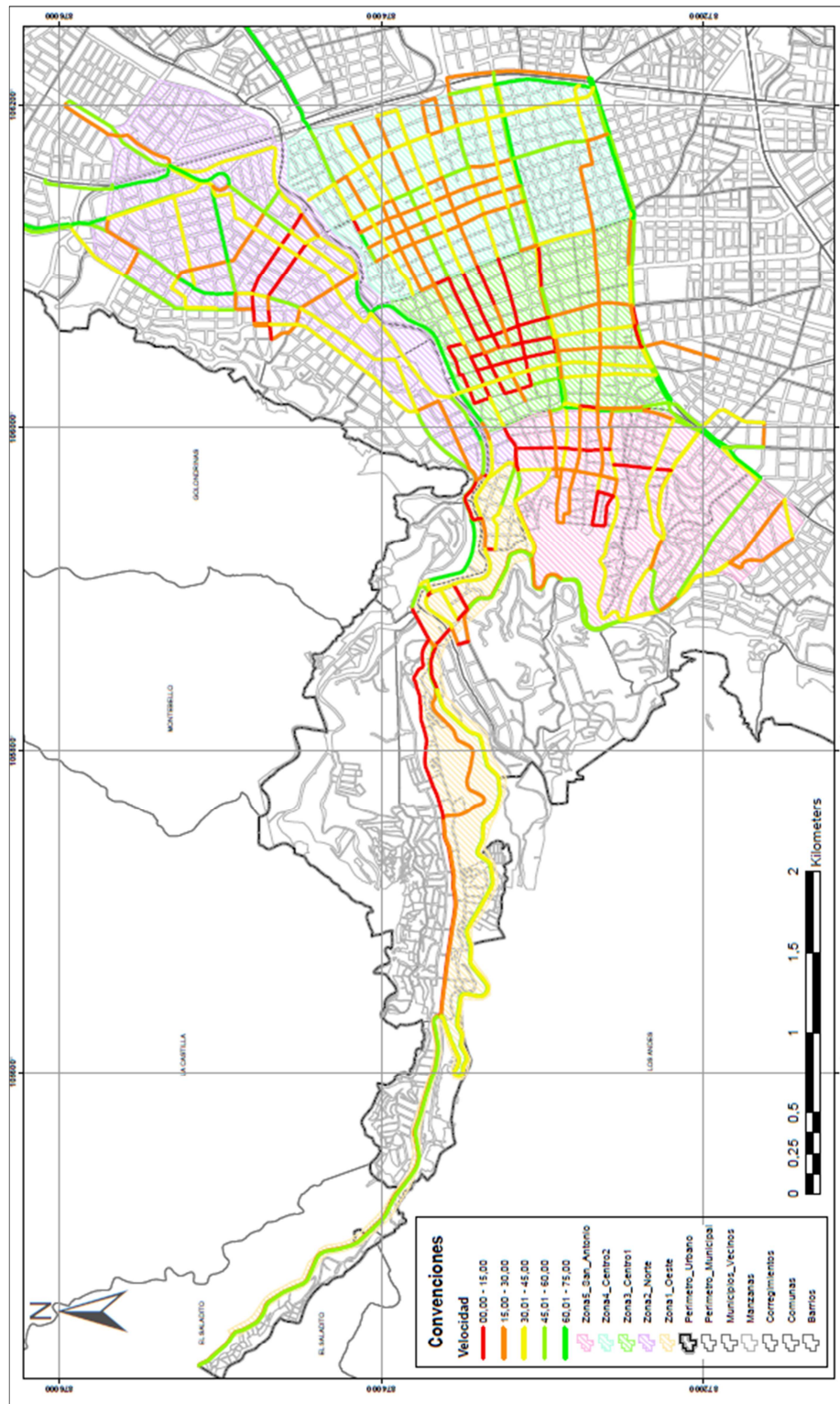


Figura 92. Salida cartográfica de la velocidad de la marcha modo vehicular autos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

A partir de la salida grafica se puede visualizar la velocidad promedio del recorrido en la zona de estudio:

