

Caracterización de los comportamientos de los usuarios viales por medio del empleo de VANT
en intersecciones con mayor accidentalidad en Bogotá D.C.

Angélica María Castro Roberto

Sergio Miguel González Palacios

Trabajo de grado para optar al título de:

MAGISTER EN INFRAESTRUCTURA VIAL

Director

M.S.C Wilson Ernesto Vargas Vargas

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

2019

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

A Luisa y Sergito, este trabajo y tiempo de estudio dedicado es de los tres, un sueño que nació con mi hijo, trabajamos juntos y lo conseguimos juntos, los amo con todo mi corazón; a mi madre por sus palabras de aliento cuando quise desfallecer, a mis amigos de estudio por su colaboración y en especial por su amistad y al ingeniero Wilson por su apoyo, muchas gracias.

Sergio González

A Dios por darme la vida y brindarme la oportunidad de cumplir este sueño que se había ido tejiendo hace mucho, a mis padres Wilson y Martha por ser el motor de mi existencia y fuente de inspiración, a mis hermanas Leidy y Mónica por su constante apoyo, a mi querido Brian por su voz de aliento, compañía y amor a lo largo de este camino, a mis amigos por toda su colaboración para obtener este logro, y al ingeniero Wilson Vargas por trasmitirme su conocimiento y por su orientación para la materialización de este proyecto.

Angélica Castro

Contenido

Dedicatoria.....	3
Resumen.....	12
Introducción	16
Objetivos.....	19
Estado del Arte.....	20
Marco Teórico.....	27
Geoestadística.....	27
Movilidad en las ciudades	33
Volúmenes de tránsito.....	55
Comportamientos de los usuarios de las vías.....	58
Accidentalidad.....	61
Congestión y niveles de servicio.....	72
Estado de la Malla Vial	76
Caracterización de la Accidentalidad.....	86
Recopilación de información secundaria	86
Selección de los puntos de estudio.....	90
Zonificación de la Accidentalidad.....	109
Calibración de los Parámetros del Vuelo	116
Análisis de los Puntos Seleccionados	118
Caracterización de los Flujos Vehiculares	118
Descripción de la Señalización	132
Caracterización de las Intersecciones Seleccionadas.....	143
Avenida Primero de mayo con Avenida Carrera 3 Este.....	143
Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51	156
Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo.....	164
Avenida Cali con Avenida Villavicencio.....	175
Conclusiones y Recomendaciones	186
Referencias Bibliográficas	192

Lista de figuras

Figura 1. Fases del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales 29

Figura 2. Validación de los Datos Obtenidos en el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales 29

Figura 3. Relación de las necesidades de los usuarios y el diseño integral 43

Figura 4. Tipología del Peatón..... 45

Figura 5. Número de accidentes de tránsito por año y por categoría 87

Figura 6. Número de accidentes de tránsito depurados por año y por categoría..... 88

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Interacción modal HCM 2010.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2. Interacción modal FDOT Q/LOS Handbook.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3. Necesidades de los usuarios de las vías</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4. Clasificación peatonal AASHTO.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5. Aplicaciones de los volúmenes de tránsito.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 6. Muertes y lesiones en accidentes de transporte, según vehículo involucrado, Colombia, 2011.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 7. Muertes por accidentes de tránsito agrupado según medio de desplazamiento, Colombia, 2015.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 8. Lesiones por accidentes de transporte según medio de desplazamiento, Colombia, 2015</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 9. Muertes por accidentes de tránsito discriminado según tipo y ocupante de vehículo, Colombia, 2015.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 10. Lesiones por accidentes de transporte según tipo de vehículo, Colombia, 2015.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 11. Lesiones por accidentes de transporte según pareja de choque. Colombia, 2015</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 12. Muertes en accidentes de transporte, según ciclo vital y medio de desplazamiento. Colombia, 2015.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 13. Evolución de la mortalidad por accidentes de transporte Preliminar enero - septiembre 2015 - 2016 por departamento de hecho.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 14. Muertes por accidentes de transporte agrupado según medio de desplazamiento, Colombia, 2016.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 15. Longitud malla vial de Bogotá año 2012</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 16. Longitud malla vial de Bogotá año 2013</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 17. Longitud malla vial de Bogotá año 2014</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 18. Longitud malla vial de Bogotá año 2015</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 19. Valores Campo Gi_Bin.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 20 Valores Campo Gizscore</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 21. Rangos de Valores Campo GIZSCORE.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 22. Análisis estadístico</i>	<i>98</i>

<i>Tabla 23. Identificación de Variables y Atributos para la Zonificación</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 24. Análisis de Sensibilidad de las Variables.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 25. Resultados Zonificación</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 26. Información de volúmenes vehiculares Secretaría Distrital de Movilidad.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 27. Resumen Codificación de Movimientos Vehiculares en Intersecciones.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 28. Tasas de crecimiento discriminadas por localidad en la ciudad de Bogotá D.C., período 2013-2035.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 29. Volúmenes vehiculares totales en la intersección</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 30. Distribución vehicular hora de máxima demanda</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 31. Volúmenes vehiculares totales en la intersección</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 32. Distribución vehicular hora de máxima demanda</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 33. Volúmenes vehiculares totales intersección.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 34. Distribución vehicular hora de máxima demanda</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 35. Volúmenes vehiculares totales intersección.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 36. Distribución vehicular hora de máxima demanda</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 37. Descripción señalización existente.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 38. Descripción señalización existente.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 39. Descripción señalización existente.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 40. Descripción señalización existente.....</i>	<i>141</i>

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Distribución de puntos calientes en un espacio geográfico de una red vial..... 33

Ilustración 2. Uso del suelo y transición urbana..... 54

Ilustración 3. Mapa de Accidentalidad en Bogotá 2012-2015..... 89

Ilustración 4. Análisis Hotspots..... 91

Ilustración 5. Mapa de Hotspots para toda la muestra..... 94

Ilustración 6. Mapa de Hotspots para los puntos significativos 95

Ilustración 7. Mapa de Rangos de Hotspots para los puntos significativos..... 96

Ilustración 8. Procedimiento de elaboración de un histograma en ArcGis 10.5 97

Ilustración 9. Histograma datos en análisis..... 98

Ilustración 10. Obtención índice de Morans 100

Ilustración 11. Obtención Clustering alto/bajo..... 102

Ilustración 12. Análisis técnica de interpolación IDW..... 104

Ilustración 13. Mapa de Interpolación por Distancia Inversa Ponderada IDW..... 105

Ilustración 14. Análisis zonas de predicción 106

Ilustración 15. Análisis zonas de predicción atípicas 107

Ilustración 16. Puntos Seleccionados 108

Ilustración 17. Estado de la Malla Vial de los Puntos Seleccionados 111

Ilustración 18. Estado de la malla vial de los puntos Seleccionados..... 112

Ilustración 19. Análisis de Superposición de Capas 114

Ilustración 20. Zonificación de la accidentalidad..... 115

Ilustración 21. Sobrevuelo de prueba, determinación de patologías en la carpeta..... 117

*Ilustración 22. Sobrevuelo de prueba, vectorización de trayectorias detalles de la intersección
..... 117*

Ilustración 23. Codificación de Movimientos en Intersecciones 119

Ilustración 24. Señalización vial Avenida Cali con Avenida Villavicencio..... 133

Ilustración 25. Avenida Cali con Avenida Villavicencio 134

Ilustración 26 Señalización vial Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este 135

Ilustración 27. Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este..... 136

Ilustración 28. Señalización vial Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51 137

Ilustración 29. Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51..... 139

<i>Ilustración 30. Señalización vial Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 80</i>	<i>140</i>
<i>Ilustración 31. Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo.....</i>	<i>141</i>
<i>Ilustración 32. Esquema de semaforización Av. Primero de mayo con Carrera 3 Este</i>	<i>143</i>
<i>Ilustración 33. Ausencia de Rampas y aceras aptas para el tránsito de peatones.....</i>	<i>146</i>
<i>Ilustración 34. Edificación que interrumpe la geometría de la intersección</i>	<i>146</i>
<i>Ilustración 35. Vehículos invadiendo carril</i>	<i>147</i>
<i>Ilustración 36. Peatones realizando comportamientos inadecuados</i>	<i>148</i>
<i>Ilustración 37. vehículo realizando cruce peligroso</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 38. Persona con movilidad reducida.....</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 39. Giro a la izquierda prohibido</i>	<i>150</i>
<i>Ilustración 40. Maniobra peligrosa de motociclista.....</i>	<i>151</i>
<i>Ilustración 41. estrechamiento de calzada al realizar la curva</i>	<i>151</i>
<i>Ilustración 42. Maniobras de motociclistas.....</i>	<i>152</i>
<i>Ilustración 43. maniobras de automóviles.....</i>	<i>152</i>
<i>Ilustración 44. Estrechamiento de calzada al realizar la curva.....</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 45. Maniobras de ciclistas.....</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 46. maniobras de ciclistas.....</i>	<i>154</i>
<i>Ilustración 47. Vehículos detenidos en zona prohibida.....</i>	<i>154</i>
<i>Ilustración 48. Motociclistas imprudentes.....</i>	<i>155</i>
<i>Ilustración 49 Vendedor ambulante.....</i>	<i>155</i>
<i>Ilustración 50. Ciclistas imprudentes</i>	<i>156</i>
<i>Ilustración 51. Esquema de semaforización Av. Villavicencio con Av. Carrera 51.....</i>	<i>157</i>
<i>Ilustración 52. Imperfecciones en la carpeta asfáltica.....</i>	<i>159</i>
<i>Ilustración 53. Ciclistas haciendo maniobras indebidas.....</i>	<i>160</i>
<i>Ilustración 54. Peatones cruzando en tiempo y espacio indebido.....</i>	<i>160</i>
<i>Ilustración 55. Servicio público parando en lugares prohibidos</i>	<i>161</i>
<i>Ilustración 56 vehículo cruzando semáforo en rojo</i>	<i>161</i>
<i>Ilustración 57. Cambio de dirección repentino</i>	<i>162</i>
<i>Ilustración 58. Vehículo detenido</i>	<i>162</i>
<i>Ilustración 59. Cruce prohibido</i>	<i>163</i>
<i>Ilustración 60. Vehículo invadiendo carril.....</i>	<i>163</i>

