

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

ARMANDO QUIÑONES HERRERA

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

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

ARMANDO QUIÑONES HERRERA

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

Santiago de Cali, junio 28 de 2018

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz que ilumina mi camino, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio y ser el artífice de mis éxitos.

A mi madre Carmen Alicia quien es mi apoyo incondicional por sus consejos, sus valores, por ser la motivadora de mis sueños y sobre todo por su amor.

A mis abuelos Armando y Juanita (QEPD), por quererme y apoyarme siempre, esto también se los debo a ustedes.

A mi amada esposa Monica María que siempre creyó en mi brindándome fortaleza, aliento y tenacidad.

A mis hijas María Camila y Laura Sofia que son la luz de mi vida, espero que vean en mi un ejemplo a seguir.

A familiares y amigos que hicieron posible este logro, cariño y gratitud infinitas.

AGRADECIMIENTOS

Al director de proyecto, Ingeniero. Eduardo Peña Abadía, que con su mano amiga me dio fortaleza y seguridad para continuar firmemente en la realización de este proyecto. Sin su participación no hubiera sido posible este logro.

Al Ingeniero Luis Carlos Moya y a la Ingeniera Carolina Mendoza Rubio, por su generosa guía, acompañamiento y apoyo, ya que gracias a esto se logró la culminación exitosa de este proyecto.

A mis compañeros Ethell Alejandra Jaramillo y John Jairo Vergara, por su colaboración, responsabilidad, esfuerzo y sapiensa a todo lo largo del desarrollo del proyecto.

A la Universidad del Valle y a los profesores del programa de ingeniería topográfica por sus enseñanzas, los llevare siempre en mi corazón.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	26
INTRODUCCIÓN	27
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
2. JUSTIFICACIÓN	33
3. OBJETIVOS	34
3.1 OBJETIVO GENERAL	34
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
4. MARCO CONCEPTUAL.....	35
4.1 MOVILIDAD	35
4.2 CONGESTIÓN VEHICULAR.....	35
4.3 TIPOS DE FLUJO DE TRÁFICO	35
4.3.1 Flujo Continuo.....	36
4.3.2 Flujo Discontinuo	36
4.4 NIVELES DE SERVICIO (NDS)	37
4.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	37
5. MARCO TEÓRICO.....	38

5.1 VELOCIDAD	38
5.2 VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE	38
5.3 VELOCIDAD DE RECORRIDO.....	39
5.4 VELOCIDAD DE MARCHA.....	39
5.5 NIVELES DE SERVICIO	40
6. MARCO DE REFERENCIA	43
7. METODOLOGÍA.....	45
7.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	47
7.2 SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	47
7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACION PRIMARIA	48
7.3.1 Planeación estudio de velocidades.....	48
7.3.2 Aplicativo para captura de información de velocidad	51
7.3.2.1 Map my tracks	51
7.3.3 Recorridos de camiones. Indicaciones	63
7.3.4 Recorridos Alimentadoras.....	68
7.3.5 Recorridos expresos	69
7.3.6 Recorridos troncales	70
7.3.7 Recorridos pretroncales.....	70
7.3.8 Ejecución estudio de velocidades	71

7.3.8.1 Recorrido en camión.....	71
7.3.8.2 Recorridos ejecutados rutas MIO alimentadoras	72
7.3.8.3 Recorridos ejecutados rutas MIO expresas.....	74
7.3.8.4 Recorridos ejecutados rutas MIO troncales.....	75
7.3.8.5 Recorridos ejecutados pretroncales	77
7.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	78
7.4.1 Descripción rutinas en Python	78
7.4.1.1 Primera: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP - GPXtoSHP Masivo.py	79
7.4.1.2 Segunda: Conversión Masiva de Archivos DBF a CSV - DBFtoCSV Masivo.py	83
7.4.1.3 Tercera: Armado de archivo CSV completo - CSVCompleto.py.....	86
7.4.1.4 Cuarta: Generación de los tiempos en minutos por rutas – RutasFinal.py.....	87
7.5 CALCULO DE INDICADORES Y VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR	93
7.5.1 Cálculo de tiempos de recorrido promedio	93
7.5.2 Cálculo de la Velocidad de Recorrido	96
7.5.3 Cálculo de los Niveles de Servicio	105
7.5.4 Cálculo de la Velocidad de Marcha.....	106
7.6 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA	107

7.6.1 Creación shape de nodos en la GDB:.....	110
7.6.2 Creación shape de comportamiento vial en la GDB:	111
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	113
8.1 CALCULO DE VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR.....	113
8.1.1 Velocidad promedio del recorrido	113
8.1.1.1 Camiones	113
8.1.1.2 MIO Alimentadoras	113
8.1.1.3 MIO Pretroncales.....	114
8.1.1.4 MIO Troncales	114
8.1.1.5 MIO expresas	115
8.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS VELOCIDAD PROMEDIO	116
8.2.1 Camiones.....	116
8.2.2 MIO Alimentadoras	119
8.2.3 MIO pretroncales	123
8.2.4 MIO Troncales	127
8.2.5 MIO Expresas	130
8.3 VELOCIDAD DE MARCHA	135
8.3.1 Camiones.....	135

8.3.2 MIO Alimentadoras	135
8.3.3 MIO Pretroncales	136
8.3.4 MIO Troncales	136
8.3.5 MIO Expresas	136
8.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	
VELOCIDAD DE MARCHA.....	137
8.4.1 Camiones.....	137
8.4.2 MIO Alimentadoras	140
8.4.3 MIO Pretroncales	144
8.4.4 MIO Troncales	146
8.4.5 MIO Expresas	149
8.5 CALCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD.....	155
8.5.1 Niveles de servicio (NDS)	155
8.5.1.1 Camiones	155
8.5.1.2 MIO Alimentadoras.....	155
8.5.1.3 MIO Pretroncales.....	156
8.5.1.4 MIO Troncales	156
8.5.1.5 MIO Expresas.....	157

8.6 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA NIVELES DE SERVICIO	157
8.6.1 Camiones.....	158
8.6.2 MIO Alimentadoras	160
8.6.3 MIO Pretroncales	162
8.6.3.1 MIO Troncales	164
8.6.3.2 MIO Expresas.....	166
9. CONCLUSIONES.....	169
10. BIBLIOGRAFÍA	171
ANEXOS	173

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de los NDS según los tipos de vías	41
Tabla 2. Caracterización de los diferentes tipos de vías	42
Tabla 3. Caracterización de los NDS (Niveles de Servicio) según las demoras para intersecciones no señalizadas.....	42
Tabla 4. Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempos de recorrido y demoras con un nivel de confiabilidad del 95 %.	50
Tabla 5. Distancia de recorridos camiones	50
Tabla 6. Kilómetros recorridos para mediciones de velocidad.	63
Tabla 7. Indicaciones Ruta 1 – Ida	64
Tabla 8. Indicaciones Ruta 1 - Vuelta.....	65
Tabla 9. Indicaciones Ruta 2	66
Tabla 10. Indicaciones Ruta 3	68
Tabla 11. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de Alimentadoras	68
Tabla 12. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de expresas	69
Tabla 13. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de troncales.	70
Tabla 14. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de pretroncales.	70
Tabla 15. Aforadores de modo vehicular Camión y cuentas MMT.....	71
Tabla 16. Recorridos ejecutados por aforador.	71
Tabla 17. Listado de aforadores.....	72
Tabla 18. Listado de recorridos ejecutados en Alimentadoras	73

Tabla 19. Aforadores.....	74
Tabla 20. Listado de recorridos ejecutados en expresas.	74
Tabla 21. Listado de aforadores.....	75
Tabla 22. Listado de recorridos ejecutados en troncales.	76
Tabla 23. Listado de aforadores.....	77
Tabla 24. Listado de recorridos ejecutados rutas pretroncales	77
Tabla 25. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Camiones	113
Tabla 26. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Alimentadoras	113
Tabla 27. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Pretroncales.	114
Tabla 28. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Troncales.....	114
Tabla 29. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Expresas.	115
Tabla 30. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Camiones	119
Tabla 31, Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Alimentadores	123
Tabla 32, Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Pretroncales	126
Tabla 33. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Troncales	130
Tabla 34. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Expresas	134
Tabla 35. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Camiones	135
Tabla 36. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Alimentadoras	135

Tabla 37. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Pretroncales	136
Tabla 38. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Troncales.....	136
Tabla 39. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Expresas	137
Tabla 40. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos Camiones. ...	155
Tabla 41. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Alimentadoras.	155
Tabla 42. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Pretroncales.	156
Tabla 43. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Troncales.	156
Tabla 44. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Expresas.	157

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vehículos MIO activos.....	27
Figura 2. Número de pasajeros MIO (2016-2017).....	28
Figura 3. Tiempo promedio de viaje	29
Figura 4. Circulación Continua	36
Figura 5, Circulación Discontinua.....	36
Figura 6. Datos GPX generados por el aplicativo con el dispositivo GPS.	45
Figura 7. Determinación de los puntos de referencia	46
Figura 8. Área de estudio. Zona centro-oeste de Santiago de Cali	47
Figura 9. Sistema Vial Arterias Principales Secundarias Santiago de Cali	48
Figura 10. Sistema Vial Arterias Secundarias Santiago de Cali.	49
Figura 11. Búsqueda de la aplicación	51
Figura 12. Instalación de la aplicación	52
Figura 13. Descarga de la aplicación	52
Figura 14. Pantalla inicial	53
Figura 15. Creación de cuenta	53
Figura 16. Listado de Usuarios Map My Tracks con sus respectivas cuentas Gmail	54
Figura 17. Pantalla de ingreso.....	54
Figura 18. Pantalla principal.....	55
Figura 19. Pantalla configuraciones 1	55
Figura 20. Pantalla configuraciones 2	56

Figura 21. Pantalla configuraciones 3	56
Figura 22. Pantalla configuraciones 4	57
Figura 23. Pantalla inicio de recorrido	58
Figura 24. Pantalla de sincronización.....	58
Figura 25. Pantalla de inicio web.....	59
Figura 26. Pantalla de ingreso.....	59
Figura 27. Previsualización ruta	60
Figura 28. Detalles de ruta realizada.....	60
Figura 29. Descarga de la información.....	61
Figura 30. Formato de descarga	61
Figura 31. Políticas de la aplicación	61
Figura 32. Segundo método de descarga	62
Figura 33. Pantalla History	62
Figura 34. Opciones de compartir	63
Figura 35.. Ruta 1 ida.....	64
Figura 36. Ruta 1 vuelta	65
Figura 37. Ruta 2.....	66
Figura 38. Ruta 3.....	67
Figura 39 Recorridos ejecutados en camión.	72
Figura 40. Recorridos ejecutados en Alimentadoras	73
Figura 41. Recorridos ejecutados en expresas.	75
Figura 42. Recorridos ejecutados en trocales.	76
Figura 43. Recorridos ejecutados en pretroncales	78

Figura 44. Distribución de Carpetas y Archivos para las rutinas.	80
Figura 45. IDE Python dentro de ArcGis 10.5	80
Figura 46. Tabla de Atributos de uno de los Shapes generados por la rutina.	83
Figura 47. Archivos generados por cada Shape.	83
Figura 48. Archivos CSV Generados por la rutina.....	85
Figura 49. Archivo CSV generado por día de toma.....	87
Figura 50. Archivo de Intersecciones.csv	88
Figura 51. Resultado en archivo CSV por día, con los tiempos por tramo	92
Figura 52. Complemento Power Query en Excel 2016 – Carga de Archivos CSV	93
Figura 53. Editor Avanzado Power Query. Lenguaje M.	95
Figura 54. Editor de Power Query. Resultado Final	95
Figura 55. Resultado Cargado en Excel.....	96
Figura 56. Carga del Shape de Vías y el CSV Resultante	97
Figura 57. Join entre Shape de Vías y el archivo CSV.....	97
Figura 58. Tabla de Atributos después de ejecutado el Join	98
Figura 59. Adición de Campo en la Tabla de Atributos	98
Figura 60. Definición del tipo de Campo y Nombre	99
Figura 61. Field Calculator	99
Figura 62. Fórmula para el cálculo de la Velocidad en el Field Calculator	100
Figura 63. Tabla de Atributos con el cálculo de Velocidad	100
Figura 64. GPS Track Editor	101
Figura 65. Exportar archivo CSV a partir de Archivo GPX	101
Figura 66. Elección de Tipo de Archivo CSV.....	102

Figura 67. Resultado unión archivos CSV en Power Query de Excel	104
Figura 68. Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel	105
Figura 69. Cálculo de los Niveles de Servicio, por cada Tramo	105
Figura 70. Tabla de Atributos del Shape de Vías con el Nivel de Servicio	106
Figura 71. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB.....	108
Figura 72. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB. (2)	108
Figura 73, Shapes que componen la base cartográfica de la GDB. (3)	109
Figura 74. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB. (4)	109
Figura 75. Base Cartográfica del proyecto	110
Figura 76. Shape de Nodos, zona Centro-Oeste	110
Figura 77. Tabla de atributos shape de Nodos, zona Centro-Oeste	111
Figura 78. Shape de comportamiento Vial, zona Centro-Oeste.	111
Figura 79. Tabla de atributos shape Comportamiento Vial.	112
Figura 80. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en camiones.	116
Figura 81. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO Alimentadoras	120
Figura 82. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO pretroncales.....	124
Figura 83. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO Troncales.....	127
Figura 84. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO Expresas	130

Figura 85. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Camiones	137
Figura 86. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Alimentadoras	141
Figura 87. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Pretroncales	144
Figura 88. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Troncales	147
Figura 89. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Expresas	150
Figura 90. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, camiones.....	158
Figura 91. Tabla de atributos niveles de servicio Camión	159
Figura 92. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Alimentadoras	160
Figura 93 Tabla de atributos niveles de servicio Alimentadora	161
Figura 94. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Pretroncales	162
Figura 95. Tabla de atributos niveles de servicio Pretroncal	163
Figura 96. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Troncales.....	164
Figura 97. Tabla de atributos niveles de servicio Troncal	165

Figura 98. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO

Expresas 166

Figura 99. Tabla de atributos niveles de servicio Expresa 167

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Velocidad de Recorrido camión ruta 1, por cada 200 m.	117
Gráfico 2. Velocidad de Recorrido camión ruta 2, por cada 200 m.	117
Gráfico 3. Velocidad de Recorrido camión ruta 3, por cada 200 m.	117
Gráfico 4. Velocidad de Recorrido camión ruta cra 10, por cada 200 m.	117
Gráfico 5. Velocidad de Recorrido camión ruta cra 15, por cada 200 m.	118
Gráfico 6. Velocidad de Recorrido camión cra 8, por cada 200 m.	118
Gráfico 7. Velocidad de Recorrido Camiones. Distribución de frecuencia	119
Gráfico 8. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A01A, por cada 200 m.	120
Gráfico 9. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A02, por cada 200 m.....	121
Gráfico 10. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A02, por cada 200 m.....	121
Gráfico 11. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A03, por cada 200 m.....	121
Gráfico 12. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A04, por cada 200 m.....	122
Gráfico 13. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A05, por cada 200 m.....	122
Gráfico 14. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A06, por cada 200 m.....	122
Gráfico 15. Velocidad de Recorrido Alimentadoras. Distribución de frecuencia..	123
Gráfico 16. Velocidad de Recorrido pretroncales P21A, por cada 200 m.	124
Gráfico 17. Velocidad de Recorrido pretroncales P21A, por cada 200 m.	124
Gráfico 18. Velocidad de Recorrido pretroncales P24B, por cada 200 m.	125
Gráfico 19. Velocidad de Recorrido pretroncales P40A, por cada 200 m.	125
Gráfico 20. Velocidad de Recorrido pretroncales P40B, por cada 200 m.	125

Gráfico 21. Velocidad de Recorrido Pretroncales. Distribución de frecuencia.....	126
Gráfico 22. Velocidad de Recorrido pretroncales T31 ida, por cada 200 m.	128
Gráfico 23. Velocidad de Recorrido pretroncales T31 vuelta, por cada 200 m. ...	128
Gráfico 24. Velocidad de Recorrido pretroncales T42, por cada 200 m.	128
Gráfico 25. Velocidad de Recorrido pretroncales T47B ida, por cada 200 m.	129
Gráfico 26. Velocidad de Recorrido pretroncales T47B vuelta, por cada 200 m. ...	129
Gráfico 27. Velocidad de Recorrido Troncales. Distribución de frecuencia	129
Gráfico 28. Velocidad de Recorrido pretroncales E21 ida, por cada 200 m.	131
Gráfico 29. Velocidad de Recorrido pretroncales E21 vuelta, por cada 200 m. ...	131
Gráfico 30. Velocidad de Recorrido pretroncales E27 ida, por cada 200 m.	131
Gráfico 31. Velocidad de Recorrido pretroncales E27 vuelta, por cada 200 m. ...	132
Gráfico 32. Velocidad de Recorrido pretroncales E31 ida, por cada 200 m.	132
Gráfico 33. Velocidad de Recorrido pretroncales E31 vuelta, por cada 200 m. ...	132
Gráfico 34. Velocidad de Recorrido pretroncales E41 ida, por cada 200 m.	133
Gráfico 35. Velocidad de Recorrido Expresas. Distribución de frecuencia.....	134
<i>Gráfico 36. Velocidad de Marcha camión ruta 1, por cada 200 m.</i>	<i>138</i>
<i>Gráfico 37. Velocidad de Marcha camión ruta 2 por cada 200 m.</i>	<i>138</i>
<i>Gráfico 38. Velocidad de Marcha camión ruta 3, por cada 200 m.</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 39. Velocidad de Marcha camión ruta cra 10, por cada 200 m.</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 40. Velocidad de Marcha camión ruta cra 15, por cada 200 m.</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 41. Velocidad de Marcha camión cra 8, por cada 200 m.</i>	<i>140</i>
Gráfico 42. Velocidad de Marcha Camión. Distribución de frecuencia.....	140
Gráfico 43. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A01A, por cada 200 m. ...	141

Gráfico 44. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A02, por cada 200 m.....	142
Gráfico 45. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A03, por cada 200 m.....	142
Gráfico 46. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A03, por cada 200 m.....	142
Gráfico 47. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A04, por cada 200 m.....	143
Gráfico 48. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A05, por cada 200 m.....	143
Gráfico 49. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A06, por cada 200 m.....	143
Gráfico 50. Velocidad de Marcha Alimentadoras. Distribución de frecuencia	144
Gráfico 51. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P21A, por cada 200 m.	145
Gráfico 52. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P24B, por cada 200 m.	145
Gráfico 53. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P40A, por cada 200 m.	145
Gráfico 54. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P40B, por cada 200 m.	146
Gráfico 55. Velocidad de Marcha Alimentadoras. Distribución de frecuencia	146
Gráfico 56. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T31 ida, por cada 200 m. ...	147
Gráfico 57. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T31 vuelta, por cada 200 m.	148
Gráfico 58. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T42, por cada 200 m.....	148
Gráfico 59. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T47 ida, por cada 200 m. ...	148
Gráfico 60. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T47 vuelta, por cada 200 m.	149
Gráfico 61. Velocidad de Marcha Troncales. Distribución de frecuencia	149
Gráfico 62. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E21 ida, por cada 200 m.....	150
Gráfico 63. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E21 vuelta, por cada 200 m. ...	151
Gráfico 64. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E27 ida, por cada 200 m.....	151

Gráfico 65. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E27 vuelta, por cada 200 m. ...	151
Gráfico 66. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E31 ida, por cada 200 m.	152
Gráfico 67. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E31 vuelta, por cada 200 m. ...	152
Gráfico 68. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E41 ida, por cada 200 m.	152
Gráfico 69. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E41 vuelta, por cada 200 m ...	153
Gráfico 70. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P21A, por cada 200 m	153
Gráfico 71. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P24B, por cada 200 m	153
Gráfico 72. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P40A, por cada 200 m	154
Gráfico 73. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P40B, por cada 200 m	154
Gráfico 74. Velocidad de Marcha Expresas. Distribución de frecuencia	154
Gráfico 75. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos Camiones.	159
Gráfico 76. Nivel se servicios por arcos viales Camión.....	160
Gráfico 77. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Alimentadoras	161
Gráfico 78. Nivel se servicios por arcos viales Alimentadora	162
Gráfico 79. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Pretroncales	163
Gráfico 80. Nivel se servicios por arcos viales Pretroncal.....	164
Gráfico 81. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Troncales	165
Gráfico 82. Nivel se servicios por arcos viales Troncal	166
Gráfico 83. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Expresas	167

Gráfico 84. Nivel se servicios por arcos viales Expresa	168
---	-----

RESUMEN

Este trabajo de grado es un estudio de velocidad en la zona centro-oeste de la ciudad Santiago de Cali. En el sector se encuentran gran cantidad de establecimientos de servicios y comercio, el cual genera y atrae desplazamientos, ocasionando así congestiones, sobre todo en horarios pico de la mañana.

La velocidad y el tiempo que un vehículo tarda en recorrer una distancia especialmente en el medio urbano sirve para evaluar la calidad del servicio que prestan esas vías a sus usuarios.

En la primera parte del estudio se recolecta información primaria con el método del vehículo flotante, el conductor del vehículo trata de flotar en la corriente vehicular, procurando que el número de vehículos que adelante sea igual al que rebasen el vehículo flotante; esta actividad se realizó dos veces en las rutas determinadas.

Durante el recorrido se mide el tiempo que tardo el vehículo en recorrer cada una de las rutas, con lo cual se determina la velocidad de recorrido en el tramo.

Finalizada esta etapa de toma de datos, se inicia el procesamiento y sistematización, de lo cual se obtienen las velocidades de operación para cada ruta, con las que posteriormente se calculan los niveles de servicio.

Finalmente, se elaboran las respectivas salidas cartográficas en las que se consignan los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

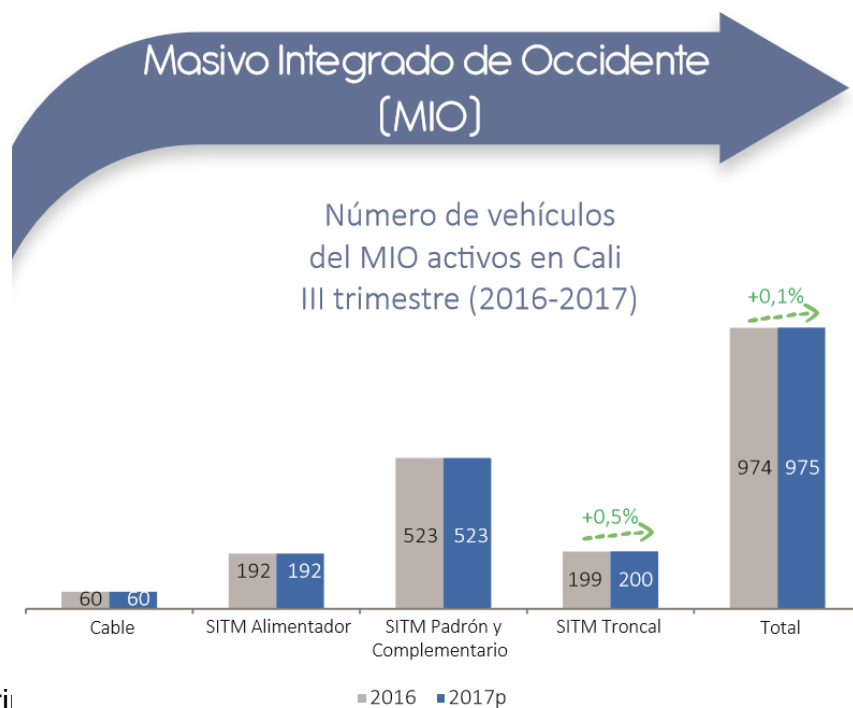
Al momento de analizar la dinámica de las ciudades, uno de los aspectos más relevantes asociado a la calidad de vida de sus habitantes es sin duda alguna la movilidad.

La calidad del transporte público de una ciudad es un indicador básico del compromiso de las autoridades con la habitabilidad de ésta. Cuanto más desarrollado está este, más lo está la ciudad.

En el tercer trimestre de 2017 había registrados en Cali 975 vehículos del MIO, cifra que representó un aumento de 0,1% frente al mismo periodo de 2016.

Desagregando por tipo de vehículo, al tercer trimestre de 2017 había matriculados 523 padrones y buses complementarios, 200 troncales (buses articulados), 192 Alimentadoras y 60 vagones del MIO cable (Figura 1).

Figura 1. Vehículos MIO activos



Al tercer tri
cifra 0,5% i

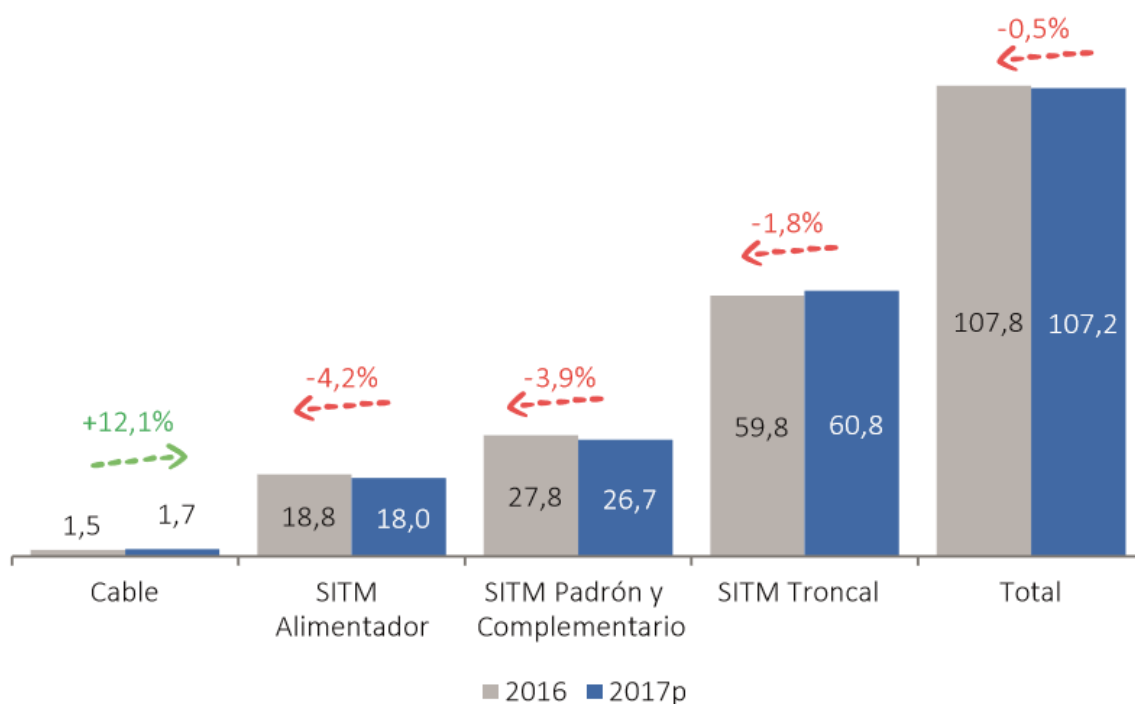
pasajeros,

Fuente: DANE

Desagregando por tipo de vehículo, al tercer trimestre de 2017 se transportaron 60,8 millones de pasajeros en buses Troncales, 26,7 millones en buses padrones y complementarios, 18,0 millones en buses Alimentadoras y 1,7 millones en el MIO cable, cifras que, salvo el caso del MIO cable, fueron inferiores a las registradas en el mismo periodo de 2016 (Figura 2).

Figura 2. Número de pasajeros MIO (2016-2017)

Número de pasajeros transportados en servicio de transporte Masivo en Cali (2016-2017) Millones de pasajeros



Fuente: DANE

Fuente: DANE

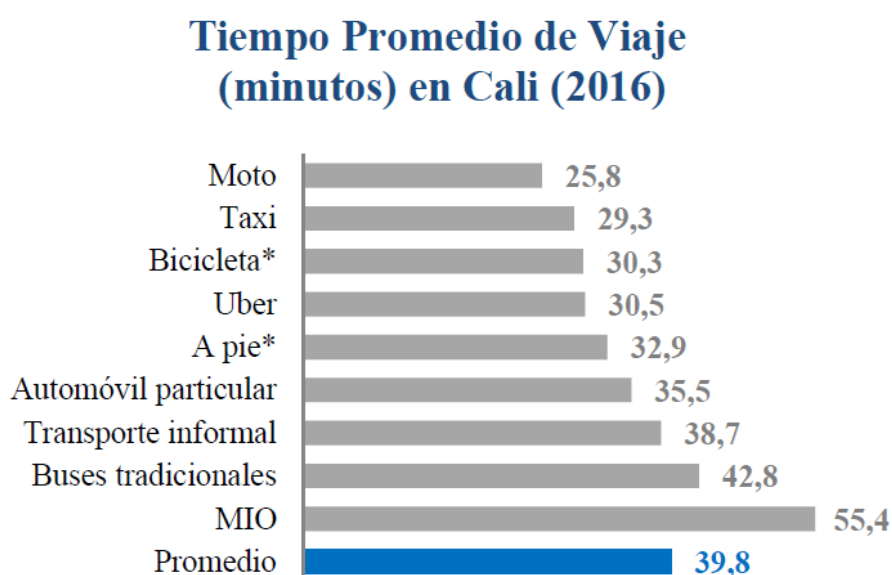
El análisis desde la variable de velocidad y tiempo de recorrido es un indicativo importante de la calidad del servicio que se proporciona al usuario de la vía.

Se utiliza como una de las medidas de eficacia más importante para definir los niveles de servicio, es por lo anterior que, analizaremos el comportamiento de

camiones y especialmente el sistema integrado de transporte de la ciudad de Cali, específicamente en el centro-oeste área objeto de estudio.

De acuerdo con los datos de la encuesta de percepción ciudadana elaborada por el programa Cali Cómo Vamos, en 2016, se puede observar que, en promedio, el tiempo de desplazamiento de las personas en Cali fue de 39,8 minutos. El MIO es, en promedio, el medio de transporte en el que se utiliza el mayor tiempo de desplazamiento (55,4 min), seguido por el bus tradicional (42,8 min), transporte informal (38,7 min), automóvil particular (35,5 min), taxi (29 min) y Moto (25,8 min) (Figura 3).

Figura 3. Tiempo promedio de viaje



*No motorizado

Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana Cali Cómo Vamos

Fuente: DANE

Teniendo en cuenta la distancia recorrida por cada medio de transporte, en 2016, el MIO es el medio de transporte que registra los mayores tiempos de desplazamiento en todos los rangos de distancias.

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito. Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis de flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de la operación.

Finalmente, los SIG (Sistemas de Información Geográfica) van a permitir relacionar información de una base de datos con una localización geográfica de un mapa. Esto permite comparar y analizar información con el fin de revelar causas y efectos muy difíciles de analizar con métodos cuantitativos tradicionales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un problema de movilidad se deriva en demoras para las diferentes actividades laborales, sociales, económicas y ambientales. La zona definida como el proyecto a trabajar la movilidad, es la zona centro - oeste de Santiago de Cali, abarca zonas residenciales de diferentes estratos sociales sin dejar a un lado la presencia de zonas comerciales que se caracterizan por tener actividad hotelera y turística, sin mencionar las personas que transitan para llegar a corregimientos y municipios colindantes como Felidia, El Saladito, Dagua y Buenaventura.

La zona centro-oeste, de la ciudad de Santiago de Cali, en donde se encuentran gran cantidad de establecimientos de servicios y comercio, genera desplazamientos, sobre todo en horarios pico de la mañana. 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% y en motos un 10%, se estipula la necesidad de realizar cambios tanto en la red de transporte como en el buen uso de la infraestructura existente. Según Cifras de Cali como vamos a 2017, el 30,8% de los desplazamientos de la ciudad se realiza en carro o en moto, y el 43% de la red arterial tanto primaria como secundaria presenta un nivel crítico en cuanto a congestión.

Cali cerró el 2017 con 217.527 motocicletas registradas, lo que la convirtió en la cuarta ciudad del país en número de motocicletas, según cifras del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), eso sin contar con las motos registradas en otros municipios. Para Juan Carlos Orobio, secretario de Movilidad de Cali, el aumento en el número de motocicletas se relaciona con las condiciones económicas de los caleños frente a la accesibilidad y operación de la motocicleta, lo que la hace atractiva para la población.

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. Entre las zonas demarcadas en el barrio San Antonio de la ciudad de Cali se encuentra estipulada la zona definida de estudio en el presente proyecto: Zona Centro – Oeste de la Ciudad, entre otras áreas aledañas. De igual forma, en el Anexo 1 Plan de Acción del Plan Integral de Movilidad Urbana (Anexo 1, 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.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, es preciso realizar un análisis de velocidades y tiempos de recorrido en el sector, los cuales permitan tomar decisiones futuras para mejorar la movilidad.

2. JUSTIFICACIÓN

La alta congestión vehicular junto con la gran demanda que se presenta en la zona centro oeste de Cali, son consecuencia tanto de factores demográficos, como de la poca inversión en infraestructura vial y la falta de concientización frente a la utilización de las vías terrestres.

Todo esto genera molestias a los usuarios, ya sea, por el tiempo de espera como por la contaminación visual y auditiva que se presenta debido a este problema. Por tanto, en el análisis se debe tener en cuenta que el sitio a estudiar es un lugar estratégico para la ciudad, debido al aumento del número de usuarios que transitan el sector, atraídos por oferta de servicios de todo tipo, que se traduce en aumentos en la demanda vehicular.

Los estudios de velocidad son realizados con la finalidad de estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular el abordar el estudio desde esta perspectiva beneficia a los entes encargados del manejo del tránsito de la ciudad, puesto que con la información obtenida se pueden apoyar para a la posterior toma de decisiones que mitiguen o solucionen los problemas de tránsito para provecho el usuario de la red vial.

Las características de velocidad que se determinan pueden usarse para establecer parámetros para la operación y el control del tránsito, evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, evaluar y/o determinar lo adecuado de las características geométricas de la carretera, etc.

Con el mejoramiento de las condiciones de servicio vial, se reducen considerablemente los costos sociales y ambientales asociados a con la movilización vehicular.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar desde la componente cartográfica, un análisis de velocidades y tiempos de recorrido, específicamente en el medio de transporte motocicleta, de la zona centro-oeste de la ciudad de Santiago de Cali.

3.2 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.
- ✓ Definir los niveles de servicio a partir de las velocidades calculadas de cada uno de los recorridos diseñados.
- ✓ Integrar dentro de la herramienta de Sistemas de Información Geográfica tanto la información de la infraestructura vial como la referida al comportamiento vial básico (estudios de velocidades y tiempos de recorridos).
- ✓ Generar una representación cartográfica que permita identificar y analizar las velocidades, tiempos de recorrido y volúmenes de tránsito.

4. 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. Para esto se debe tener en cuenta lo siguiente:

4.1 MOVILIDAD

La movilidad es el movimiento de las personas (también de mercancías), independientemente del medio que utilicen para desplazarse: a pie, en transporte público, en automóvil, en bicicleta, etc.

4.2 CONGESTIÓN VEHICULAR

La congestión vehicular o vial se refiere, tanto urbana como interurbanamente, a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atochamientos. Este fenómeno se produce comúnmente en la hora punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

4.3 TIPOS DE FLUJO DE TRÁFICO

El Manual de Capacidad de Carreteras clasifica a los distintos tipos de caminos en dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular:

- ✓ Continuo
- ✓ Discontinuo

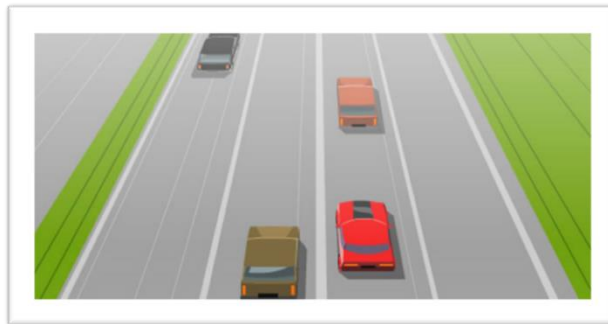
Los términos “flujo Continuo” y “flujo discontinuo” solo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado momento circula por el mismo.

4.3.1 Flujo Continuo

Es aquel en que el vehículo que va transitando por la vía solo se ve obligado a detenerse por razones inherentes al tráfico. Es el tráfico de las carreteras. Los vehículos se detienen cuando ocurre un accidente, cuando llegan a un destino específico, paradas intermedias, etc. Figura 4.

En otras palabras, el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de alto.

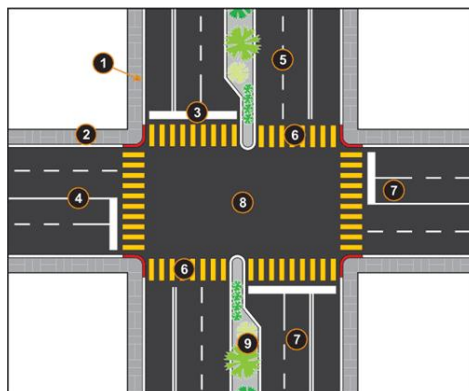
Figura 4. Circulación Continua



4.3.2 Flujo Discontinuo

Los caminos que poseen las características de flujo interrumpido poseen elementos fijos que pueden interrumpir la corriente vehicular. Es característico de las calles, donde las interrupciones son frecuentes por cualquier motivo, siendo una de estas los controles de tránsito de las intersecciones como son los semáforos, las señales de alto, reductores de velocidad, los ceda el paso, etc.

Figura 5, Circulación Discontinua



4.4 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 corresponden a 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.

4.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Un sistema de información geográfica es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 VELOCIDAD

La velocidad es definida como una razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h). El HCM 2000 usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tránsito y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables.

Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

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

Donde:

v = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

5.2 VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE

La velocidad promedio de viaje es una medida de tránsito basada en la observación del tiempo de viaje en una longitud dada de carretera. Se calcula como la longitud del segmento dividido entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demoras por paradas.

$$S = \frac{L}{ta}$$

Dónde:

S = Velocidad promedio de viaje (km/h),

L = Longitud del segmento de carretera (km), y

t_a = Tiempo promedio de viaje en el segmento (h).

5.3 VELOCIDAD DE RECORRIDO

Conocida también como velocidad de recorrido total, queda definida como la distancia total recorrida, en un tramo relativamente largo, dividida entre el tiempo total de recorrido. En el tiempo de recorrido se incluye las demoras debidas al tránsito ajenos a la voluntad del conductor, no incluye demoras fuera de la vía como ser: lugares de recreación, restaurantes, estaciones de servicio, etc.

Se obtiene entonces la velocidad de recorrido como un promedio de velocidades desarrolladas por un grupo de vehículos.

$$v = \frac{dR}{TR} = \frac{dR}{TM + TD}$$

Dónde:

v = Velocidad de viaje.

dR = Distancia recorrida o tiempo total

dR = Longitud recorrida

TM = Tiempo en que el vehículo está en movimiento

TD = Tiempo que espera el vehículo para trasladarse

5.4 VELOCIDAD DE MARCHA

La velocidad de marcha o velocidad de cruce se define como la distancia total recorrida dividida entre el tiempo de marcha. El tiempo de marcha excluye todas las paradas y demoras.

5.5 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 Tabla 1 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.

Tabla 1. Caracterización de los NDS según los tipos de vías

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

Fuente: Sever, (HCM) - 2010

A su vez, en la Tabla 2, del Highway Capacity Manual (*Manual de Capacidad de Carreteras*, 2010), 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 3 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.

Tabla 2. Caracterización de los diferentes tipos de vías

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

Fuente: Sever, (HCM) - 2010.

Tabla 3. Caracterización de los NDS (Niveles de Servicio) según las demoras para intersecciones no señalizadas.

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

Fuente: Sever, (HCM) - 2010.

6. 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 estos.

La importancia de este análisis se fundamenta en la necesidad de contar con parámetros básicos para la buena ejecución del proyecto en específico, apoyados en la asesoría profesional de docentes de la facultad de ingenierías, escuela civil y geomática. A continuación, se mencionan algunos estudios previos:

El Estudio de Movilidad y Accesibilidad en la Comuna 22 el Municipio de Santiago de Cali, Universidad del Valle y Planeación Municipal, (2016), 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, y fueron analizados 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.

A su vez, el proyecto 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), 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 su parte, el Aforo vehicular maestro realizado por la empresa DICONSULTORIA ingenieros S.A. (2014), contiene la información de dos puntos de estaciones maestras ubicados en la Carrera 100 con la Calle 25 o Simón Bolívar para los jueves y sábado.

7. METODOLOGÍA

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 del modo CAMIONES y SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO MIO, 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 7 se muestra a continuación 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 realizados.

Figura 6. Datos GPX generados por el aplicativo con el dispositivo GPS.

#	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

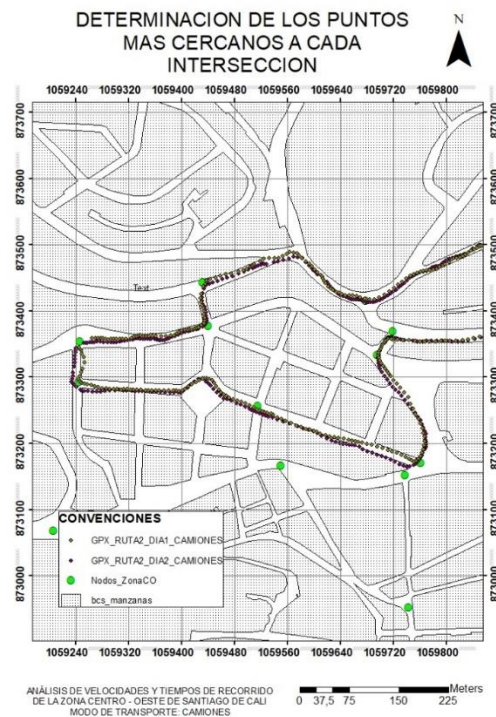
Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

Para el cálculo de las velocidades, se debe realizar una depuración de los datos y verificar si estos se encuentran en óptimas condiciones para ser utilizados. El dispositivo GPS genera archivos con extensión GPX, el cual, para facilidad de manipulación posterior, se convertirá en CSV para después utilizar una rutina de programación en PYTHON, la cual nos va a generar los tiempos entre nodos sobre los recorridos, para posteriormente asociar esos nodos a nuestros tramos viales para el cálculo posterior de velocidades 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.

Figura 7. Determinación de los puntos de referencia

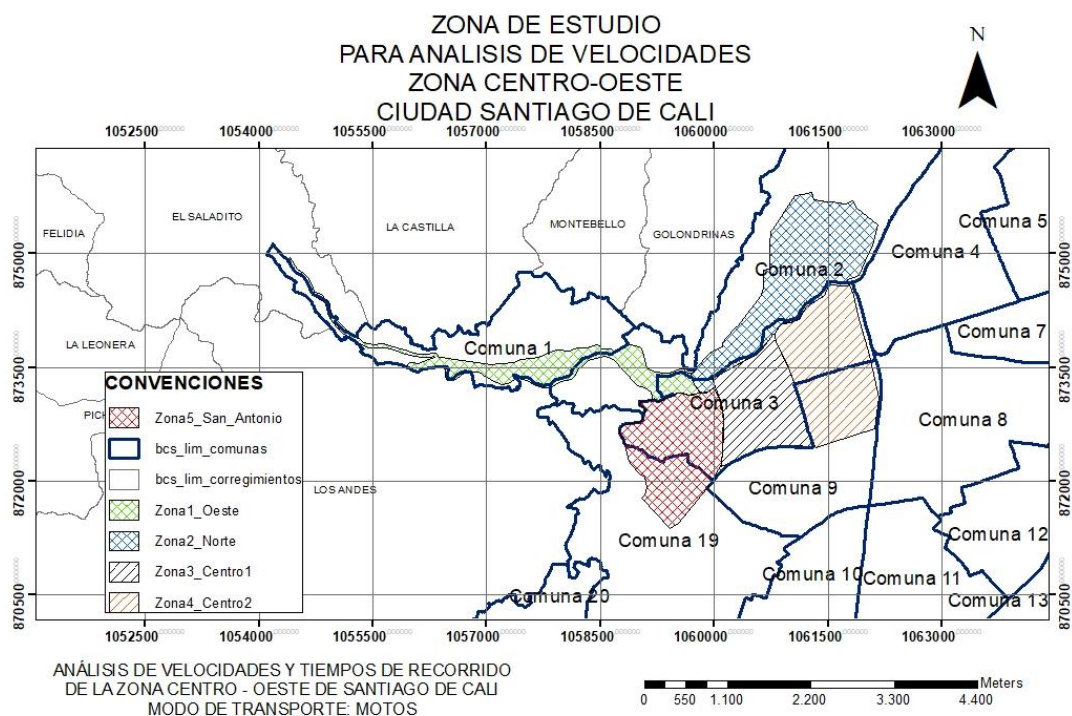


Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

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

Figura 8. Área de estudio. Zona centro-oeste de Santiago de Cali

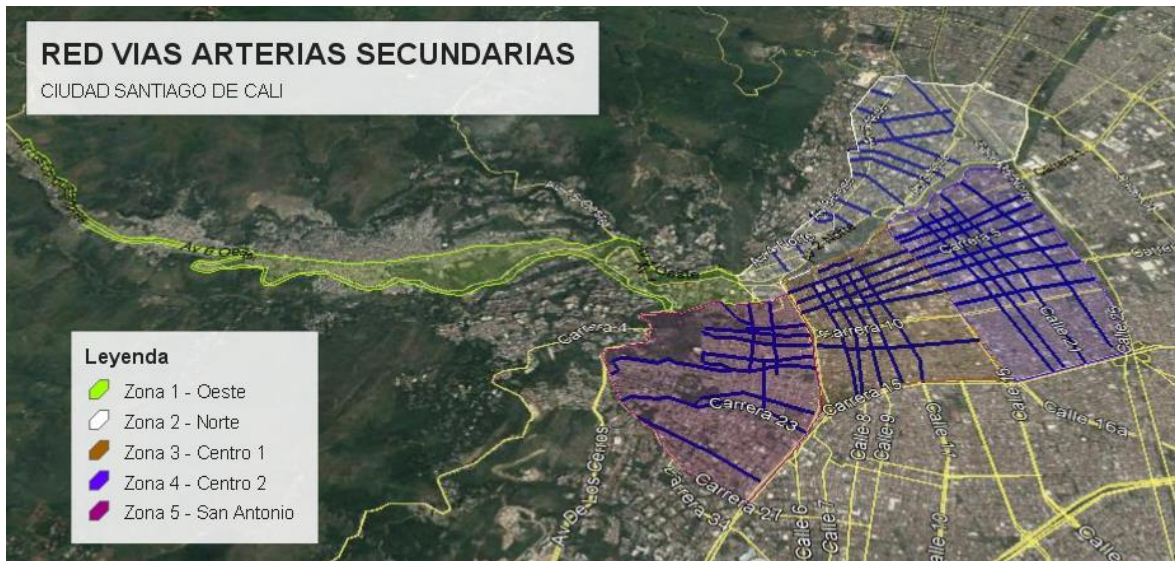


Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.2 SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

El Grupo de Investigación en Tránsito, Transporte y Vías – GITTIV; 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 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.

Figura 10. Sistema Vial Arterias Secundarias Santiago de Cali.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

- **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 misma, para la recolección de información para el cálculo de velocidades.
- **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 4, del manual de estudios de ingeniería de tránsito de Paul C Box y Joseph C. Oppenlander.

Tabla 4. Tamaño mínimo aproximado de la muestra, necesario para estudios de tiempos de recorrido y demoras con un nivel de confiabilidad del 95 %.

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

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 para ambos modos.

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

Tabla 5. Distancia de recorridos camiones

KILOMETROS RECORRIDOS POR RUTAS PARA CAMIONES			
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			1.88
RUTA5			5.2
RUTA6			5.6
TOTAL KM			53.81

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.2 Aplicativo para captura de información de velocidad

Se emplean 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.

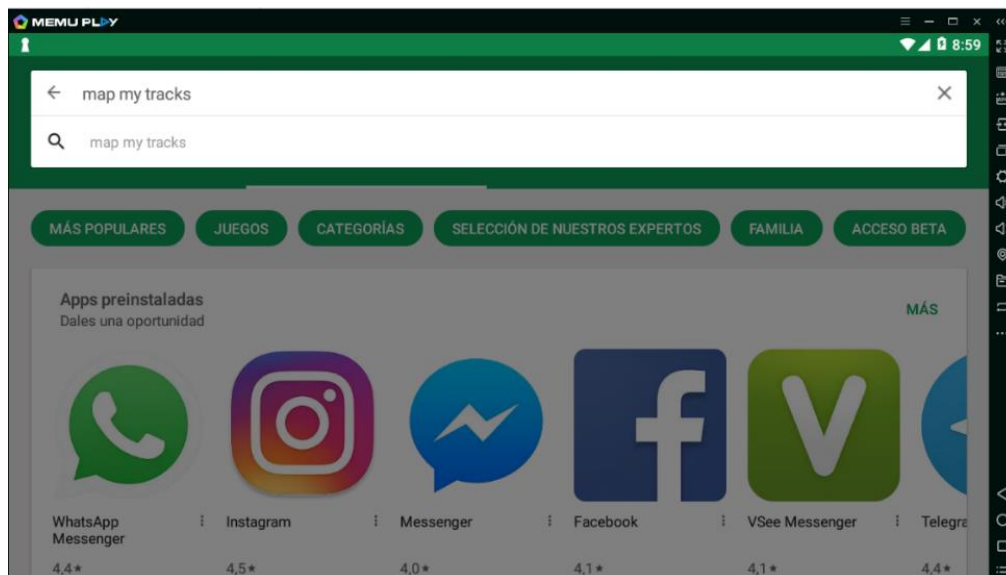
7.3.2.1 Map my tracks

Es una aplicación en forma de red social, donde convierte un teléfono móvil en un 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 un registro de actividad personal en la web. Los recorridos realizados pueden ser públicos o privados, de acuerdo con la configuración que se le indique.

✓ Instalación, configuración e inicio del aplicativo

Para instalar el aplicativo, se entra a Play Store (En Android), y se busca:

Figura 11. Búsqueda de la aplicación

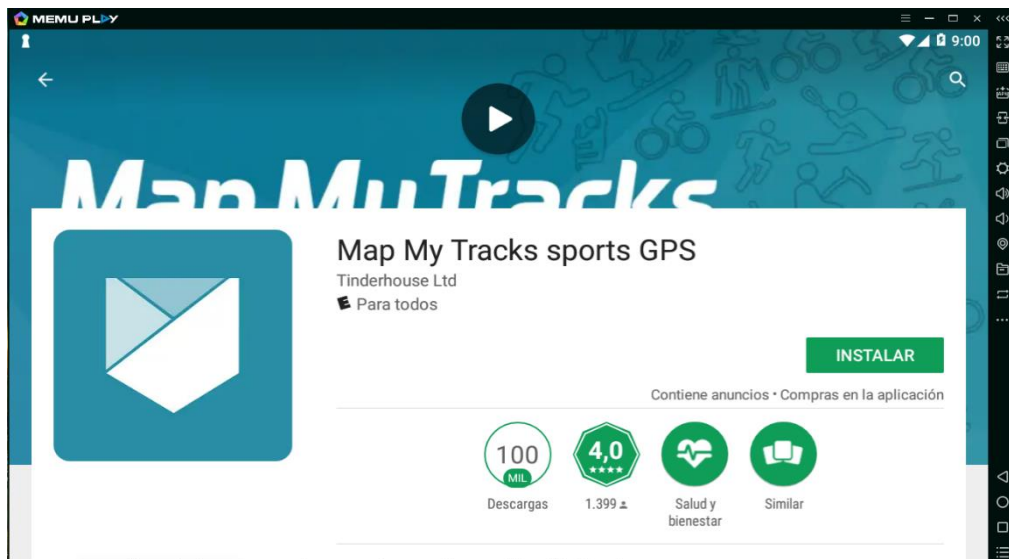


Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Posteriormente, se hace clic en instalar.

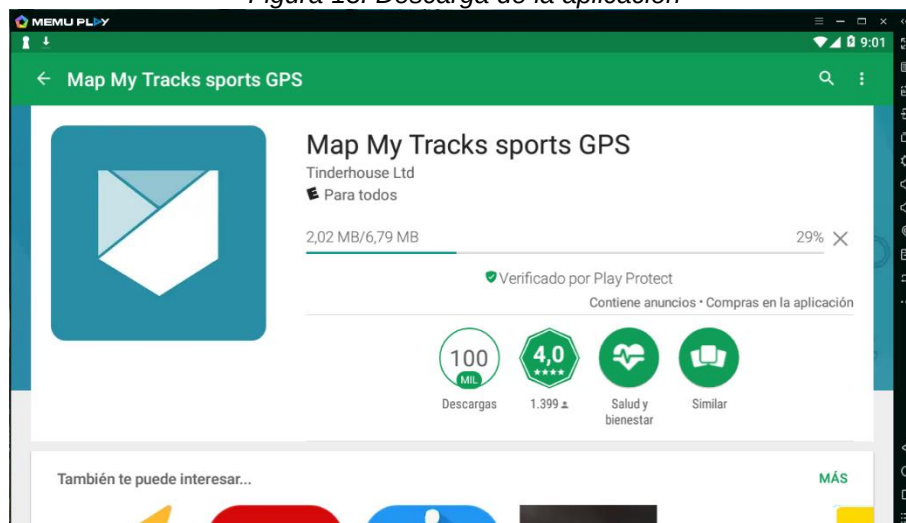
Figura 12. Instalación de la aplicación



Fuente: Elaboración Propia, 2018

El peso aproximado de la aplicación es de 6,79 megas.

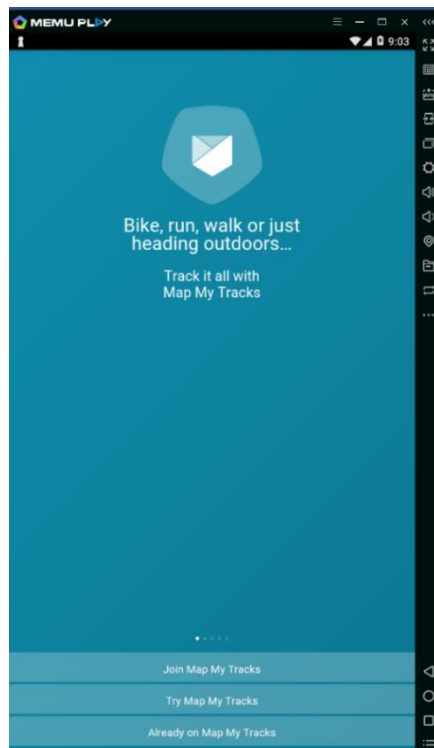
Figura 13. Descarga de la aplicación



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez finalice la instalación, se abre la aplicación y sale la pantalla inicial del aplicativo:

Figura 14. Pantalla inicial



Fuente: Elaboración Propia, 2018

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 que sigue:

Figura 15. Creación de cuenta

Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

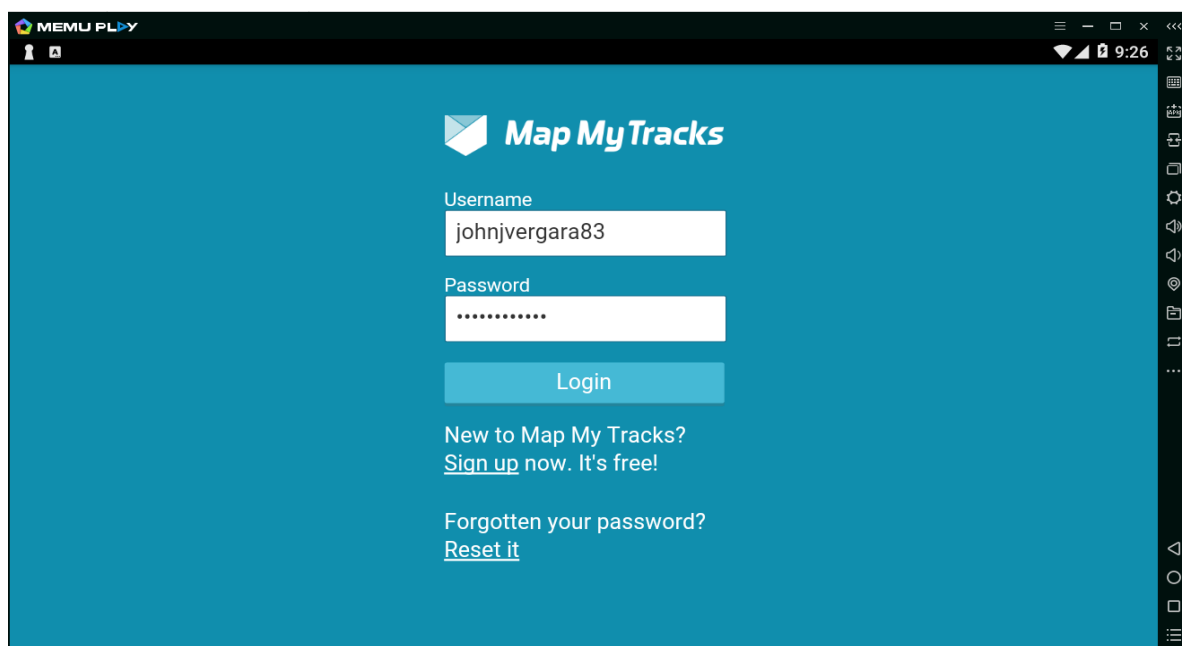
Figura 16. Listado de Usuarios Map My Tracks con sus respectivas cuentas Gmail

No.	Nombre	Cuenta	login MMT	Modo
1	John Jairo Vergara	johnj.vergara83@gmail.com	johnjvergara83	MIO
2	Armando Quiñones	arman.Quiñones71@gmail.com	armanQuiñones71	MIO
3	Jordan Quinayás	jordan.quinayas95@gmail.com	jordanquinayas95	MIO
4	Elin Chirimía	elin1.chirimia90@gmail.com	elin1chirimia90	MIO
5	Tatiana Caña	54atiana.cana94@gmail.com	tatianacana94	MIO
6	Paola Jaramillo	paola1.jaramillo83@gmail.com	paola1jaramillo83	CAMION
7	Isabel Jaramillo	isabel1.jaramillo80@gmail.com	isabel1jaramillo80	CAMION
8	Luz Domínguez	luz1.dominguez80@gmail.com	luz1dominguez80	MIO

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**. Ahí aparecerá la pantalla de logueo:

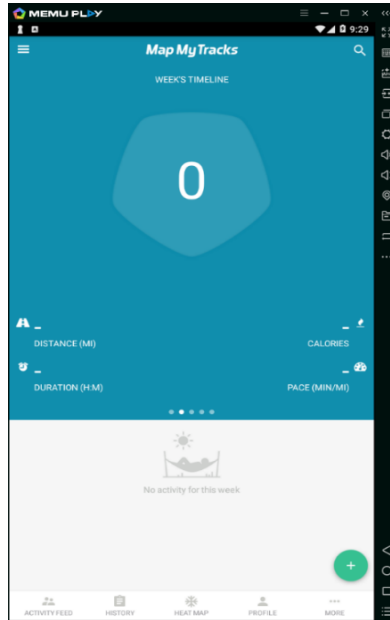
Figura 17. Pantalla de ingreso



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez introducidos los datos correspondientes, se hace clic en **Login**. A continuación, aparecerá la siguiente pantalla, la cual se le llamará **Pantalla Principal**:

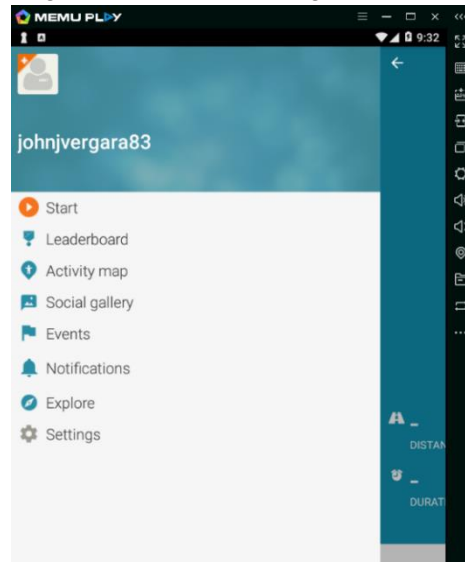
Figura 18. Pantalla principal



Fuente: Elaboración Propia, 2018

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, y aparece lo siguiente:

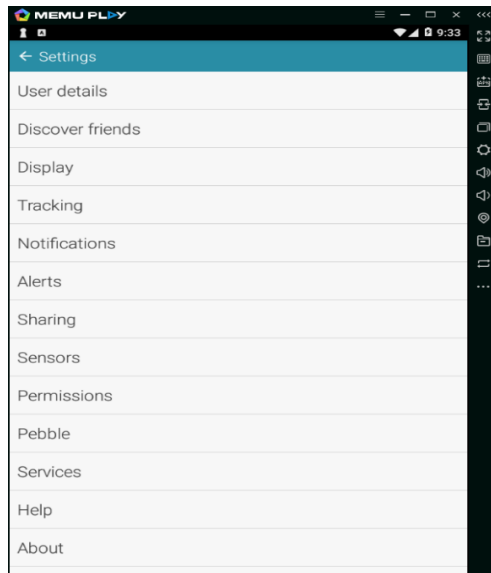
Figura 19. Pantalla configuraciones 1



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Para hacer las configuraciones respectivas, se hace clic en **Settings**. Aparecerá la siguiente pantalla de configuración:

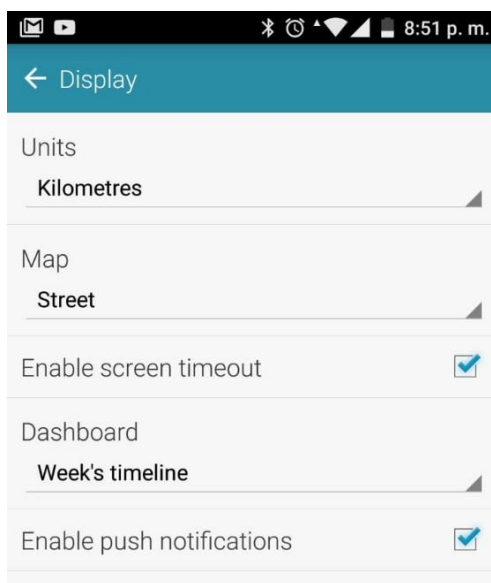
Figura 20. Pantalla configuraciones 2



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Se hace clic en Display, y ahí aparecerá la siguiente imagen. Ahí se configuran las unidades en Kilómetros, para que se muestre así en cada recorrido que se tome.

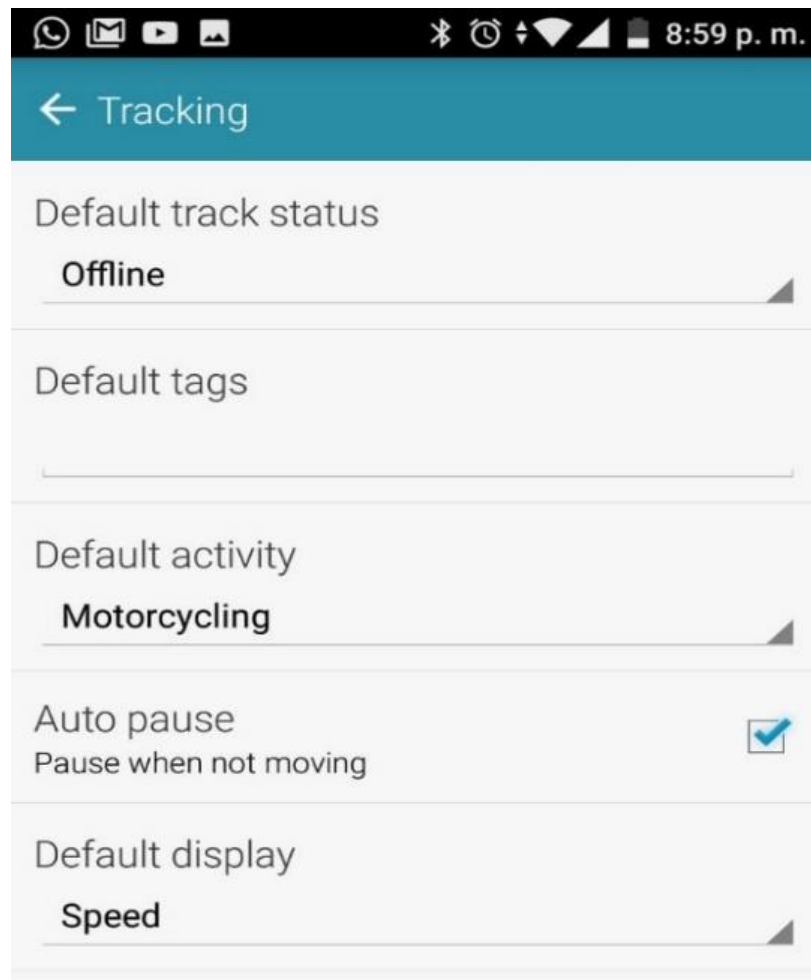
Figura 21. Pantalla configuraciones 3



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Luego, de la pantalla de configuración, seleccionamos Tracking, y ahí aparece la siguiente pantalla. Ahí, configuramos el apartado **Default activity** y lo colocamos de acuerdo con el modo que se vaya a realizar. Para motos, que es el modo que se está analizando, se coloca la opción **Motorcycling** (si fuese para autos, o camiones, o buses, se colocaría **Driving**).

Figura 22. Pantalla configuraciones 4

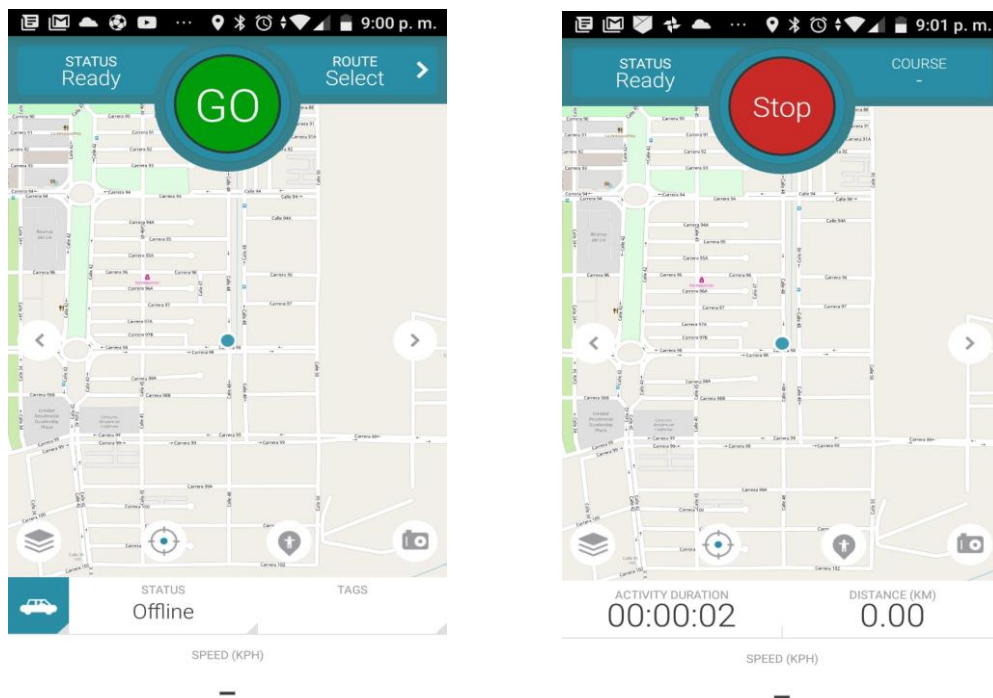


Fuente: Elaboración Propia, 2018

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.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Figura 23. Pantalla inicio de recorrido



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Una vez esté el Estatus 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 siguiente pantalla de sincronización:

Figura 24. Pantalla de sincronización



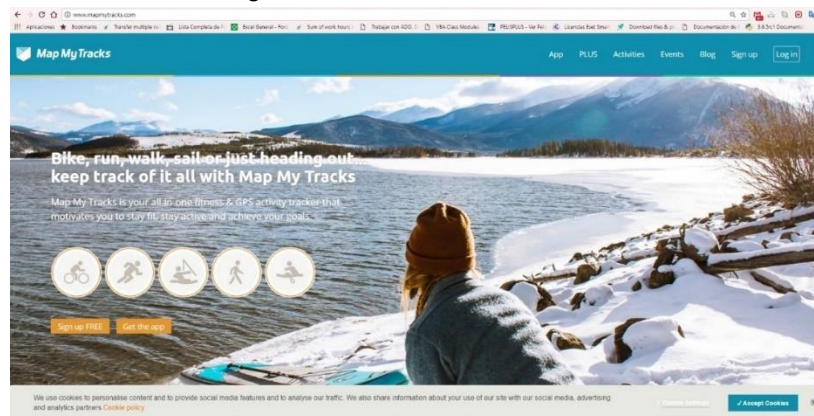
Fuente: Elaboración Propia, 2018

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.

- **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 25. Pantalla de inicio web



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.

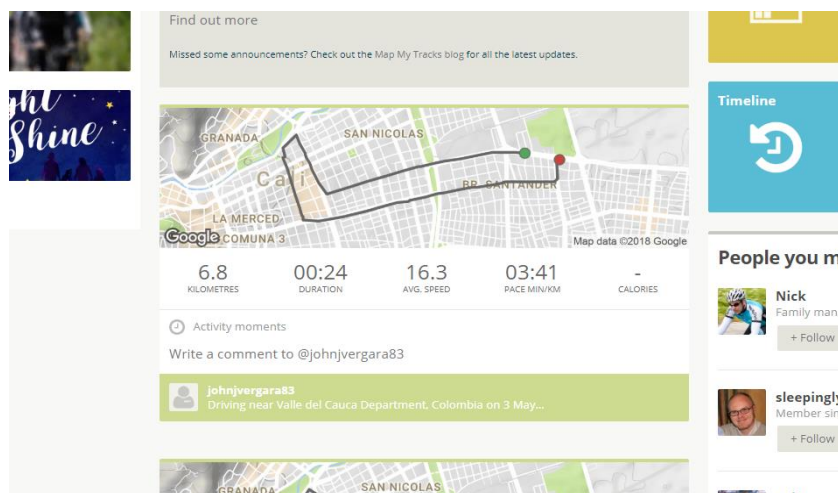
Figura 26. Pantalla de ingreso

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

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.

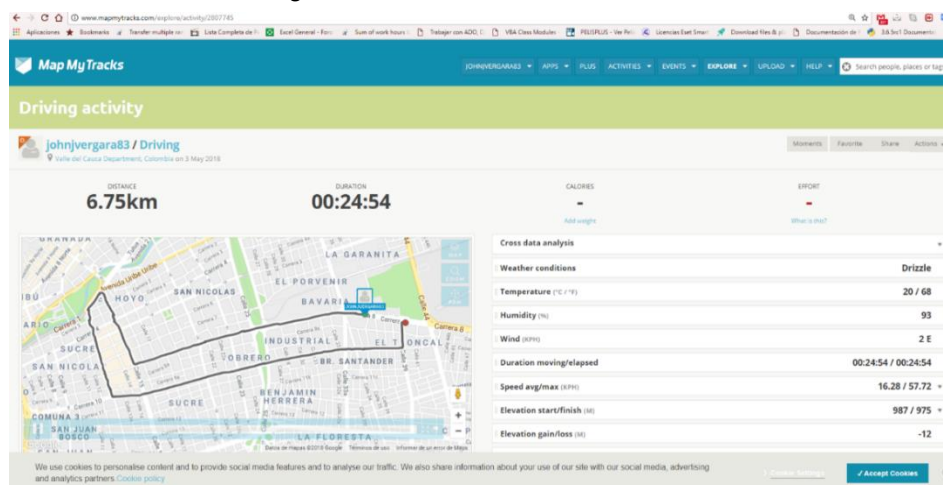
Figura 27. Previsualización ruta



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 28. Detalles de ruta realizada



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 29. Descarga de la información

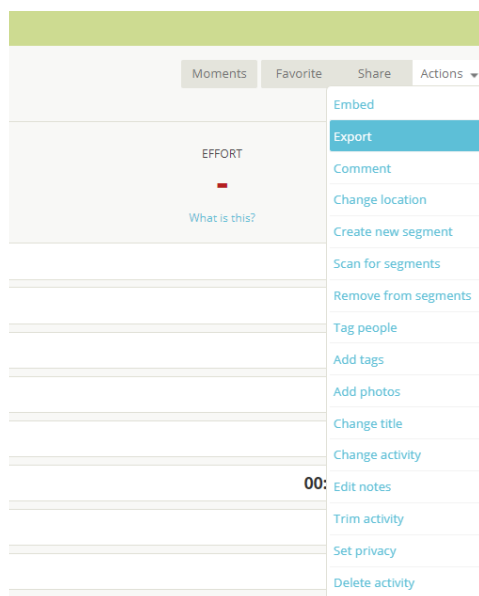


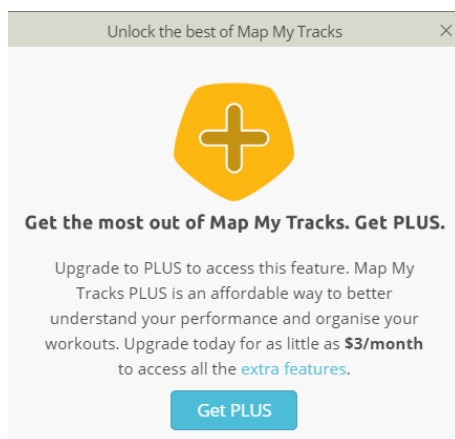
Figura 30. Formato de descarga



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:

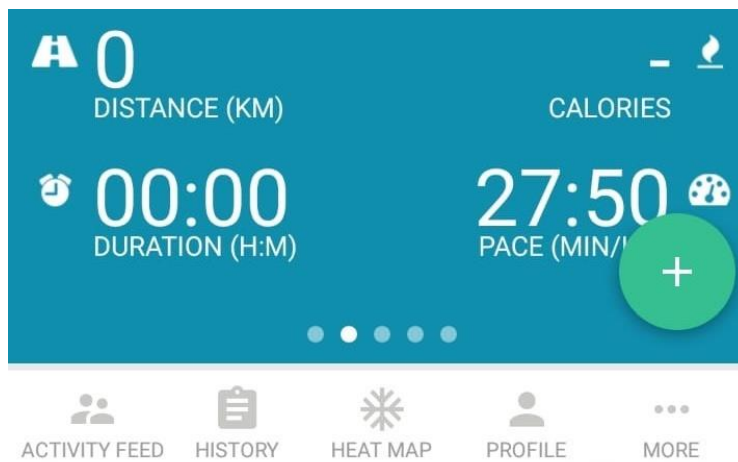
Figura 31. Políticas de la aplicación



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:

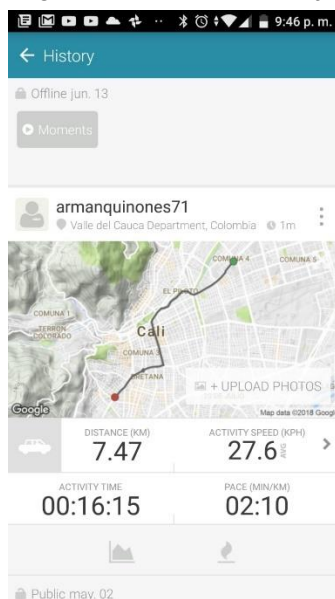
Figura 32. Segundo método de descarga



Fuente: Elaboración Propia, 2018

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.