- La zona oeste: presenta velocidades entre los rangos 00km/h a 60km/h y velocidades muy baja en el corredor vial de la Avenida 5 Oeste, velocidades intermedias en la recta vía al mar hasta el retén forestal.
- La zona de San Antonio: presentan velocidades intermedias entre los rangos 15km/h a 60km/h.
- La zona centro1: presenta las velocidades más bajas 00km/h y 45km/h en la mayor parte del sector entre las calles 9, 10, y 11 y carreras 4, 5, 6, 7 y 8.
- La zona centro2: presenta otro comportamiento a la zona centro1, en este sector las velocidades varían entre los rangos 15km/h y 60km/hr.
- La zona norte: presenta los rangos completos de velocidades entre 00km/h y 75km/h.

9.2 CALCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD

9.2.1 NIVELES DE SERVICIO (NDS)

En las siguientes tablas se muestran los resultados correspondientes a los niveles de servicio (NDS), este indicador fue calculado y explicado en el **capítulo 8.6.3**.

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
A	2	2	0,56%	0,56%
B	12	14	3,37%	3,93%
C	82	96	23,03%	26,97%
D	82	178	23,03%	50,00%
E	51	229	14,33%	64,33%
F	127	356	35,67%	100,00%
Total general	356		100,00%	

Tabla 19. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Con el fin de identificar el comportamiento de este indicador, el mismo fue analizado de manera global contemplando cada uno de los arcos manejados a lo largo del estudio. En la siguiente imagen se presenta de manera gráfica la distribución porcentual de este indicador en la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, para la hora pico de la mañana

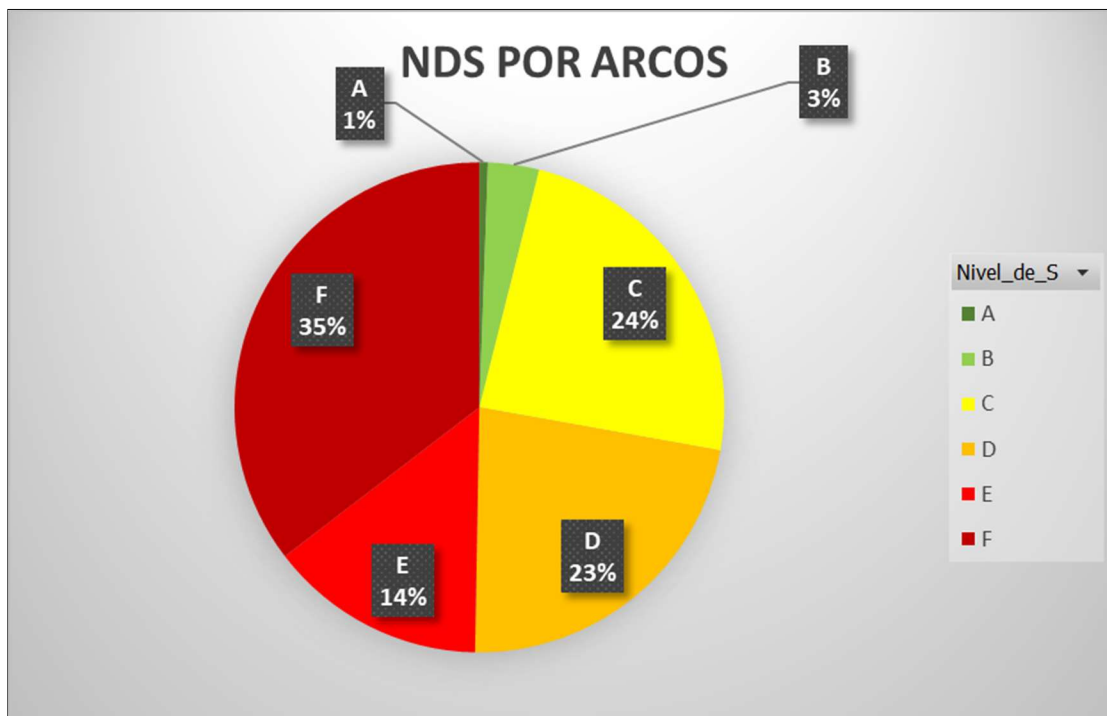


Gráfico 8. Nivel de Servicio modo Autos por arcos en todos los recorridos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