<i>Ilustración 61. Giro por zona no apta para esto</i>	<i>164</i>
<i>Ilustración 62. Esquema de semaforización Av. 1° de Mayo con Av. Carrera 80.....</i>	<i>165</i>
<i>Ilustración 63. Calle sin mobiliario urbano</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 64. Calle sin carpeta asfáltica.....</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 65. Ausencia de rampa para minusválidos</i>	<i>168</i>
<i>Ilustración 66. Movimientos inadecuados</i>	<i>168</i>
<i>Ilustración 67. Ciclistas realizando maniobras peligrosas</i>	<i>169</i>
<i>Ilustración 68. Ciclistas realizando maniobras peligrosas</i>	<i>170</i>
<i>Ilustración 69. Peatones realizando maniobras peligrosas</i>	<i>171</i>
<i>Ilustración 70. Efecto sobre la masa de vehículos por la geometría.....</i>	<i>171</i>
<i>Ilustración 71. vehículo atravesándose en el carril.....</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 72. motocicletas atravesándose en el carril.....</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 73. transporte publico parando en lugares prohibidos.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 74. vehículo atravesándose en rojo.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 75. vehículo atravesándose en rojo.....</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 76. Vendedor ambulante.....</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 77. Esquema de semaforización Av. Ciudad de Cali con Av. Villavicencio</i>	<i>175</i>
<i>Ilustración 78. vendedores ambulantes</i>	<i>177</i>
<i>Ilustración 79. Ciclista cruzando de occidente a oriente</i>	<i>177</i>
<i>Ilustración 80. Vehículos realizando giros prohibidos.....</i>	<i>178</i>
<i>Ilustración 81. Ciclistas cometiendo imprudencias.....</i>	<i>178</i>
<i>Ilustración 82. Peatones cometiendo imprudencias</i>	<i>179</i>
<i>Ilustración 83. Motociclistas tomando la ciclorruta</i>	<i>180</i>
<i>Ilustración 84. Invasión del espacio</i>	<i>181</i>
<i>Ilustración 85. vehículos invadiendo carril.....</i>	<i>181</i>
<i>Ilustración 86. Vendedor ambulante.....</i>	<i>182</i>
<i>Ilustración 87. Obstaculización de los flujos.....</i>	<i>182</i>
<i>Ilustración 88. motocicletas en Zig Zag</i>	<i>183</i>
<i>Ilustración 89. Mototaxis</i>	<i>183</i>
<i>Ilustración 90. Transeúnte en silla de ruedas.....</i>	<i>184</i>
<i>Ilustración 91. Circulación de persona en la vía</i>	<i>184</i>

Lista de gráficos

Gráfico 1. Accidentes de tránsito, muertes y lesiones según condición de la víctima, Colombia, 2011..... 64

Gráfico 2. Accidentes de transporte, muertes y lesiones según condición de la víctima, Colombia, 2010 – 2011..... 64

Gráfico 3. Idea general de la relación entre los niveles de servicio, la velocidad de servicio y el índice de servicio (sin escala)..... 76

Gráfico 4. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2012..... 77

Gráfico 5. Estado de la malla vial (Subsistema vial) 78

Gráfico 6. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía..... 79

Gráfico 7. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2013..... 80

Gráfico 8. Estado de la malla vial..... 80

Gráfico 9. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía..... 81

Gráfico 10. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2014..... 82

Gráfico 11. Estado de la malla vial..... 82

Gráfico 12. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía..... 83

Gráfico 13. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2015..... 84

Gráfico 14. Estado de la malla vial..... 84

Gráfico 15. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía..... 85

Gráfico 16. Reporte índice de Morans 101

Gráfico 17. Reporte Clustering alto/bajo 102

Gráfico 18. Comportamiento vehicular intersección Avenida Cali con Avenida Villavicencio 122

Gráfico 19. Comportamiento vehicular intersección Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este..... 125

Gráfico 20. Comportamiento vehicular intersección Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51..... 128

Gráfico 21. Comportamiento vehicular intersección Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo..... 131

Resumen

La accidentalidad vial se ha posicionado como una de las principales causas de mortalidad en todo el mundo, y Bogotá D.C. no ha sido la excepción en la ocurrencia de este tipo de eventos. Este documento presenta un análisis geoestadístico de la información de incidentes de tránsito suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2015. El empleo de métodos geoestadísticos permite realizar el análisis exploratorio de los datos espaciales, así mismo, identificar zonas de alta concentración de siniestros, patrones de distribución de los datos, tendencias y predicción de superficies. Esta investigación determina puntos calientes (*Hotspots*), exploración de datos espaciales (*AEDE*) y análisis determinístico por el método de predicción por distancias (*IDW*). Para la estimación de los puntos calientes, se clasificó la información georreferenciada de siniestros viales según la concentración de los datos en cinco rangos, cuyos límites son: muy bajo el inferior, y muy alto el superior; para el caso del AEDE, y por medio de los índices de Morans y Clustering alto/bajo, se pudo establecer que los datos se encuentran agrupados y que esta asociación se da para valores bajos, es decir para eventos donde se tuvieron heridos y solo daños; finalmente, con la técnica IDW, se pudo apreciar un modelo con mayor intensidad de los colores en aquellos sitios de predicción. La combinación de estos procesos junto con el estado de la malla vial fueron la base para obtener la zonificación de la accidentalidad de la ciudad, cuyos resultados proveen información espacial útil y valiosa para futuras investigaciones. Las autoridades locales también pueden tomar medidas en el asunto con los resultados aquí expuestos.

Adicionalmente, se procedió a realizar la recolección de información de campo para los puntos determinados por métodos geoestadísticos, por medio de videos tomado a través de VAN

(vehículos aéreos no tripulados), enfocados a la captura y caracterización de los comportamientos más recurrentes por parte de los diferentes actores del tránsito; así mismo, recolección de información en campo sobre infraestructura vial (vehicular y peatonal), señalización, usos del suelo y fases semafóricas, mediante esta información se caracterizaron los comportamientos que son generados por la infraestructura del sitio, los que están asociados a usos del suelo y los que están sujetos a los comportamientos propios de los conductores de los diferentes vehículos así como a los peatones que por cada sector transitan. Una vez analizada la información recogida se concluye que estos métodos geoestadísticos arrojan resultados fiables en cuanto a la localización de zonas de concentración y probabilidad de ocurrencia de accidentes, ya que mediante la caracterización de comportamientos se determinaron un gran número de eventos altamente peligrosos para la generación de accidentes.

Palabras clave: Geoestadística, siniestros viales, puntos calientes, análisis exploratorio de datos espaciales, índice de Morans, clustering alto/bajo, distribución, predicción por distancias, VANT (vehículos aéreos no tripulados), comportamientos.

DETERMINATION OF POINTS WITH THE HIGHEST CONCENTRATION OF ACCIDENTS IN BOGOTA D.C., THROUGH THE USE OF GEOSTATISTICAL METHODS

Road accidents has worldwide positioned as one of the leading causes of mortality, and Bogotá D.C., has not been the exception in the occurrence of this type of events. This document presents a geostatistical analysis using road accident information provided by the District Department of Mobility of Bogotá between years 2012 and 2015. The use of different geostatistical methods

allowed an exploratory analysis of spatial data, as well as identification and selection of areas with high concentration of casualties, patterns of data distribution, trends and prediction of surfaces. This investigation estimates Hotspots, exploratory spatial data analysis AEDE and deterministic analysis with distance method IDW. These data were classified into five classes with next limits: Very low, low and very high. For the AEDE, and with Clustering and Moran index (high and low), it was possible to find the correlation between points without fatal victims and points with lower risk. The IDW index estimated an accident model. The combination of these elements provided a strong basis to classify the city into zones according to the accident rate of the city. These classification results will provide valuable spatial information for further research in order to focus measures against road accidents in specific areas with higher rates and to aid local authorities to take actions in those high risk areas.

Additionally, field information was collected for the points determined by geostatistical methods, by means of videos using the UAV (unmanned aerial vehicles) focused on the capture and characterization of the most recurrent behaviors by the different transit actors. In addition, information was collected in the field on road infrastructure (vehicular and pedestrian), signaling, land use and traffic light phases, through this information were characterized the behaviors that are generated by the infrastructure of the site, which are associated with land uses and those that are subject to the behaviors typical of the drivers of the different vehicles as well as the pedestrians that pass through each sector. Once the information collected is analyzed, it is concluded that these geostatistical methods yield reliable results in terms of the location of concentration zones and the probability of occurrence of accidents, since through the

characterization of behaviors a large number of highly dangerous events were determined for the generation of accidents.

Keywords: Geostatistics, sinister roads, Hotspots, exploratory analysis of spatial data, index of Morans, Clustering high/low, distribution, prediction by distances, UAV (unmanned aerial vehicle), behaviors.

Introducción

Comprender la dinámica de las ciudades en cuanto a su movilidad y generación de viajes, derivados de las diferentes actividades realizadas por las personas en su vida diaria como trabajo, estudio, compras, ocio y contacto social, es de vital importancia, dado que este tipo de actividades requiere un traslado de un lugar a otro a través de los diferentes medios de transporte e infraestructura disponibles en el entorno, tales desplazamientos son efectuados por peatones, ciclistas, vehículos motorizados (automóviles, motos, transporte público); tránsito que genera un consumo de espacio, tiempo, energía, recursos financieros; factores que en ocasiones presentan desequilibrio por temas asociados con congestión, vías operando a capacidad tanto en horas denominadas pico como en horas valle, ocupación indebida del espacio público, pérdidas de tiempo, conflictos entre los diferentes usuarios de las vías, que por comportamientos inadecuados generan efectos negativos como la accidentalidad, contaminación ambiental, contaminación auditiva, deterioro de la infraestructura vial, disminuyendo de esta manera la calidad de vida de los habitantes.

A nivel mundial es de apreciar que uno de los principales problemas en los países en vía de desarrollo está asociado con la movilidad, la cual se manifiesta en tiempos de viaje altos y con tendencia a incrementar; y cuya consecuencia recae directamente en mayores niveles de congestión y accidentalidad de tránsito. Este segundo término de gran importancia dadas sus implicaciones de orden vital, por el elevado número de muertos y heridos, además de los costos asociados a la misma, ha sido un punto de preocupación tanto a nivel rural como urbano. De acuerdo al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, en el año 2014 entre enero y octubre se registraron 4646 víctimas fatales en accidentes de tránsito en Colombia de las cuales

496 perecieron en Bogotá. Por otra parte, las lesiones no fatales en accidentalidad vial dejaron un total de 31.324 personas lesionadas, 5.366 en la capital del país.

Por lo anterior, es importante desde la perspectiva de la ingeniería, poder evaluar esas repercusiones a la movilidad, ya sean causadas por comportamientos humanos riesgosos, por falencias en la planeación o diseño de la infraestructura vial, o por el mal estado de la vía; y de esta manera plantear medidas que ayuden a la prevención y reducción de siniestros viales, en aquellos puntos con mayor concentración de eventos en la ciudad de Bogotá D.C.

Para el desarrollo del presente estudio, se llevarán a cabo actividades como la recopilación de información secundaria, toma de información en campo, selección de los puntos a través de la utilización de métodos geoestadísticos, análisis de comportamientos de los usuarios de las vías, finalizando con conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos.

Por otra parte, se hace crucial mencionar la importancia de la geoestadística, la cual se ha convertido en una herramienta significativa de análisis de fenómenos relacionados con la posición geográfica, teniendo en cuenta la medición de variables aleatorias que permiten determinar el nivel de concentración y distribución de un fenómeno con respecto a una característica determinada; la utilización de estos métodos de análisis en los eventos relacionados con accidentes de tránsito es un recurso de vital importancia debido a la acertada aproximación geográfica de puntos calientes (Hotspots), los cuales posteriormente pueden ser analizados con procesos de interpolación para determinar una predicción de futuros niveles de concentración de accidentes concluyentes para dar acciones de prevención de eventos riesgosos y disminución de accidentes.