Figura 33. Pantalla History



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 34. Opciones de compartir

Activity options	Share via
Edit	Bluetooth 
Sync with website	
Share	Google Drive 
Moments	Google Drive 
Share activity	
Facebook	Mensajes 
Twitter	Gmail 
Share with other apps	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

7.3.3 Recorridos de camiones. Indicaciones

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 camiones:

Tabla 6. Kilómetros recorridos para mediciones de velocidad.

KILOMETROS RECORRIDOS POR RUTAS PARA CAMIONES			
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			1,88
RUTA5			5,2
RUTA6			5,6
TOTAL KM			53,81

Fuente: Elaboración Propia, 2018

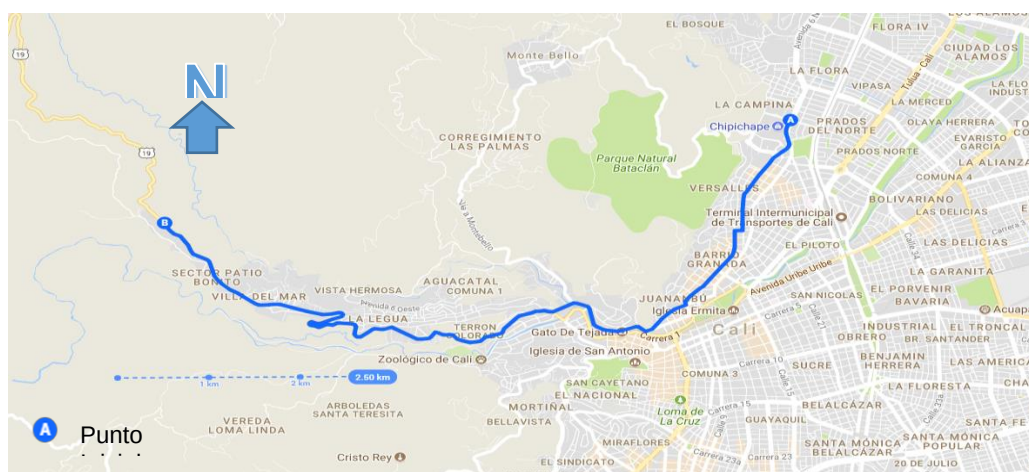
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

• Indicaciones de las rutas

A continuación, se hará una descripción de las rutas propuestas, las cuales fueron diseñadas para cubrir las vías más importantes de la zona Centro – Oeste de la ciudad de Cali.

✓ RUTA 1 – IDA:

Figura 35.. Ruta 1 ida



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 7. Indicaciones Ruta 1 – Ida

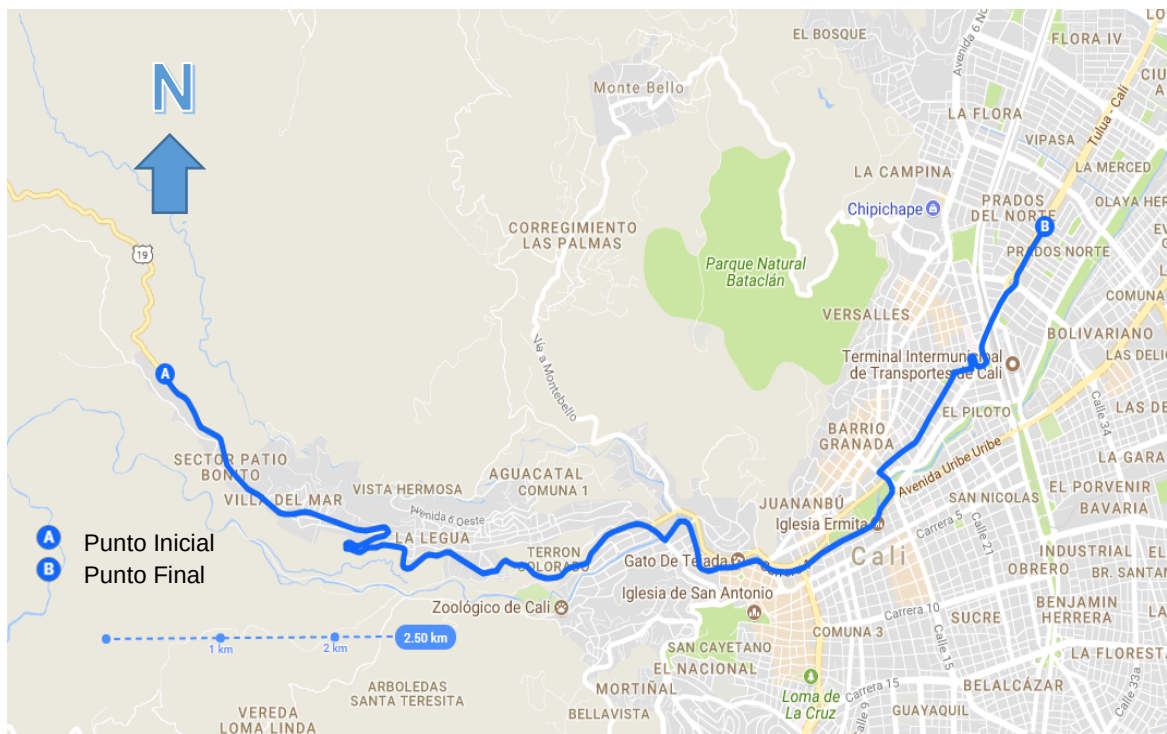
INDICACIONES RUTA 1 - IDA, Longitud: 11056 m.	Longitud
A Av. 6 Nte., Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Av. 6 Nte. hacia Cl. 38 Nte.	937 m.
Continúa por Av. 6a Nte.	759 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 22 Nte.	89 m.
Gira a la izquierda en la 1ª intersección hacia Av. 8 Nte.	1200 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 4 Nte.	595 m.
Continúa por Av. 4 Oe. / Carretera 19	822 m.
Continúa recto hacia Av. 4 Oe. / Av. 5 Oe. Continúa hacia Av. 4 Oe.	413 m.
Mantente a la derecha para permanecer en Av. 4 Oe.	3660 m.
Continúa por Av. 6 Oe.	1650 m.
Continúa por Cali - Dagua/Av. Los Conquistadores	931 m.
B Av. Los Conquistadores, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

✓ RUTA 1 – VUELTA:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Figura 36. Ruta 1 vuelta



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 8. Indicaciones Ruta 1 - Vuelta

INDICACIONES RUTA 1 – VUELTA, Longitud: 11946 m.	Longitud
📍 Av. Los Conquistadores, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al sur por Cali – Dagua / Av. Los Conquistadores / Carretera 19 hacia Carretera 19.	
Continúa hacia Av. Los Conquistadores	1370 m.
Continúa por Av. 6 Oe.	1190 m.
Continúa por Av. 4 Oe.	3660 m.
Av. 4 Oe. gira levemente a la derecha y se convierte en Carretera 19	106 m.
Continúa hacia Cra. 1 Oe.	550 m.
Continúa por Av. 1	286 m.
Continúa por Cra. 1	690 m.
Gira levemente a la izquierda para continuar en Cra. 1	885 m.
Toma la salida de la izquierda en dirección a Cl. 15 Nte.	308 m.
Continúa por Cl. 15 Nte.	62 m.
Continúa recto por Cl. 15 Nte.	47 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 4 Nte.	1060 m.

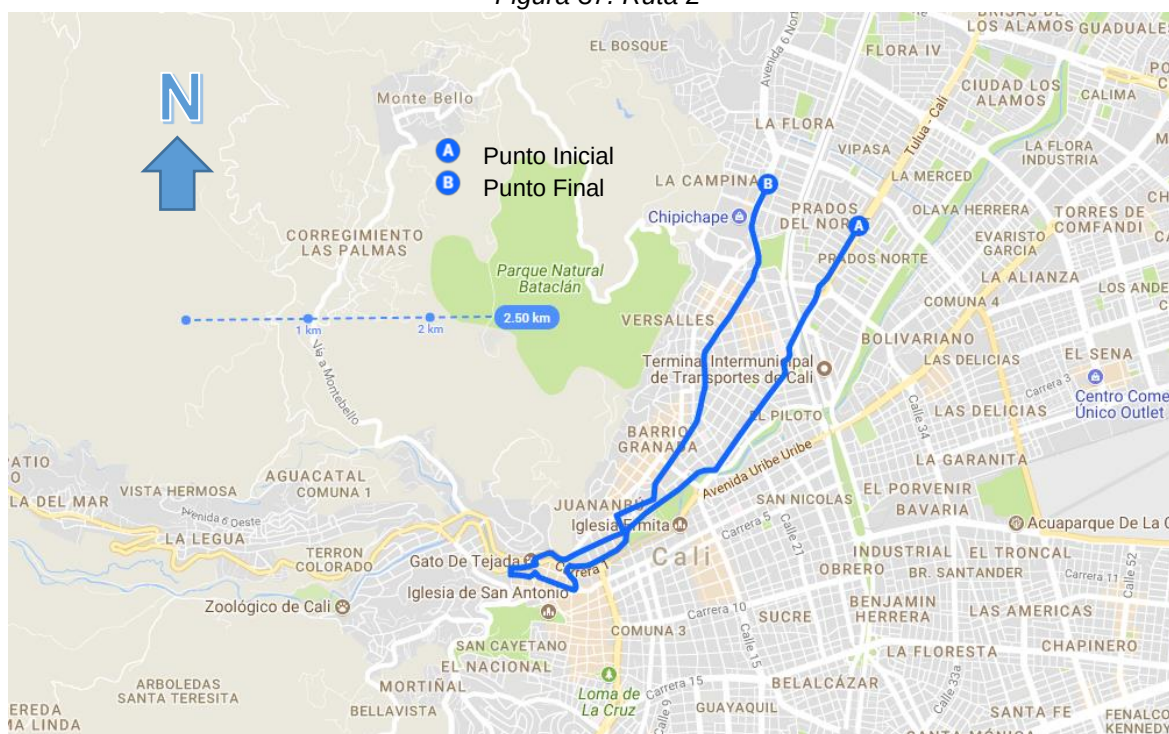
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

INDICACIONES RUTA 1 – VUELTA, Longitud: 11946 m.	Longitud
Gira a la derecha con dirección a Cl. 23c Nte.	132 m.
Continúa recto hacia Av. 3 Bis Nte.	111 m.
Gira a la derecha para incorporarte a Tuluá - Cali	118 m.
Gira a la izquierda para continuar por Tuluá - Cali	789 m.
En la rotonda, toma la 2. ^a salida en dirección a Av. 3 Nte. / Cr. Cali – Yumbo / Tuluá - Cali	582 m.
B Cr. Cali - Yumbo #39 Norte-2 a 39 Norte-68, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

✓ RUTA 2:

Figura 37. Ruta 2



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 9. Indicaciones Ruta 2

INDICACIONES RUTA 2, Longitud: 9146 m.	Longitud
A Cr. Cali - Yumbo #40 Norte-1 a 40 Norte-127, Cali, Valle del Cauca, Colombia	
Dirígete al suroeste por Av. 3 Nte./Cr. Cali - Yumbo/Tuluá - Cali hacia Cl. 40 Nte. Continúa hacia Av. 3 Nte./Tuluá - Cali	568 m.
En la rotonda, toma la 2. ^a salida en dirección a Autopista Cali Yumbo/Tuluá – Cali	

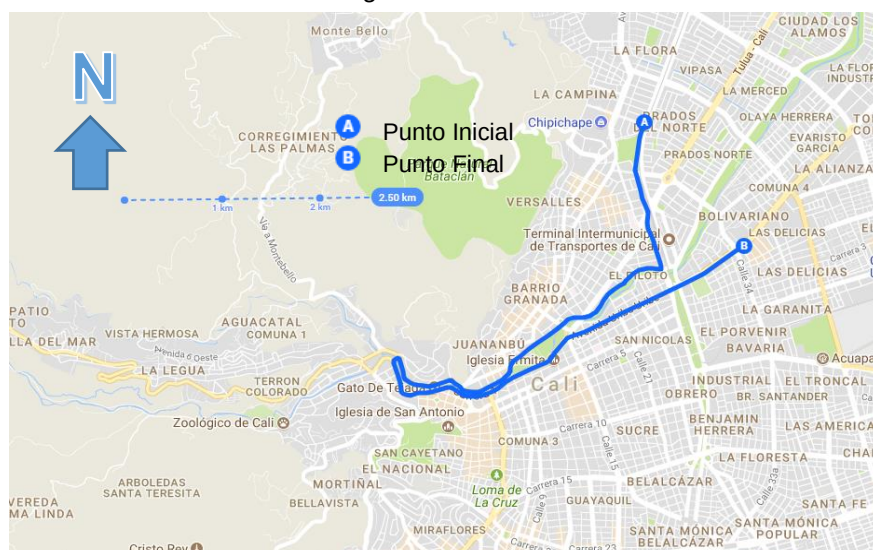
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

INDICACIONES RUTA 2, Longitud: 9146 m.	Longitud
Continúa hacia Tulua - Cali	793 m.
Continúa recto hacia Av. las Américas/Tulua - Cali	1010 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 3 Nte.	446 m.
Continúa por Av. 2 Nte.	527 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 1 Nte.	210 m.
Gira levemente a la derecha para continuar por Av. 1 Nte.	328 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 2/Cl. 2aContinúa hacia Cl. 2a	223 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 3	583 m.
Gira a la derecha con dirección a Cl. 5 Oe.	56 m.
Gira a la derecha con dirección a Cra. 1	198 m.
Gira a la izquierda con dirección a Av. 4 Oe. / Cl. 3 Oe.	39 m.
Gira a la derecha para continuar en Av. 4 Oe. / Cl. 3 Oe. Continúa hacia Av. 4 Oe.	401 m.
Continúa por Av. 2 Nte.	415 m.
Av. 2 Nte. gira levemente a la izquierda y se convierte en Cl. 8 Nte.	160 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 4 Nte.	341 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cl. 12 Nte.	98 m.
Continúa por Av. 6 Nte.	2750 m.
B Av. 6 Nte. #40N-08, Cali, Valle del Cauca, Colombia	

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

✓ RUTA 3:

Figura 38. Ruta 3



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 10. Indicaciones Ruta 3

INDICACIONES RUTA 3, Longitud: 9550 m.		Longitud
A Av. 4 Nte. #38 Norte-1 a 38 Norte-77, Cali, Valle del Cauca, Colombia		
Dirígete al sur por Av. 4 Nte. hacia Cl. 38 Nte.		1410 m.
Continúa recto hacia Cl. 25 Nte.		177 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 2 Nte.		1050 m.
Continúa por Av. 3 Nte.		469 m.
Continúa por Av. 2 Nte.		527 m.
Gira a la derecha con dirección a Av. 1 Nte.		210 m.
Gira levemente a la derecha para continuar por Av. 1 Nte.		366 m.
Continúa recto hacia Av. 4 Nte. / Av. 4 Oe. Continúa hacia Av. 4 Oe.		881 m.
Gira a la izquierda con dirección a Cra. 1		103 m.
Cra. 1 gira levemente a la izquierda y se convierte en Av. 1/Cra. 1 Oe. Continúa hacia Av. 1		505 m.
Continúa por Cra. 1		690 m.
Gira levemente a la izquierda para continuar en Cra. 1		885 m.
Continúa recto hacia Av. Uribe Uribe		1300 m.
Continúa por Cra. 1		977 m.
B Cra. 1 #35-2 a 35-130, Cali, Valle del Cauca, Colombia		

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Generada por Google My Maps

7.3.4 Recorridos Alimentadoras

A continuación, se tabulan el número de días y rutas para mediciones a bordo de vehículos Alimentadoras:

Tabla 11. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de Alimentadoras

ALIMENTADORAS					
AFORADOR	DIA	LUGAR DE INICIO	ruta	RECORRIDO	TOTAL KMS
AFORADOR1	DIA1 AM	SAN BOSCO	A01A	SAN BOSCO - CAM - CENTRO - SAN BOSCO	4,55
	DIA1 AM	LAS AMERICAS	A05	LAS AMERICAS - CAM - LA PORTADA - LAS AMERICAS	7,79
	DIA1 AM	SAN BOSCO	A06	SAN BOSCO - AGUACATAL - SAN BOSCO	11
AFORADOR2	DIA1 AM	SANTA LIBRADA	A03	SANTA LIBRADA - NACIONAL - SANTA LIBRADA	3,21
	DIA1 AM	MANZANA DEL SABER	A04	MANZANA DEL SABER - BELLAVISTA - MANZANA DEL SABER	7,12
AFORADOR3	DIA1 AM	SAN BOSCO	A02	SAN BOSCO - ZOOLOGICO - ATENAS - SAN BOSCO	9,53

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

AFORADOR1	DIA2 AM	SAN BOSCO	A01A	SAN BOSCO - CAM - CENTRO - SAN BOSCO	4,55
	DIA2 AM	LAS AMERICAS	A05	LAS AMERICAS - CAM - LA PORTADA - LAS AMERICAS	7,79
	DIA2 AM	SAN BOSCO	A06	SAN BOSCO - AGUACATAL - SAN BOSCO	11
AFORADOR2	DIA2 AM	SANTA LIBRADA	A03	SANTA LIBRADA - NACIONAL - SANTA LIBRADA	3,21
	DIA2 AM	MANZANA DEL SABER	A04	MANZANA DEL SABER - BELLAVISTA - MANZANA DEL SABER	7,12
AFORADOR3	DIA2 AM	SAN BOSCO	A02	SAN BOSCO - ZOOLOGICO - ATENAS - SAN BOSCO	9,53
TOTAL KMS					86,4

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.5 Recorridos expresos

A continuación, se tabulan el número de días y rutas para mediciones a bordo de vehículos expresas:

Tabla 12. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de expresas

EXPRESAS					
AFORADOR	DIA	LUGAR DE INICIO	RTA	RECORRIDO	TOTAL KMS
AFORADOR4	DIA1 AM	PRADOS DEL NORTE	E21	PRADOS DEL NORTE - ESTADIO - PRADOS DEL NORTE	12,4
	DIA1 AM	POPULAR	E31	POPULAR - MANZANA DEL SABER - POPULAR	17,5
AFORADOR1	DIA1 AM	FLORESTA	E41	FLORESTA - UNIDAD DEPORTIVA - FLORESTA	11,7
AFORADOR5	DIA1 AM	PRADOS DEL NORTE	E27	PRADOS DEL NORTE - ESTADIO - PRADOS DEL NORTE	11,8
AFORADOR4	DIA2 AM	PRADOS DEL NORTE	E21	PRADOS DEL NORTE - ESTADIO - PRADOS DEL NORTE	12,4
	DIA2 AM	POPULAR	E31	POPULAR - MANZANA DEL SABER - POPULAR	17,5
AFORADOR1	DIA2 AM	FLORESTA	E41	FLORESTA - UNIDAD DEPORTIVA - FLORESTA	11,7
AFORADOR5	DI21 AM	PRADOS DEL NORTE	E27	PRADOS DEL NORTE - ESTADIO - PRADOS DEL NORTE	11,8
TOTAL KMS					106,8

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.6 Recorridos troncales

A continuación, se tabulan el número de días y rutas para mediciones a bordo de vehículos troncales:

Tabla 13. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de troncales.

PRETRONCALES					
AFORADOR	DIA	LUGAR DE INICIO	RTA	RECORRIDO	TOTAL KMS
AFORADOR7	DIA1 AM	CALLE 35 CON CARRERA 8	P40A	CALLE 35 CON CARRERA 8 - SENTIDO NORTE - CALLE 39 CON CARRERA 8	6,52
AFORADOR6	DIA1 AM	CC CHIPICHAPE	P24B	CC CHIPICHAPE - SENTIDO NORTE - CC CHIPICHAPE	5,82
AFORADOR5	DIA1 AM	CALLE 35 CON CARRERA 5	P40B	CALLE 35 CON CARRERA 5 - SENTIDO CENTRO - CALLE 35 CON CARRERA 5	5,79
	DIA1 AM	CIEN PALOS	P21A	CIEN PALOS - SENTIDO CENTRO - BELALCAZAR	6,39
AFORADOR7	DIA2 AM	CALLE 35 CON CARRERA 8	P40A	CALLE 35 CON CARRERA 8 - SENTIDO NORTE - CALLE 39 CON CARRERA 8	6,52
AFORADOR6	DIA2 AM	CC CHIPICHAPE	P24B	CC CHIPICHAPE - SENTIDO NORTE - CC CHIPICHAPE	5,82
AFORADOR5	DIA2 AM	CALLE 35 CON CARRERA 5	P40B	CALLE 35 CON CARRERA 5 - SENTIDO CENTRO - CALLE 35 CON CARRERA 5	5,79
	DIA2 AM	CIEN PALOS	P21A	CIEN PALOS - SENTIDO CENTRO - BELALCAZAR	6,39
TOTAL KMS					49,04

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.7 Recorridos pretroncales

A continuación, se tabulan el número de días y rutas para mediciones a bordo de vehículos pretroncales:

Tabla 14. Rutas para mediciones de velocidad a bordo de pretroncales.

TRONCALES					
AFORADOR	DIA	LUGAR DE INICIO	RTA	RECORRIDO	TOTAL KMS
AFORADORN 4 - 6	DIA1 AM	FLORESTA	T47B	FLORESTA - ESTADIO - FLORESTA	7,65
	DIA1 AM	FATIMA	T31	FATIMA - ESTADIO - FATIMA	11
AFORADOR1	DIA1 AM	FLORESTA	T42	FLORESTA - SENTIDO CENTRO- NORTE - FLORESTA	10,3
AFORADORN 4 - 6	DIA2 AM	FLORESTA	T47B	FLORESTA - ESTADIO - FLORESTA	7,65
	DIA2 AM	FATIMA	T31	FATIMA - ESTADIO - FATIMA	11
AFORADOR1	DIA2 AM	FLORESTA	T42	FLORESTA - SENTIDO CENTRO- NORTE - FLORESTA	10,3
TOTAL KMS					57,9

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.8 Ejecución estudio de velocidades

7.3.8.1 Recorrido en camión

Los recorridos en camión iniciaron el 26 de abril del 2018 y finalizaron el 17 de mayo del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali. A continuación, en la tabla 15 se listan los aforadores con sus respectivas cuentas map my tracks, y en la tabla 16 los recorridos y días ejecutados por aforador.

Tabla 15. Aforadores de modo vehicular Camión y cuentas MMT.

CAMIONES		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
1	Paola Andrea Jaramillo	paola1jaramillo83
2	Isabel Jaramillo	isabel1jaramillo80

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 16. Recorridos ejecutados por aforador.

RECORRIDO PARA CAMIONES				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 2	15 de mayo de 2018	17 de mayo de 2018	RUTA1	AM
AFORADOR 1	8 de mayo de 2018	9 de mayo de 2018	RUTA2	AM
AFORADOR 1	26 de abril de 2018	3 de mayo de 2018	RUTA3	AM
AFORADOR 1	8 de mayo de 2018	9 de mayo de 2018	RUTA4	AM
AFORADOR 1	10 de mayo de 2018	15 de mayo de 2018	RUTA5	AM
AFORADOR 1	10 de mayo de 2018	15 de mayo de 2018	RUTA6	AM

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos por modo vehicular Camiones que se ejecutaron en la hora pico de mañana

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Tabla 18. Listado de recorridos ejecutados en Alimentadoras

RECORRIDO PARA ALIMENTADORAS				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 1	22 de mayo de 2018	23 de mayo de 2018	A01A	AM
AFORADOR 3	17 de abril de 2018	19 de abril de 2018	A02	AM
AFORADOR 2	17 de abril de 2018	18 de abril de 2018	A03	AM
AFORADOR 2	26 de abril de 2018	2 de mayo de 2018	A04	AM
AFORADOR 1	17 de abril de 2018	19 de abril de 2018	A05	AM
AFORADOR 1	17 de abril de 2018	18 de abril de 2018	A06	AM

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos ejecutados en la hora pico de mañana

Figura 40. Recorridos ejecutados en Alimentadoras



Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.8.3 Recorridos ejecutados rutas MIO expresas

Los recorridos en MIO ejecutados en Expresas iniciaron el 26 de abril del 2018 y finalizaron el 23 de mayo del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali. A continuación, en la tabla 19, se nombrar a los aforadores con sus respectivas cuentas map my tracks, y en la tabla 20 los recorridos y días ejecutados por aforador.

Tabla 19. Aforadores

MIO		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
1	Tatiana Cana	tatianacana94
2	Jordan Quinayas	jordanquinayas95
3	Elin Chirimia	elin1chirimia90
4	Armando Quiñones	armanQuiñones71
5	Lidia Escobar	ethelljaramillo85
6	Luz Domínguez	luz1dominguez80
7	John Jairo Vergara	johnjvergara83

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 20. Listado de recorridos ejecutados en expresas.

RECORRIDO PARA EXPRESAS				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 4	26 de abril de 2018	2-3 de mayo de 2018	E21	AM
AFORADOR 4	26 de abril de 2018	2-3 de mayo de 2018	E31	AM
AFORADOR 1	3 de mayo de 2018	10 de mayo de 2018	E41	AM
AFORADOR 5	22 de mayo de 2018	23 de mayo de 2018	E27	AM

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos ejecutados en la hora pico de mañana

Figura 41. Recorridos ejecutados en expresas.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.8.4 Recorridos ejecutados rutas MIO troncales

Los recorridos en MIO ejecutados en Troncales iniciaron el 19 de abril del 2018 y finalizaron el 3 de mayo del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali. A continuación, en la tabla 21, se nombrar a los aforadores con sus respectivas cuentas MAP MY TRACKS, y en la tabla 22 los recorridos y días ejecutados por aforador.

Tabla 21. Listado de aforadores

MIO		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
1	Tatiana Cana	tatianacana94
2	Jordan Quinayas	jordanquinayas95

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

MIO		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
3	Elin Chirimia	elin1chirimia90
4	Armando Quiñones	armanQuiñones71
5	Lidia Escobar	ethelljaramillo85
6	Luz Domínguez	luz1dominguez80
7	John Jairo Vergara	johnjvergara83

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 22. Listado de recorridos ejecutados en troncales.

RECORRIDO PARA TRONCALES				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 4 Y 6	19 de abril de 2018	25 de abril de 2018	T47B	AM
AFORADOR 4 Y 6	19 de abril de 2018	24 de abril de 2018	T31	AM
AFORADOR 1	2 de mayo de 2018	3 de mayo de 2018	T42	AM

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos ejecutados en la hora pico de mañana:

Figura 42. Recorridos ejecutados en troncales.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.3.8.5 Recorridos ejecutados pretroncales

Los recorridos en MIO ejecutados en pretroncales iniciaron el 26 de abril del 2018 y finalizaron el 3 de mayo del 2018, sobre la zona Centro-Oeste de la ciudad de Santiago de Cali. A continuación, en la tabla 23, se nombrar a los aforadores con sus respectivas cuentas MAP MY TRACKS, y en la tabla 24 los recorridos y días ejecutados por aforador.

Tabla 23. Listado de aforadores

MIO		
AFORADOR	NOMBRE	CUENTA MMT
1	Tatiana Cana	tatianacana94
2	Jordan Quinayas	jordanguinayas95
3	Elin Chirimia	elin1chirimia90
4	Armando Quiñones	armanQuiñones71
5	Lidia Escobar	ethelljaramillo85
6	Luz Domínguez	luz1dominguez80
7	John Jairo Vergara	johnjvergara83

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 24. Listado de recorridos ejecutados rutas pretroncales

RECORRIDO PARA PRETRONCALES				
AFORADOR	FECHAS		RECORRIDO	HORARIO
	DIA1	DIA2		
AFORADOR 7	2 de mayo de 2018	3 de mayo de 2018	P40A	AM
AFORADOR 6	26 de abril de 2018	2 de mayo de 2018	P24B	AM
AFORADOR 5	2 de mayo de 2018	3 de mayo de 2018	P21A	AM
AFORADOR 5	2 de mayo de 2018	3 de mayo de 2018	P40B	AM

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la siguiente imagen se presentan la totalidad de los recorridos ejecutados en la hora pico de mañana

Figura 43. Recorridos ejecutados en pretroncales



Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El cálculo de velocidades y tiempos se realizó a través de una rutina de programación en el lenguaje de programación PYTHON con la que se determinaron tiempos entre las intersecciones para los recorridos realizados.

7.4.1 Descripción rutinas en Python

Dentro del Análisis de Velocidades de la Zona Centro – Oeste en la Ciudad de Cali, se necesitan 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. En general, se desarrollaron 4 rutinas en Python, las cuales tienen como objetivo principal calcular los tiempos de recorrido por cada tramo - arco de cada una de las rutas definidas.

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

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

[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:

MIO RUTA A02 24ABR 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:

7.4.1.1 Primera: Conversión Masiva de archivos GPX a SHP - GPXtoSHP Masivo.py

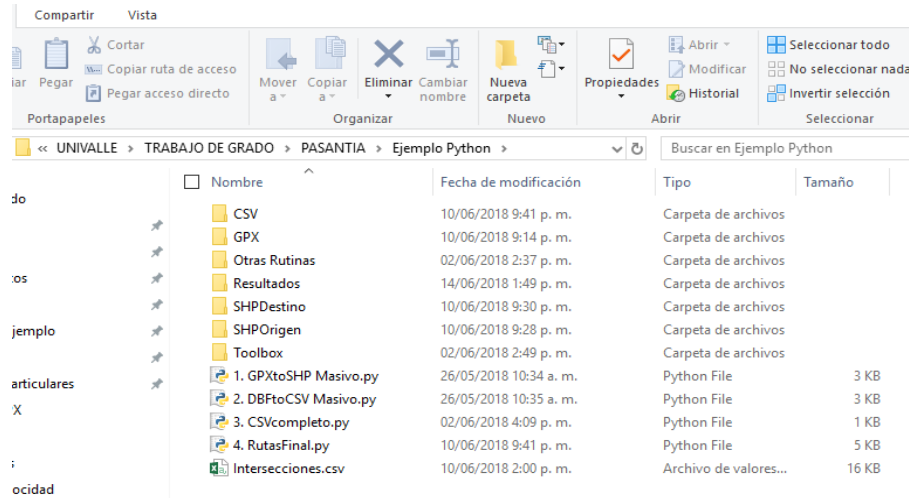
Inicialmente, para convertir los archivos GPX a SHP, se necesita el Toolbox **“GPX to Features Tool”**, el cual se descargó de la siguiente página web:

<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 PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Figura 44. Distribución de Carpetas y Archivos para las rutinas.



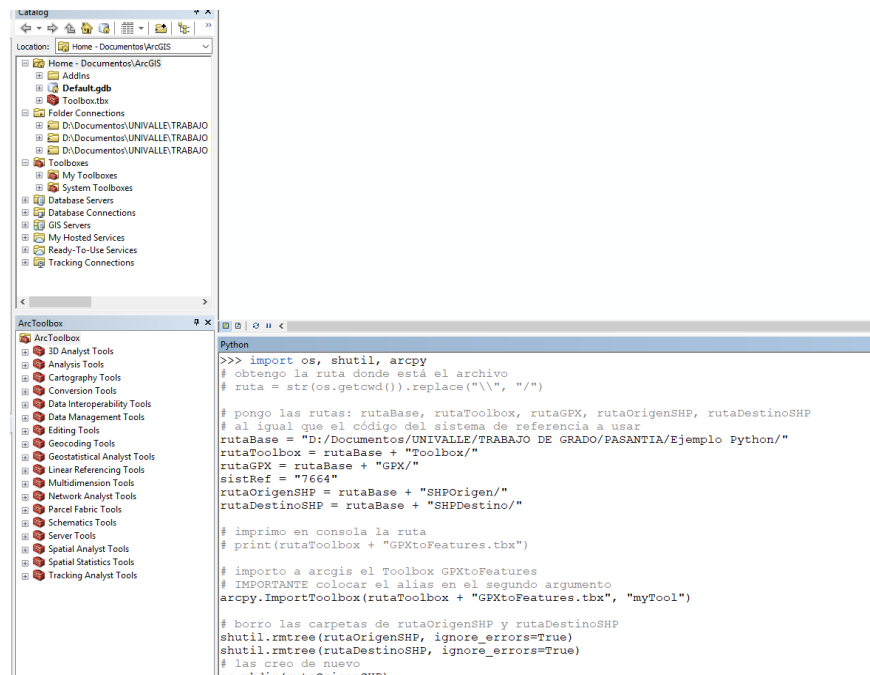
do	Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
	CSV	10/06/2018 9:41 p. m.	Carpeta de archivos	
	GPX	10/06/2018 9:14 p. m.	Carpeta de archivos	
	Otras Rutinas	02/06/2018 2:37 p. m.	Carpeta de archivos	
os	Resultados	14/06/2018 1:49 p. m.	Carpeta de archivos	
	SHPDestino	10/06/2018 9:30 p. m.	Carpeta de archivos	
jemplo	SHPOrigen	10/06/2018 9:28 p. m.	Carpeta de archivos	
	Toolbox	02/06/2018 2:49 p. m.	Carpeta de archivos	
articulares	1. GPXtoSHP Masivo.py	26/05/2018 10:34 a. m.	Python File	3 KB
X	2. DBFtoCSV Masivo.py	26/05/2018 10:35 a. m.	Python File	3 KB
	3. CSVcompleto.py	02/06/2018 4:09 p. m.	Python File	1 KB
	4. RutasFinal.py	10/06/2018 9:41 p. m.	Python File	5 KB
i	Intersecciones.csv	10/06/2018 2:00 p. m.	Archivo de valores...	16 KB
ocidad				

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**.

Figura 45. 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 rutaOrigenSHP, 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.

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

```
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)
```

A continuación, estas líneas permiten borrar y volver a crear las rutas de origen y destino de los Shapes, para evitar la sobrescritura 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.

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',DA
TUM['D_MAGNA',SPHEROID['GRS_1980',6378137.0,298.257222101]],PRIMEM[
'Greenwich',0.0],UNIT['Degree',0.0174532925199433]],PROJECTION['IGAC_Pi
ano_Cartesiano'],PARAMETER['False_Easting',1061900.18],PARAMETER['Fal
se_Northing',872364.63],PARAMETER['Longitude_Of_Center',-
76.5205625],PARAMETER['Latitude_Of_Center',3.4418833333333334],PARAME
TER['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',S
PHEROID['WGS_1984',6378137.0,298.257223563]],PRIMEM['Greenwich',0.0],U
NIT['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.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Figura 46. Tabla de Atributos de uno de los Shapes generados por la rutina.

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

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.1.2 Segunda: 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 47. Archivos generados por cada Shape.

-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.cpg
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.dbf
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.prj
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.sbn
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.sbx
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.shp
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.shp.xml
-  MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.shx

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.