A partir del estudio realizado y de los resultados presentados en el gráfico 8 se hace posible identificar una distribución desde el punto de vista cualitativo dado por los niveles de servicio, donde se evidencia un mayor número de arcos viales con Nivel de Servicio E y F lo cual se traduce en deficiencias en relación a la movilidad dado que estos están asociados a condiciones de capacidad críticas con un comportamiento inestable del tráfico con tendencias a congestiones y generar continuos bloqueos. Los niveles de alto confort se muestran en tan solo el 1%-3%. El Nivel C y D no alcanza más del 24% cada uno.

9.2.2 Representación gráfica de los resultados obtenidos para niveles de servicio

Mediante el desarrollo de este ítem se dan a conocer de manera gráfica los niveles de servicio (NDS) en los diferentes corredores viales en la hora pico de la mañana.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI. MODO DE TRANSPORTE: AUTOS

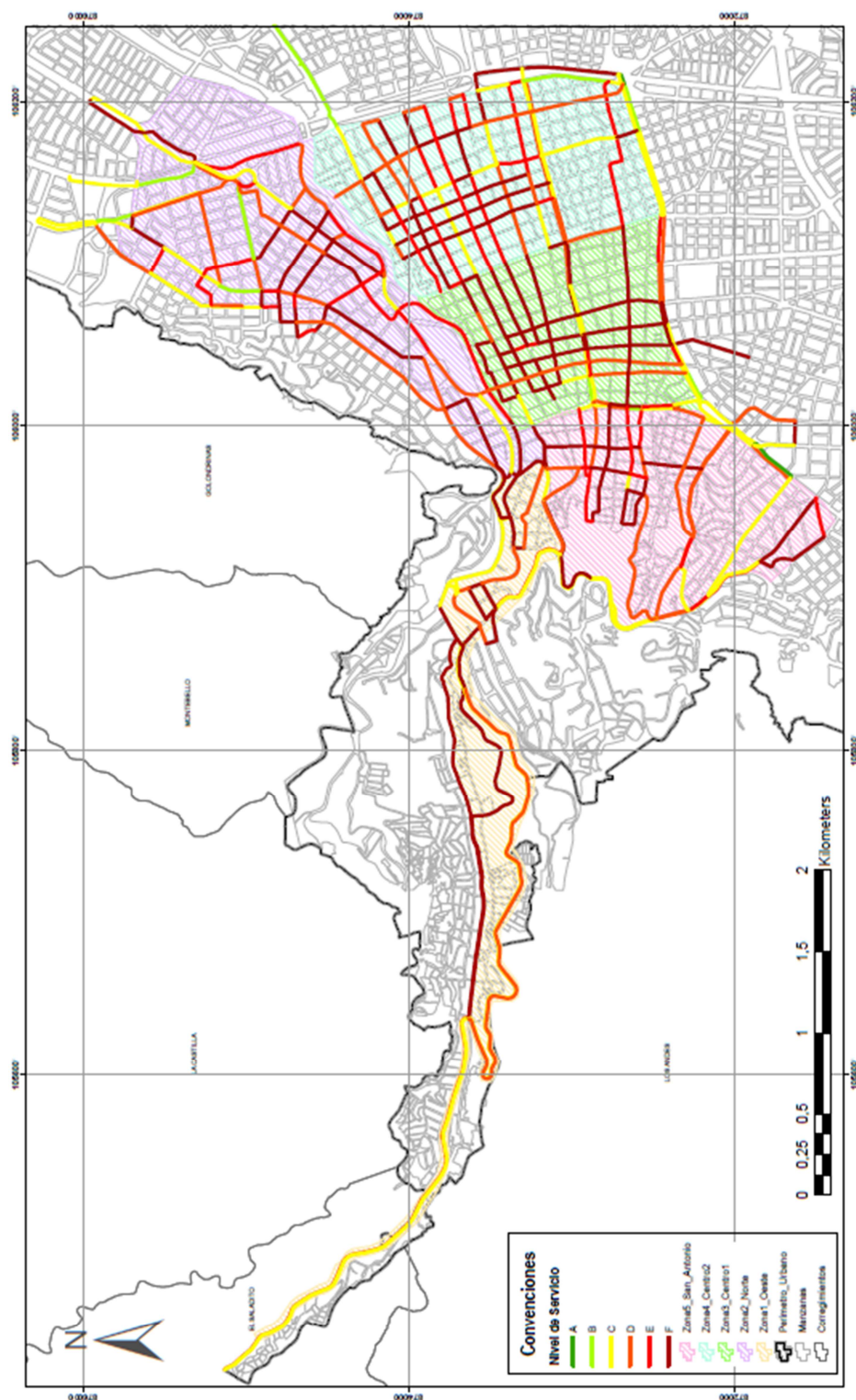


Figura 93. Salida cartográfica de niveles de servicio hora pico de la mañana.

Fuente: Elaboración Propia, 2018

10 CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali, donde se abarca gran parte de las comunas 1, 2, 3, 9 y 19 cuyas zonas comprende alrededor de 27 barrios.

En el análisis de velocidades y tiempos de recorrido de la zona centro - oeste, tiene una cobertura de 132.13km de malla vial, donde se necesitó de 3 aforadores que se desplazaron a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón empleando un dispositivo GPS, para que realizaran dos tomas por cada ruta diseñada.

El aplicativo de captura de información utilizado para el desarrollo del proyecto es **MAP MY TRACKS** el cual envía pulsaciones cada cierto tiempo, con lo cual se tienen datos de posicionamiento del vehículo en tiempos determinados y se puede establecer por tanto la velocidad con la que circula dicho vehículo.

El grupo consultor define realizar el estudio en la jornada de la mañana exactamente entre el periodo de las 6:45am a 8:15am (LA HORA DE TOMA) ya que en general, se analiza el pico de la mañana porque corresponde al viaje crítico de las personas y se conectan en una dirección.