El análisis de estos puntos como una sola célula, en la cual muchos actores intervienen con actuaciones inadecuadas generando un espacio activo en movimiento y no como una fotografía fija, es concluyente en la determinación de comportamientos erróneos que generan accidentes y en sus causas, un vehículo aéreo no tripulado nos da la posibilidad de captar en un video de este tipo de actuaciones y se convierte en una herramienta para la captura de información vial.

Los comportamientos peligrosos por parte de los peatones y por cualquiera de los vehículos que por una intersección circulan están determinados en la mayoría de ocasiones por la decisión de una persona, es importante reconocer e identificar cuando la infraestructura interviene en estas decisiones y eleva la posibilidad de generar maniobras inadecuadas que pueden determinar accidentes.

Objetivos

General

Caracterizar los comportamientos de los usuarios viales a través del uso de VANT (Vehículos Aéreos no Tripulados), en puntos con mayor accidentalidad identificados por medio de métodos geoestadísticos, en la ciudad de Bogotá D.C.

Específicos

Determinar la accidentalidad vial, tomando como base los datos registrados por la Secretaría Distrital de Movilidad, teniendo en cuenta los sitios que presentan mayores índices de accidentalidad, a partir del empleo de métodos geoestadísticos, para el período comprendido entre los años 2012 y 2015.

Caracterizar las variables de tránsito, aspectos físicos de la infraestructura vial y disposición de la señalización, en los puntos con mayor concentración de accidentes en Bogotá D.C.

Caracterizar los comportamientos inadecuados de los diferentes usuarios de las vías de acuerdo a la información obtenida en campo.

Estado del Arte

En cuanto análisis de accidentalidad, existen grandes referentes como es el caso de (Milton, Shankar, & Mannering, 2008) y (Persaud, Lord, & Palmisano, 2007), los cuales a partir de la evaluación de parámetros aleatorios, realizaron modelos de predicción de accidentes, enfocados no solo a las frecuencias de los accidentes sino también a su gravedad. Estimaron el efecto del tránsito, de las características de la vía y del clima en la distribución de los accidentes, modelando de manera aleatoria las variables relacionadas con el tránsito promedio diario por carril, porcentaje de vehículos pesados, intercambios de carril por milla, y el clima, manteniendo parámetros fijos relacionados con las características de las vías, como el número de curvas horizontales y curvas verticales, y la fricción del pavimento.

La operación de los diferentes medios de transporte tanto motorizados como no motorizados suelen estar asociados a un elevado número de siniestros viales; según Cerquera (2013), “El problema de la accidentalidad vial en Colombia se concentra predominantemente en el espacio urbano, pues el 85% de los accidentes de tránsito ocurre en áreas urbanas y el 15 % restante, en áreas rurales” (p.11). A escala urbana, se ha tratado de buscar la relación existente entre la estructura de la ciudad y la incidencia de accidentes de tránsito; en la ciudad de Bogotá D.C, recientemente se desarrolló un estudio de accidentalidad considerando variables espaciotemporales, con el propósito de definir patrones territoriales de alta concentración, a través de la manipulación de datos espaciales, análisis de información geográfica de forma descriptiva y exploratoria, aplicación de geoestadística y modelamiento espacial para predecir eventos, de tal forma que se pudieran determinar indicadores de accidentalidad, según densidad poblacional y características de la malla vial; adicionalmente se estableció la distribución de los accidentes en el espacio geográfico, respecto a la organización y estructuración espacial, a usos del suelo, condiciones socioeconómicas, etc. (Cerquera Escobar, 2013).

En un estudio posterior, utilizando como apoyo los sistemas de información geográfica (SIG), se realizó un análisis espacial para evaluar la accidentalidad vial en áreas urbanas, por medio de métodos tales como: Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), hotspots, coldspots, Índice de Morans y regresión ordinaria de mínimos cuadrados (Cerquera Escobar, 2015). Donde los resultados muestran que la ocurrencia de accidentes no se da de manera aleatoria, pudiendo realizar una predicción espacio temporal, asociado a factores socioeconómicos y físicos del área espacial analizada, para finalmente hacer la identificación de zonas de riesgo con alta ocurrencia de eventos en la infraestructura vial.

Los análisis espaciales permiten reconocer puntos o corredores viales de alto riesgo, valiéndose de procesos de georreferenciación, frecuencia de ocurrencia de los eventos, clasificación según clase de accidente, ya sea en atropello, choque, volcamiento, caída del ocupante, incendio y otros (Ministerio de Transporte, 2009). Para el caso de atropellamiento a peatones, Graham y Glaister (2003), Graham, Glaister y Anderson (2005), exponen algunas hipótesis desarrolladas respecto a los factores que más influyen en su ocurrencia, y los define en seis factores locales: el primero relaciona la concentración de personas en un área con mayor probabilidad de incidencia de accidentes. El segundo considera el volumen vehicular como elemento determinante en la ocurrencia de accidentes viales. El tercero incluye la naturaleza física del ambiente local, es decir el tipo de uso del suelo y su densidad. El cuarto considera las características de la infraestructura del sistema vial local, en tanto que el volumen de infraestructura en cada área y la velocidad promedio afecta la ocurrencia de accidentes. El quinto tiene que ver con condiciones socioeconómicas, asociando zonas más pobres con mayores tasas de atropellamiento. Por último, se consideran condiciones más específicas como las climatológicas que podrían afectar la presencia de accidentes.

De acuerdo a un texto publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (Desarrollo, 2015) sobre temas comportamentales y conductas temerarias en la conducción, se hace una descripción de la deficiencia en la seguridad Vial que se está presentando en Latinoamérica, y se define la conducción temeraria como aquella en la que el conductor infringe las normas por las que se puede lograr una conducción segura y cómoda. Las causas de la conducción temeraria pueden estar asociadas tanto a decisiones personales que toma cada conductor, cómo al entorno, causas sociales o referentes a la infraestructura sobre la cual se está produciendo el tránsito de los vehículos o a una serie de circunstancias puntuales que pueden convertir a un conductor prudente en un conductor temerario socialmente. En este mismo informe se menciona que la mayor densidad de conductas temerarias al momento de conducir se produce en las vías con mayor afluencia de tráfico, por las grandes retenciones y las demoras en los viajes que generan estrés e ira en los conductores.

Cómo se menciona en la política de Visión Cero de la Secretaria Distrital de Movilidad a mayor velocidad, los daños físicos y materiales son superiores, se describe un comparativo de atropello a peatones con la caída a ciertas alturas desde un edificio, relacionado con la velocidad del vehículo, donde se puede destacar que a una velocidad de 30km/h la lesión equivale a la caída desde un 2º piso y a 50 km/h desde un 4º piso. En muchos sectores es posible superar incluso esta velocidad de 50 kilómetros por hora en algunas calles de Bogotá.

Por otra parte, es importante reconocer que los comportamientos de los conductores están directamente relacionados con la personalidad y con su perfil psicológico. Así mismo, la Organización Mundial de la Salud afirma que los accidentes de tránsito se están convirtiendo en

la quinta causa de muerte en el mundo, y en Colombia esta cifra ha pasado a ocupar el segundo lugar de causalidad de muertes.

En una investigación elaborada por (Durán & Moreno, 2016), mencionan que a través de un estudio comparativo relacionando las tendencias disociativas e incidentes de tránsito en conductores en mar del plata Argentina, el cual advierte que los sujetos que participaron en algún tipo de accidente de tránsito, puntuaron más alto en las escalas de experiencias disociativas y sus tres sub escalas, como es la amnesia, la absorción y la despersonalización. El estudio consistió en un diseño muestral no probabilístico, que incluyó a 295 conductores todos mayores de edad y de ambos sexos, el 72.5% hombres y 27.5%, mujeres; estos conductores asistían a los cursos pedagógicos que los infractores debían cursar para ser acreedores a un descuento en multas por infracciones de tránsito, decidieron participar voluntariamente y al revisar la base de datos, se encontró que 141 participantes correspondían a infractores no frecuentes, mientras que 154 fueron clasificados como infractores frecuentes, representando el 52.2% del total de la muestra, la tipificación del comportamiento de los infractores se estableció de acuerdo a la disposición del Ministerio de transporte y al código Nacional de tránsito.

El análisis de las causas de la conducción agresiva y el pronóstico de sus manifestaciones, se ha abordado en diferente ámbitos, un ejemplo de ello es la presentación de un modelo matemático basado en la teoría del estado de ira (Danaf, 2015), se trata de rasgos de conducción en estado de ira, con una variable latente, que se expresa como una función de las características individuales del conductor o como un efecto de la persona; y la ira como un estado de variable dinámico, que evoluciona con el tiempo y afecta el comportamiento de los conductores y que se expresa como una función del estado de ira; también de eventos propios del conducir, asociados a las variables

del entorno, por ejemplo las características geométricas de la carretera, las condiciones del tráfico, el automóvil que se conduce, el horario y en la sociedad en la cual se conduce; estas condiciones agresivas de conducción ya han sido definidas por científicos como (Newman & Kenworthy, 2006), quien piensa que conducir en estado de ira puede ser definido como el funcionamiento de un vehículo de motor en forma del movimiento de un pescado, que de manera insistente o impaciente a menudo en condiciones de riesgo se mueve insistentemente de manera que afecta directamente a otros conductores; el conducir en estado de ira puede medirse mediante escalas etiquetadas de la siguiente manera:

Conducción ilegal (sin papeles).

Presencia policial.

La conducción lenta.

Descortesía.

Obstrucciones al tráfico.

Estrés en general.

Los individuos con la idea de conducción temeraria, son más propensos a participar en el comportamiento agresivo de generación de maniobras arriesgadas, violaciones a las normas de tránsito y los accidentes viales.

Es de vital importancia analizar al ciclista como un actor relevante dentro de la movilidad, para esto se tendrá en cuenta un estudio realizado en el año 2013 en la universidad de Aberdeen en el Reino Unido, ya que la interacción de los conductores de automóviles y los ciclistas se está convirtiendo en una de las principales causas de los accidentes de tránsito, la forma de afrontar las actitudes y normas sociales en la formación del comportamiento agresivo de los conductores de automóviles hacia los ciclistas no se comprende bien, la muestra se realizó a 176 conductores

que contestaron un cuestionario en línea con respecto a sus actitudes hacia los ciclistas, las actitudes hacia una conducción arriesgada, la percepción de las normas sociales relativas a la conducción agresiva hacia los ciclistas, así como la frecuencia con la que se involucra en este tipo de comportamientos de conducción agresiva sin pensarlo (Fruhen & Flin, 2015).

Así mismo, en este artículo se menciona un estudio hecho en 5 ciudades del Reino Unido en el cual se encontró que los conductores de automóviles perciben a los ciclistas como un grupo externo que no pertenece al grupo de tránsito, culpan a los ciclistas de las dificultades que experimentan al interactuar con ellos en las carreteras y tienen puntos de vista hostiles y negativos hacia los biciusuarios (Fruhen & Flin, 2015).

Compartir las carreteras puede dar lugar a peligros para los ciclistas, y a los conductores de automóviles puede causarles molestias y frustración, ya que estos pueden verse incomodos por la presencia de los ciclistas, sobre todo porque los avistan como si estuvieran actuando dentro y fuera del tráfico sin utilizar la señalización adecuada y no siguiendo un mismo camino, no utilizan luces intermitentes, no se sabe cuándo frenan y tienen un comportamiento impredecible que genera cierta molestia en los conductores. Esto se puede observar en Colombia, especialmente en los semáforos, al ponerse la luz en rojo, frena el autobús, frena el automóvil, frena la motocicleta y el ciclista se pasa el semáforo en rojo sin respetar las señales.