Figura 48. Archivos CSV Generados por la rutina

 CAMION RUTA 01 15MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	610 KB
 CAMION RUTA 01 17MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	617 KB
 CAMION RUTA 02 08MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	250 KB
 CAMION RUTA 02 09MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	258 KB
 CAMION RUTA 03 03MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	195 KB
 CAMION RUTA 03 26ABR COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	214 KB
 CAMION RUTA CRA8 08MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	55 KB
 CAMION RUTA CRA8 09MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	55 KB
 CAMION RUTA CRA10 10MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	118 KB
 CAMION RUTA CRA10 15MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	132 KB
 CAMION RUTA CRA15 10MAY COMPLETA DIA 1_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	133 KB
 CAMION RUTA CRA15 15MAY COMPLETA DIA 2_7664.csv	29/05/2018 10:09 ...	Archivo de valores...	141 KB
 MIO RUTA A01A 22MAY DIA 1_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	188 KB
 MIO RUTA A01A 23MAY DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	139 KB
 MIO RUTA A02 17ABR DIA 1_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	227 KB
 MIO RUTA A02 19ABR DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	242 KB
 MIO RUTA A03 17ABR DIA 1_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	102 KB
 MIO RUTA A03 18ABR DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	114 KB
 MIO RUTA A04 02MAY DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	240 KB
 MIO RUTA A04 24ABR DIA 1_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	170 KB
 MIO RUTA A05 17ABR DIA 1_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	216 KB
 MIO RUTA A05 19ABR DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	246 KB
 MIO RUTA A06 17ABR DIA 1_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	362 KB
 MIO RUTA A06 18ABR DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	356 KB
 MIO RUTA E21 03MAY IDA DIA 2_7664.csv	10/06/2018 9:29 p.	Archivo de valores...	202 KB

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.1.3 Tercera: Armado de archivo CSV completo - CSVCompleto.py

Los archivos .csv vienen con información que, para efectos del cálculo de tiempos para cada arco, 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 **panda**, 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])
```

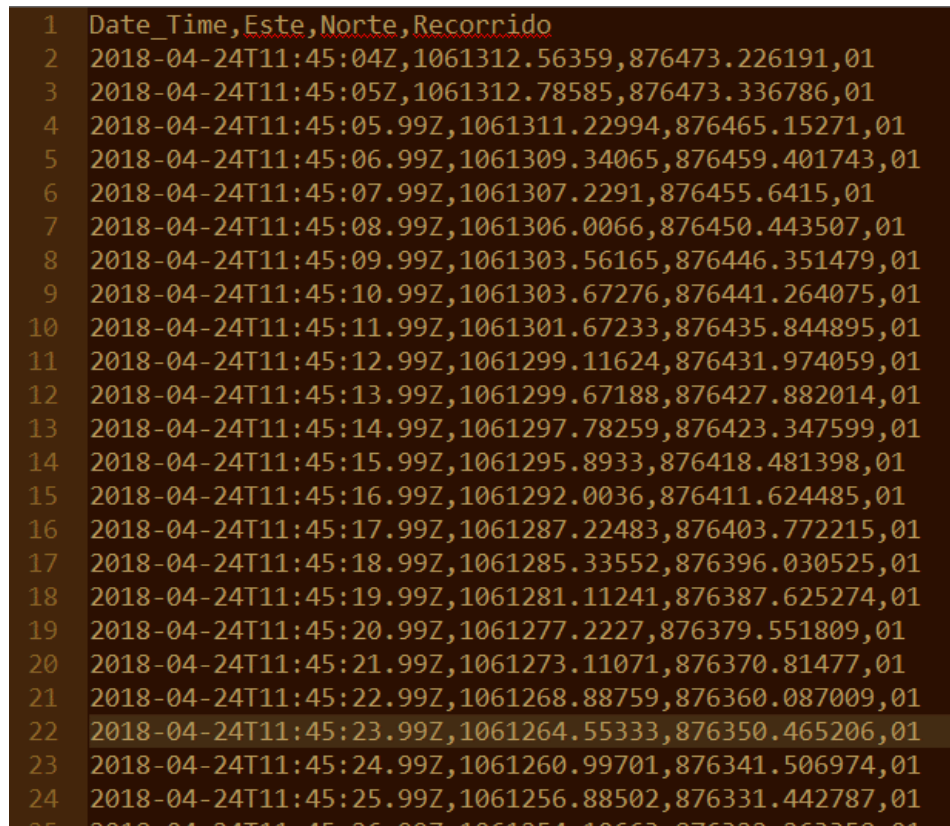
```
elif (archCSV[pos:pos + 1] == "2"):  
    dfDiados = pd.concat([dfDiados, df])
```

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.

Figura 49. Archivo CSV generado 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,1061254.10663,876323.262258,01

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.4.1.4 Cuarta: 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.

Figura 50. Archivo de Intersecciones.csv

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

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:

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 = "MOTO 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.

Figura 51. Resultado en archivo CSV por día, con los tiempos por tramo

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

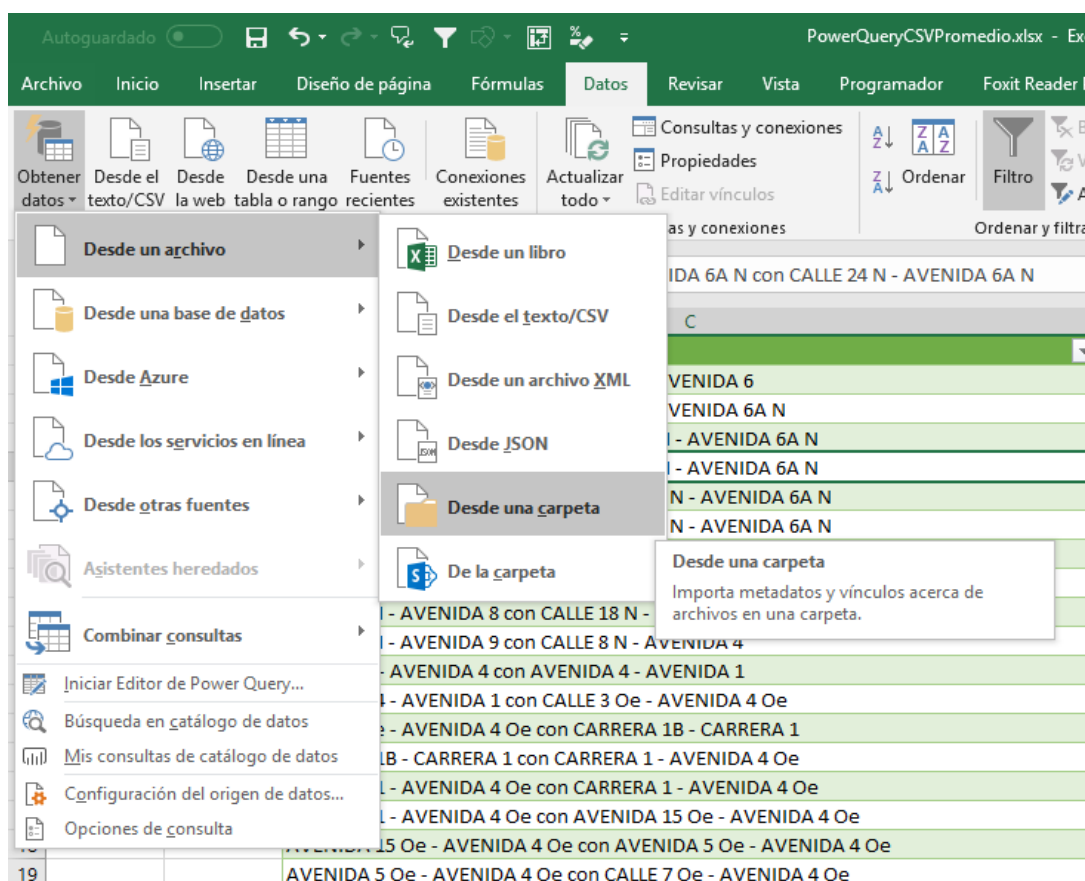
Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.5 CALCULO DE INDICADORES Y VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR

7.5.1 Cálculo de tiempos de recorrido 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 52. 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"
```

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Figura 53. Editor Avanzado Power Query. Lenguaje M.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 54. Editor de Power Query. Resultado Final

Tramo	1.2 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

Fuente: Elaboración Propia, 2018

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:

Figura 55. Resultado Cargado en Excel

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

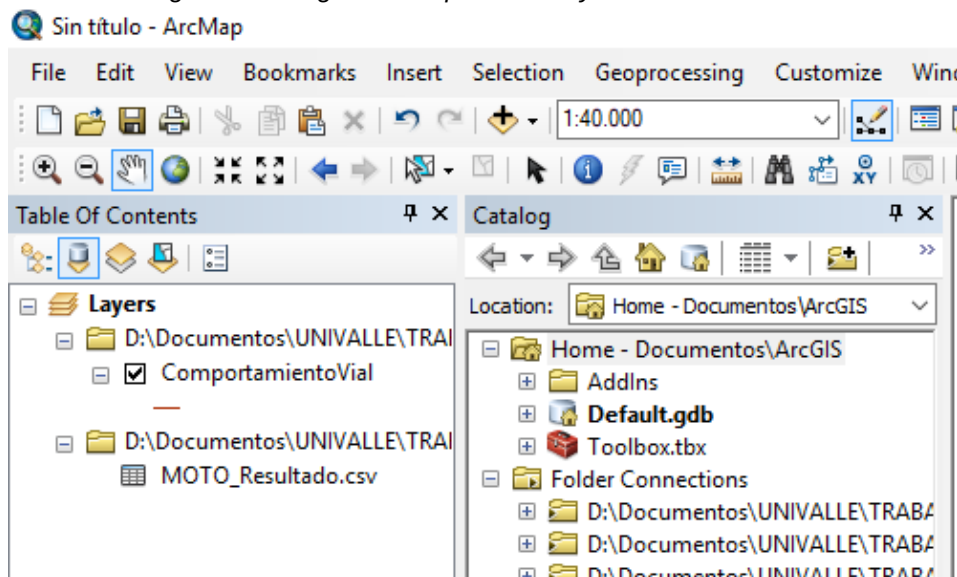
Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

7.5.2 Cálculo de la Velocidad de Recorrido

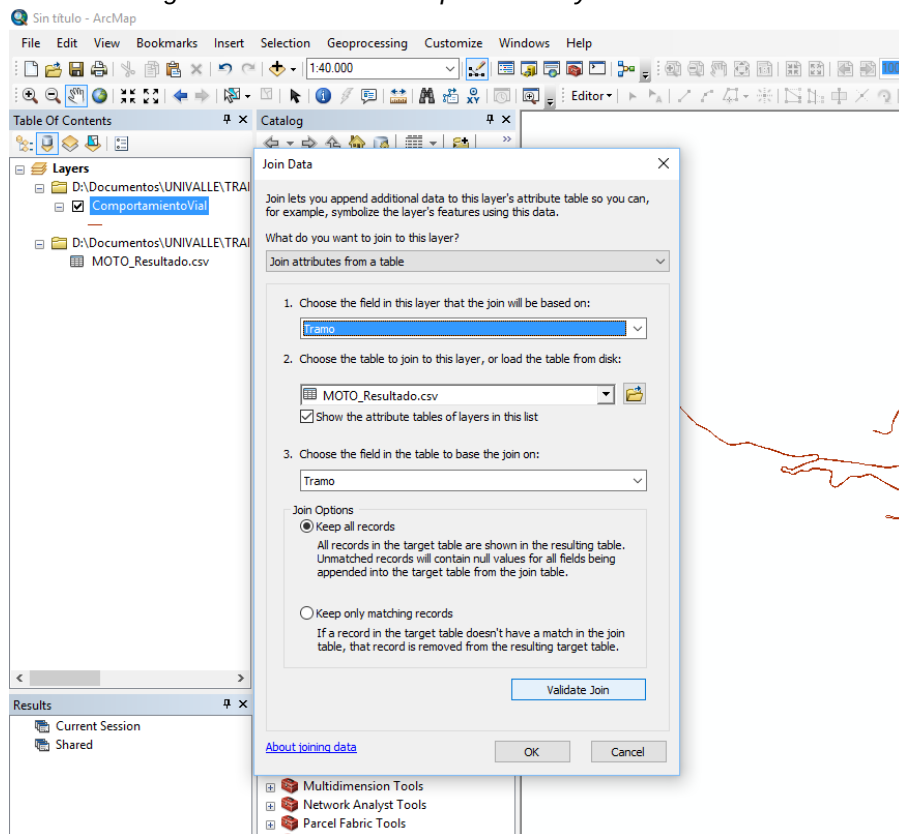
Con este archivo .csv resultante, en ArcGis se realiza un join con el shape de vías (comportamiento vial) teniendo en cuenta el nombre del tramo, para asignarle a este Shape los tiempos promedio calculados.

Figura 56. Carga del Shape de Vías y el CSV Resultante



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 57. Join entre Shape de Vías y el archivo CSV



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

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.

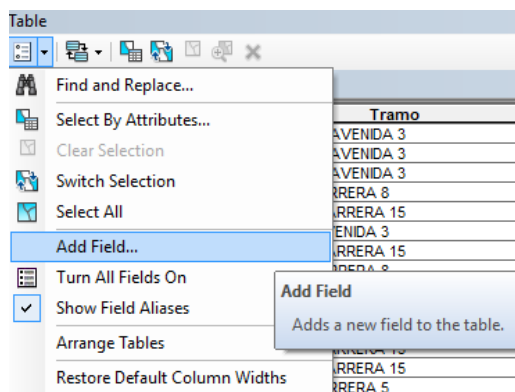
Figura 58. Tabla de Atributos después de ejecutado el Join

LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Tramo	TiempoMinPromedio
0,536661	1058824,7538	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	874065,7383	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	872444,6283	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	873582,256123	1061455,95483	873826,65234	CALLE 15 - CARRERA 5 con CALLE 21 - CARRERA 5	1,2
0,276146	1061133,0128	873033,7272	1060860,8974	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	1061068,138	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>

Fuente: Elaboración Propia, 2018

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 59. Adición de Campo en la Tabla de Atributos



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 60. Definición del tipo de Campo y Nombre

Add Field

Name: Velocidad

Type: Double

Field Properties

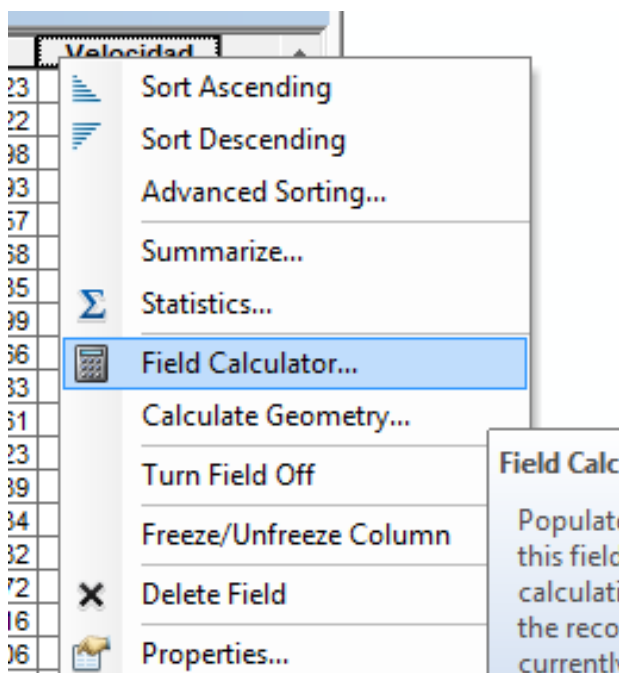
Precision	0
Scale	0

OK Cancel

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 61. Field Calculator

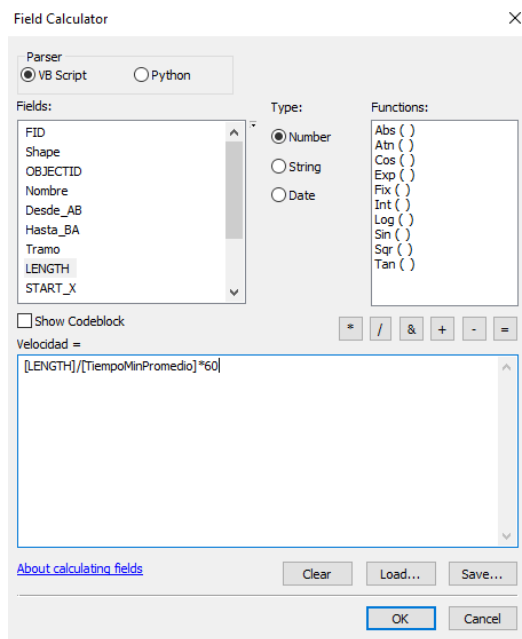


Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

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 62. Fórmula para el cálculo de la Velocidad en el Field Calculator



Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

Figura 63. Tabla de Atributos con el cálculo de Velocidad

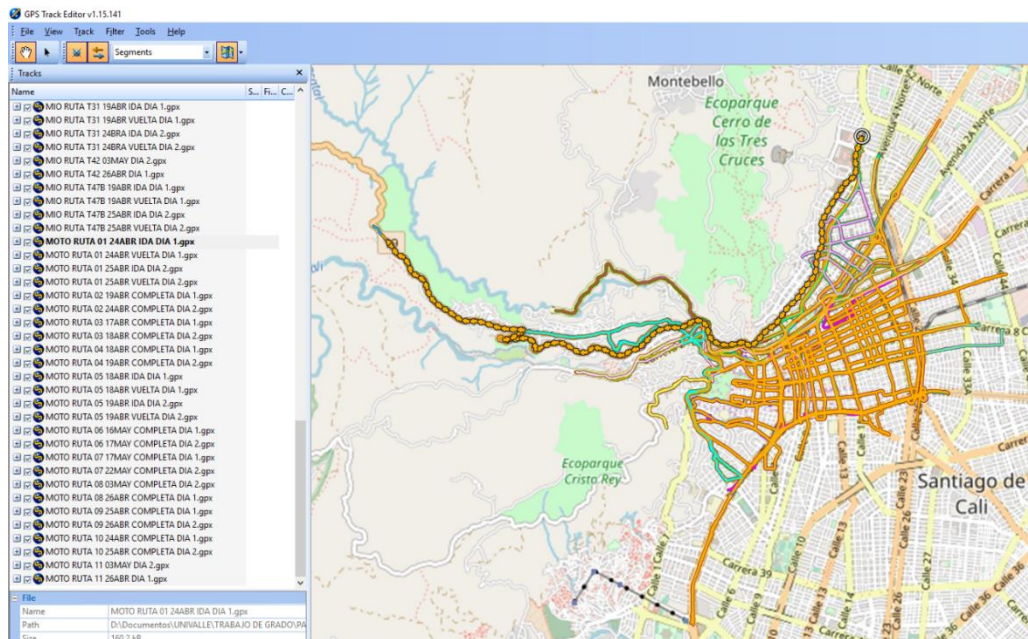
LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Velocidad
0,433494	1061507,7368	875670,7189	1061626,9432	875316,2223	50,341296
0,375491	1061807,2896	875628,8098	1061626,9432	875316,22	38,077939
0,39098	1061626,9432	875316,22	1061807,2896	875628,8098	19,020629
0,591987	1061613,1742	873458,8745	1061050,56046	873274,784293	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

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

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.

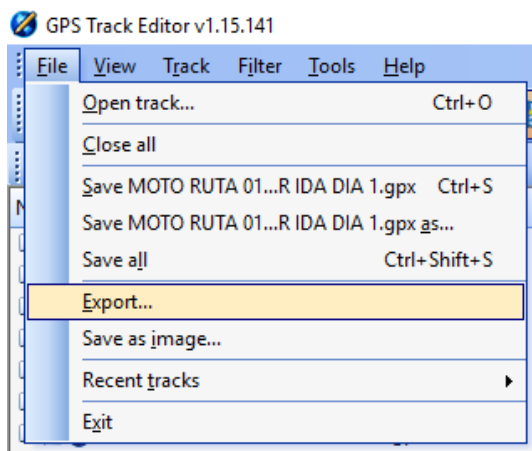
Figura 64. GPS Track Editor



Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

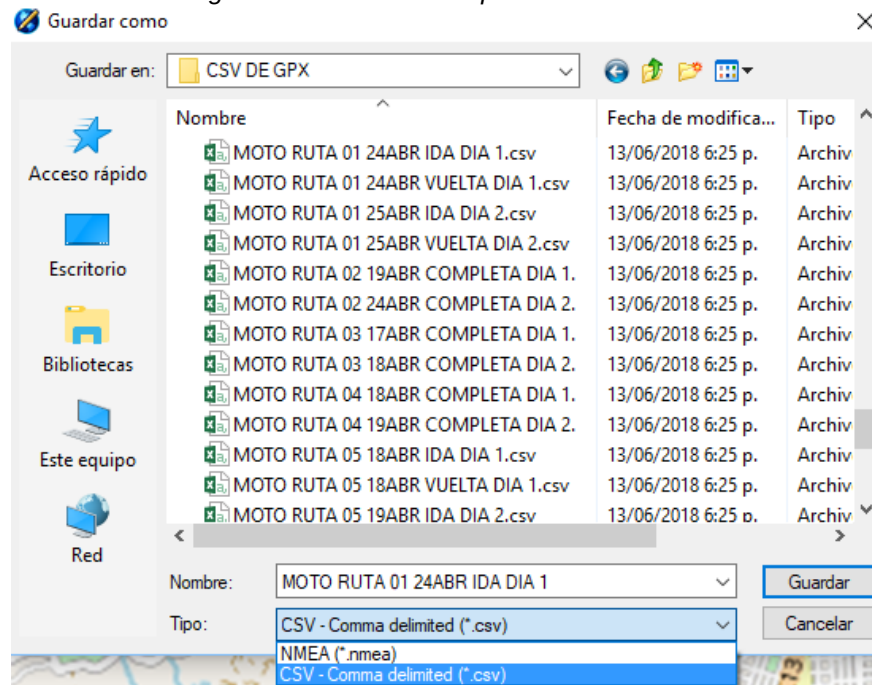
Figura 65. Exportar archivo CSV a partir de Archivo GPX