Los recorridos en auto iniciaron el 17 de abril del 2018 y finalizaron el 26 de abril del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali; en donde se repitieron las tomas de las ruta1 dia2, ruta4 dia1 y ruta5 dadas que no estaban en las óptimas condiciones para ser procesadas.

Para el procesamiento de la información se escogió el software de programación Python en su versión 2.7 como el adecuado, debido que, adicional a ser un lenguaje de programación muy potente, es el lenguaje y versión que se utilizan en ArcGIS para realizar procedimientos automáticos.

Se generaron 4 rutinas en Python: la PRIMERA RUTINA: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP (GPXtoSHP Masivo.py), la SEGUNDA RUTINA: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV (DBFtoCSV Masivo.py), TERCERA RUTINA: Armado de archivo CSV completo (CSVCompleto.py) y por último la CUARTA RUTINA: Generación de los tiempos en minutos por rutas (RutasFinal.py); en donde el producto final son los tiempos entre nodos sobre los arcos viales por donde pasaron los recorridos.

Para el cálculo de velocidad promedio de recorrido se realizó después de unificar los tiempos de viajes obtenidos a partir de ejecutar la rutina de **PYTHON** con el grafo de comportamiento vial, el cual contiene la longitud de los arcos en km. Por tanto, a través de un cálculo operativo entre campos se determinó la velocidad en km/h en cada arco vial.

Para el cálculo de la Velocidad de Marcha se calculó en dos términos: en términos de cada arco y en términos de cada ruta, corresponde a la velocidad del vehículo estando en marcha, despreciando los tiempos en los cuales el vehículo estuvo detenido. Con ayuda de una tabla dinámica, se filtran las velocidades que sean mayores a 5 km/h, considerando el error que genera el dispositivo GPS cuando realiza las tomas en recorrido.

Se calculo que la velocidad promedio del recorrido tiene una fluctuación entre 4,05 km/hr y 64,73 km/hr y el promedio 26,47 km/hr; y la velocidad de la marcha tiene una fluctuación entre 8,55 km/hr y 78,40 km/hr y el promedio 29,40 km/hr. De esta manera se puede evidenciar que la velocidad de los autos estará incluido el efecto operacional que pueda generar la presencia de las motos, en el sentido que ellas afecten y ocasionen que los vehículos disminuyan la velocidad.