Como análisis fundamental en el desarrollo de este proyecto, está la capacidad de captar la información en vivo para la determinación de siniestros viales. Una vista aérea es la mejor forma de obtener información, ya sea a través de los aviones no tripulados equipados con cámaras de video de monitoreo, los cuales pueden ser capaces de entregar la información necesaria a través

de imágenes de video con costos operativos relativamente bajos y riesgos para la vida humana.(Srinivasan, Latchman, Shea, Wong, & McNair, 2004), hace décadas se han venido adelantando investigaciones científicas en la aplicación de la VANT en el uso civil, una captura de datos que nos permita analizar diferentes variables que se presentan en un mismo instante bajo unas condiciones particulares y en un espacio geográfico único (Sharma, Chen, & Kumar, 2017), con el fin de realizar un estudio de tráfico preciso, teniendo en cuenta los aspectos geométricos de la infraestructura y el comportamiento del conductor, los modelos de simulación que se utilizan generalmente, Son capaces de analizar y simular el movimiento instantáneo de cada vehículo presente en la red vial en función de las relaciones matemáticas y físicas relacionadas con los vehículos de movimiento y el conductor y nos permiten concluir sobre patrones de comportamientos y causas de los mismos (Salvo, Caruso, & Scordo, 2014)

Marco Teórico

Geoestadística

La geoestadística es una metodología de la estadística que trata de explicar fenómenos a través de datos, información o variables que se encuentran distribuidas espacialmente, su objetivo es la estimación, predicción y simulación de dichos fenómenos. Para su análisis se apoya en la utilización de métodos exploratorios y de interpolación.

Respecto a la predicción, la geoestadística opera en dos etapas: Análisis estructural, referente a la correlación entre puntos en el espacio, es decir, tal y como lo menciona Giraldo (2011), “es la determinación de la dependencia espacial entre los datos medidos de una variable” (p.21). Y por otra parte, la predicción en sitios de la región no muestreados, por medio de técnicas de interpolación.

Haciendo uso de esta estadística espacial, donde se reúnen un conjunto de metodologías apropiadas para el análisis de datos, que corresponden a la medición de variables aleatorias en diversos sitios (puntos del espacio o agregaciones espaciales) de una región para interpretar distintos casos de estudio tales como: Concentración de robos, homicidios, accidentes viales, etc.

Para llevar a cabo el análisis de la información se pueden utilizar los siguientes métodos:

Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE).

Se define como un grupo de herramientas estadístico – gráficas que describen y visualizan las distribuciones espaciales de los datos, del cual se pueden localizar puntos atípicos, buscar formas de asociación espacial de la información o correlaciones, identificar la diversidad estructural en

el espacio geográfico, referente a la heterogeneidad espacial. Siendo este último término el originador del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), como una subdisciplina del Análisis Exploratorio de Datos; esto debido a la ausencia de estabilidad en el espacio de las relaciones que se están estudiando (Chasco Y., 2008).

Trabajar con series geográficas o datos espaciales considera de gran importancia que se reconozcan características propias de la información, es decir georreferenciación, multidireccionalidad y multidimensionalidad, de tal forma que se pueda reconocer la posición relativa o absoluta donde se producen los fenómenos que se están analizando, y en consecuencia la autocorrelación de los datos en caso de existir. (Chasco Y., 2008).

En la aplicación de la geoestadística es de suma importancia, al igual que en otros procedimientos estadísticos, el análisis gráfico. La identificación de valores extremos y su ubicación geográfica, la evaluación de la forma de la distribución y el cálculo de medidas de localización, variabilidad y correlación es muy importante para establecer si algunos supuestos necesarios para la aplicación de la teoría geoestadística son válidos o para definir que procedimiento de predicción es el más conveniente. (Giraldo, 2011, p.10)

A continuación, se hace una breve descripción de las fases necesarias para desarrollar el análisis exploratorio de datos espaciales:

Figura 1. Fases del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

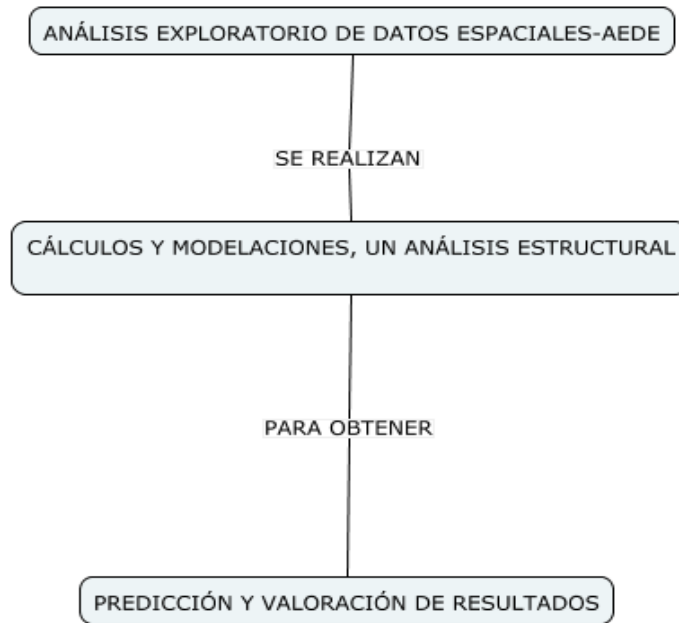


Figura 1. Fases del análisis exploratorio. Adaptado de (Boada, 2016).

Adicionalmente, es importante realizar la validación de los datos resultantes, llevando a cabo los siguientes pasos:

Figura 2. Validación de los Datos Obtenidos en el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

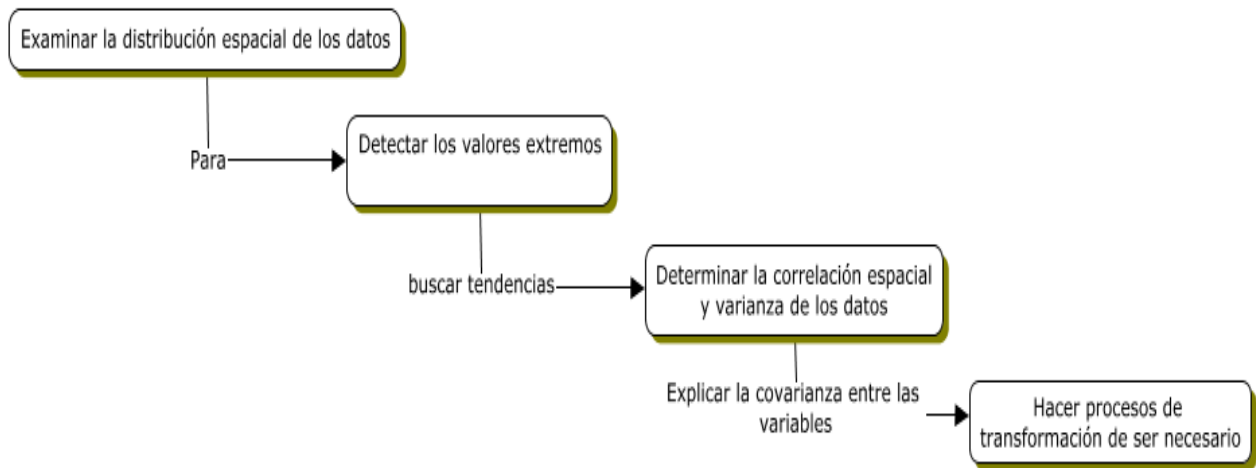


Figura 2. Validación del análisis exploratorio. Adaptado de (Boada, 2016).

Análisis determinístico.

Los métodos de interpolación determinística son abordados a partir de suposiciones generales de la superficie sobre la que se quiere efectuar el cálculo de las mediciones, y es en función de dichas suposiciones que se establecen los modelos matemáticos de interpolación (Boada, 2016). Bosque (como se citó en Paredes, Salinas, Becerra, & Jiménez, 2013) define la interpolación espacial como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio, conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio.

Clasificación de las técnicas de interpolación.

Técnicas globales: Tienen en cuenta todos los puntos muestrales en cualquier valor estimado (polinomio global).

Técnicas locales: Solo emplean los puntos muestrales que están en la vecindad y que se ajustan a la realidad lo más posible, estas son: predicción por distancia inversa (IDW: Inverse distance weighted), Polinomio local y funciones de base radial

“Las dos técnicas generan superficies de fenómenos que son continuos en el espacio. El IDW y las funciones de base radial son interpoladores exactos, mientras que el polinomio global y local son inexactos”. (Boada, 2016, p.1)

Para efectos de este documento, se ahondará en el método de interpolación IDW, ya que es el comúnmente más utilizado. Este método se basa en el principio que “los valores cercanos (valores obtenidos en muestras cercanas), son probablemente más similares que los que se encuentran más separados” ((Boada, 2016), p.1). Se expresa a través de la siguiente expresión:

$$W_i = \frac{1}{(dZ_x - Z_i)^t}$$

Donde:

W_i : Representa el peso para la predicción a partir de una determinada muestra.

$dZ_x - Z_i$: Representa la distancia entre el punto en el cual se quiere estimar la variable y el punto donde se ha tomado la muestra.

t: Representa el exponente a que se quiere elevar la distancia.

Por lo anterior, Boada (2016) afirma. “Los valores de los lugares más próximos al que se va a predecir tendrán más influencia y por lo tanto más peso que los que están más lejos” (...). Por lo que, este peso se ve disminuido por la distancia. Así mismo, los valores máximo y mínimo en la superficie interpolada pueden solamente ocurrir en los puntos muestrales.

Hotspots.

Los Hotspots hacen referencia a zonas calientes o áreas geográficas, que presentan una concentración de eventos superior al promedio dentro de un área de estudio. Los mapas son creados mediante el uso de la estadística G_i^* de Getis-Ord, la cual evalúa las características de los puntos o polígonos (entidades) de entrada para producir resultados óptimos.

Cuando se cuenta con un campo de análisis (valores de datos asociados con cada entidad de puntos), en el estudio de entidades de puntos, es posible conocer en donde se agrupan los valores altos y bajos entre los puntos. A continuación, se describen algunos ejemplos de lo que un campo de análisis podría representar:

Recuentos (como el número de accidentes de tráfico en las intersecciones de calles).

Tasas (como desempleo urbano, en el que cada ciudad está representada por una entidad de punto).

Medias (como la nota media en los exámenes de matemáticas entre escuelas).

Índices (como el índice de satisfacción del consumidor para concesionarios de coches del país).

Mientras que cuando no existe un Campo de análisis en el estudio de entidades de puntos, se puede identificar dónde se da un clustering (patrón espacial) de concentración o dispersión de puntos (estadísticamente significativo). Este tipo de análisis ayuda a responder preguntas relacionadas con dónde se encuentra la mayor o menor concentración de puntos. Para el caso de polígonos es indispensable contar con un campo de análisis.