Fuente: Elaboración Propia, 2018

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

Figura 66. 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"),

```

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

`#"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)`

in

`#"Filas filtradas2"`

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

Figura 67. Resultado unión archivos CSV en Power Query de Excel

	MODELO	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	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

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

Figura 68. Resultado de archivos CSV Unidos cargados en Excel

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

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Con base en esta información, ya se puede calcular la Velocidad de Recorrido por cada ruta diseñada. Esto se muestra en el apartado de Análisis y Resultados del presente documento.

7.5.3 Cálculo de los Niveles de Servicio

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, para que, de acuerdo con la tabla 1 del presente escrito, se calculen. Este cálculo se realiza en Excel, con ayuda de la función BUSCAR y constantes matriciales:

Figura 69. Cálculo de los Niveles de Servicio, por cada Tramo

A	B	C	D	E
1 Tramo	Velocidad	Nivel de Servicio		
2 CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	50,34129586590	B		
3 CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	38,07793870550	C		
4 CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	19,02062907370	F		
5 CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	34,37345199440	C		
6 CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 13 - CARRERA 15	28,52117471880	D		
7 CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	27,60865514990	D		
8 CALLE 13 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	30,27698761940	D		
9 CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 13 - CARRERA 8	10,54065090640	E		

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.

Figura 70. Tabla de Atributos del Shape de Vías con el Nivel de Servicio

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	1061068,128	874520,2016	18,502871	F

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Con base en el archivo Excel de la Figura 70, 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.

7.5.4 Cálculo de la Velocidad de 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 en km/h es calculada con base en el archivo Excel de la Figura 67.

La Velocidad de Marcha, corresponde a la velocidad del vehículo estando en movimiento, 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.

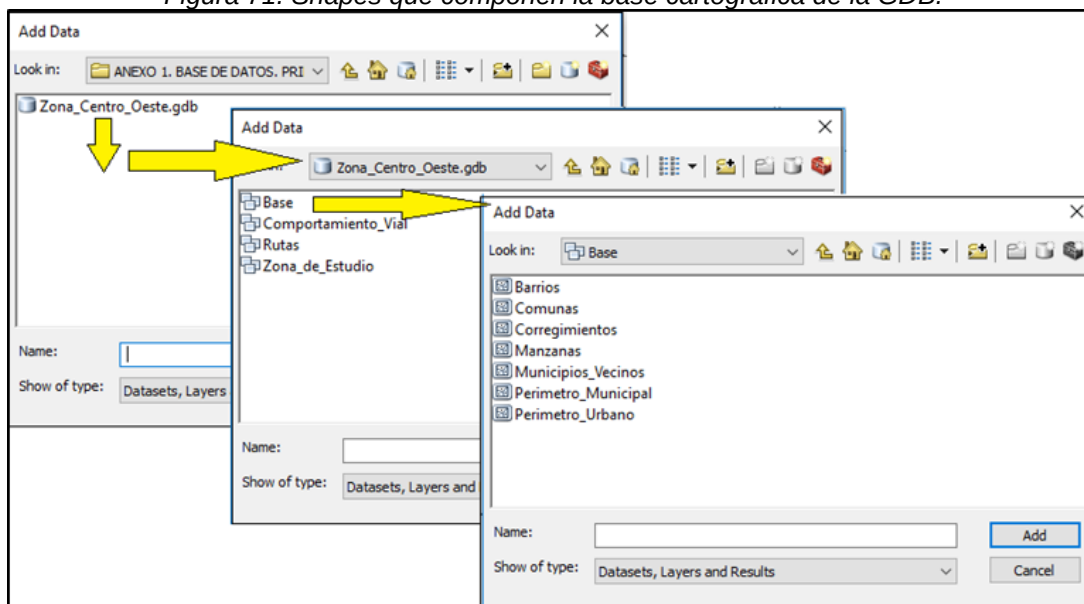
Para ello, se usa el archivo, velocidades de marcha.xlsm, el cual, con ayuda del complemento Power Query de Excel, se unen todos estos archivos CSV y se filtran los registros de acuerdo con las velocidades mayores a 5 km/h. Se toma como base esta velocidad, sabiendo que el dispositivo GPS a la hora de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

7.6 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.

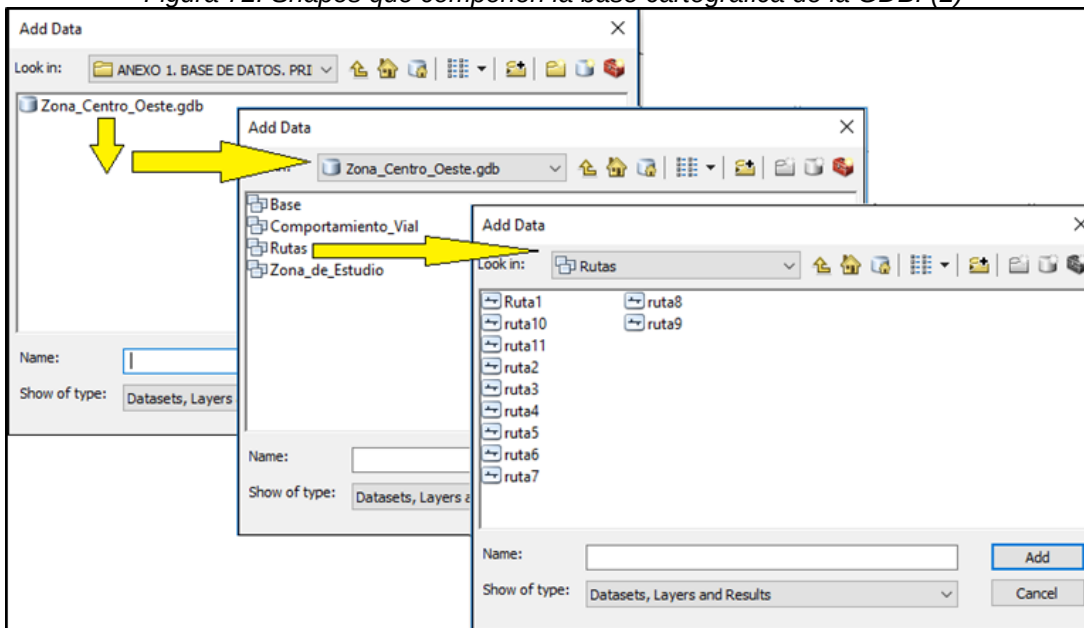
Para la creación de nuestra base de datos geográfica llamada *Zona_Centro_Oeste.gdb*, es necesario llamar a toda nuestra cartografía base, la cual está compuesta por una subclasificación, que se opta para mejor orden de la misma GDB como es: Base, Comportamiento Vial, Rutas y la Zona_de_estudio; en la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

Figura 71. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB.



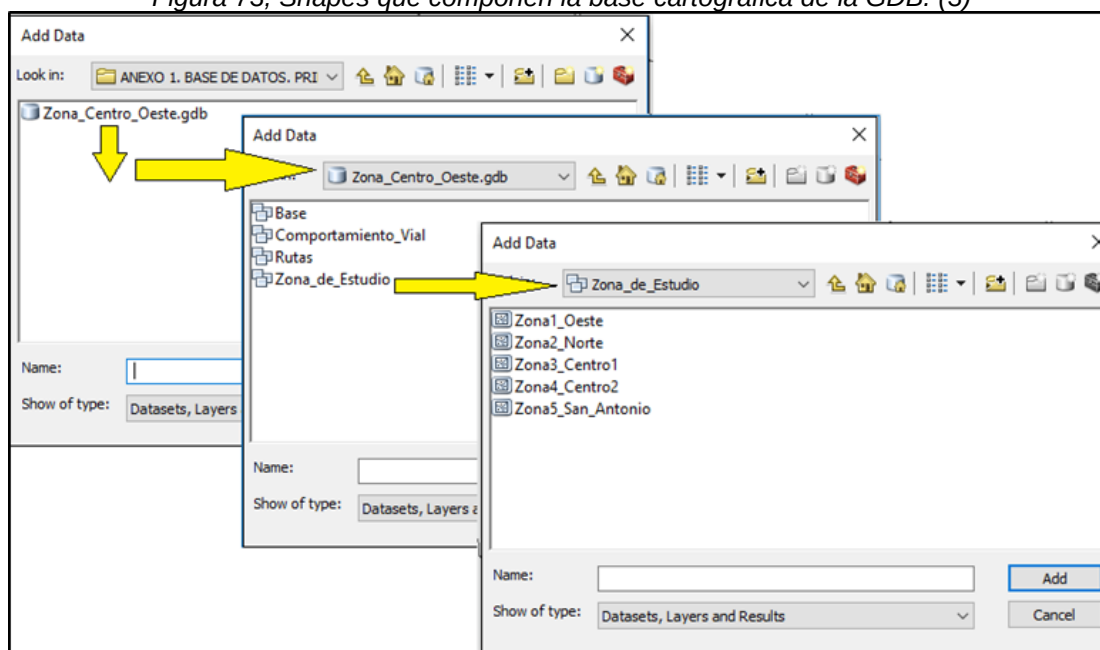
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 72. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB. (2)



Fuente: Elaboración Propia, 2018

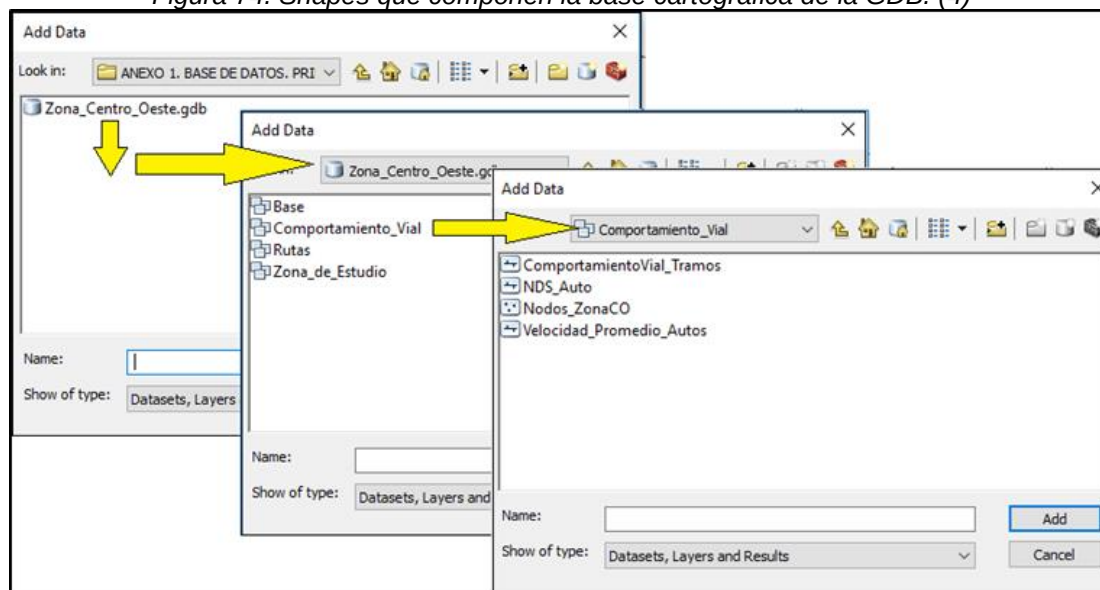
Figura 73. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB. (3)



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:

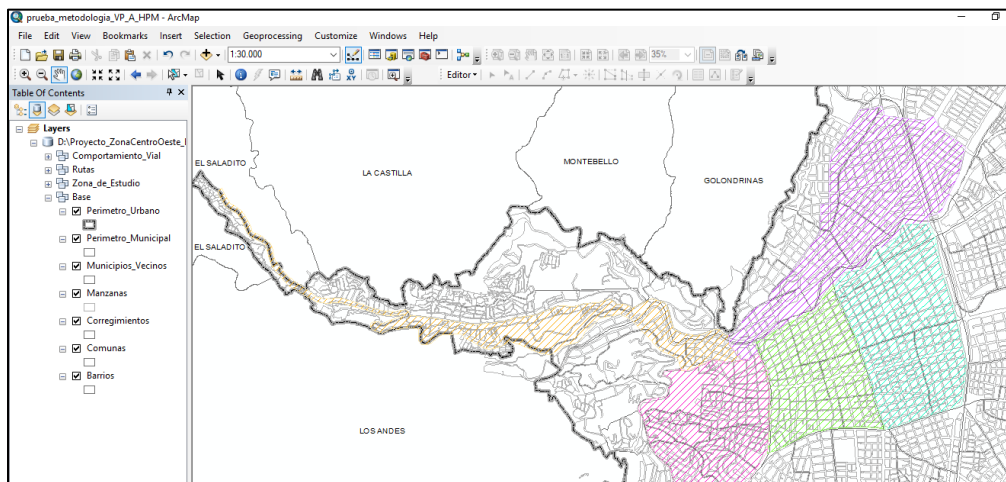
Figura 74. Shapes que componen la base cartográfica de la GDB. (4)



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Posteriormente, cargamos cada uno de los shapes que conformarán el mapa base del proyecto.

Figura 75. Base Cartográfica del proyecto

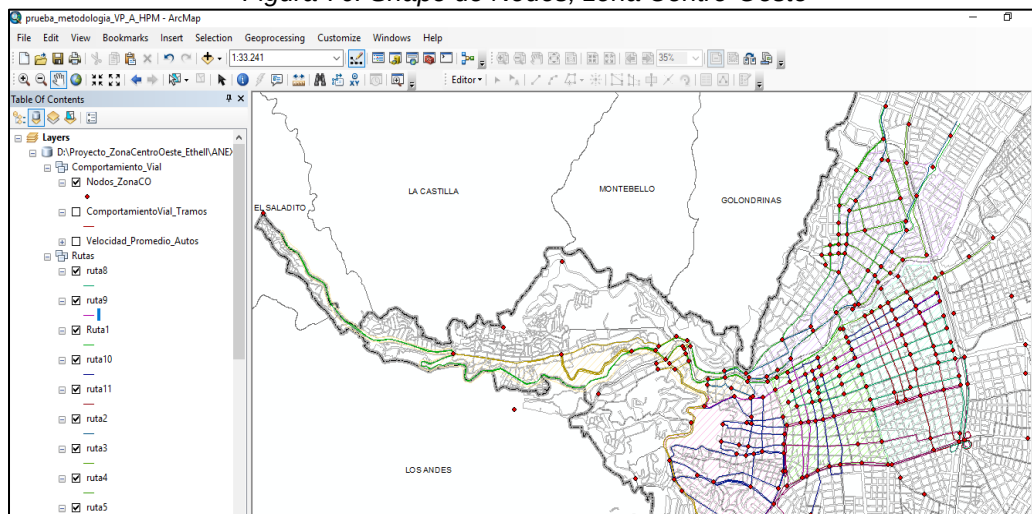


Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.6.1 Creación 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, 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 76 y 77 que incluyen el shape de nodos y su tabla de atributos:

Figura 76. Shape de Nodos, zona Centro-Oeste



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se muestra la tabla de atributos de la shape de nodos

Figura 77. Tabla de atributos shape de Nodos, zona Centro-Oeste

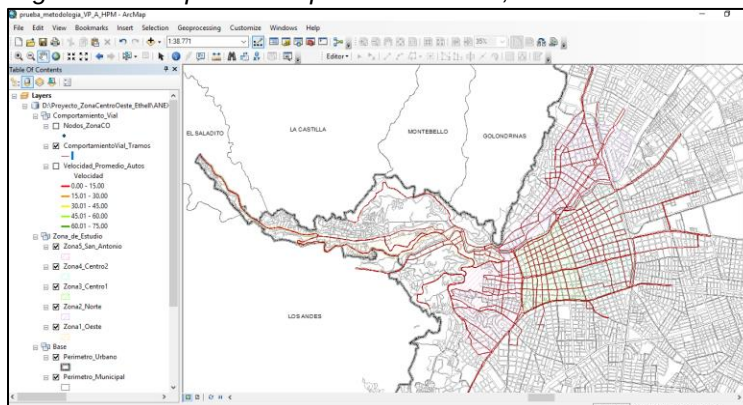
FID	Shape	Nombre	POINT X	POINT Y
1	Point	CALLE 44 - CARRERA 8	1063600.4358	873626.1934
2	Point	CALLE 13 - CARRERA 15	1060996.7596	872455.3258
3	Point	CALLE 25 - CARRERA 1	1061837.2027	874439.6291
4	Point	CALLE 25 - CARRERA 9	1062086.3624	873577.9001
5	Point	CALLE 44 N - AVENIDA 6	1061429.6914	876738.9714
6	Point	CALLE 15 N - AVENIDA 3	1060706.362	874065.3383
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	1061931.8649	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	874985.9709
24	Point	CALLE 34 - CARRERA 8	1062884.2572	873723.5309
25	Point	CALLE 34 N - AVENIDA 3	1061807.2896	875628.8122
26	Point	CALLE 18 N - AVENIDA 6	1060736.5449	874501.6206

Fuente: Elaboración Propia, 2018

7.6.2 Creación 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 las figura 78 y 79 en donde se observan el shape de comportamiento vial y la tabla de atributos:

Figura 78. Shape de comportamiento Vial, zona Centro-Oeste.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

A continuación, se muestra la tabla de atributos de la shape de nodos

Figura 79. Tabla de atributos shape Comportamiento Vial.

FIN *	Shape *	Nombre	Desde AB	Hasta BA	Tramo	LENGTH	START X	START Y	END X	END Y	Shape_Leng
1	Polyline	CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 39	CALLE 5 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 39	0.530001	1058824.7538	869948.1038	1059004.9005	870433.9989	0.004849
2	Polyline	CALLE 5	CARRERA 39	CARRERA 44	CALLE 5 - CARRERA 39 con CALLE 5 - CARRERA 44	0.531407	1059004.9005	870433.9989	1058824.7538	869948.1038	0.004851
3	Polyline	CALLE 5	CARRERA 44	CARRERA 50	CALLE 5 - CARRERA 44 con CALLE 5 - CARRERA 50	0.507495	1058824.7538	869948.1038	1058820.0557	869458.8192	0.004587
4	Polyline	CALLE 5	CARRERA 50	CARRERA 44	CALLE 5 - CARRERA 50 con CALLE 5 - CARRERA 44	0.505008	1058820.0557	869458.8192	1058824.7538	869948.1038	0.004585
5	Polyline	CALLE 34 N	CALLE 30 N	CALLE 20 N	CALLE 34 N - AVENIDA 4 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0.430494	1061507.7395	875010.7189	1061505.9434	875115.2243	0.003912
6	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 34 N	CALLE 30 N	CALLE 34 N - AVENIDA 3 con CALLE 30 N - AVENIDA 3	0.375491	1061507.7395	875010.7189	1061505.9434	875115.2243	0.003912
7	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 30 N	CALLE 34 N	CALLE 30 N - AVENIDA 3 con CALLE 34 N - AVENIDA 3	0.390908	1061505.9434	875010.7189	1061507.7395	875115.2243	0.003933
8	Polyline	CARRERA 1	CALLE 34	CALLE 44	CALLE 34 - CARRERA 1 con CALLE 44 - CARRERA 1	0.872799	1064499.3773	874805.9689	1064345.5487	875026.0592	0.001872
9	Polyline	CARRERA 5	CALLE 44	CALLE 34	CALLE 44 - CARRERA 5 con CALLE 34 - CARRERA 5	0.711842	1063385.7111	874455.7845	1062755.3813	874241.2582	0.006474
10	Polyline	CARRERA 8	CALLE 21	CALLE 15	CALLE 21 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	0.581987	1061813.1742	873458.8745	1061050.5804	873274.784293	0.005329
11	Polyline	CARRERA 8	CALLE 15	CALLE 21	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 21 - CARRERA 8	0.720035	1064884.2874	873723.5296	1064195.5212	873559.2643	0.009481
12	Polyline	CARRERA 15	CALLE 15	CALLE 15	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	0.308879	1061330.4745	872441.8035	1060999.7598	872455.3287	0.002781
13	Polyline	CARRERA 1	CALLE 5	CALLE 15	CALLE 5 - CARRERA 1 con CALLE 15 - AVENIDA 3	1.088008	1060028.5753	873375.0192	1060706.362	874095.7386	0.009862
14	Polyline	CALLE 5	CARRERA 4	CARRERA 1	CALLE 5 - CARRERA 4 con CALLE 4 - CARRERA 1	0.151815	1060012.3082	873241.9478	1060048.8753	873375.0192	0.001371
15	Polyline	CALLE 5	AVENIDA 1	CARRERA 4	CALLE 5 - AVENIDA 1 con CALLE 5 - CARRERA 4	0.247173	1060038.8512	872448.1184	1060012.3082	873241.9478	0.002232
16	Polyline	CARRERA 15	CALLE 15	CALLE 15	CALLE 15 - CARRERA 15 con CALLE 15 - CARRERA 15	0.315335	1060999.7598	872455.3287	1061330.4745	872441.8035	0.002839
17	Polyline	CARRERA 8	CALLE 15	CALLE 15	CALLE 15 - CARRERA 8 con CALLE 15 - CARRERA 8	0.260948	1061050.5804	873274.784293	1060902.4958	873195.3099	0.002345
18	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 18 N	CALLE 21 N	CALLE 18 N - AVENIDA 3 con CALLE 21 N - AVENIDA 3	0.214038	1060736.5448	874501.5208	1060806.0047	874701.4085	0.00184
19	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 18 N	CALLE 21 N	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 21 N - AVENIDA 3	0.354104	1060824.6548	874149.2981	1061153.1123	874480.0078	0.003957
20	Polyline	AVENIDA 1	AVENIDA 3	CALLE 15 N	AVENIDA 2 - AVENIDA 3 con CALLE 15 N - AVENIDA 3	0.245981	1060824.6548	874149.2981	1060706.362	874095.7383	0.002216
21	Polyline	CARRERA 8	CALLE 20	CALLE 34	CALLE 34 - CARRERA 8 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.715588	1064185.5672	873559.2643	1064394.2572	873723.5296	0.006444
22	Polyline	AVENIDA 3	CALLE 21 N	CALLE 18 N	CALLE 21 N - AVENIDA 3 con AVENIDA 2 - AVENIDA 3	0.3585	1061153.1123	874480.0078	1060824.6548	874149.2981	0.003973
23	Polyline	CARRERA 15	CALLE 18	CALLE 21	CALLE 18 - CARRERA 15 con CALLE 21 - CARRERA 15	0.511513	1061347.4121	872444.8283	1061820.2004	872596.0523	0.004805
24	Polyline	CARRERA 15	CALLE 21	CALLE 18	CALLE 21 - CARRERA 15 con CALLE 18 - CARRERA 15	0.502319	1061585.9385	872622.5227	1061588.473	872525.9738	0.004522
25	Polyline	CARRERA 1	CALLE 44	CALLE 34	CALLE 44 - CARRERA 1 con CALLE 34 - CARRERA 1	0.869911	1063385.7111	874455.7845	1062755.3813	874241.2582	0.007723
26	Polyline	CARRERA 5	CALLE 34	CALLE 44	CALLE 34 - CARRERA 5 con CALLE 44 - CARRERA 5	0.711842	1063385.7111	874455.7845	1062755.3813	874241.2582	0.006444
27	Polyline	CALLE 34	CARRERA 5	CARRERA 8	CALLE 34 - CARRERA 5 con CALLE 34 - CARRERA 8	0.548091	1062705.3813	874241.2582	1062884.2572	873723.5296	0.004935
28	Polyline	CARRERA 5	CALLE 15	CALLE 21	CALLE 15 - CARRERA 5 con CALLE 21 - CARRERA 5	0.583839	1063385.7111	874455.7845	1062755.3813	874241.2582	0.005259
29	Polyline	CARRERA 10	CALLE 15	CALLE 13	CALLE 15 - CARRERA 10 con CALLE 13 - CARRERA 10	0.278146	1061133.0128	873033.7272	1060880.8874	873010.8132	0.002485
30	Polyline	CARRERA 10	CALLE 13	CALLE 15	CALLE 13 - CARRERA 10 con CALLE 15 - CARRERA 10	0.278146	1060880.8874	873010.8132	1061133.0128	873033.7272	0.002481
31	Polyline	CALLE 21 N	AVENIDA 8	AVENIDA 4	CALLE 21 N - AVENIDA 8 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0.300448	1060880.8874	873010.8132	1060736.5448	874501.5208	0.002585
32	Polyline	CALLE 18 N	AVENIDA 4	AVENIDA 0	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 18 N - AVENIDA 0	0.251013	1060870.3543	874289.3755	1060736.5448	874501.5208	0.002287
33	Polyline	AVENIDA 4	CALLE 18 N	CALLE 21 N	CALLE 18 N - AVENIDA 4 con CALLE 21 N - AVENIDA 4	0.311199	1061058.138	874520.3916	1060870.3543	874289.3755	0.002808

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 CALCULO DE VARIABLES DE FLUJO VEHICULAR

8.1.1 Velocidad promedio del recorrido

8.1.1.1 Camiones

En la tabla 25 se observa que, la velocidad de recorrido, en camiones, para todas las rutas fluctúa entre 21.57 km/h y; 29.24 km/h. Los niveles de servicio para estos recorridos están entre el D y el F.

Tabla 25. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Camiones

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
CAMION	01	22.92 km/h	22.68 km/h	22.80 km/h	E
CAMION	02	21.61 km/h	21.52 km/h	21.57 km/h	E
CAMION	03	24.36 km/h	26.97 km/h	25.61 km/h	E
CAMION	CRA10	26.27 km/h	25.55 km/h	25.89 km/h	E
CAMION	CRA15	30.93 km/h	27.65 km/h	29.24 km/h	D
CAMION	CRA8	20.41 km/h	21.12 km/h	20.76 km/h	F
Total general		23.87 km/h	23.79 km/h	23.83 km/h	E

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.1.1.2 MIO Alimentadoras

En la tabla 26 se observa que, la velocidad de recorrido, en Alimentadoras, para todas las rutas fluctúa entre 18.35 km/h y; 22.92 km/h. Los niveles de servicio para estos recorridos están entre el E y el F.

Tabla 26. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Alimentadoras

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
MIO	A01A	20.40 km/h	23.17 km/h	21.56 km/h	E
MIO	A02	22.81 km/h	21.75 km/h	22.27 km/h	E
MIO	A03	19.55 km/h	16.18 km/h	17.77 km/h	F
MIO	A04	23.65 km/h	22.26 km/h	22.92 km/h	E

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
MIO	A05	21.42 km/h	18.08 km/h	19.64 km/h	F
MIO	A06	18.09 km/h	18.60 km/h	18.35 km/h	F
Total general		22.07 km/h	22.00 km/h	22.03 km/h	E