La velocidad promedio del recorrido en la zona de estudio evidencio que : en la zona oeste: presenta velocidades entre los rangos 00km/h a 60km/h y velocidades muy baja en el corredor vial de la Avenida 5Oeste, velocidades intermedias en la recta vía al mar hasta el retén forestal; en la zona de San Antonio: presentan velocidades intermedias entre los rangos 15km/h a 60km/h; en la zona centro1: presenta las velocidades más bajas 00km/h y 45km/h en la mayor parte del sector entre las calles 9, 10, y 11 y carreras 4, 5, 6, 7 y 8; en la zona centro2: presenta otro comportamiento a la zona centro1, en este sector las velocidades varían entre los rangos 15km/h y 60km/hr y en la zona norte: presenta los rangos completos de velocidades entre 00km/h y 75km/h.

Los procesos de análisis permiten evaluar cada tramo en términos de velocidades promedios del recorrido y mediante el empleo de la metodología del HCM 2010 se pudo evaluar la calidad de la movilidad con los Niveles de Servicio. A partir de los resultados obtenidos se hace posible identificar una distribución desde el punto de vista cualitativo dado por los niveles de servicio, donde se evidencia un mayor número de corredores con Nivel de Servicio E y F lo cual se traduce en deficiencias en relación a la movilidad dado que estos están asociados a condiciones de capacidad críticas con un comportamiento inestable del tráfico con tendencias a congestiones y generar continuos bloqueos. Los niveles de alto confort se muestran en tan solo el 1%-3%. El Nivel C y D no alcanza más del 24% cada uno.

11 BIBLIOGRAFIA

CAL Y MAYOR Rafael, CÁRDENAS, James. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Ed. Mexico DF: Editorial Alfaomega: 2007 262p.

Highway Capacity Manual. (2000). Springer.

Departamento administrativo de planeación municipal, Plan integral de movilidad urbana de Santiago de Cali – visión 2028, Parte i: análisis y diagnóstico 2017 493 p

Secretaria de tránsito y transporte de Bogotá. Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. 2ª Ed. Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2005 398 p.

CÁRDENAS, James. (2010). Estudio de los Accesos a la Ciudad de Santiago de Cali. Cali.

MARTÍNEZ, H. (2008). Plan Urbanístico de la comuna 22, para la Ciudad de Santiago de Cali. Cali.

MELÉNDEZ, M. (2014). Proyectos de Infraestructura en Cali. Cali.

CASTAÑEDA, Mario. Ingeniería de tránsito y transporte. Disponible en: http://www.academia.edu/4819543/INGENIERIA_DE_TRANSITO_Y_TRANSPORTE

Movilidad, objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en: <http://www.calicomovamos.org.co/copia-de-movilidad-2>

La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias ... – Cepal. Disponible en: https://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/19336/lcg2175e_bull.pdf

Análisis del flujo vehicular. Disponible en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/analisis-de-flujo-vehicular-cal-y-mayor.pdf>

Medición de Tráfico Vehicular Mediante IOT y SIG.pdf. Disponible en:
<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3133/Medicion%20de%20Trafico%20Vehicular%20Mediante%20IOT%20y%20SIG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Conceptualización Del Plan Integral De Movilidad Y Desarrollo Del Estudio
www.cali.gov.co/descargar.php?id=27644

12 ANEXOS

ANEXO1. BASE DE DATOS. PRIMARIA, COMPORTAMIENTO VIAL, NODOS Y ARCOS (DIGITAL)

ANEXO 2. INFORMACION TIEMPOS DE RECORRIDO POR AFORADOR (DIGITAL)

ANEXO 3. RUTINA PYTHON (DIGITAL)

ANEXO 4. CARTOGRAFÍA MOVILIDAD (DIGITAL)

ANEXO 5. DATOS ESTADISTICOS (DIGITAL)

ANEXO 6. CALCULO VELOCIDAD MARCHA