Una vez obtenido cualquier tipo de modelo, para poder realizar un análisis puntual de los resultados obtenidos, se generan cluster y puntos calientes (Hotspot), que son una Colección de entidades potencialmente heterogéneas, es decir se tienen características diferentes y diferenciables entre estas y claramente pueden ser medibles, y dados estos atributos según las ubicaciones se generan pequeñas áreas denominadas vecindades (ArcGis 10, 2013).

Las herramientas de clusters realizan un análisis para identificar las ubicaciones de puntos calientes y valores atípicos que son estadísticamente significativos y entidades similares.

Un ejemplo puede ser la asignación de hospitales dependiendo de un clúster (área de influencia) de accidentalidad. Cuando se tiene la localización exacta de dichos puntos es posibles hacer

análisis estadísticos y toma de decisiones. En la siguiente ilustración, se observa la forma en que se representan los puntos calientes en el espacio de análisis:

Ilustración 1. Distribución de puntos calientes en un espacio geográfico de una red vial

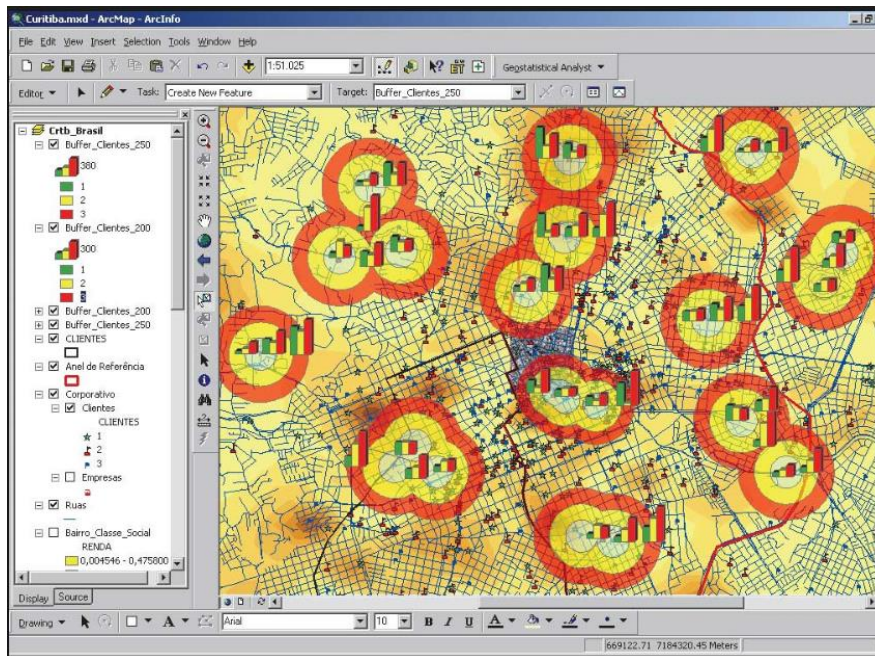


Ilustración 1. HotSpots. Adaptado de manual ArcGis 2013.

Una entidad con un valor alto es interesante, pero es posible que no sea un punto caliente estadísticamente significativo. Para ser un punto caliente estadísticamente significativo, una entidad debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras entidades con valores altos. (ArcGis 10.3, 2013).

Movilidad en las ciudades

La estructura de una ciudad obedece a fenómenos de tipo social, producto de las relaciones existentes entre los elementos de su estructura física y los niveles socioeconómicos que se establecen dentro de su espacio. Es así que, a mayor dispersión de los usos del suelo, se tendrá o no una mayor necesidad de movilización de sus habitantes.

La movilidad, debe garantizar los desplazamientos de personas y de carga a través de las diferentes infraestructuras del espacio público y de los modos que por las mismas circulan. Esta mecánica se basa en los principios del crecimiento racional de una ciudad.

Los aspectos mencionados con anterioridad, se ven reflejados en la movilidad de las personas, por lo cual se mencionan algunas características que interfieren en su movilidad, como son: “el ingreso, el género, la edad, la ocupación y el nivel educacional” (Alcántara, 2010).

Factores que determinan la evolución de las ciudades y su relación con la movilidad

El comportamiento de los desplazamientos dentro de una ciudad está directamente relacionado con su ingreso, su edad y su nivel educativo; se puede evidenciar que los desplazamientos realizados por personas de edad adulta, mayores ingresos y nivel educativo superior son mayores en cantidad a los realizados por personas con otras condiciones, esto también caracteriza el medio de transporte que utilizan, ya que un adulto con ingresos altos es usual que utilice vehículos particulares para sus desplazamientos dejando a un lado los medios de transporte colectivo.

Así mismo, la conformación del núcleo familiar es primordial para entender la dinámica de los desplazamientos generados por los miembros de una familia, ya que están sujetos al rango de edad y la ocupación actual, que de forma directa se relaciona con la edad productiva y de actividades de ocio, es así, que en edades más productivas como de los 20 a los 50 años se desplazarán más que las personas de la tercera edad.

A su vez el género marca una diferencia entre los desplazamientos que realizan los hombres y las mujeres, los primeros se desplazan más por su papel dentro de la producción económica, a pesar que estos índices cambian en países desarrollados o en países en los cuales el desempeño dentro de la producción económica para la mujer es reducido por condiciones religiosas o culturales.

Otro factor influyente en ciudades multiculturales es el grupo étnico al cual se pertenece, esto se vio reflejado claramente en los años 60 y 70 en Estados Unidos y en países en vía de desarrollo en los cuales las diferencias socioeconómicas son claramente marcadas. Al tener en cuenta el factor de movilidad reducida, es notable la diferencia entre ciudades desarrolladas de países ricos y ciudades grandes y desordenadas de países en vías de desarrollo, en las primeras, la inclusión en el ámbito urbanístico que permite la movilidad de este grupo poblacional es evidente, en cambio en las ciudades de países en vía de desarrollo su crecimiento desordenado ha excluido por completo a personas con diferentes discapacidades.

Teniendo en cuenta el “presupuesto tiempo” que se gasta en desplazarse, es clave diferenciar entre personas con mayores o menores ingresos, esto debido a que las familias con mayores ingresos tienen más vehículos para el desplazamiento de menos miembros por cada vehículo, esto nos dice que además de acumular más distancia de desplazamiento por familia, la ocupación del espacio en familias con ingresos altos es incomparable a una con ingresos bajos que se moviliza en transporte público, en bicicleta o a pie.

Los usuarios

Es preciso que las calles satisfagan las necesidades de movilidad de los usuarios en los entornos urbanos; y por ello la distribución del espacio debe hacerse de forma balanceada, teniendo una concepción exhaustiva de las necesidades de cada tipo de usuario.

Cabe resaltar la necesidad de analizar y describir ¿qué tipos de usuarios son los que interactúan en las áreas urbanas?, ¿qué los caracteriza?, ¿qué necesidades inherentes al entorno son propias de cada tipo de usuario? y ¿cómo interactúan entre sí?

Entre los tipos de usuarios encontramos: peatones, ciclistas, conductores y usuarios del transporte público; este último de gran importancia si las ciudades basan su desarrollo vial en la utilización de autobuses como eje central del transporte público.

Para poder definir un diseño multimodal de una calle integral, es importante establecer las características de cada tipo de usuario que demanda la infraestructura. Así mismo, analizar el entorno de desarrollo de la vía con respecto al uso del suelo, conlleva a que el diseño sea acorde con las necesidades encontradas en el entorno, de las personas que residen y/o trabajan dentro del área de influencia de la vía.

La vía urbana es el espacio común donde interactúan los diferentes medios de movilidad utilizados por los usuarios; para realizar un análisis integral de la infraestructura vial, además de las necesidades según el tipo de usuario se debe analizar los efectos de sus interacciones en la calidad de servicio de cada uno.

La interacción que existe entre los diferentes modos de transporte genera impactos positivos y negativos entre dichos modos. En la *Tabla 1* se presenta la matriz de interacción modal acorde con las metodologías contenidas en la HCM 2010; se puede ver que no se determina la interacción modal entre los demás modos de transporte y el transporte público (bus) debido a que este análisis es particular del TCQSM. Los altos volúmenes de automóviles afectarían indirectamente la confiabilidad del tránsito mediante el aumento de la probabilidad de congestión, pero la HCM 2010 no proporciona ningún método para estimar este efecto. De manera tal que, el efecto de los volúmenes de automóviles sobre el nivel de servicio del modo transporte público no puede ser calculado actualmente por los procedimientos disponibles en la HCM 2010 (Martinovich et al., 1991).

Tabla 1. Interacción modal HCM 2010

Modo generador de interacción		Modo afectado por la interacción		
		Automóvil	Peatón	Bicicleta
Automóvil	Los giros incrementan las demoras. Las características de aceleración y frenado de los vehículos pesados son pobres. El tiempo de ciclo de los semáforos es influenciado por el volumen vehicular. La demora en la intersección tiende a	Paso peatonal influenciado por el volumen vehicular y el tiempo de verde en intersecciones semaforizadas. Conflicto vehículo-peatón en los giros. Los altos volúmenes vehiculares de autos y vehículos pesados inciden en la percepción	Volumen y velocidad de autos y vehículos pesados. Presencia de estacionamiento en la vía y el grado en el que el ciclista es separado del tránsito vehicular influye en el confort del ciclista. Conflicto Vehículo-Ciclista en los giros en esquinas.	Impactos similares al del automóvil sobre el automóvil. Los Buses pueden retrasarse a la espera de una brecha en el tránsito cuando dejan una parada de bus. En el día a día las variaciones en los volúmenes vehiculares hacen que se presente una baja confiabilidad en las frecuencias.

Modo afectado por la interacción				
Modo	Automóvil	Peatón	Bicicleta	Transporte Publico (bus)
generador de interacción				
	aumentar cuanto más aumente el volumen de autos.	de separación del peatón desde el andén.		
Peatón	Tiempos mínimos de verde en semáforos pueden ser condicionados por longitudes de paso peatonal. Ceda el paso para los vehículos y permitir el paso peatonal.	Flujos cruzados peatonales donde la intersección de los flujos condiciona la velocidad de paso. El espacio y confort peatonal disminuye a medida que aumenta el volumen peatonal.	Los peatones que compartan vía con ciclistas, disminuyen el confort del ciclista porque los peatones van a menor velocidad. En la vía, el efecto en el ciclista es similar al que se presenta por los automóviles	Impactos similares a los de los peatones en automóviles. Los usuarios del autobús son peatones antes y después de su viaje en autobús, de manera tal que la calidad del entorno peatonal afecta la percepción de calidad del viaje en bus.
Bicicleta	Giros para autos con ceda el paso para bicicletas. Los autos pueden esperar para el paso de bicicletas en situaciones con carril compartido.	El encuentro entre peatones y bicicletas disminuye el confort peatonal porque las bicicletas tienen una velocidad considerablemente superior.	Los ciclistas pueden retrasarse cuando adelantan otro ciclista en la vía. Conflictos en la vía adyacente pueden afectar el confort del ciclista.	Impactos similares al del ciclista sobre el automóvil. Los ciclistas pueden ayudar a extender el área de cobertura de la parada de transporte público.
Transporte Publico	Los buses son vehículos pesados. Los buses que paran en el carril de	Impactos similares a causados por automóvil en los peatones, pero	Impactos similares a causados por automóvil sobre los ciclistas mayor	Disminución de la velocidad del bus a medida que aumenta el volumen de

Modo afectado por la interacción				
Modo				
generador de interacción	Automóvil	Peatón	Bicicleta	Transporte Publico (bus)
	circulación para ascenso/descenso de pasajeros pueden retrasar otros vehículos; medidas para priorizar el transporte público afectan el tiempo verde.	proporcionalmente mayor debido al mayor tamaño de los vehículos de transporte público.	debido al tamaño de los vehículos. El bus puede permitir extender y finalizar un viaje en bicicleta en caso de lluvia, si el bus está dotado del soporte para cargar la bicicleta	buses. Incrementos irregulares en la carga de pasajeros y aumento en el tiempo de espera.