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.1.1.3 MIO Pretroncales

En la tabla 27 se observa que, la velocidad de recorrido, en camiones, para todas las rutas fluctúa entre 15.84 km/h y; 23.51 km/h. Los niveles de servicio para estos recorridos están entre el E y el F.

Tabla 27. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Pretroncales.

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
MIO	P21A	24.63 km/h	22.50 km/h	23.51 km/h	E
MIO	P24B	22.98 km/h	21.66 km/h	22.31 km/h	E
MIO	P40A	15.52 km/h	16.20 km/h	15.84 km/h	F
MIO	P40B	22.46 km/h	22.10 km/h	22.28 km/h	E
Total general		22.07 km/h	22.00 km/h	22.03 km/h	E

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.1.1.4 MIO Troncales

En la tabla 28 se observa que, la velocidad de recorrido, en camiones, para todas las rutas fluctúa entre 20.78 km/h y 24.16 km/h, con un promedio general de 22.03 km/h. Los niveles de servicio para estos recorridos están entre el E y el F.

Tabla 28. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Troncales.

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
MIO	T31 IDA	19.81 km/h	32.49 km/h	24.16 km/h	E
MIO	T31 VUELTA	19.68 km/h	27.44 km/h	23.14 km/h	E
MIO	T42	28.52 km/h	23.76 km/h	25.99 km/h	E
MIO	T47B IDA	18.59 km/h	24.06 km/h	20.78 km/h	F
	T47B				
MIO	VUELTA	21.12 km/h	28.32 km/h	23.87 km/h	E
Total general		22.07 km/h	22.00 km/h	22.03 km/h	E

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.1.1.5 MIO expresas

En la tabla 29 se observa que, la velocidad de recorrido, en camiones, para todas las rutas fluctúa entre 17.10 km/h y 32.72 km/h. Los niveles de servicio para estos recorridos están entre el D y el F.

Tabla 29. Velocidades de Recorrido por Ruta Diseñada y Nivel de Servicio Asociado Expresas.

Velocidad Recorrido		DIA		Total general	Nivel de Servicio
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2		
MIO	E21 IDA	19.13 km/h	20.34 km/h	19.76 km/h	F
MIO	E21 VUELTA	18.97 km/h	15.52 km/h	17.10 km/h	F
MIO	E27 IDA	28.74 km/h	21.98 km/h	24.99 km/h	E
MIO	E27 VUELTA	21.80 km/h	26.31 km/h	23.90 km/h	E
MIO	E31 IDA	27.48 km/h	27.21 km/h	27.34 km/h	D
MIO	E31 VUELTA	26.15 km/h	22.09 km/h	23.90 km/h	E
MIO	E41 IDA	33.07 km/h	30.73 km/h	31.81 km/h	D
MIO	E41 VUELTA	32.06 km/h	32.72 km/h	32.39 km/h	D
Total general		22.07 km/h	22.00 km/h	22.03 km/h	E

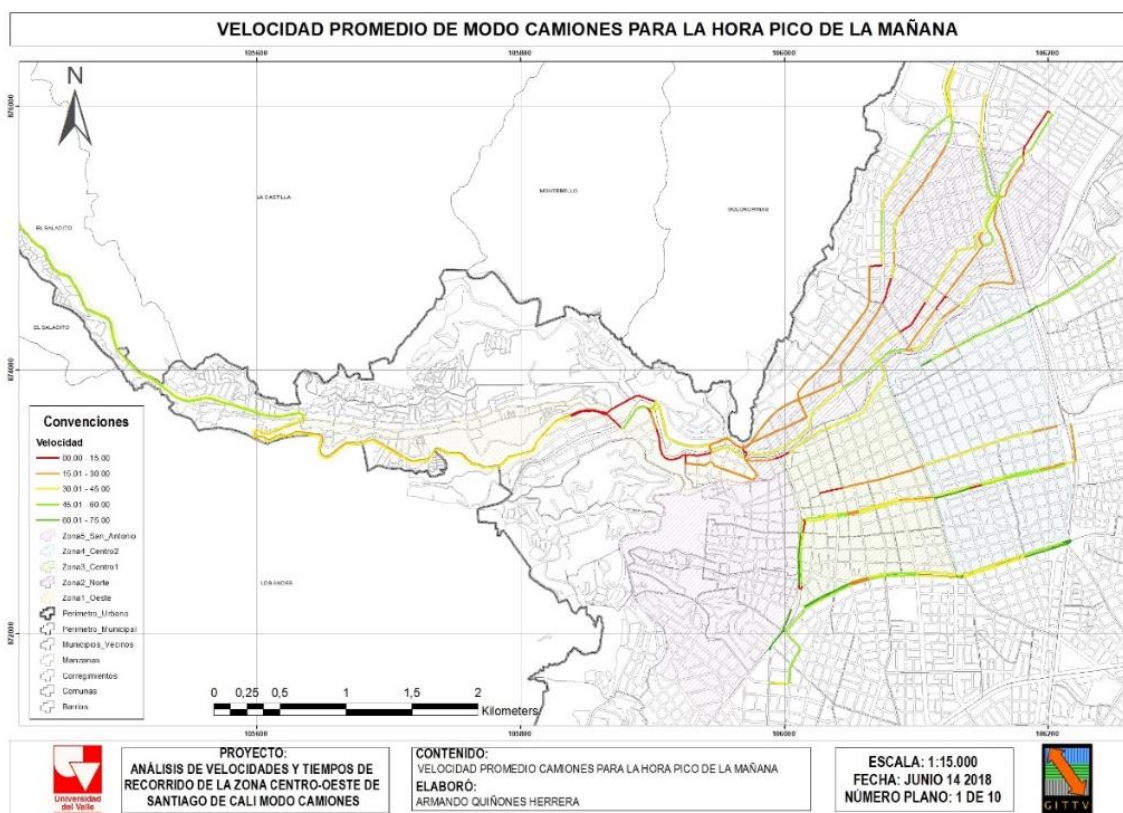
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS VELOCIDAD PROMEDIO

8.2.1 Camiones

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica las velocidades de operación por arco (figura 80) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

Figura 80. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en camiones.

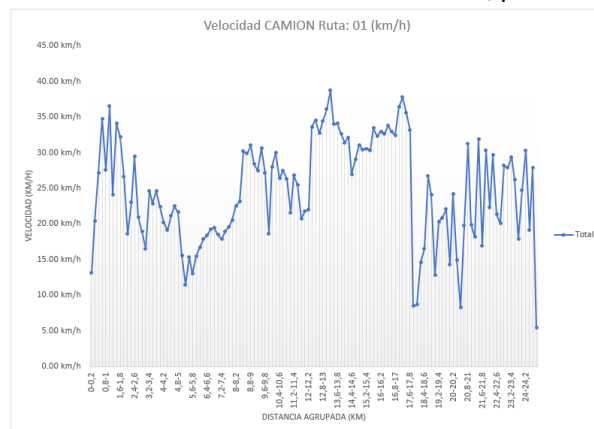


Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades promedios de los recorridos ejecutados.

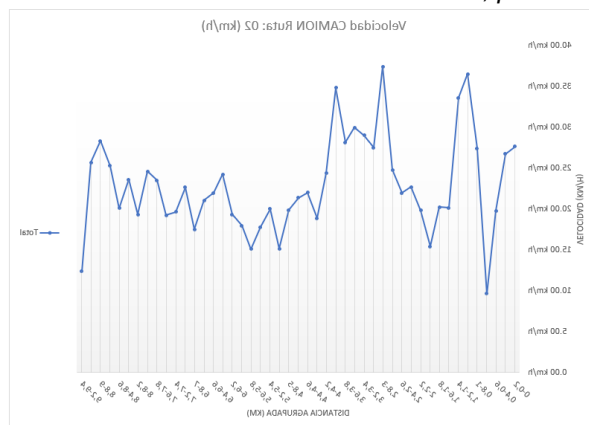
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 1. Velocidad de Recorrido camión ruta 1, por cada 200 m.



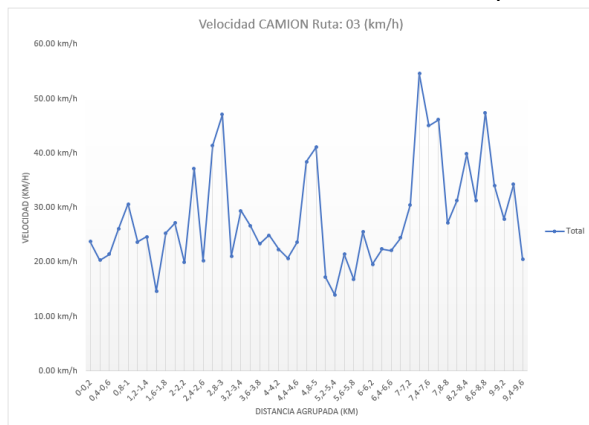
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 2. Velocidad de Recorrido camión ruta 2, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

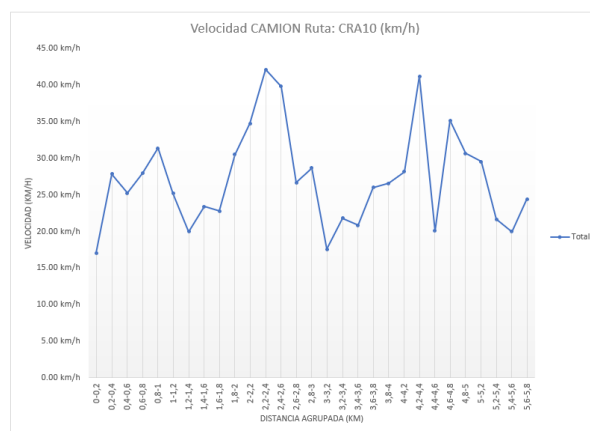
Gráfico 3. Velocidad de Recorrido camión ruta 3, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

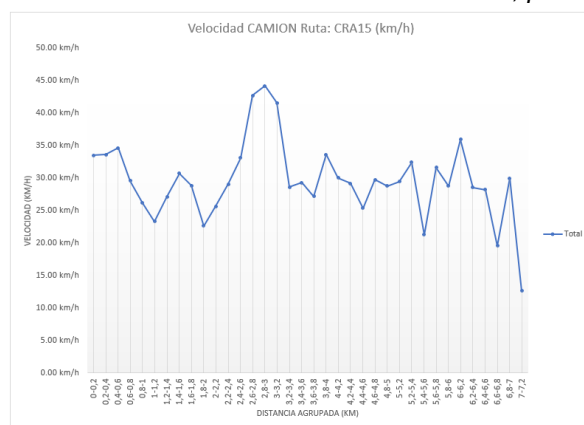
Gráfico 4. Velocidad de Recorrido camión ruta cra 10, por cada 200 m.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI



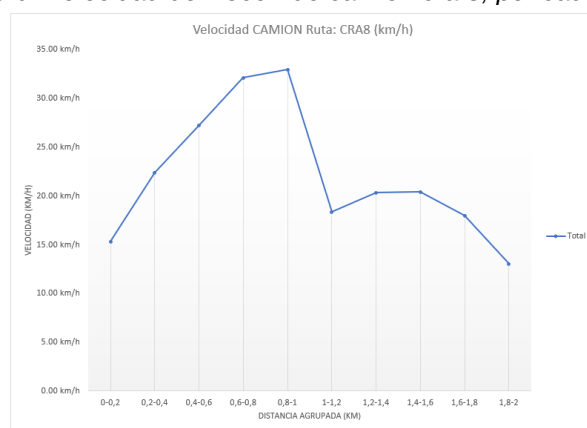
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 5. Velocidad de Recorrido camión ruta cra 15, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

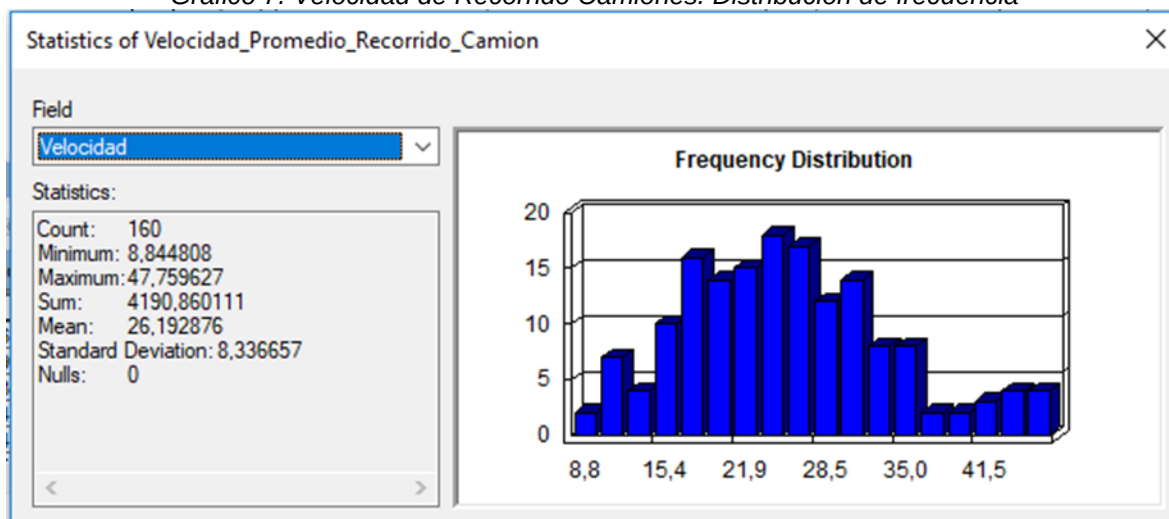
Gráfico 6. Velocidad de Recorrido camión cra 8, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se presenta un gráfico con la distribución de frecuencia de todas las rutas

Gráfico 7. Velocidad de Recorrido Camiones. Distribución de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 30. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Camiones

Medidas de Tendencia Central

Media	26.193
Mediana	25.571

Medidas de Dispersión

Desviación Estándar	8.337
Varianza	69.500
Máximo	47.760
Mínimo	8.845
Rango	38.915
Coeficiente de Variación	31.83%

Medidas de Asimetría

Curtosis	-0.037	Platicúrtica
-----------------	--------	--------------

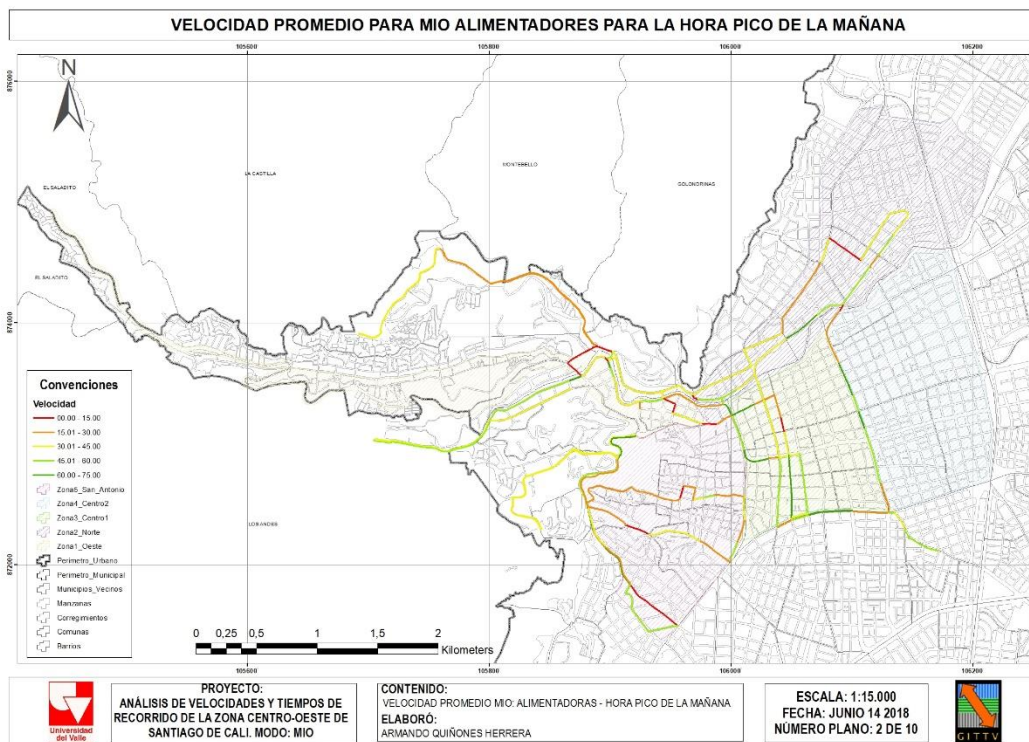
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.2.2 MIO Alimentadoras

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica las velocidades de operación por arco (figura 81) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

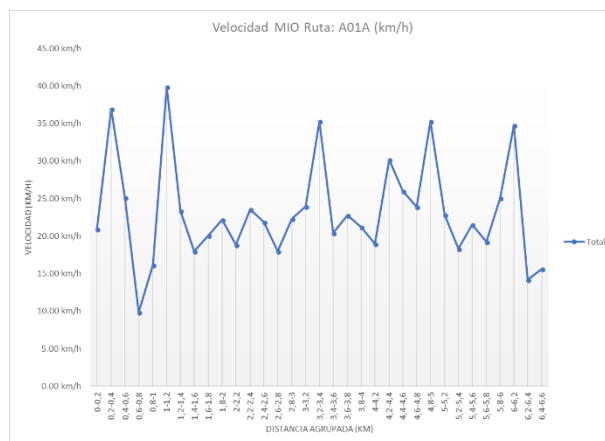
Figura 81. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO Alimentadoras



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades promedio de los recorridos ejecutados.

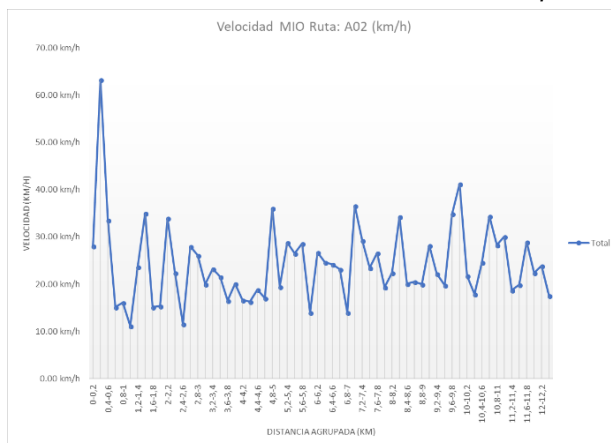
Gráfico 8. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A01A, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 9. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A02, por cada 200 m.



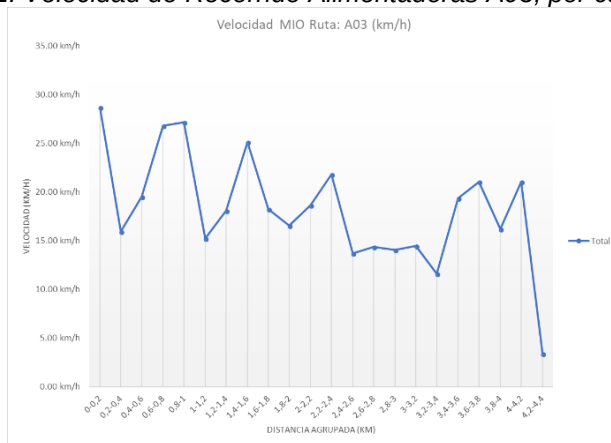
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 10. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A02, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

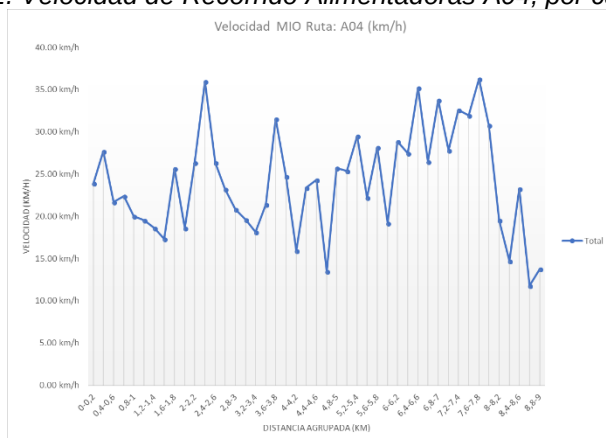
Gráfico 11. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A03, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

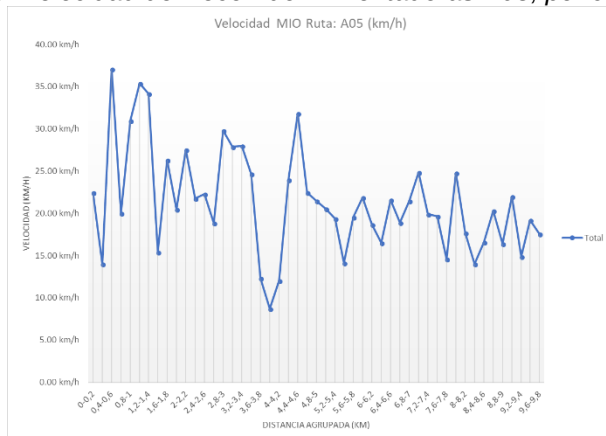
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 12. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A04, por cada 200 m.



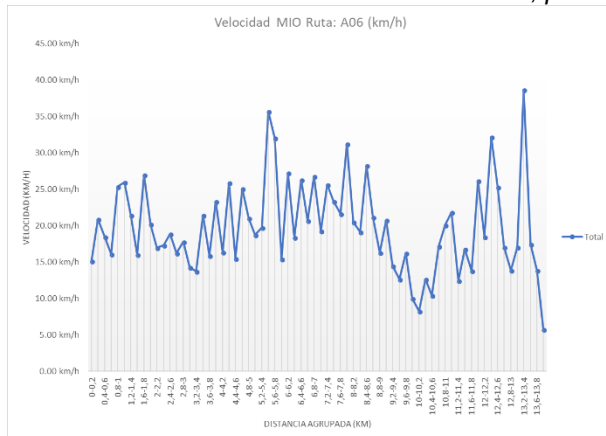
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 13. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A05, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

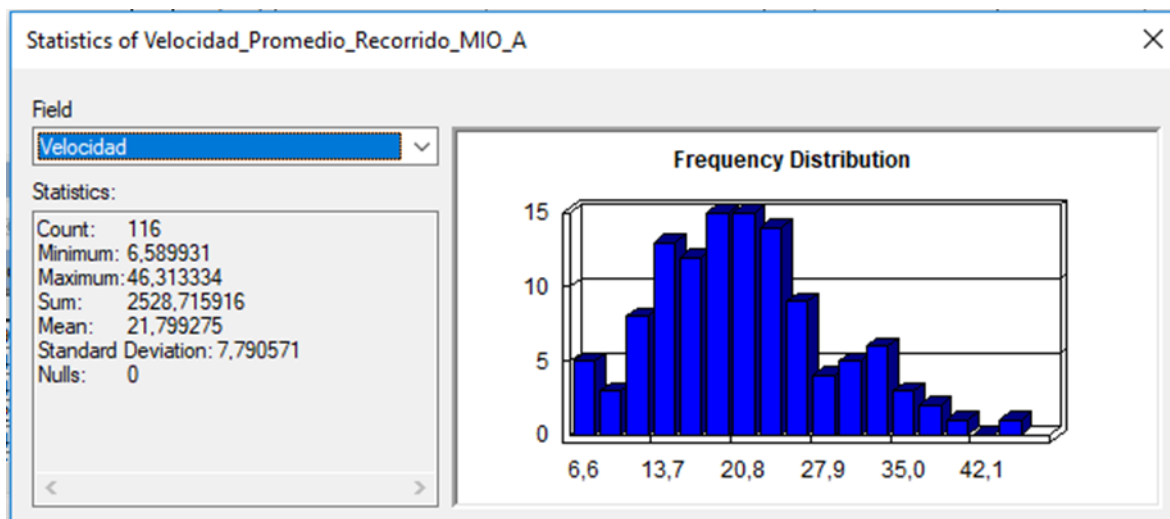
Gráfico 14. Velocidad de Recorrido Alimentadoras A06, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se presenta un gráfico con la distribución de frecuencia de todas las rutas

Gráfico 15. Velocidad de Recorrido Alimentadoras. Distribución de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 31, Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Alimentadores

Medidas de Tendencia Central

Media	21.799
Mediana	20.904

Medidas de Dispersión

Desviación Estándar	7.791
Varianza	60.693
Máximo	46.313
Mínimo	6.590
Rango	39.723
Coefficiente de Variación	35.74%

Medidas de Asimetría

Curtosis	0.160	Leptocúrtica
-----------------	-------	--------------

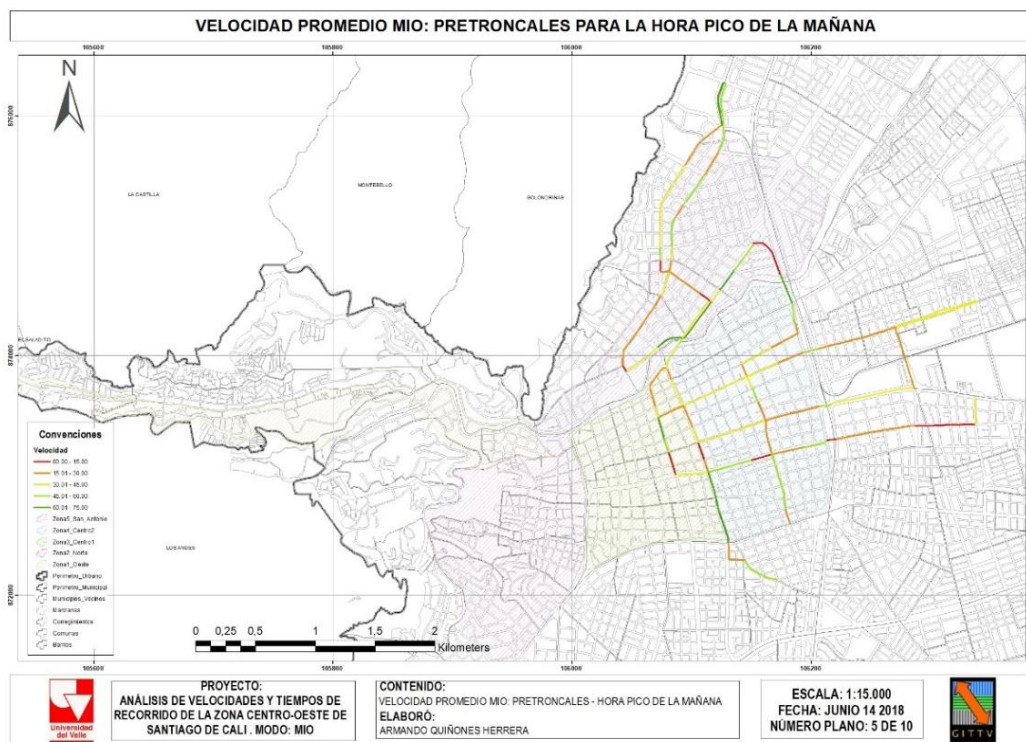
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.2.3 MIO pretroncales

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica las velocidades de operación por arco (figura 82) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

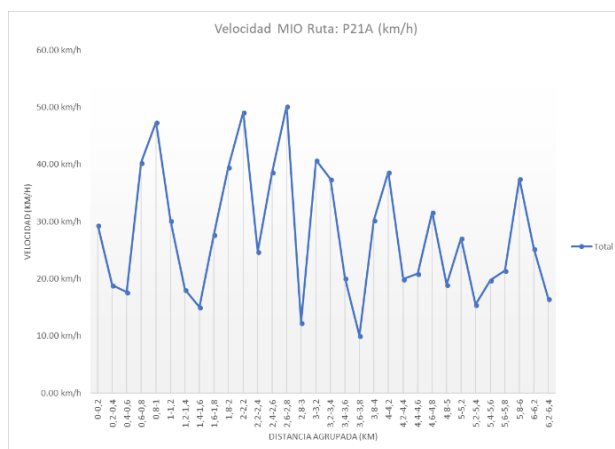
Figura 82. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO pretroncales



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades promedios de los recorridos ejecutados.

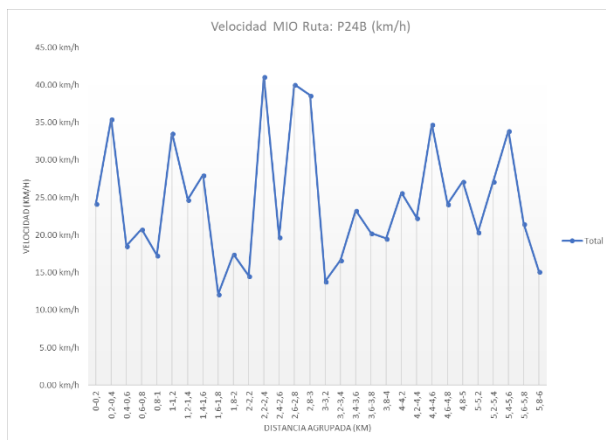
Gráfico 16. Velocidad de Recorrido pretroncales P21A, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

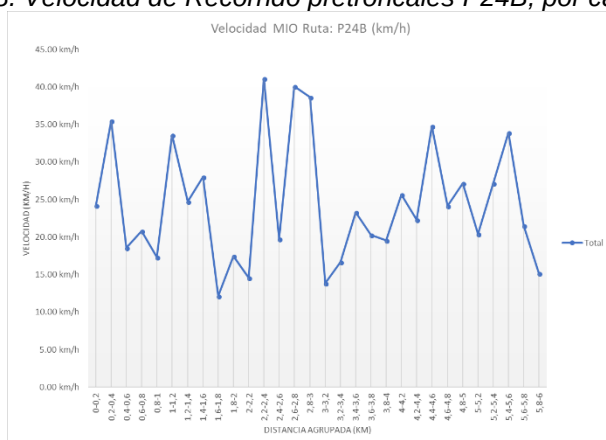
Gráfico 17. Velocidad de Recorrido pretroncales P21A, por cada 200 m.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 18. Velocidad de Recorrido pretroncales P24B, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

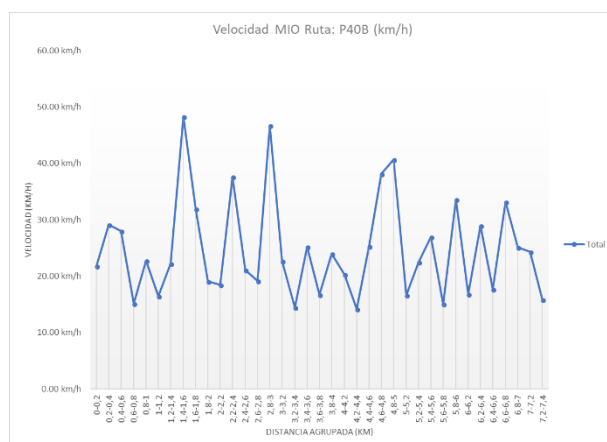
Gráfico 19. Velocidad de Recorrido pretroncales P40A, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 20. Velocidad de Recorrido pretroncales P40B, por cada 200 m.

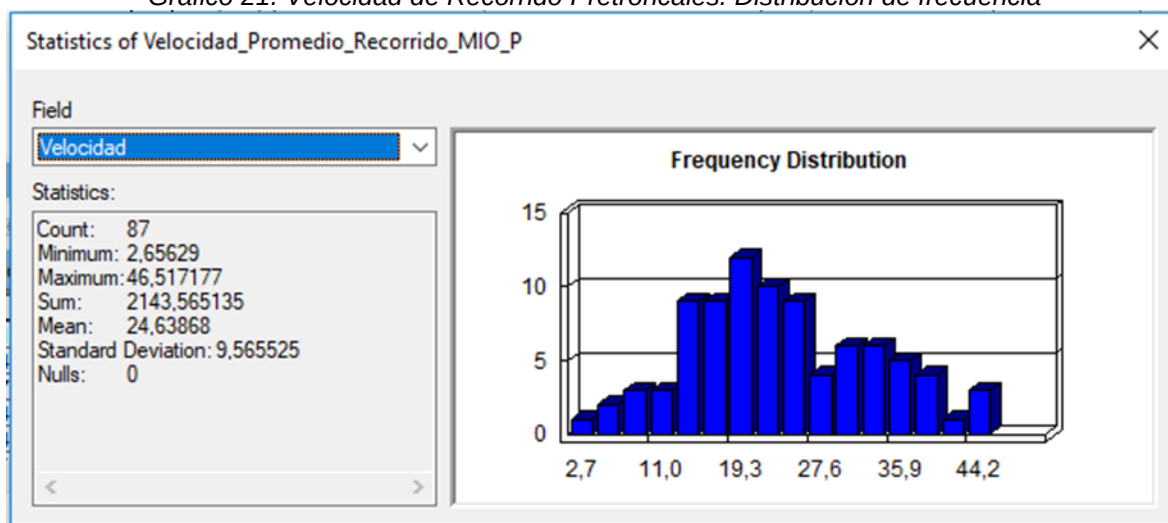
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se presenta un gráfico con la distribución de frecuencia de todas las rutas

Gráfico 21. Velocidad de Recorrido Pretroncales. Distribución de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 32. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Pretroncales

Medidas de Tendencia Central

Media	24.639
Mediana	23.646

Medidas de Dispersión

Desviación Estándar	9.566
Varianza	91.499
Máximo	46.517

Medidas de Dispersión

Mínimo	2.656
Rango	43.861
Coefficiente de Variación	38.82%

Medidas de Asimetría

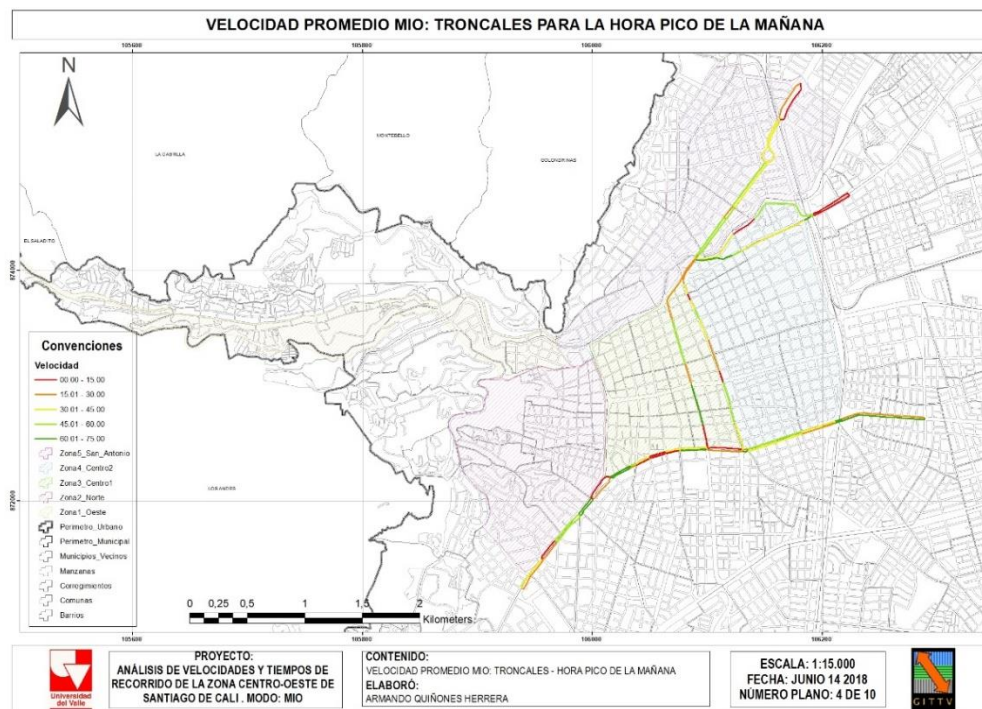
Curtosis	-0.354 Platicúrtica
----------	---------------------

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.2.4 MIO Troncales

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica las velocidades de operación por arco (figura 83) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

Figura 83. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO Troncales

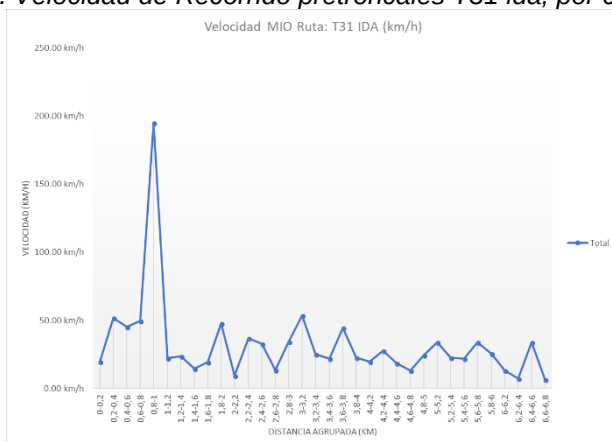


Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades promedios de los recorridos ejecutados.

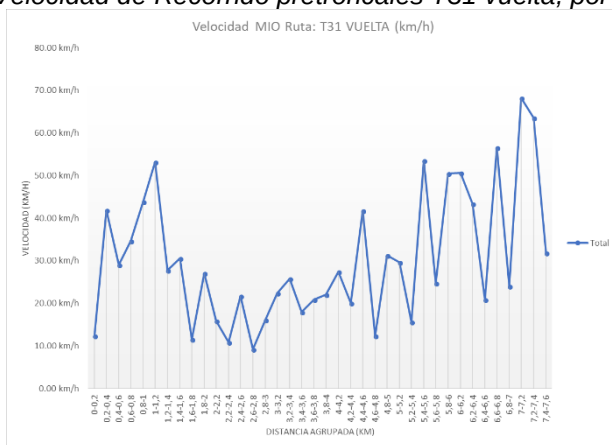
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 22. Velocidad de Recorrido pretroncales T31 ida, por cada 200 m.



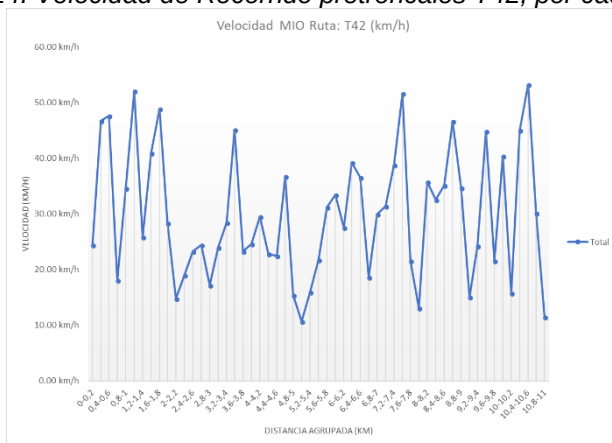
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 23. Velocidad de Recorrido pretroncales T31 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

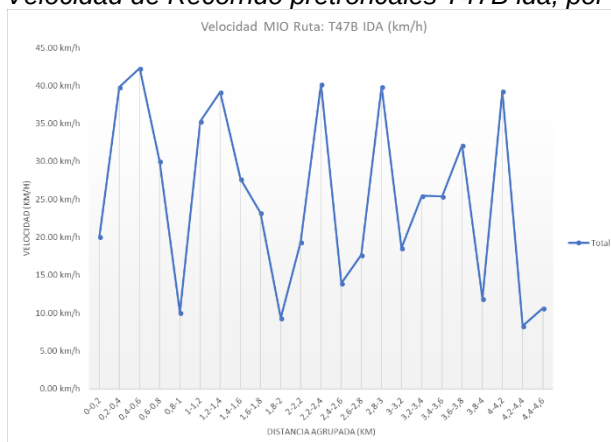
Gráfico 24. Velocidad de Recorrido pretroncales T42, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

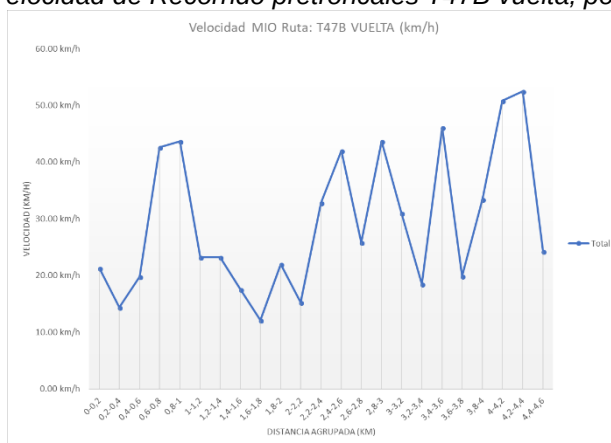
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 25. Velocidad de Recorrido pretroncales T47B ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

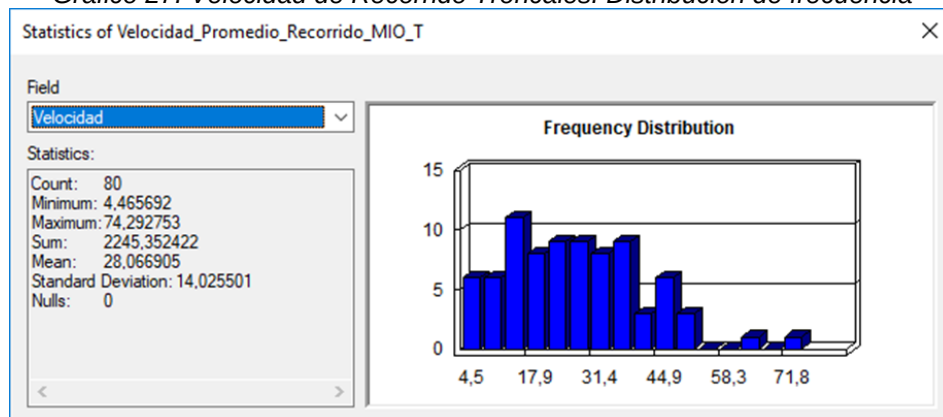
Gráfico 26. Velocidad de Recorrido pretroncales T47B vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se presenta un gráfico con la distribución de frecuencia de todas las rutas

Gráfico 27. Velocidad de Recorrido Troncales. Distribución de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 33. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Troncales

Medidas de Tendencia Central

Media	28.067
Mediana	26.542

Medidas de Dispersión

Desviación Estándar	14.026
Varianza	196.715
Máximo	74.293
Mínimo	4.466
Rango	69.827
Coefficiente de Variación	49.97%

Medidas de Asimetría

Curtosis	0.561 Leptocúrtica
-----------------	--------------------

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.2.5 MIO Expresas

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica las velocidades de operación por arco (figura 84) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

Figura 84. Salida cartográfica de velocidad promedio de recorrido por arco en MIO Expresas

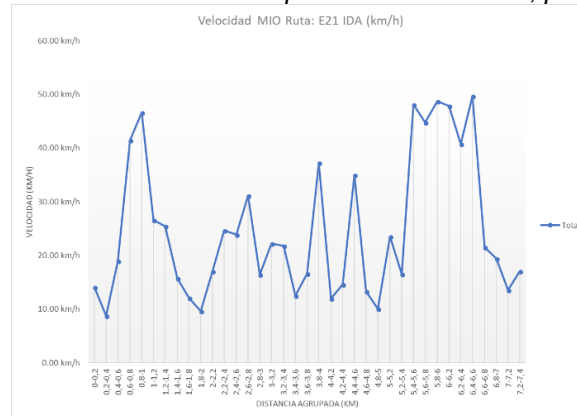


Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

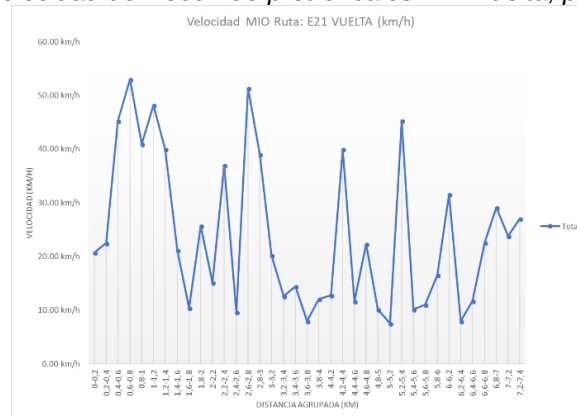
A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades promedios de los recorridos ejecutados.

Gráfico 28. Velocidad de Recorrido pretroncales E21 ida, por cada 200 m.



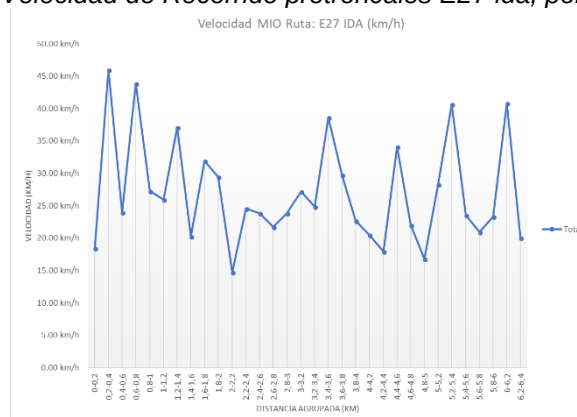
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 29. Velocidad de Recorrido pretroncales E21 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

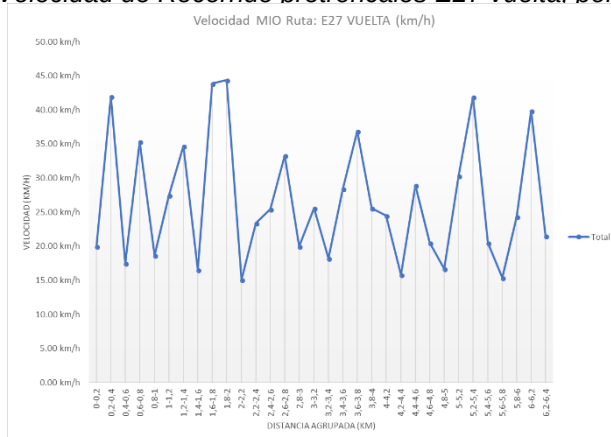
Gráfico 30. Velocidad de Recorrido pretroncales E27 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 31. Velocidad de Recorrido pretroncales E27 vuelta, por cada 200 m.



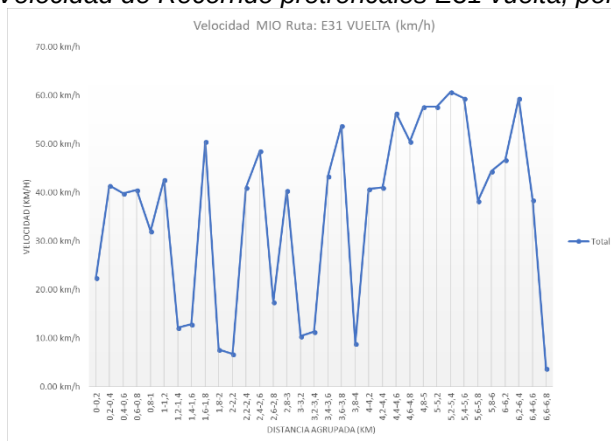
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 32. Velocidad de Recorrido pretroncales E31 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

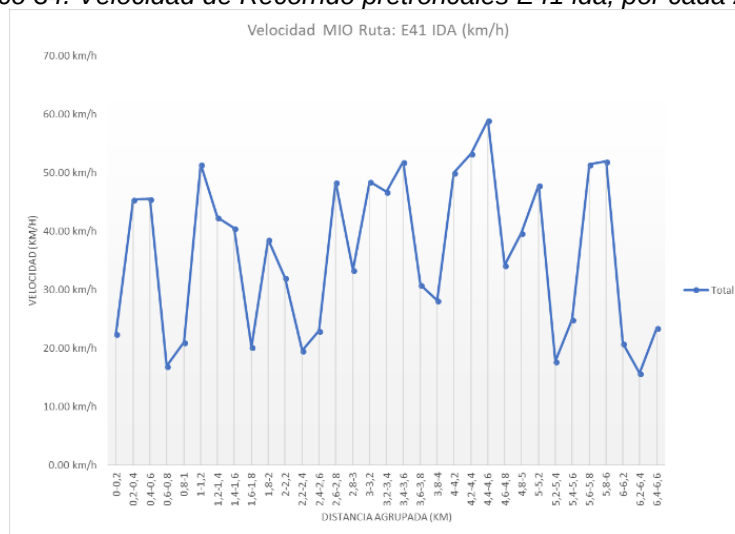
Gráfico 33. Velocidad de Recorrido pretroncales E31 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

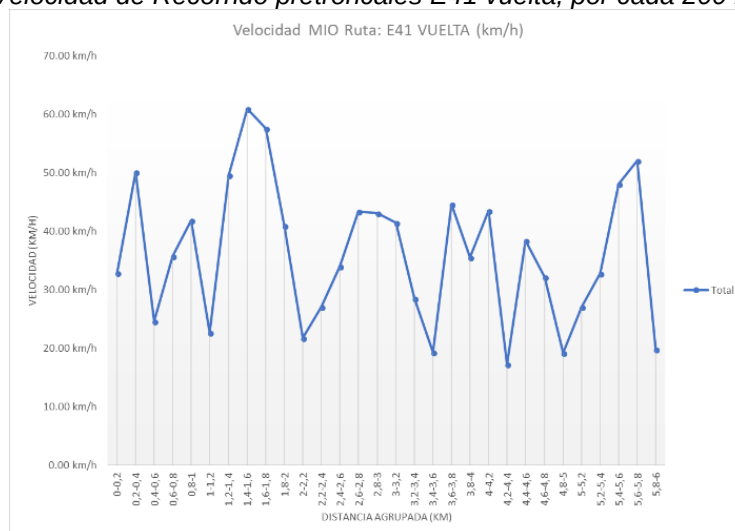
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 34. Velocidad de Recorrido pretroncales E41 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

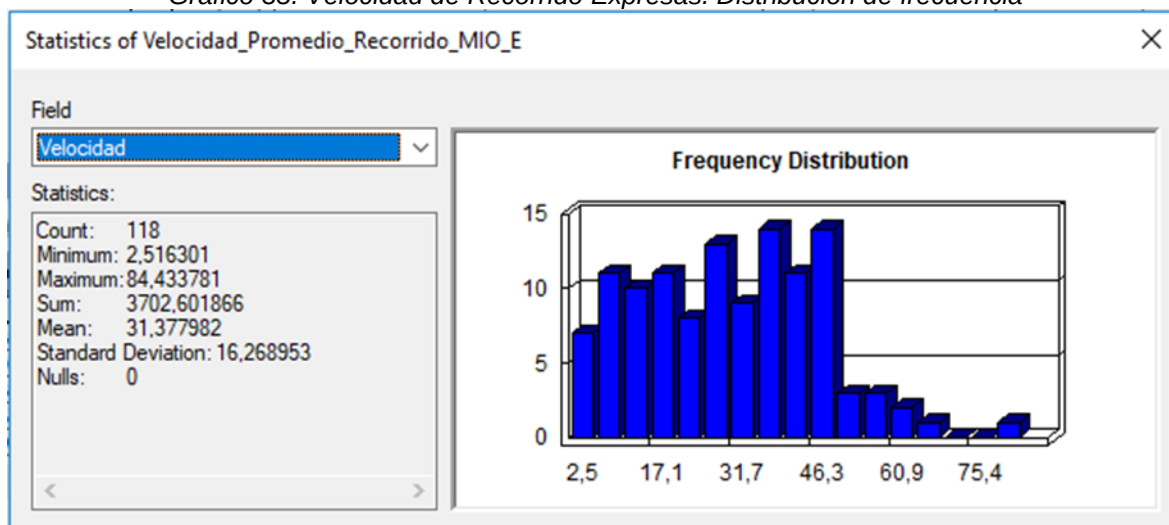
Velocidad de Recorrido pretroncales E41 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades promedios de los recorridos ejecutados.

Gráfico 35. Velocidad de Recorrido Expresas. Distribución de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 34. Estadísticas para la Velocidad de Recorrido Expresas

Medidas de Tendencia Central

Media	31.378
Mediana	30.526

Medidas de Dispersión

Desviación Estándar	16.269
Varianza	264.679
Máximo	84.434
Mínimo	2.516
Rango	81.917
Coeficiente de Variación	51.85%

Medidas de Asimetría

Curtosis	-0.281 Platicúrtica
-----------------	---------------------

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.3 VELOCIDAD DE MARCHA

8.3.1 Camiones

En la tabla 35 se observan las velocidades de marcha de las rutas en camiones, estas fluctúan entre 22.66 km/h y 30.16 km/h, con un promedio general de 25.13 km/h.

Tabla 35. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Camiones

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
CAMION	01	24.19 km/h	23.82 km/h	24.01 km/h
CAMION	02	22.61 km/h	22.71 km/h	22.66 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
Total general		25.24 km/h	25.02 km/h	25.13 km/h

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.3.2 MIO Alimentadoras

En la tabla 36 se observan las velocidades de marcha de las rutas de Alimentadoras, estas fluctúan entre 19.87 km/h y 26.13 km/h, con un promedio general de 26.97 km/h.

Tabla 36. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Alimentadoras

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
MIO	A01A	23.10 km/h	26.11 km/h	24.37 km/h
MIO	A02	25.74 km/h	24.94 km/h	25.33 km/h
MIO	A03	21.96 km/h	18.02 km/h	19.87 km/h
MIO	A04	26.60 km/h	24.05 km/h	25.22 km/h
MIO	A05	24.24 km/h	20.61 km/h	22.33 km/h
MIO	A06	20.99 km/h	20.72 km/h	20.85 km/h
Total general		27.63 km/h	26.34 km/h	26.97 km/h

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.3.3 MIO Pretroncales

En la tabla 37 se observan las velocidades de marcha de las rutas de pretroncales, estas fluctúan entre 24.69 km/h y 26.44 km/h, con un promedio general de 26.97 km/h.

Tabla 37. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Pretroncales

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
MIO	P21A	27.50 km/h	25.47 km/h	26.44 km/h
MIO	P24B	25.46 km/h	23.95 km/h	24.69 km/h
MIO	P40A	24.48 km/h	26.17 km/h	25.28 km/h
MIO	P40B	25.29 km/h	24.71 km/h	25.00 km/h
Total general		27.63 km/h	26.34 km/h	26.97 km/h

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.3.4 MIO Troncales

En la tabla 38 se observan las velocidades de marcha de las rutas de pretroncales, estas fluctúan entre 24.69 km/h y 26.44 km/h, con un promedio general de 26.97 km/h.

Tabla 38. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Troncales

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
MIO	T31 IDA	29.99 km/h	36.16 km/h	32.58 km/h
MIO	T31 VUELTA	30.71 km/h	30.94 km/h	30.83 km/h
MIO	T42	32.08 km/h	26.78 km/h	29.28 km/h
MIO	T47B IDA	30.74 km/h	26.42 km/h	28.56 km/h
MIO	T47B VUELTA	32.91 km/h	30.65 km/h	31.84 km/h
Total general		27.63 km/h	26.34 km/h	26.97 km/h

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.3.5 MIO Expresas

En la tabla 39 se observan las velocidades de marcha de las rutas de pretroncales, estas fluctúan entre 24.69 km/h y 26.44 km/h, con un promedio general de 26.97 km/h.

Tabla 39. Velocidades de Marcha por Ruta Diseñada Expresas

Velocidad Marcha		DIA		
Modo	RUTA	DIA 1	DIA 2	Total general
MIO	E21 IDA	32.06 km/h	29.88 km/h	30.86 km/h
MIO	E21 VUELTA	29.29 km/h	27.43 km/h	28.35 km/h
MIO	E27 IDA	31.83 km/h	24.06 km/h	27.49 km/h
MIO	E27 VUELTA	24.21 km/h	28.57 km/h	26.26 km/h
MIO	E31 IDA	37.01 km/h	34.46 km/h	35.63 km/h
MIO	E31 VUELTA	37.20 km/h	36.78 km/h	36.99 km/h
MIO	E41 IDA	36.11 km/h	34.53 km/h	35.27 km/h
MIO	E41 VUELTA	36.07 km/h	35.23 km/h	35.64 km/h
Total general		27.63 km/h	26.34 km/h	26.97 km/h

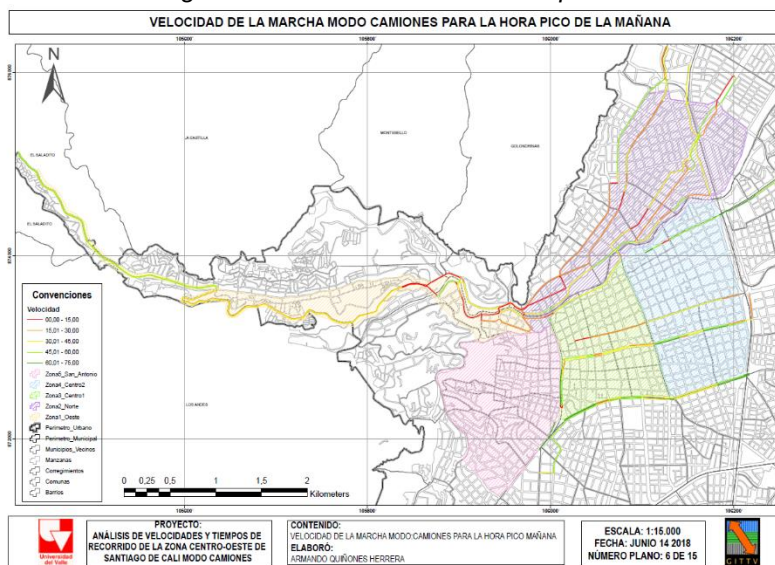
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS VELOCIDAD DE MARCHA

8.4.1 Camiones

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica la velocidad de marcha por arco (figura 85) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

Figura 85. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Camiones

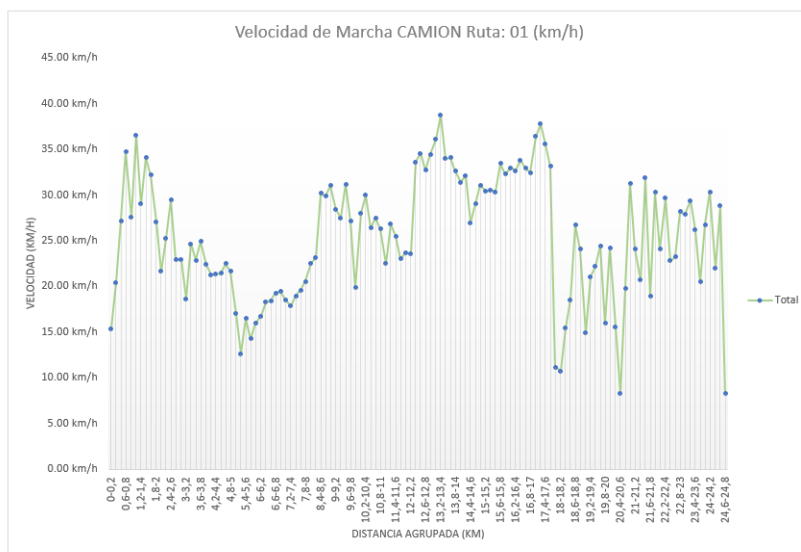


Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

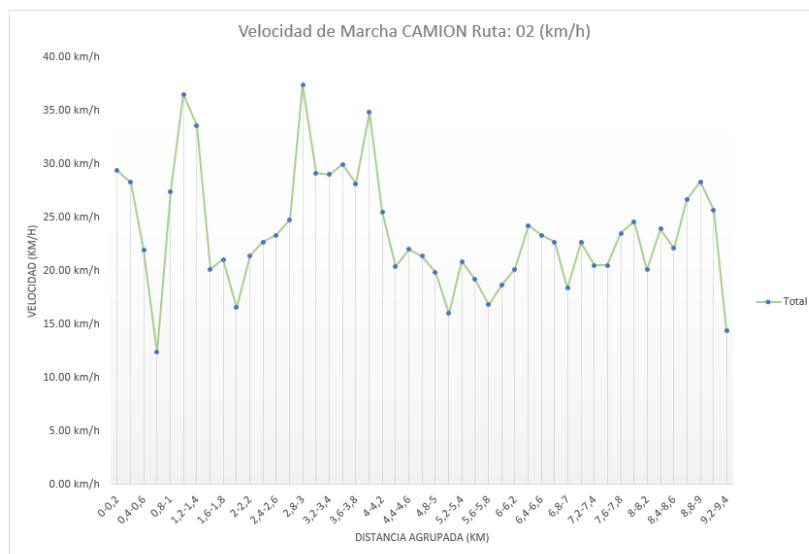
A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades de marcha de los recorridos.

Gráfico 36. Velocidad de Marcha camión ruta 1, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

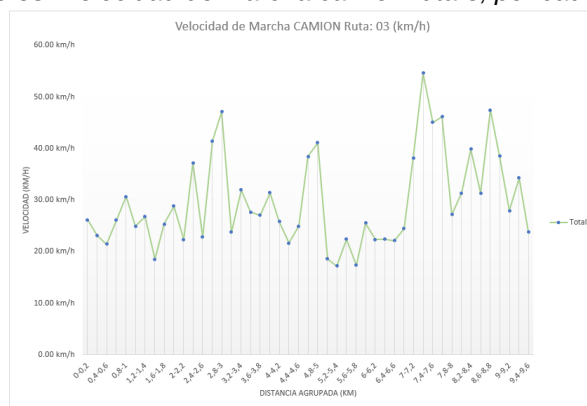
Gráfico 37. Velocidad de Marcha camión ruta 2 por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

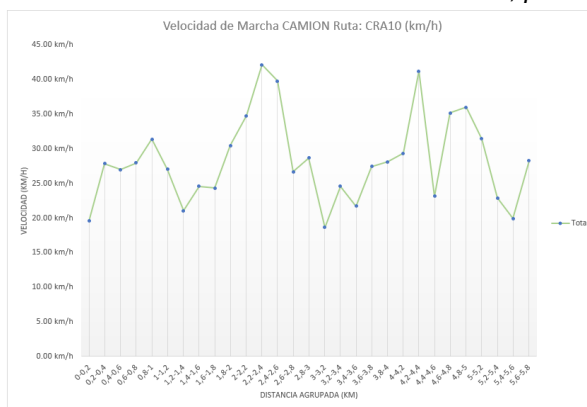
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 38. Velocidad de Marcha camión ruta 3, por cada 200 m.



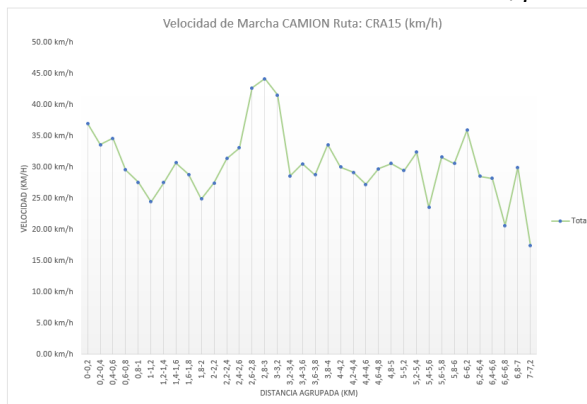
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 39. Velocidad de Marcha camión ruta cra 10, por cada 200 m.



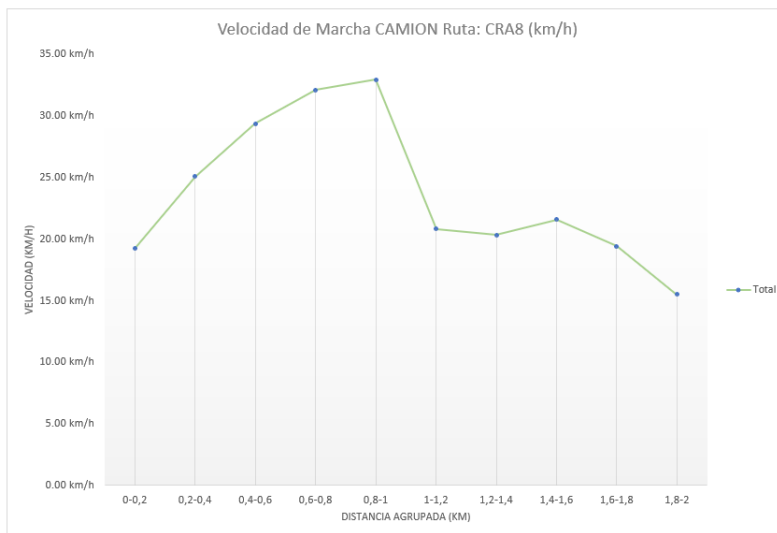
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 40. Velocidad de Marcha camión ruta cra 15, por cada 200 m.



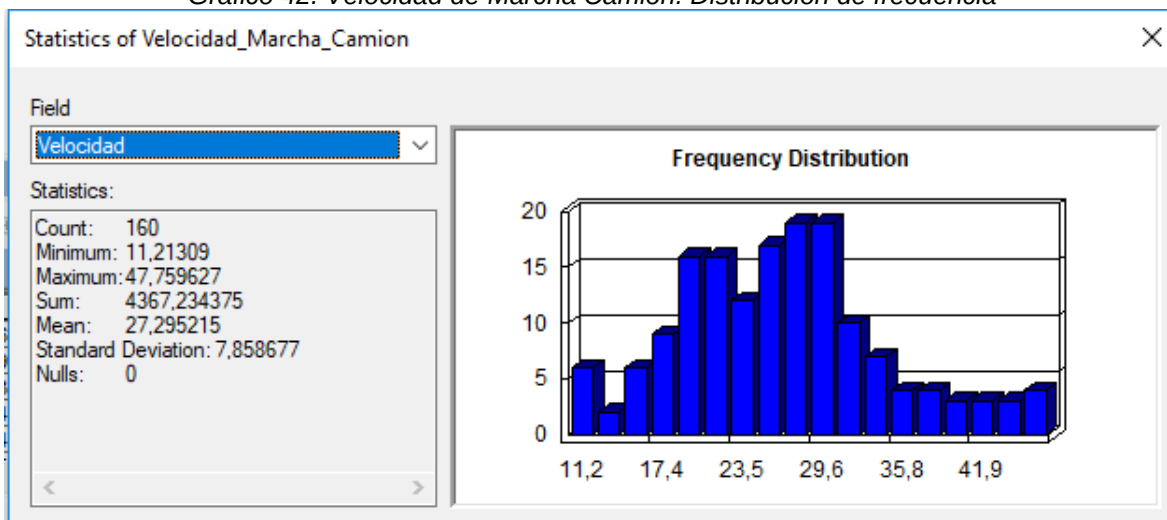
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 41. Velocidad de Marcha camión cra 8, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 42. Velocidad de Marcha Camión. Distribución de frecuencia



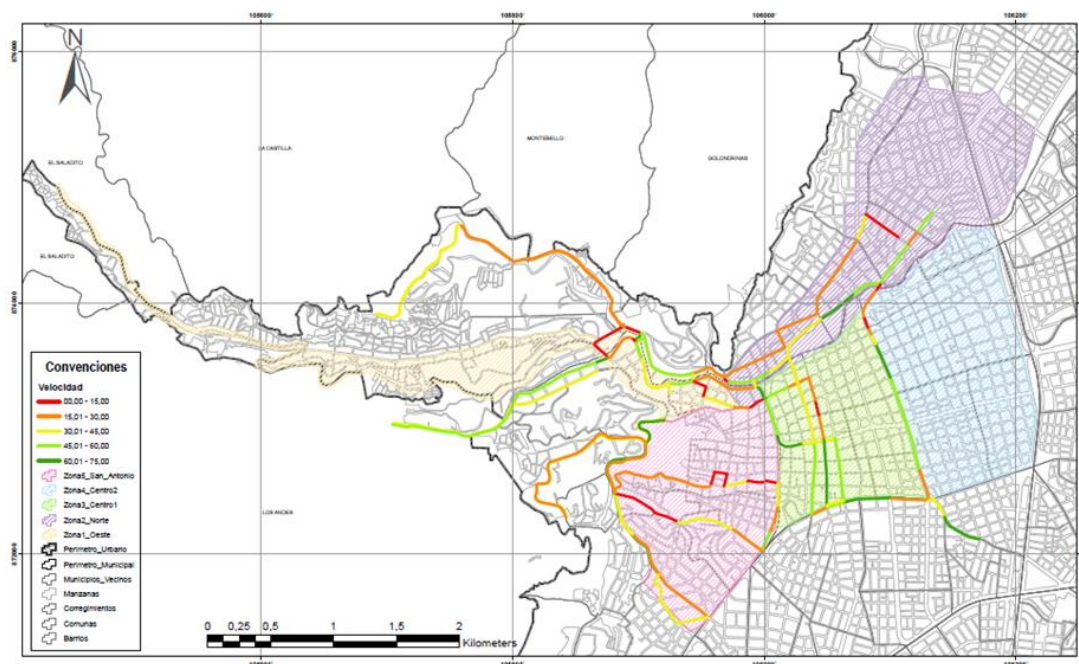
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.4.2 MIO Alimentadoras

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica la velocidad de marcha por arco (figura 86) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

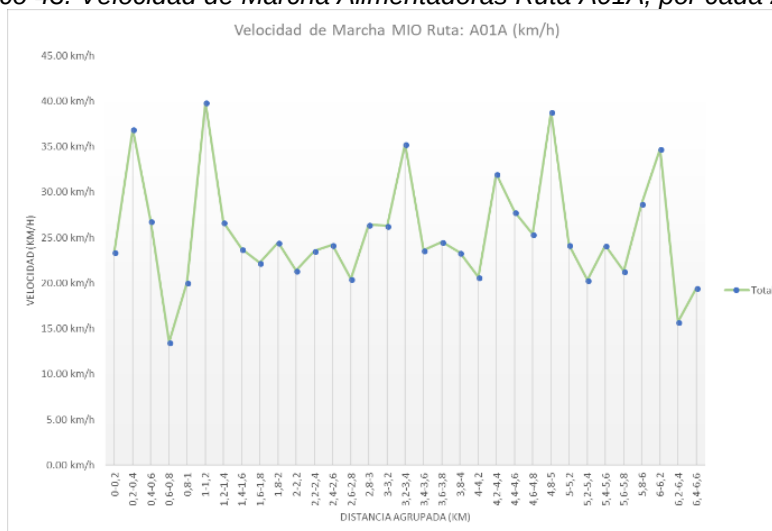
Figura 86. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Alimentadoras



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades de marcha de los recorridos.

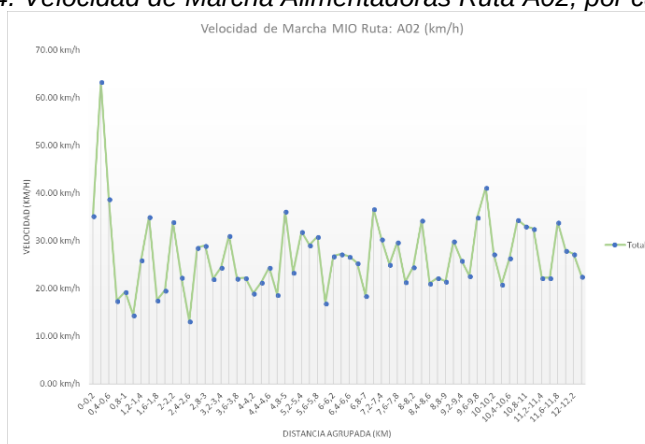
Gráfico 43. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A01A, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

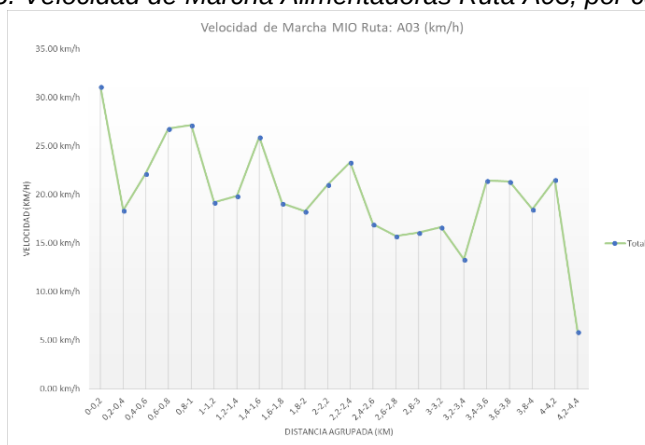
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 44. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A02, por cada 200 m.



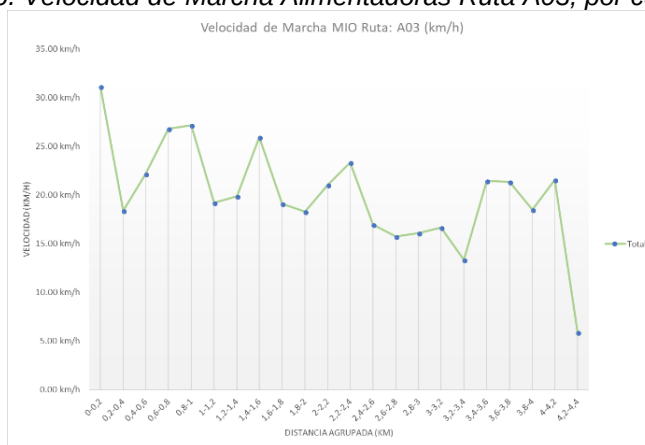
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 45. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A03, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

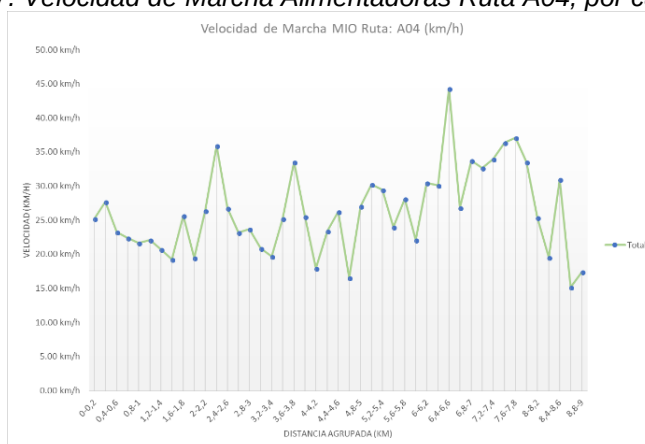
Gráfico 46. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A03, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

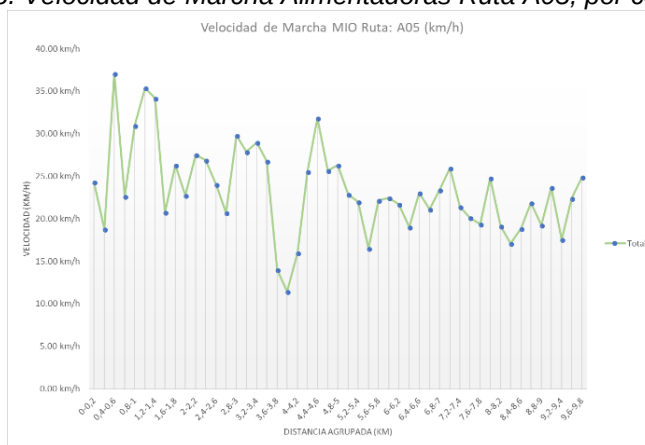
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 47. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A04, por cada 200 m.



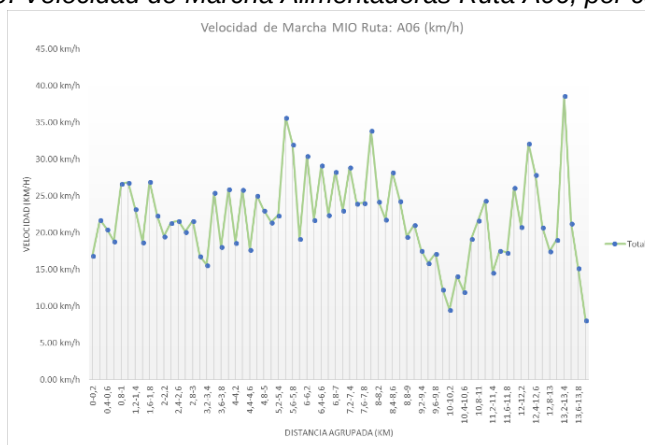
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 48. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A05, por cada 200 m.



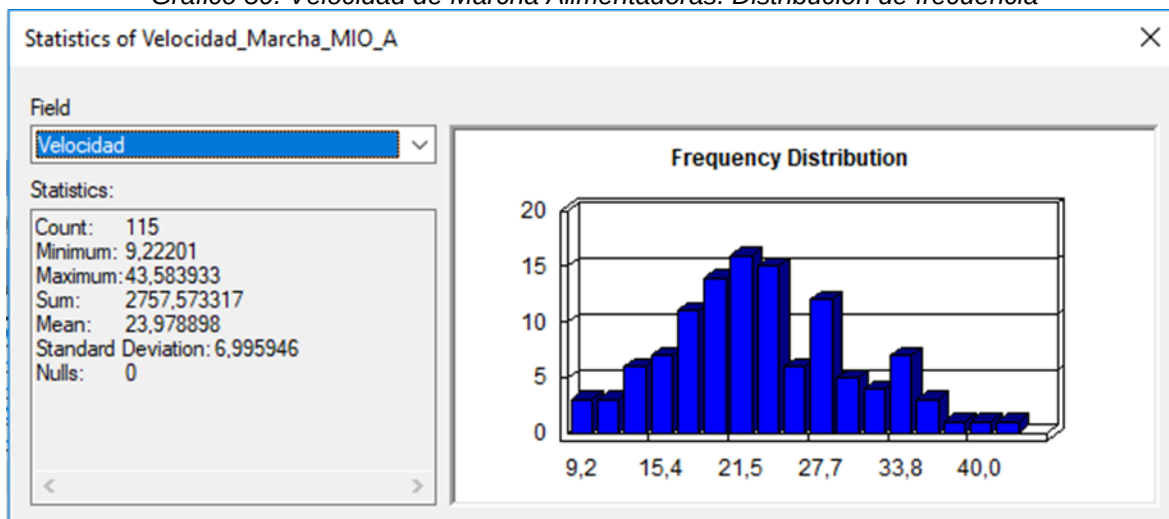
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 49. Velocidad de Marcha Alimentadoras Ruta A06, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 50. Velocidad de Marcha Alimentadoras. Distribución de frecuencia

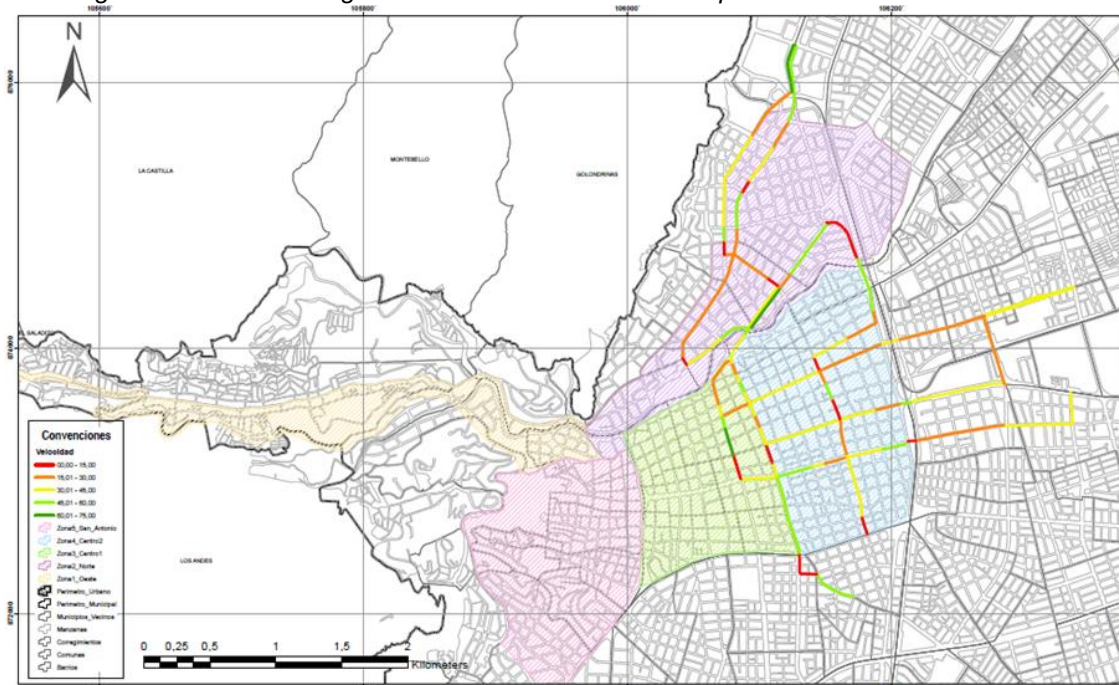


Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.4.3 MIO Pretroncales

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica la velocidad de marcha por arco (figura 87) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

Figura 87. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Pretroncales

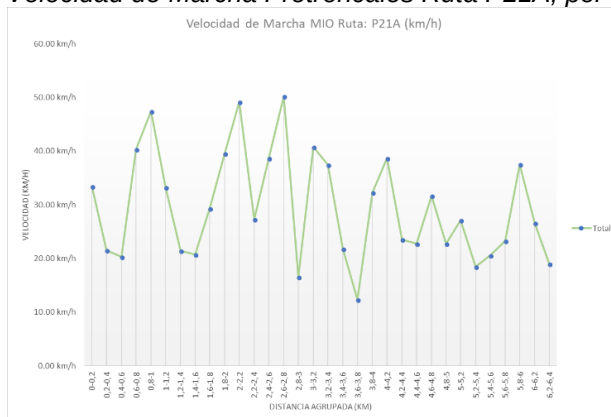


Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

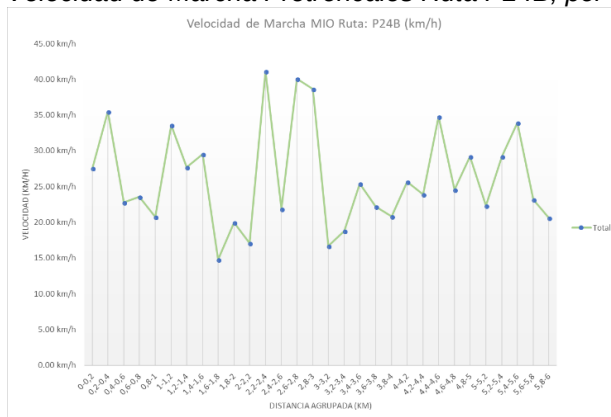
A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades de marcha de los recorridos.

Gráfico 51. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P21A, por cada 200 m.



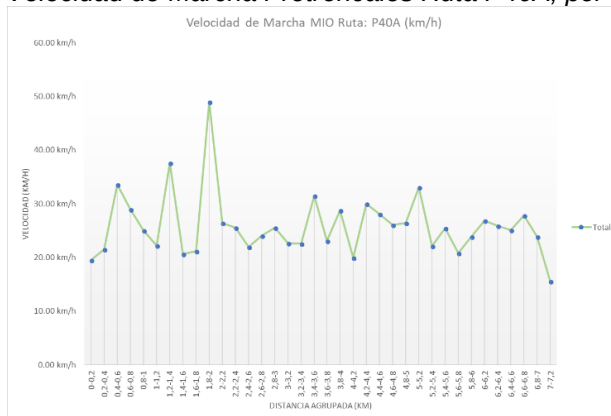
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 52. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P24B, por cada 200 m.



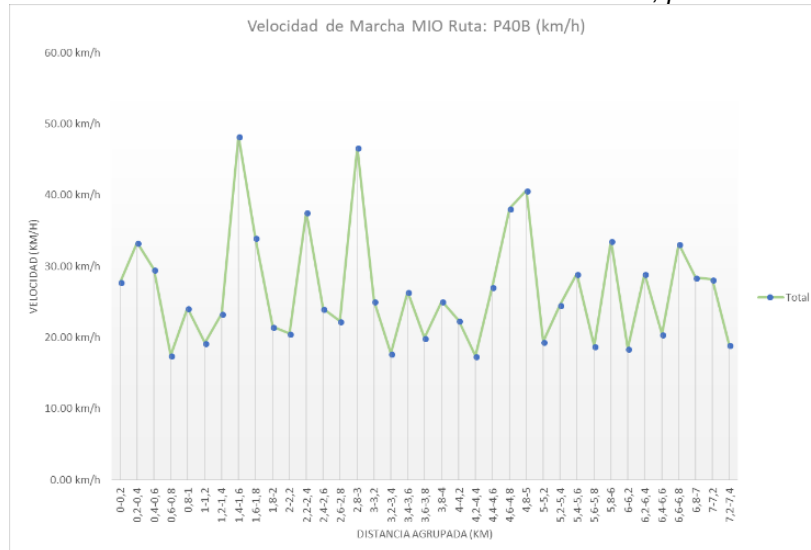
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 53. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P40A, por cada 200 m.



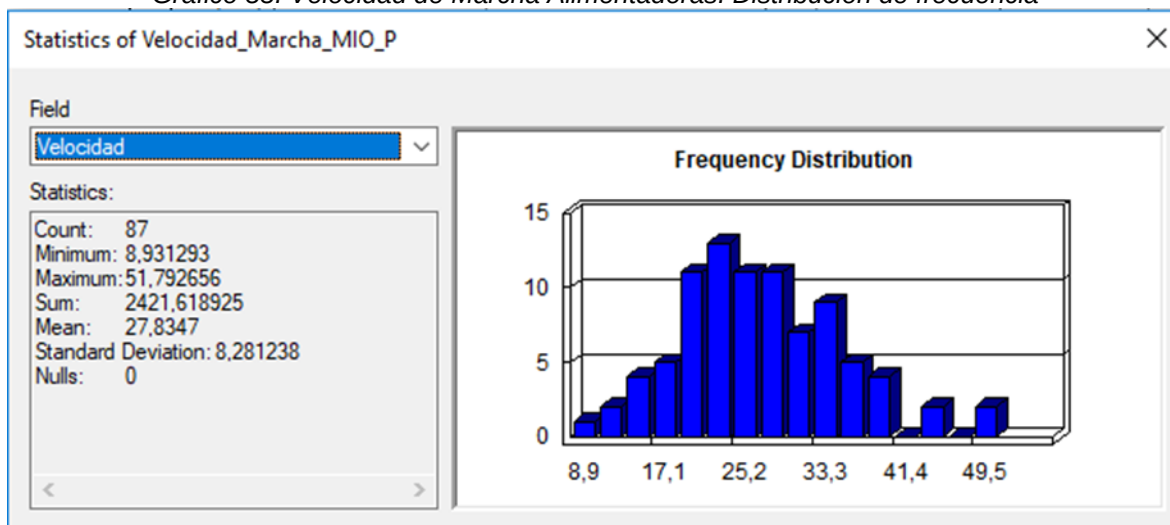
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 54. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta P40B, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 55. Velocidad de Marcha Alimentadoras. Distribución de frecuencia



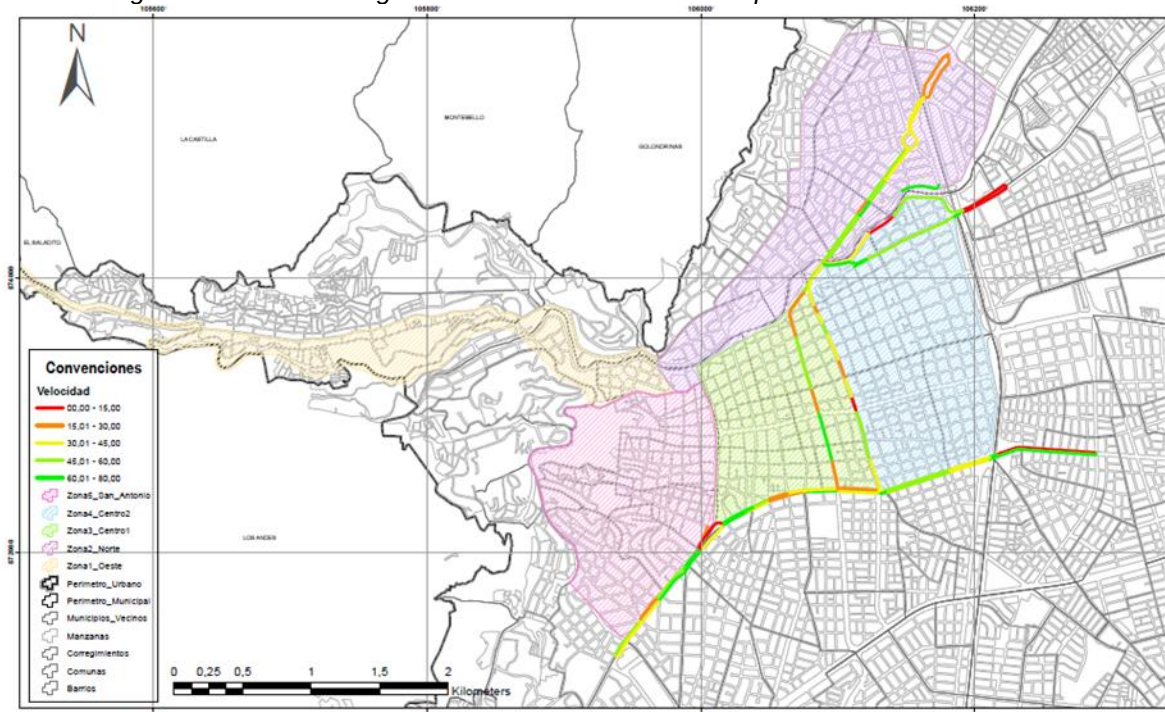
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.4.4 MIO Troncales

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica la velocidad de marcha por arco (figura 88) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

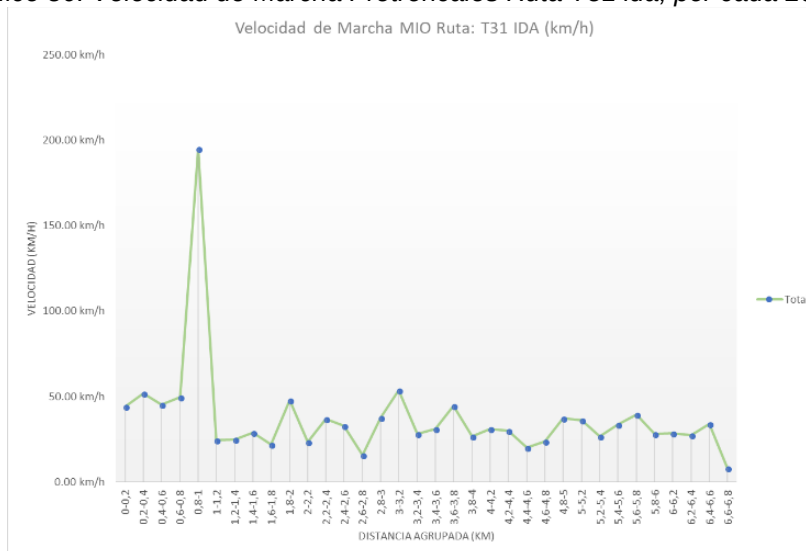
Figura 88. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Troncales



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades de marcha de los recorridos.

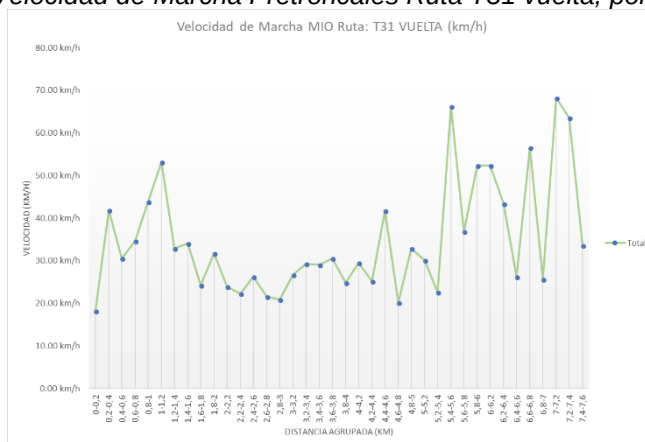
Gráfico 56. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T31 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

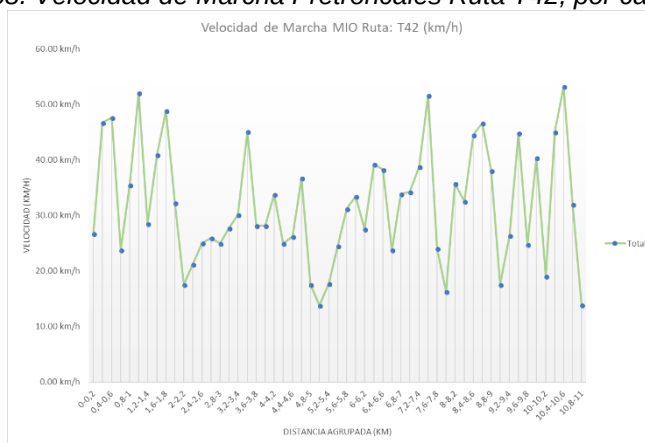
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 57. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T31 vuelta, por cada 200 m.



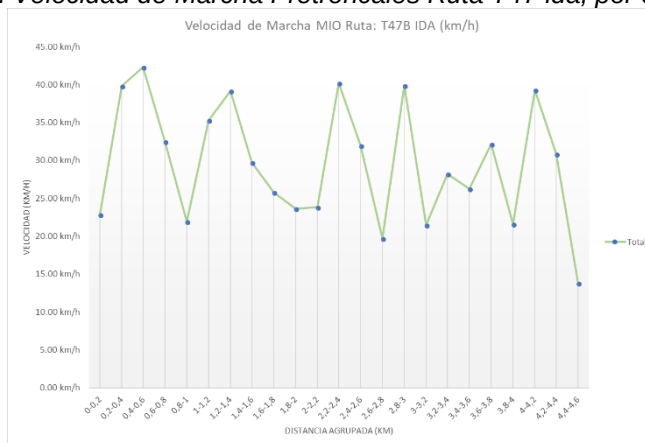
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 58. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T42, por cada 200 m.



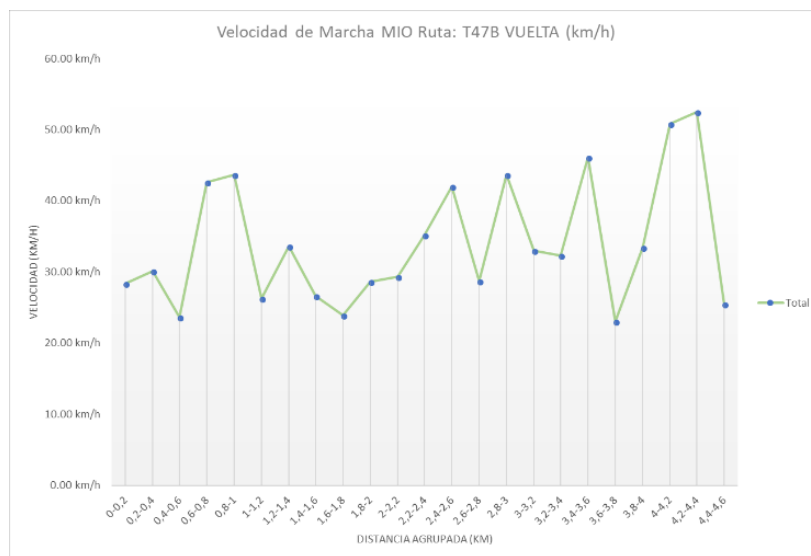
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 59. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T47B ida, por cada 200 m.



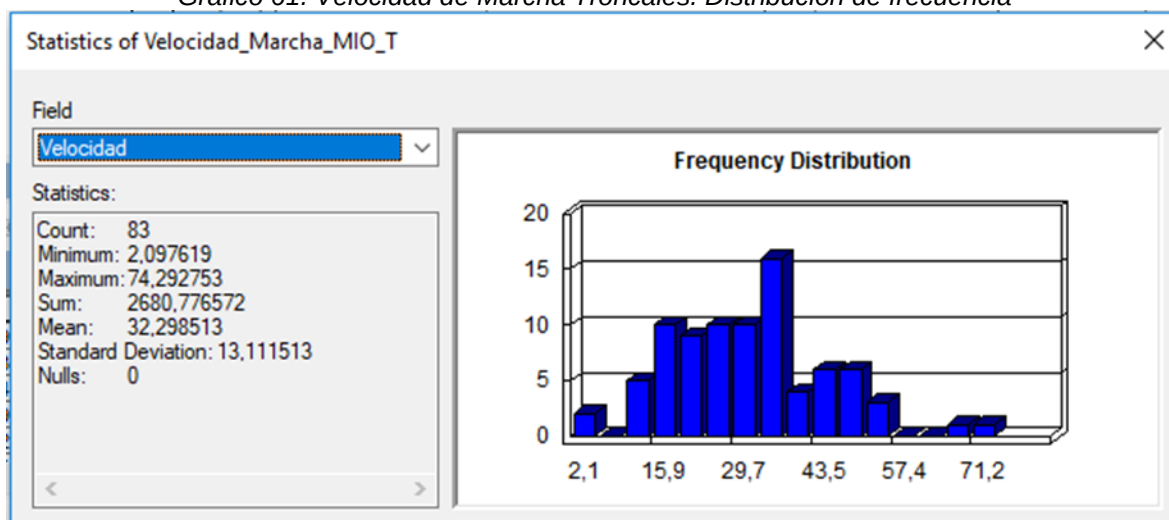
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 60. Velocidad de Marcha Pretroncales Ruta T47 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 61. Velocidad de Marcha Troncales. Distribución de frecuencia



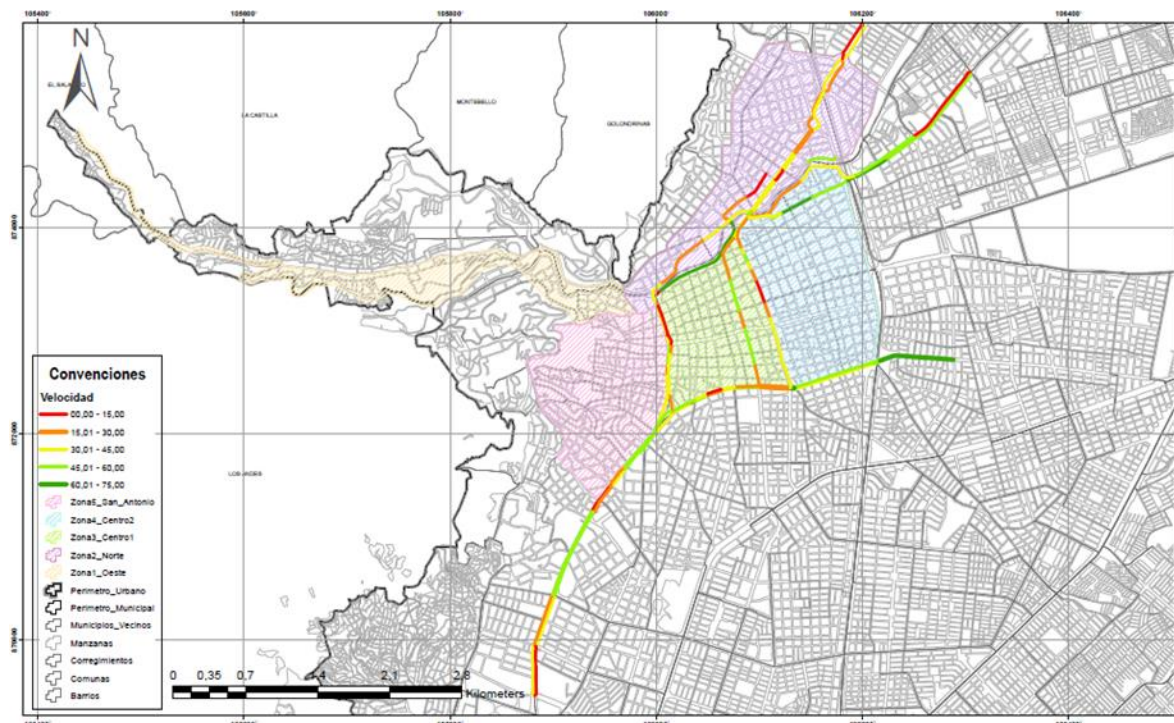
Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.4.5 MIO Expresas

Los resultados obtenidos representan de manera gráfica la velocidad de marcha por arco (figura 89) que fueron determinadas en los diferentes corredores viales de la hora pico de la mañana.

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

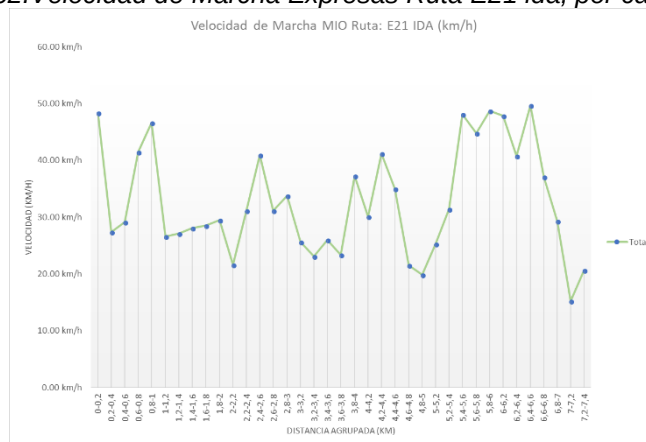
Figura 89. Salida cartográfica de velocidad de marcha por arco en MIO Expresas



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A continuación, se representan gráficamente los resultados de las velocidades de marcha de los recorridos.

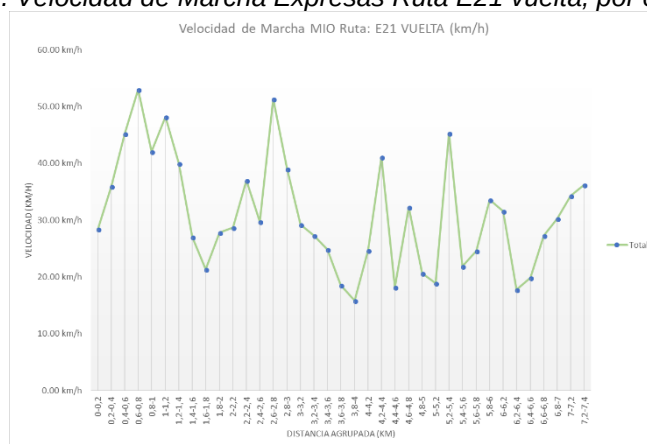
Gráfico 62. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E21 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

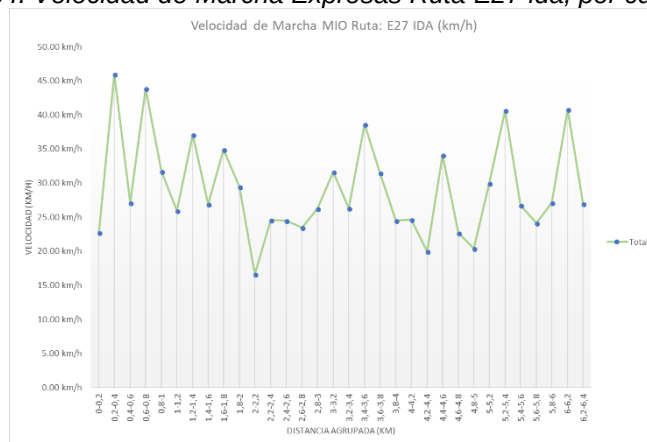
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 63. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E21 vuelta, por cada 200 m.



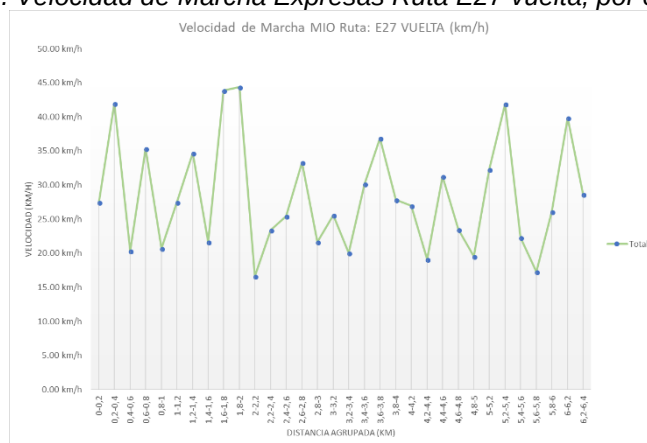
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 64. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E27 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

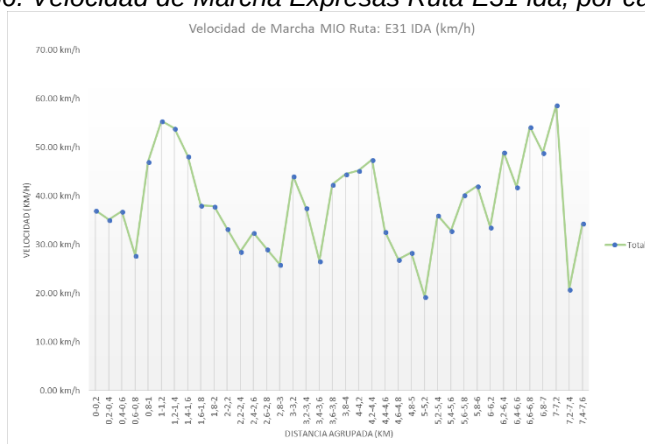
Gráfico 65. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E27 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

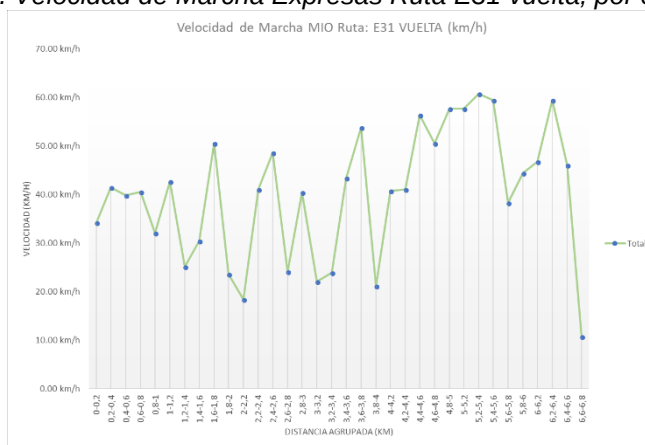
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 66. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E31 ida, por cada 200 m.



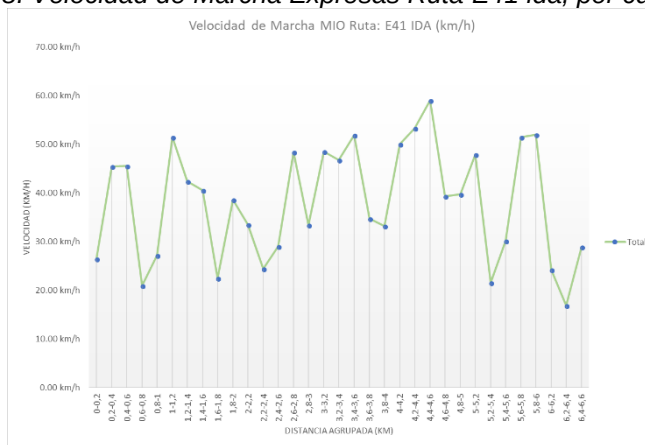
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 67. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E31 vuelta, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

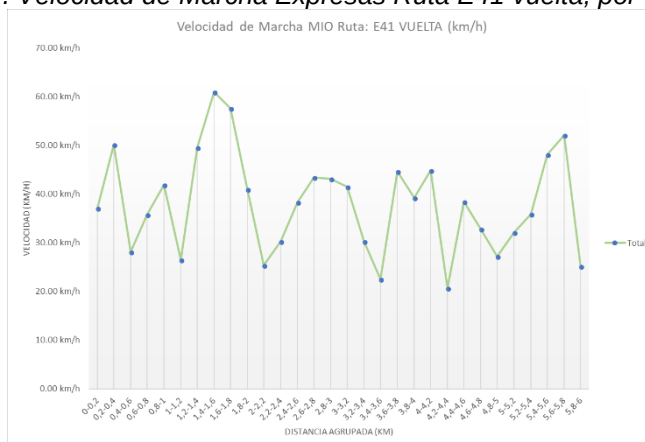
Gráfico 68. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E41 ida, por cada 200 m.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

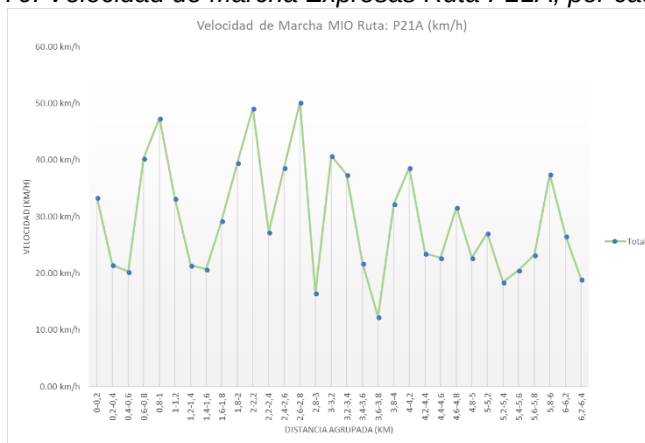
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 69. Velocidad de Marcha Expresas Ruta E41 vuelta, por cada 200 m



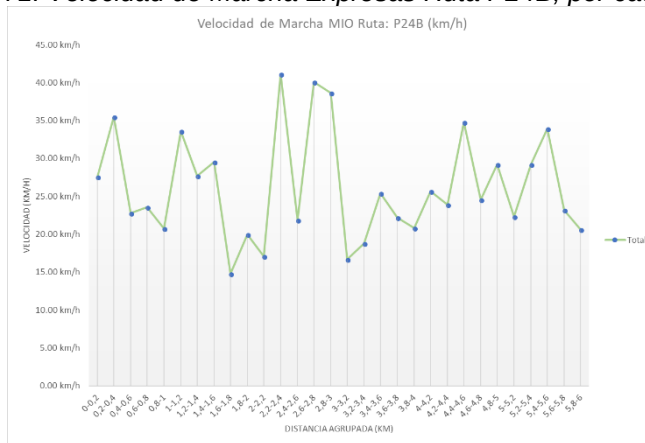
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 70. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P21A, por cada 200 m



Fuente: Elaboración Propia, 2018

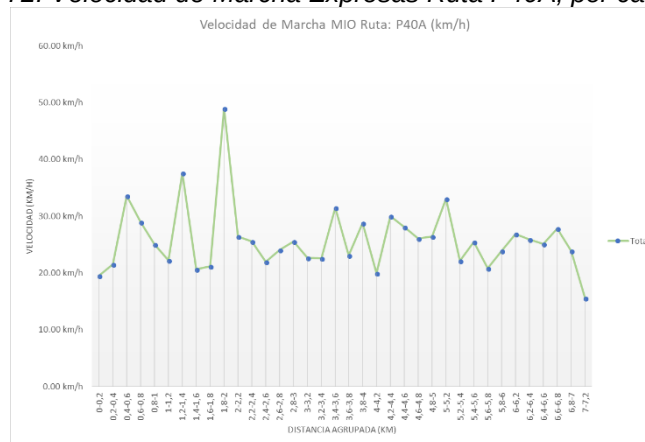
Gráfico 71. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P24B, por cada 200 m



Fuente: Elaboración Propia, 2018

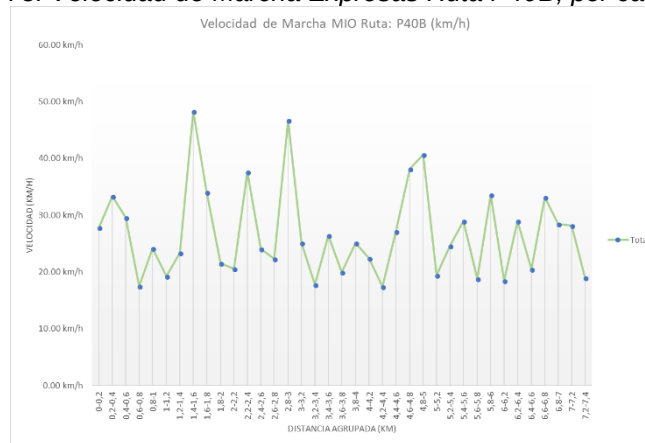
ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

Gráfico 72. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P40A, por cada 200 m



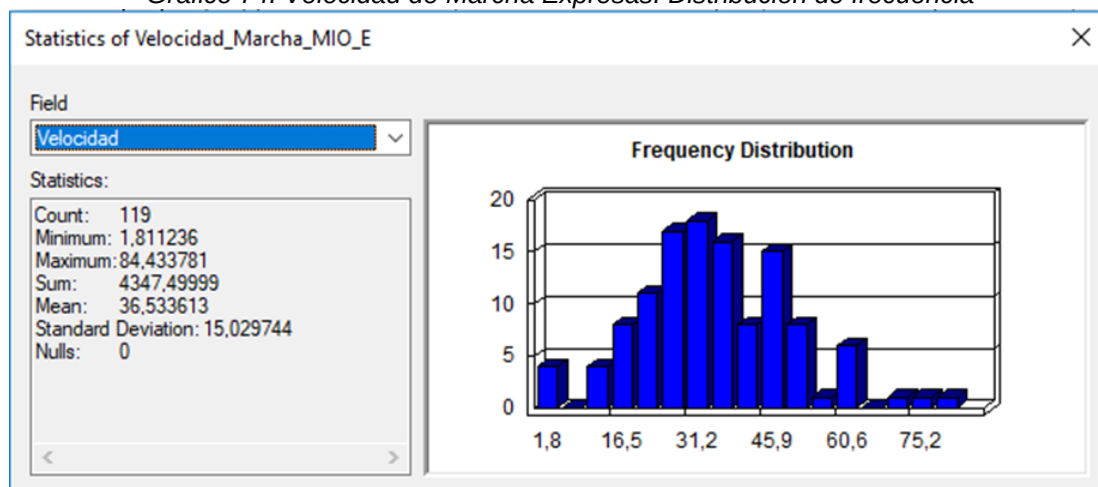
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 73. Velocidad de Marcha Expresas Ruta P40B, por cada 200 m



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 74. Velocidad de Marcha Expresas. Distribución de frecuencia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.5 CALCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD

8.5.1 Niveles de servicio (NDS)

8.5.1.1 Camiones

En la tabla 40 se muestran los resultados correspondientes a los niveles de servicio (NDS), de todas las rutas, este indicador describe las condiciones de operación actual del flujo vehicular.

Tabla 40. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos Camiones.

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
B	4	4	2.50%	2.50%
C	27	31	16.88%	19.38%
D	46	77	28.75%	48.13%
E	36	113	22.50%	70.63%
F	47	160	29.38%	100.00%
Total general	160		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.5.1.2 MIO Alimentadoras

En la tabla 41 se muestran los resultados correspondientes a los niveles de servicio (NDS), de todas las rutas, este indicador describe las condiciones de operación actual del flujo vehicular.

Tabla 41. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Alimentadoras.

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
B	1	1	0.86%	0.86%
C	11	12	9.48%	10.34%
D	17	29	14.66%	25.00%
E	28	57	24.14%	49.14%

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
F	59	116	50.86%	100.00%
Total general	116		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.5.1.3 MIO Pretroncales