Tabla 1. Interacción HCM 2010. Adaptado de (Highway Capacity Manual, 2012).




La *Tabla 2* corresponde a la relación intermodal acorde con la metodología contenida en el FDOT Q/LOS Handbook. El manual de Florida integra los modelos planteados por el HCM 2010 para los modos automóvil, peatón y bicicleta, y el TCQSM para el modo transporte publico bus, por esto en la matriz de relación intermodal se observa una afectación específica entre el propio modo de transporte público bus, estimándose una afectación positiva por el efecto de un incremento en el volumen de buses mejorando la frecuencia lo que se refleja en un mejor nivel de servicio.

Tabla 2. Interacción modal FDOT Q/LOS Handbook

Modo afectado por la interacción				
Modo generador de interacción	Auto	Transporte Publico (bus)	Bicicleta	Peatón
Auto	Altos volúmenes vehiculares reducen el nivel de servicio.	Altos flujos vehiculares no tienen efecto sobre la frecuencia del bus, el tramo de servicio o el acceso peatonal.	Altos volúmenes de automóviles y/o altas velocidades reducen el nivel de servicio del modo bicicleta	Altos volúmenes y/o altas velocidades reducen el nivel de servicio del modo peatón.
Transporte Publico (bus)	Altos volúmenes de buses reducen la capacidad e incrementan la demora en las intersecciones semaforizadas.	Altos volúmenes de buses, aumentan en promedio la frecuencia, lo cual incrementa el nivel de servicio.	Altos volúmenes de vehículos pesados reducen el nivel de servicio del modo bicicleta.	Altos volúmenes de vehículos pesados reducen el nivel de servicio del modo peatón.
Bicicleta	Altos volúmenes de bicicletas reducen la capacidad e incrementan la demora en las intersecciones semaforizadas.	Altos flujos de bicicletas no tienen efecto sobre la frecuencia del bus, el tramo de servicio o el acceso peatonal.	Altos volúmenes de bicicletas no tienen efecto en el nivel de servicio del modo bicicleta. Mejorar el diseño para el modo bicicleta puede afectar su nivel de servicio.	Altos volúmenes de bicicletas no tienen efecto en el nivel de servicio del modo peatón. Mejorar el diseño para el modo bicicleta puede afectar el nivel de servicio del modo peatón.

Modo afectado por la interacción				
Modo generador de interacción	Auto	Transporte Publico (bus)	Bicicleta	Peatón
Peatón	Altos volúmenes peatonales reducen la capacidad e incrementan las demoras en las intersecciones.	Altos flujos de peatones no tienen efecto sobre el nivel de servicio del bus. Mejorar la infraestructura peatonal mejora el nivel de servicio del bus.	Altos volúmenes de peatonales no tienen efecto en el nivel de servicio del modo bicicleta. Mejorar el diseño afecta el nivel de servicio del modo peatón.	Altos volúmenes peatonales no tienen efecto en el nivel de servicio del modo peatón. Mejorar el diseño afecta el nivel de servicio del modo peatón.

Tabla 2. Interacción Handbook. Adaptado de (Barker, AD Brown, & WAV Ekern, 2008)

-  Corresponde a interrelaciones débiles o inexistentes
-  Corresponde a efectos positivos de interacción
-  Corresponde a efectos negativos de interacción

Igualmente, las necesidades de cada usuario de modo de transporte son específicas en función del entorno urbano de desarrollo de la vía, el cual está influenciado directamente por el uso del suelo; sin embargo, algunas de estas características sin importar el entorno urbano siempre será necesario satisfacer.

Los usuarios de la infraestructura vial se pueden clasificar en 4 grupos: conductores de automóvil, peatones, ciclistas y usuarios de transporte público. Cada grupo quiere las mejores condiciones para permitir su movilidad de forma óptima, el conductor de auto desea vías rápidas, donde las demoras sean mínimas, vías amplias, entre otras, pero estas condiciones ideales para este grupo particular de usuario son contrarias a las del peatón, debido a que afectan su percepción de seguridad en un ambiente donde la velocidad es el factor imperante del entorno.

Tabla 3. Necesidades de los usuarios de las vías

Usuario	Lo que esperan de las vías
Conductores de automóviles	Disminución en tiempo de viaje, disminución de los conflictos (intersecciones, pasos peatonales, giros izquierdos); diseño consistente de las calles en la red vial.
Peatones	Ayudar a disminuir distancias a pie, peatones separados del tránsito. Crear un entorno estéticamente agradable con instalaciones peatonales. Proteger a los peatones de los elementos de la vía. Brindar al peatón la mayor seguridad posible.
Transporte Público	Espacio suficiente para operar y maniobrar sus vehículos. Conflictos mínimos con otros viajeros y con características de la vía adyacentes. (Estacionamiento en la vía, flujo mixto). Demoras mínimas, para ayudar a mantener su ruta de operación en el tiempo establecido. Accesibilidad a los paraderos de bus. Facilidad en la conexión. Comodidad y seguridad en el paradero mientras se espera el bus.
Ciclo usuarios	Una red de ciclovías bien conectada y con mobiliario para las bicicletas. Rutas de viaje seguras, directas, sobre todo cuando los viajes en bicicleta son con fines estrictamente diferentes al del ejercicio o recreación.
Uso del Suelo	Condiciones seguras para el tránsito peatonal, para los usuarios y habitantes de las propiedades horizontales del sector. Bajas velocidades y bajos volúmenes de tránsito en la vía adyacente. Iluminación, viajes seguros, accesibilidad (para el acceso a sus propiedades), paisajismo.

Tabla 3. Necesidades de los usuarios. Adaptado de (Charlotte Department of Transportation, 2007)

En la *Tabla 3*, se presentan las principales necesidades que cada grupo de usuarios espera encontrar en las vías dispuestas para la movilidad con calidad (Charlotte Department of Transportation, 2007).

Los usuarios desearían tener las mejores condiciones que favorezcan su movilidad; en el proceso de diseño y/o adecuación de un espacio público, diseñadores y planificadores lograr que el diseñador debe tener una concepción integral buscando optimizar el uso del espacio público, y al mismo tiempo que satisfagan simultáneamente los deseos específicos de cada usuario.

El diseño multimodal de calles integrales permite el correcto balance entre las condiciones ideales para cada grupo de usuarios y permite establecer una prioridad gracias a la particularidad del uso del suelo; tal y como se puede apreciar en la *Figura 3*:

Figura 3. Relación de las necesidades de los usuarios y el diseño integral

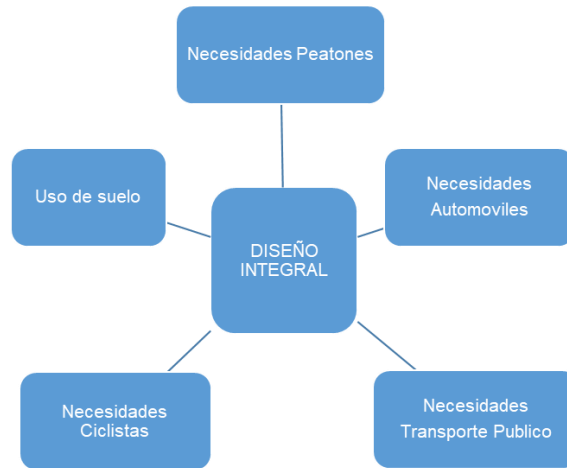


Figura 3. Relación de las necesidades de los usuarios. Adaptado de (Charlotte Department of Transportation, 2007)

El Peatón

El tránsito peatonal en las áreas urbanas es de vital importancia. Es una manera de interactuar en el espacio público y un factor importante para la habitabilidad de una ciudad; según (Burgos, 2008), todos en algún momento seremos peatones y por lo tanto este actor dentro del panorama de la movilidad es el que por número es el más grande y por vulnerabilidad el más débil; “la ciudad pequeña e intermedia en los países latinoamericanos constituye uno de los sitios con mejores condiciones para vivir, puesto que los ciudadanos realizan actividades de interrelación que no son posibles en ciudades más grandes” (Ayala, 2018). Por lo anterior las ciudades intermedias son el escenario perfecto para propiciar el espacio adecuado para el modo de viaje peatonal generando un cambio de concepto en el diseño de las vías planeando y construyendo un espacio público seguro y confortable para el peatón.

No todos los peatones tienen las mismas necesidades y básicamente esto obedece a que estos tienen diferentes características; aunque existe una diversidad en este tipo de usuario, se puede establecer una clasificación que hace posible caracterizar el peatón. Todas las personas pueden sin restricción alguna, ser peatón incluso si el caminar no es el medio principal de viaje, como sucede cuando se desea acceder al transporte público (Instituto de Desarrollo Urbano, 2015).

la clasificación del peatón por rangos de edad según La AASHTO es de la siguiente manera:

Tabla 4. Clasificación peatonal AASHTO

Rango de edad	Descripción
0-4 Años	Aprendiendo a caminar requiere constante supervisión de los padres o adultos, desarrollo de la visión periférica y percepción de profundidad.
5-8 Años	Se incrementa la independencia, pero aún requiere la supervisión. Baja percepción de la profundidad.
9-13 Años	Sentido de invulnerabilidad, baja capacidad de juicio, susceptible a atropellamientos debido a su falta de atención en las vías.
14-18 Años	Mejora su conciencia del ambiente en el tránsito. Baja capacidad de juicio.
19-40 Años	Activo, completamente consciente del tránsito.
41-65 Años	Disminución en los reflejos.
Mayores de 65 Años	Dificultad para cruzar la calle, puede tener problemas visuales y auditivos, alta tasa de mortalidad al verse involucrado en accidentes.

Tabla 2. Clasificación peatonal AASHTO. Adaptado de (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2006).

Como se indica en la *Tabla 4*, la AASHTO presenta una clasificación de los peatones por el rango de edad en función de las características de movilidad. Según la guía práctica de la movilidad peatonal (Instituto de Desarrollo Urbano, 2015), se distingue otro tipo de usuario peatón denominado PMR (Peatón con Movilidad Restringida) el cual se define como “Todo

usuario que requiera ayuda permanente o eventual debido a una deficiencia en su función cognitiva, mental, sensorial o motora”, y teniendo en cuenta el espacio para el tránsito de los peatones debe estar libre de obstáculos, aunque resulta de difícil cumplimiento ante la presencia de postes, infraestructura de servicios públicos, hidrantes y demás objetos que reducen el espacio útil y reducen el nivel de servicio de las aceras de las ciudades. En la *Figura 4*, se puede ver la clasificación del peatón y las características generales que los identifican así como diverso es el peatón al igual que sus necesidades; en general, son el adulto mayor, el niño y el PMR los usuarios en los cuales se debe hacer énfasis en el momento del diseño de la infraestructura vial peatonal.

Figura 4. Tipología del Peatón

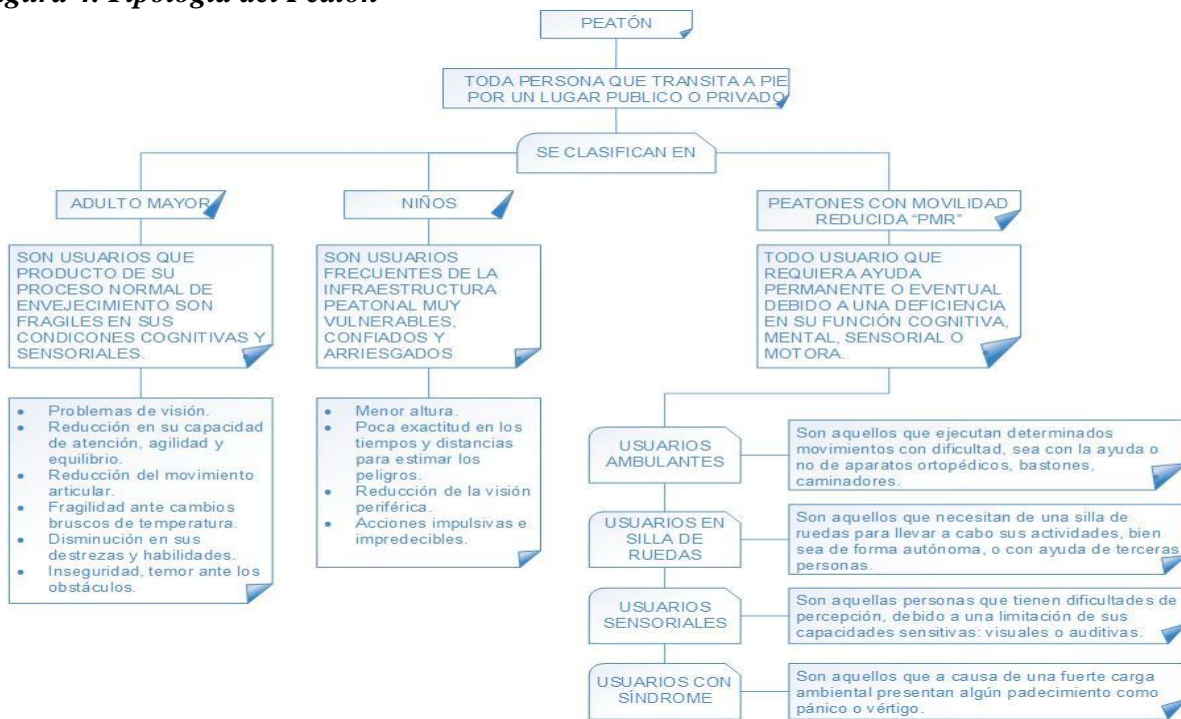


Figura 4. Tipología del peatón. Adaptado de (Vargas, 2018)

Son varias las condiciones determinantes para emprender la caminata como modo de viaje, según la (AASHTO, 2004) esta decisión involucra aspectos como: la distancia de viaje, densidad y

diversidad de los usos del suelo, percepción de seguridad en la ruta y la comodidad que pueda ofrecer la misma.

El enfoque tradicional de diseño de vías puede definir las necesidades peatonales como simplemente dotar un área dentro del derecho de vía para el andén y pasos peatonales seguros (Charlotte Department of Transportation, 2007), los cuales son indudablemente necesarios para propiciar un entorno peatonal seguro, pero los usuarios necesitan algo más que un área determinada para caminar y sentirse seguros y cómodos al emprender un viaje a pie.

El peatón busca emprender un viaje a pie cuando la percepción de la distancia al destino es corta o cuando se presenta un sendero debidamente demarcado y con una iluminación adecuada que transmita al peatón seguridad y confort. La seguridad es tal vez la prioridad y factor determinante para el peatón al momento de tomar la decisión de emprender un viaje a pie (Vargas, 2018).

En general, el peatón desea que la infraestructura dispuesta para su movilidad ofrezca:

Seguridad.

Estética.

Iluminación.

Señalización.

Entorno visual agradable (vegetación).

Distancias cortas.

Ancho de acera suficiente.

Conectividad.

Accesibilidad y cruces peatonales frecuentes.

Instalaciones peatonales continuas y conectadas, separados del tránsito vehicular.

La diversidad en las condiciones de servicio de la instalación peatonal se verá afectada a medida que atraviese diversos usos de suelo, es decir, al igual que cambia el entorno, las características y necesidades de los usuarios cambiarán.

En el ámbito del diseño es probable que se presenten necesidades particulares que deberán ser atendidas para satisfacer las condiciones de demanda peatonal pero siempre se debe garantizar los principios fundamentales del diseño de infraestructura peatonal; la AASHTO considera los siguientes principios de diseño: *seguridad, accesibilidad, conectividad, simplicidad, estética, funcionalidad y economía.*

El ciclista

En los últimos años, este medio ha venido reclamando su espacio en los ámbitos urbanos viendo en este modo de transporte no motorizado como una opción de movilidad con fines diferentes al recreativo; Los ingenieros Nelson Rivas y Carlos Arboleda de la Universidad del Cauca, en el curso de ingeniería de tránsito resaltan que “La bicicleta es un gran medio de transporte utilizado en países como Holanda, China y Estados Unidos en donde se ha masificado el uso de este medio hasta el punto de que existen bicicletas públicas”(Vargas, 2018).

Las ventajas del uso de la bicicleta son varias: permite ahorrar dinero y tiempo, brinda comodidad e independencia y, al mismo tiempo, posibilita el desarrollo de una cuota básica de actividad física, suficiente como para mantenerse activo y más saludable.(MINVU, 2009), este actor que ha venido cobrando relevancia dentro de la movilidad de las ciudades de una u otra forma es de vital importancia ya que comparte de forma clara los espacios tanto peatonales como vehiculares.

Desplazarse en bicicleta supone un gasto de energía del propio cuerpo humano, por tal razón es primordial brindar condiciones de infraestructura donde se haga un uso eficiente de dicha energía, evitando rutas de viaje extensas y detenciones innecesarias.

Es conveniente que la ruta esté libre de obstáculos tales como infraestructura de iluminación, depósitos de basura, huecos, rejillas de drenaje, etc.; esto aumenta la seguridad al evitar que el ciclista requiera maniobrar para evadirlos y propicie una eventual colisión; una adecuada iluminación y trazado coherente de la ruta también contribuye a la seguridad del ciclista, el usuario de la bicicleta es sensible a las irregularidades de la superficie de rodadura; proveer una adecuada superficie en las ciclovías es importante para que el tránsito de los ciclistas sea cómodo.

Las ciudades deben proporcionar al ciclista cuando este realice los desplazamientos habituales por motivos de estudio o trabajo, lugares en los cuales pueda estacionar la bicicleta mientras realiza sus labores cotidianas antes de emprender el retorno al sitio de vivienda, Otra condición es la facilidad de la integración con otro medio de transporte, ya que el ciclista se encuentra claramente expuesto a las condiciones climáticas y es frecuente que en medio de un viaje las condiciones del clima cambien y con la lluvia se vea interrumpido el desplazamiento del ciclista; al permitirse la integración con el transporte público es posible que se finalice ese viaje (Vargas, 2018).

Por último, cuando el motivo del viaje es recreativo, es indispensable que la ruta sea atractiva desde el punto de vista paisajístico; esto no implica que se deba descuidar las otras necesidades,

debe propiciarse aún más las características anteriormente enunciadas y proveer accesibilidad de servicios y posibles actividades a desarrollar.

Sin importar el tipo de ciclista, o el motivo del viaje, el usuario de la bicicleta espera:

Una red vial para bicicletas bien conectada.

Comodidad para estacionar en diferentes puntos la bicicleta.

Rutas de viaje seguras, cómodas y atractivas.

Bajas velocidades y movimientos controlados de los vehículos en intersecciones.

Conexiones con el transporte público.

Adecuada señalización e iluminación.

Transporte Público Urbano

El transporte es definido como el movimiento de personas y bienes mediante unos elementos interrelacionados, con el fin primordial de permitir el movimiento de la economía de una ciudad y un país.(Vargas, 2018) Un sistema de transporte público bien articulado y diseñado, hace que se puedan aprovechar eficientemente los recursos de la red vial y permite la movilidad de las comunidades en desarrollo de las actividades cotidianas; adicionalmente, tiene múltiples efectos positivos indirectos, como fomentar el desarrollo económico, aumentar el valor de los bienes inmuebles o favorecer pautas más eficaces de uso del suelo.

Al promover el transporte público colectivo urbano articulado con una adecuada planeación urbana se puede conseguir la disminución del uso del automóvil particular si en un radio de 1km se garantiza accesibilidad peatonal alrededor de centros locales y nodos de transporte público (Newman & Kenworthy, 2006).

En la actividad del transporte público urbano, se pueden distinguir dos actores principales, el conductor del bus y el pasajero (Cerwall, 2016), desde los cuales se pueden tener expectativas diferentes respecto a la infraestructura dispuesta a su servicio.

“Los usuarios del transporte público corresponden a diferentes estratos de la población; por ejemplo: niños, adultos, ancianos y personas con problemas físicos; el sistema de transporte urbano debe tener la flexibilidad suficiente para atender debidamente a los diferentes tipos de usuario”(Vargas, 2018).

En el diseño de calles integrales se deben prever los requerimientos respecto al transporte público urbano y dotar el derecho de vía de los elementos necesarios para satisfacer las necesidades de los usuarios del sistema integrado con el uso de suelo adyacente. Tener unas vías con la adecuada orientación hacia el transporte público articulando con una red peatonal y de bicicletas, optimiza la operación del sistema y hace más eficiente el uso de la infraestructura vial.

Los conductores, de transporte público, particularmente, esperan que la demora en sus recorridos sea mínima, que tengan un carril exclusivo para cumplir con las rutas de viaje, y un mínimo de conflictos con maniobras en el tránsito vehicular mixto.

Los pasajeros son habitualmente peatones, y en la forma que se permita la integración modal, podrían ser ciclistas o usuarios provenientes de otro modo de transporte; sin importar, los usuarios del transporte público en bus (pasajeros) esperan paraderos seguros y de fácil acceso, conectividad con la red peatonal entre las paradas de bus, iluminación a escala peatonal,

mobiliario adecuado para hacer más agradable la espera, una frecuencia de la ruta adecuada, accesibilidad para personas con movilidad restringida, etc.

El usuario del transporte público es diverso y requiere en los sitios de parada del bus la disponibilidad de un mobiliario adecuado para aguardar la llegada del vehículo e información de las rutas y posibles alternativas en las rutas de viaje. A continuación, se relacionan los principales elementos que se deben tener presente en el momento de la adecuada integración del transporte público dentro del derecho de vía:

Desarrollar los principales corredores de tránsito vinculados al uso del suelo. Es decir, que permitan llegar a los diferentes sectores de mayor intensidad de actividad (Centros administrativos, estadios, aeropuertos, universidades, etc.).