En la tabla 42 se muestran los resultados correspondientes a los niveles de servicio (NDS), de todas las rutas, este indicador describe las condiciones de operación actual del flujo vehicular.

Tabla 42. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Pretroncales.

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
B	1	1	1.15%	1.15%
C	19	20	21.84%	22.99%
D	12	32	13.79%	36.78%
E	22	54	25.29%	62.07%
F	33	87	37.93%	100.00%
Total general	87		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.5.1.4 MIO Troncales

En la tabla 43 se muestran los resultados correspondientes a los niveles de servicio (NDS), de todas las rutas, este indicador describe las condiciones de operación actual del flujo vehicular.

Tabla 43. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Troncales.

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
A	2	2	2.50%	2.50%
B	6	8	7.50%	10.00%

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
C	21	29	26.25%	36.25%
D	11	40	13.75%	50.00%
E	11	51	13.75%	63.75%
F	29	80	36.25%	100.00%
Total general	80		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.5.1.5 MIO Expresas

En la tabla 44 se muestran los resultados correspondientes a los niveles de servicio (NDS), de todas las rutas, este indicador describe las condiciones de operación actual del flujo vehicular.

Tabla 44. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Expresas.

Nivel de Servicio	Frecuencia Absoluta Tramos	Frecuencia Absoluta Acumulada Tramos	Frecuencia Relativa Tramos	Frecuencia Relativa Acumulada Tramos
A	5	5	4.24%	4.24%
B	20	25	16.95%	21.19%
C	30	55	25.42%	46.61%
D	17	72	14.41%	61.02%
E	7	79	5.93%	66.95%
F	39	118	33.05%	100.00%
Total general	118		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.6 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA NIVELES DE SERVICIO

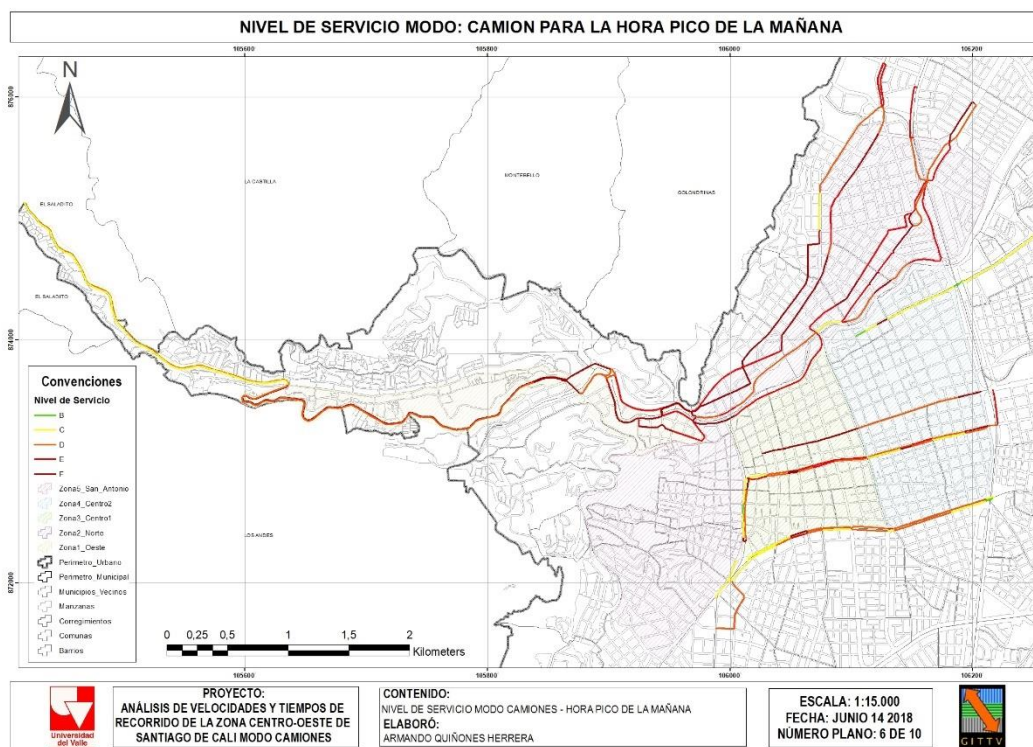
Para la estimación de los niveles de servicio se hace uso de las velocidades de recorrido en los arcos, clasificando las velocidades de acuerdo con la metodología del HCM en los rangos de velocidades que la metodología considera y a lo cual le asigna un nivel de servicio acorde.

De acuerdo con las tablas del capítulo 4, Niveles de servicio en vías arterias, para este estudio se asociaron las vías arterias principales a categoría II y las vías arterias secundarias a categoría III.

8.6.1 Camiones

A continuación, se da a conocer de manera gráfica (figura 90) los niveles de servicio (NDS) en los diferentes corredores viales en la hora pico de la mañana.

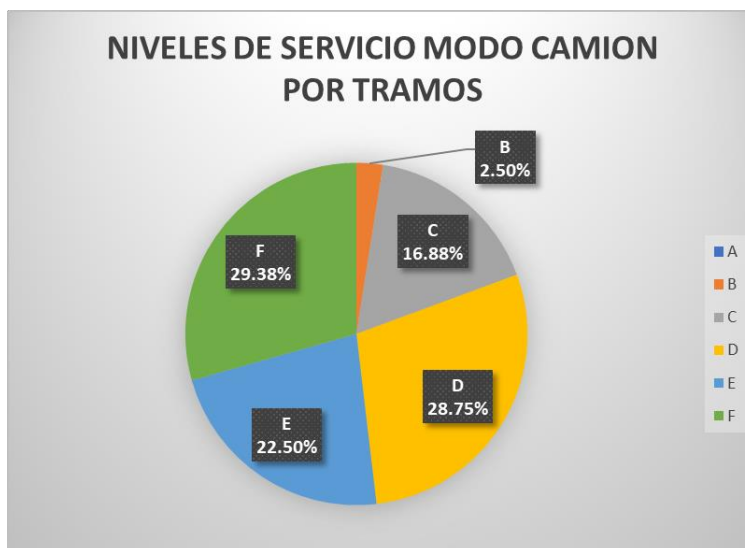
Figura 90. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, camiones



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 el gráfico 70, se muestran los niveles de servicio (NDS) de todas las rutas de toma de información de camiones en la hora pico de la mañana.

Gráfico 75. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos Camiones



Fuente: Elaboración Propia, 2018

A partir del estudio realizado y de los resultados presentados en el gráfico 75 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 D 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. El nivel B se encuentra en tan solo el 2.5%. El Nivel C alcanza más del 16%.

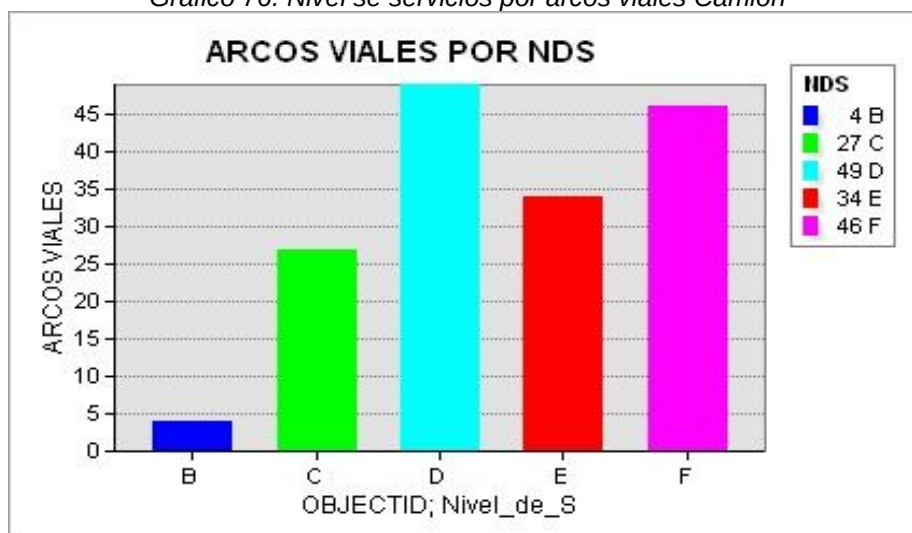
A continuación, se presenta información estadística asociada a los niveles de servicio del total de las rutas.

Figura 91. Tabla de atributos niveles de servicio Camión

OBJECTID*	Nivel de S	Count Nivel de S	Minimum Velocidad	Maximum Velocidad	Average Velocidad	StdDev Velocidad	Variance Velocidad
1	B	4	46,685151	47,759627	47,10937	0,465009	0,216234
2	C	27	33,216419	44,948734	37,82579	3,852407	14,841039
3	D	49	12,2915	32,428589	28,522266	3,122472	9,749834
4	E	34	21,108055	25,812478	23,526726	1,480612	2,192212
5	F	46	8,844808	20,803474	17,035361	3,070413	9,427438

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 76. Nivel de servicios por arcos viales Camión

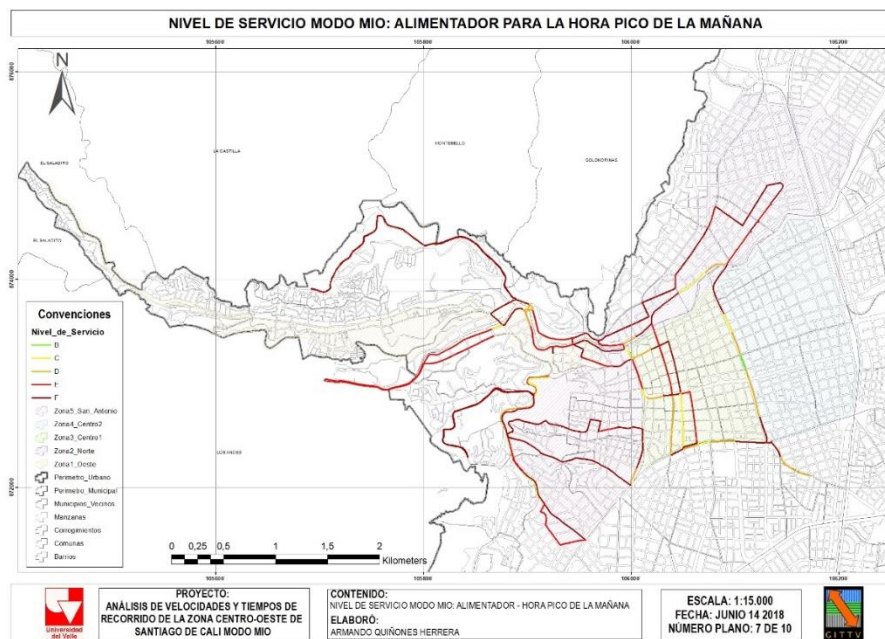


Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.6.2 MIO Alimentadoras

A continuación, se da a conocer de manera gráfica (figura 92) los niveles de servicio (NDS) en los diferentes corredores viales en la hora pico de la mañana.

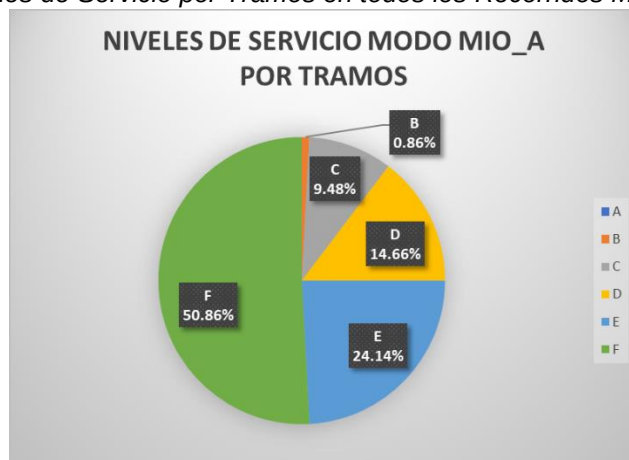
Figura 92. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Alimentadoras



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 el gráfico 72, se muestran los niveles de servicio (NDS) de todas las rutas de toma de información de camiones en la hora pico de la mañana.

Gráfico 77. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Alimentadoras



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 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. El Nivel C y D alcanza alrededor del 25%.

A continuación, se presenta información estadística asociada a los niveles de servicio del total de las rutas.

Figura 93 Tabla de atributos niveles de servicio Alimentadora

Table									
NDSMIOA									
OBJECTID*	Nivel de S	Count Nivel de S	Minimum Velocidad	Maximum Velocidad	Average Velocidad	StdDev Velocidad	Variance Velocidad		
1 B		1	46,313334	46,313334	46,313334	0	0		
2 C		11	33,291239	41,370969	36,153175	2,318376	5,374869		
3 D		20	10,535571	32,898166	27,307689	5,160966	26,635573		
4 E		27	21,062725	25,619488	23,628825	1,433722	2,055558		
5 F		57	6,589931	20,943573	15,799747	3,805294	14,480266		

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 78. Nivel se servicios por arcos viales Alimentadora

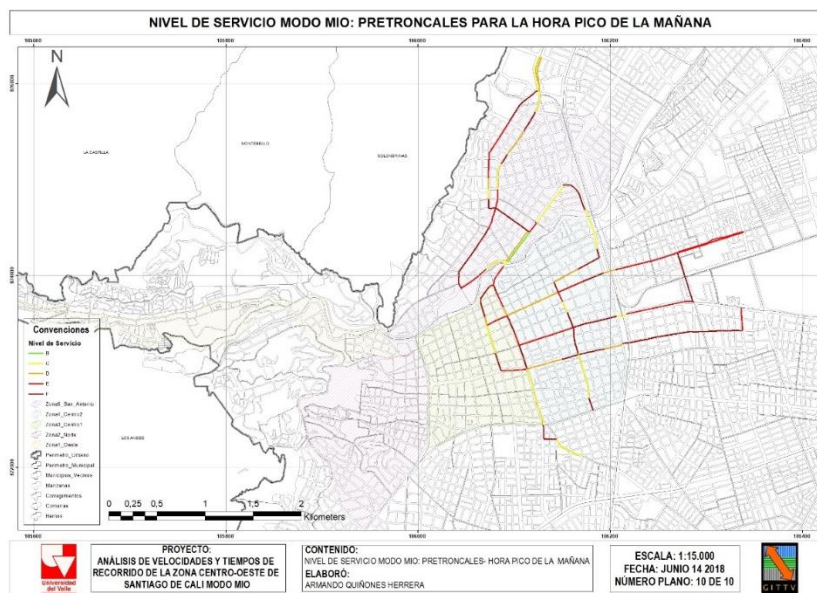


Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.6.3 MIO Pretroncales

A continuación, se da a conocer de manera gráfica (figura 94) los niveles de servicio (NDS) en los diferentes corredores viales en la hora pico de la mañana.

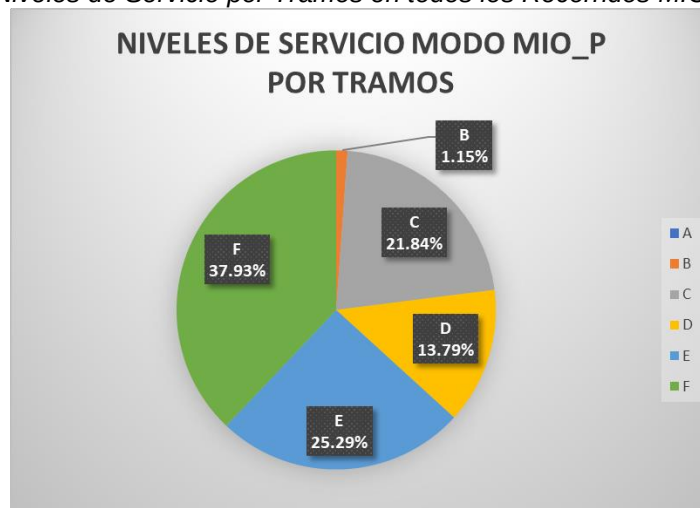
Figura 94. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Pretroncales



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 el gráfico 74, se muestran los niveles de servicio (NDS) de todas las rutas de toma de información de camiones en la hora pico de la mañana.

Gráfico 79. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Pretroncales



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 corredores con Nivel de Servicio E y F con un 62% 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. El Nivel C y D alcanza el 37%.

A continuación, se presenta información estadística asociada a los niveles de servicio del total de las rutas.

Figura 95. Tabla de atributos niveles de servicio Pretroncal

OBJECTID*	Nivel de S	Count Nivel de S	Minimum Velocidad	Maximum Velocidad	Average Velocidad	StdDev Velocidad	Variance Velocidad
1 B	B	1	46,517177	46,517177	46,517177	0	0
2 C	C	19	33,102797	45,943315	37,900362	3,815511	14,558126
3 D	D	12	26,27724	32,343346	29,383731	2,174133	4,726853
4 E	E	22	21,010267	25,784496	23,499272	1,60624	2,580007
5 F	F	33	2,65629	20,811651	15,374313	4,47523	20,027686

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 80. Nivel se servicios por arcos viales Pretroncal

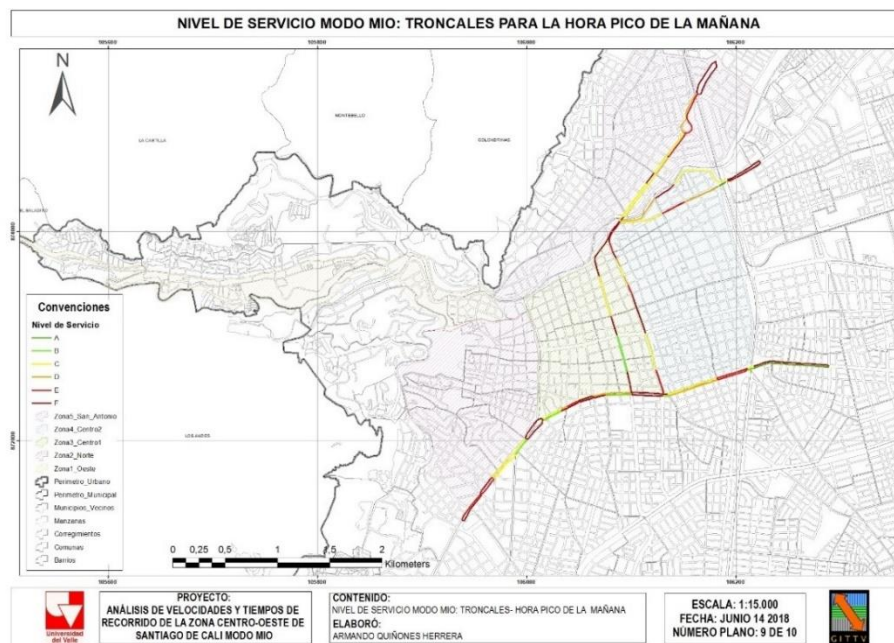


Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.6.3.1 MIO Troncales

A continuación, se da a conocer de manera gráfica (figura 96) los niveles de servicio (NDS) en los diferentes corredores viales en la hora pico de la mañana.

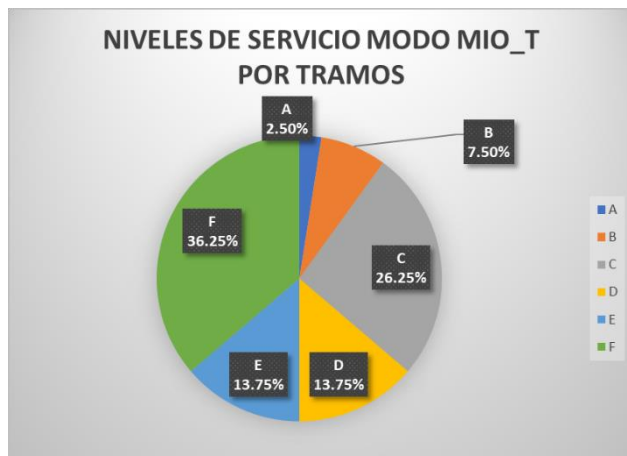
Figura 96. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Troncales



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 el gráfico 76, se muestran los niveles de servicio (NDS) de todas las rutas de toma de información de camiones en la hora pico de la mañana.

Gráfico 81. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Troncales



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 corredores con Nivel de Servicio E y F de 50% 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 el 10%. El Nivel C no con el 23%.

A continuación, se presenta información estadística asociada a los niveles de servicio del total de las rutas.

Figura 97. Tabla de atributos niveles de servicio Troncal

OBJECTID	Nivel de S	Count Nivel de S	Minimum Velocidad	Maximum Velocidad	Average Velocidad	StdDev Velocidad	Variance Velocidad
1	A	2	67.109246	74.292753	70.700999	5.079507	25.801388
2	B	6	48.424543	52.978058	49.87401	1.865624	3.480554
3	C	21	34.158426	45.850741	38.717233	3.921985	15.381967
4	D	11	27.194556	32.418273	29.350476	1.732478	3.001479
5	E	11	21.29629	25.889147	23.673949	1.51705	2.301442
6	F	29	4.465692	20.630886	14.081923	4.473884	20.015641

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 82. Nivel se servicios por arcos viales Troncal

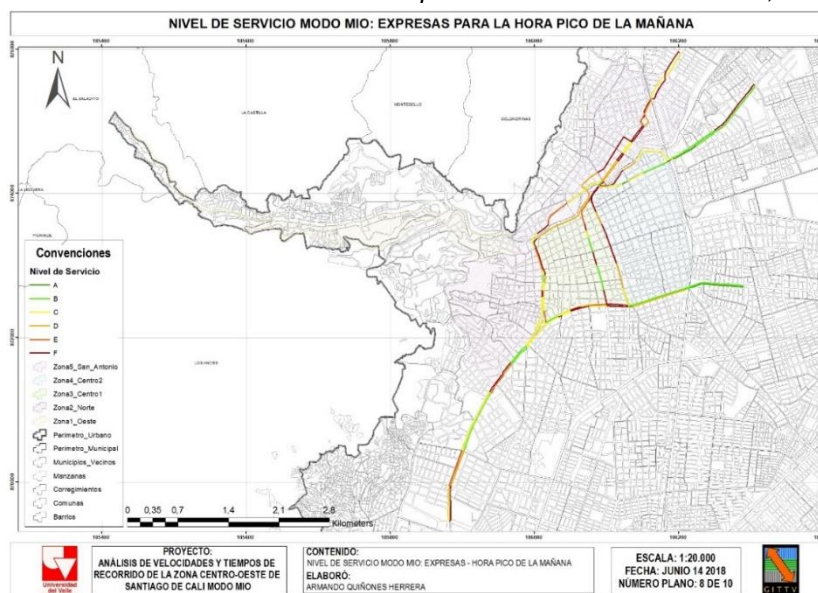


Fuente: Elaboración Propia, 2018

8.6.3.2 MIO Expresas

A continuación, se da a conocer de manera gráfica (figura 98) los niveles de servicio (NDS) en los diferentes corredores viales en la hora pico de la mañana.

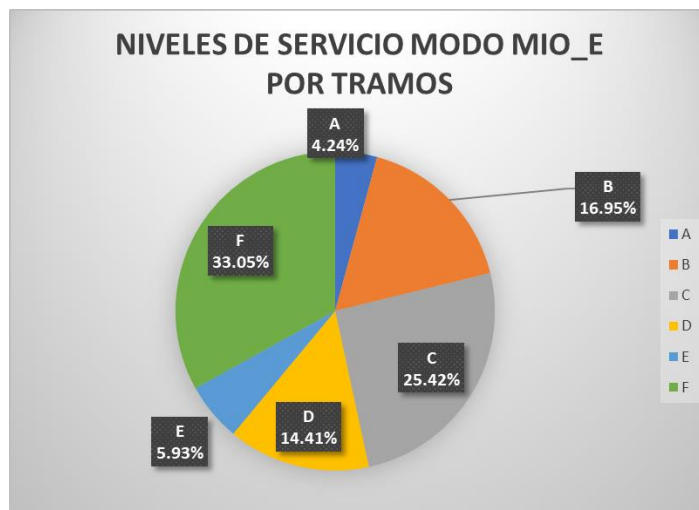
Figura 98. Salida Gráfica Niveles de Servicio para Hora Pico de la Mañana, MIO Expresas



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 el gráfico 78, se muestran los niveles de servicio (NDS) de todas las rutas de toma de información de camiones en la hora pico de la mañana.

Gráfico 83. Niveles de Servicio por Tramos en todos los Recorridos MIO Expresas



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 corredores con Nivel de Servicio E y F con un 39%. Los niveles A Y B muestran el 21%. El Nivel C el 25%.

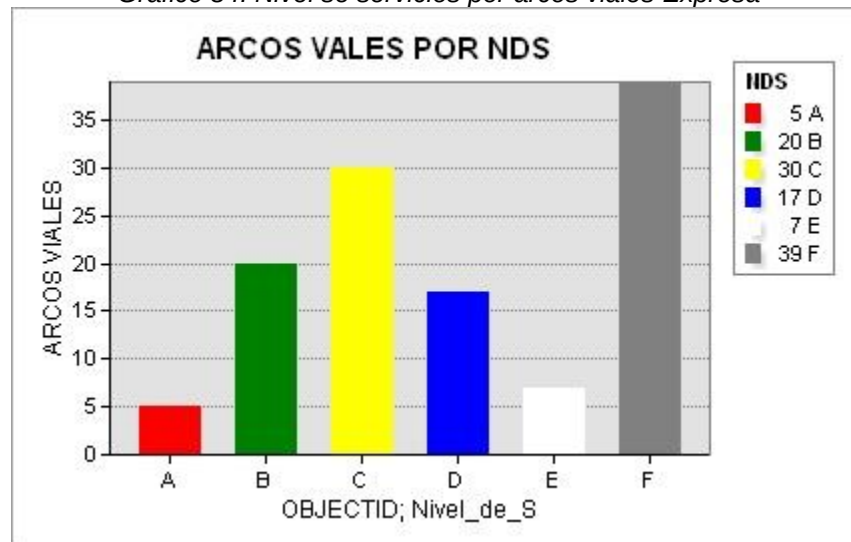
A continuación, se presenta información estadística asociada a los niveles de servicio del total de las rutas.

Figura 99. Tabla de atributos niveles de servicio Expresa

OBJECTID*	Nivel de S	Count Nivel de S	Minimum Velocidad	Maximum Velocidad	Average Velocidad	StdDev Velocidad	Variance Velocidad
1	A	5	60,78498	64,433781	67,375198	9,833686	96,701375
2	B	20	46,249513	56,757365	49,851604	3,617751	13,088122
3	C	30	34,660688	45,561704	40,006199	3,602076	12,974951
4	D	17	26,687636	32,932456	28,665351	2,252221	5,072498
5	E	7	22,375021	25,934334	24,140538	1,112281	1,237169
6	F	39	2,516301	20,932109	13,133669	5,430886	29,494528

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Gráfico 84. Nivel se servicios por arcos viales Expresa



Fuente: Elaboración Propia, 2018

9. CONCLUSIONES

El presente estudio se realiza en la zona centro-oeste de la ciudad de Santiago de Cali, Este sector se caracteriza por la amplia oferta comercial y de servicios, además de la gran población que habita el ella, lo cual hace que se generen y se atraigan una gran cantidad de viajes.

El objetivo del trabajo es la obtención de velocidades y tiempos de recorrido que permitan determinar la calidad del servicio que ofrecen sus vías, así como identificar y cualificar las deficiencias del sistema vial para que éstas puedan para que estas ser analizadas debidamente.

Para tal fin se utiliza el método de vehículo flotante el cual consiste en desplazarse a bordo de un vehículo a la velocidad del pelotón, es decir, siguiendo el flujo vehicular. Este procedimiento se ejecuta principalmente en vías urbanas o suburbanas donde la densidad del tránsito y su regulación producen reducciones apreciables en la velocidad de los vehículos.

El periodo de observación es de (1) hora en la mañana entre 7:00am a 8:00am (hora pico) oscilando 15 minutos antes y después de la misma, para la recolección de información para el cálculo de velocidades.

Los recorridos se realizan en días típicos de la semana, de martes a jueves, con el propósito de abarcar condiciones de comportamiento normal en la corriente del tránsito.

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.

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.

Los modos de transporte escogidos para el estudio son los camiones grandes de dos ejes y los buses del sistema de transporte masivo MIO.

Para el caso de los camiones se hicieron recorridos en las rutas en las que existe más afluencia de este tipo de vehículos, de igual forma se consideración rutas representativas para la zona de estudio de los buses del sistema masivo, estudiando sus diferentes tipos de bus, es decir, alimentadores, padrones y articulados.

Una vez calculados las velocidades y estimados los niveles de servicio se llegó a la conclusión que, estos en su mayoría están en niveles D, E y F, lo cual 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.

Una correcta utilización de los resultados del estudio por parte de los entes de regulación y control del tránsito dará lugar a mejoras de las condiciones de servicio vial, lo cual se traduce en un mayor confort y reducción considerable de los costos sociales y ambientales asociados a con la movilización vehicular.

10. BIBLIOGRAFÍA

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:

ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO PARA SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO MASIVO (MIO) Y CAMIONES DE LA ZONA CENTRO - OESTE DE SANTIAGO DE CALI

<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

ANEXOS

ANEXO 1. 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 (DIGITAL)