El sistema de transporte público debe interactuar sin problemas con otros modos, reconociendo que el éxito depende de que los usuarios lleguen a tomar el servicio a través de la bicicleta, a pie, en automóvil, taxi o parada de bus. Debe contar con ciertas características de diseño para las personas, proporcionar bancas, botes de basura, la protección del sol, bastidores de bicicleta, y el acceso de la parada para los peatones incluyendo usuarios con discapacidades.

Proporcionar conexiones convenientes, seguras y acogedoras a residencias, lugares de trabajo, y otros destinos para los ciclistas y peatones.

Incorporar acabados paisajistas siempre que sea posible (Vargas, 2018).

El automóvil

El enfoque tradicional de diseño de vías está orientado hacia el automóvil : carriles anchos, pocos pasos peatonales, disminución en el número de intersecciones; todo contribuye a un

aumento en la velocidad y un mayor confort del usuario de las calles que conduce un automóvil (Vargas, 2018).

En el ámbito urbano no es pertinente propiciar altas velocidades ni disminuir las características de la infraestructura peatonal, excepto en autopistas urbanas con control de acceso a lo largo del corredor. Puede ser inconveniente tanto para los usuarios como para el mismo conductor tratar de satisfacer las “necesidades” de los conductores de automóvil, quien en las áreas rurales comparte la vía con más vehículos y eventualmente ciclistas, mientras que en el área urbana se mezcla con el transporte público, ciclistas y peatones de todas las edades, lo cual requiere de mayor atención al volante y se debe propiciar menores velocidades.

Normalmente y de manera específica, el conductor de automóvil es muy susceptible a cambios en su conducta al volante ocasionados por el estrés, el estado de ánimo, la visión, la fatiga, el clima, la edad, la congestión, etc.; viaja desde la comodidad de poder alterar su plan de viaje y poder recorrer grandes distancias. Este tipo de usuario, comúnmente utiliza este medio de transporte por comodidad o porque a su parecer el transporte público es obsoleto y poco eficaz, aunque pueda llegar a ser una realidad.

Dentro del derecho de vía, normalmente la mayor área es cedida al tránsito motorizado, propiciando altas velocidades y contribuyendo de esta manera a la inseguridad de otros usuarios. Técnicas como la reducción de las vías o técnicas de calmar el tránsito, tienden a definir áreas de uso predominante relevando el automóvil particular. Mejorar y articular un sistema de transporte público eficiente, basado en la multimodalidad y la accesibilidad contribuyen a disminuir la dependencia del automóvil.

Sin embargo, en la actualidad no es posible concebir una red vial urbana sin vehículos particulares, es inherente al tránsito; es necesario dotar de la mejor manera el derecho de vía para que transite de la mejor forma integrado con los demás usuarios. Desde la concepción del diseño multimodal de una calle integral, se debe procurar dotar del espacio necesario, proveyendo seguridad y facilidad de acceso, disminuyendo los problemas con otros usuarios, promoviendo las bajas velocidades donde se requiera, rechazando algunos movimientos vehiculares, separando o generando agregación modal y controlando el estacionamiento en la vía.

El conductor

Como menciona (Cal y Mayor & Cárdenas, 2010), el vehículo de motor es algo novedoso que tiene tan solo 90 a 110 años de estar entre nosotros. Generalmente el que conduce un vehículo conoce el mecanismo, sabe lo que es el volante, las velocidades, el freno, etc., pero desconoce las limitaciones, la potencialidad el vehículo y carece de la destreza necesaria para mezclarlo en la corriente de tránsito. De acuerdo a las estadísticas de accidentes se puede asegurar que “el vehículo sin la preparación previa del individuo a través de la educación vial, se ha convertido en un arma homicida.”

El uso del suelo

En ámbitos urbanos, el uso del suelo cobra importancia para el diseño de calles debido a la estrecha relación entre este y los usuarios de la infraestructura vial.

Como menciona (Ayala, 2018), la organización y regulación de los usos del suelo, de igual manera que el proceso de expansión de las ciudades, están estrechamente vinculados con la movilidad, la capacidad de la red vial, las actividades económicas, entre otras. No es igual una

calle que atraviesa un entorno donde el desarrollo del uso del suelo es netamente comercial al desarrollo de una vía atraviese un área donde el tratamiento del uso de suelo es industrial.

Demandan necesidades distintas por las actividades que se desarrollan y por lo tanto exigen condiciones de diseño específicas.

El análisis del contexto por donde se desarrollará una vía permite determinar el tipo de usuario característico y proponer en el diseño, una adecuada infraestructura vial ajustada a las necesidades de los usuarios y el entorno.

Ilustración 2. Uso del suelo y transición urbana

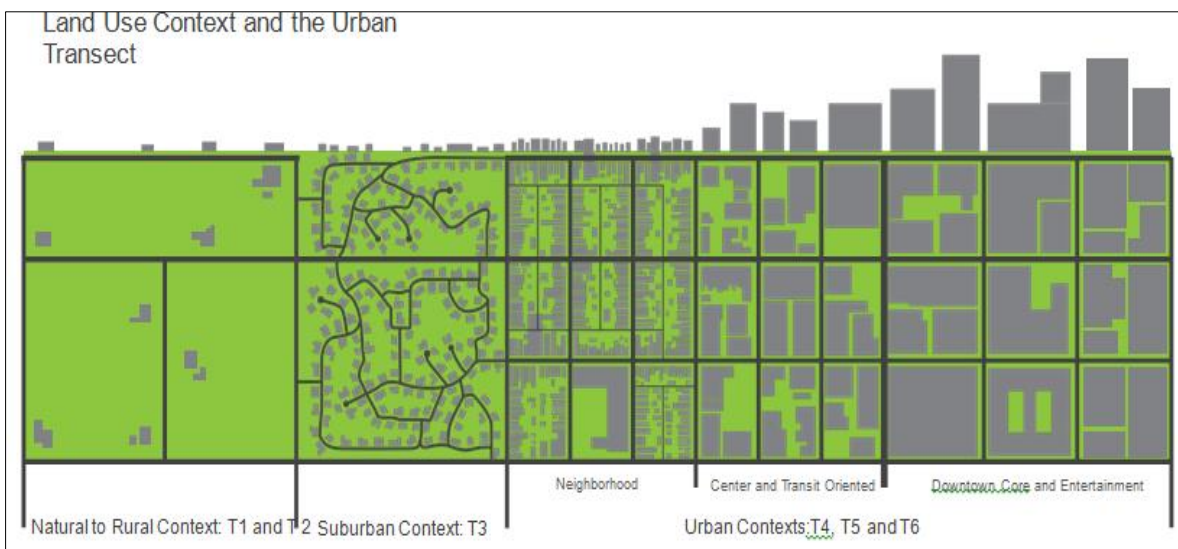


Ilustración 2. Uso del suelo y transición urbana. Adaptado de: (Active Transportation Alliance, 2016).

Incorporar el uso del suelo en el diseño y planeación de las calles resulta de gran utilidad ya que es un elemento primordial de análisis en etapas de planeación de las calles integrales; es muy probable que un corredor vial principal cruce varios usos de suelo y las características de su geometría, sección transversal y operativas se vean influenciadas a lo largo del corredor satisfaciendo las necesidades de los usuarios dentro de un entorno. Aquí es aplicable el enfoque

de transición gradual utilizado para una red vial cuando esta pasa del ámbito rural al urbano, como se observa en la *Ilustración 2*.

La transición gradual se adapta al interior del entorno urbano con las consideraciones específicas de la ciudad bajo las particularidades del uso del suelo. Para establecer este concepto se debe integrar la vía, determinando una tipología vial urbana con características definidas para cada una estableciendo la relación entre la vía y el uso de suelo.

Como se puede ver, son múltiples las necesidades de los diferentes tipos de usuarios, relacionadas entre sí por la interacción entre los diferentes modos de transporte urbano; para satisfacer a todos los usuarios se requiere encontrar un balance entre las necesidades, y establecer la relación entre la función de las vías, el uso del suelo y los usuarios, además de establecer unas características de la red vial en general.

Volúmenes de tránsito

Los volúmenes de tránsito hacen referencia al número de vehículos o personas que pasan por un punto durante un período de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo, se definen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales (Cal y Mayor & Cárdenas, 2010):

Tránsito anual (TA): Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso $T = 1$ año.

Tránsito mensual (TM): Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso $T = 1$ mes.

Tránsito semanal (TS): Es el número total de vehículos que pasan durante una semana.

En este caso $T = 1$ semana.

Tránsito diario (TD): Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este

caso $T = 1$ día.

Tránsito horario (TH): Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En

este caso $T = 1$ hora.

Tránsito en un período inferior a una hora (Q_i): Es el número total de vehículos que pasan

durante un período inferior a una hora. En este caso $T < 1$ y donde i , por lo general,

representa el período en minutos. Así, por ejemplo, Q_{15} es el volumen de tránsito total en

15 minutos.

Otras definiciones importantes en la ingeniería de tránsito tienen que ver con los volúmenes de tránsito promedio diarios, los cuales corresponden al número total de vehículos que pasan durante un período dado igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. Según el número de días se representan de la siguiente manera (Cal y Mayor & Cárdenas, 2010):

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Volumen en Hora de Máxima Demanda (VHMD): Corresponde a la cantidad máxima de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD) o Factor de Hora Pico (FHP): Es la relación entre el volumen de la hora de máxima demanda y el volumen máximo ($Q_{máx}$), que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * Q_{máx}}$$

Donde:

VHMD = Volumen en la hora de máxima demanda.

N = Número de períodos durante la hora pico, pueden ser 5, 10 o 15 minutos.

$Q_{máx}$ = Volumen máximo del período dentro de la hora pico.

Son diversas las aplicaciones de la información de volúmenes de tránsito, y de gran utilidad en la planeación del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación. En la *Tabla 5*, se observan algunas aplicaciones de los estudios de volúmenes.

Tabla 5. Aplicaciones de los volúmenes de tránsito

Tipo de volumen	Aplicación
Tránsito promedio diario anual: (TPDA) o volumen total de tránsito.	Estudios de tendencias; planeación de carreteras; programación de carreteras; selección de rutas; cálculo de tasas de accidentes; estudios fiscales; evaluaciones económicas.

Tipo de volumen	Aplicación
Volúmenes clasificados: Por tipo de vehículo, número de ejes, y/o peso.	Análisis de capacidad; diseño geométrico; diseño estructural; computo de estimados de recolección de impuesto de los usuarios viales.
Volúmenes durante períodos de tiempo específicos: Durante horas pico, horas valle, y por dirección.	Aplicación de dispositivos de control del tránsito; vigilancia selectiva; desarrollo de reglamentos de tránsito; diseño geométrico.

Tabla 5. Volúmenes vehiculares. Adaptado de Apuntes de ingeniería de tránsito, Universidad Nacional (Montoya, 2005).

Comportamientos de los usuarios de las vías

La relación entre los actores de la movilidad urbana es altamente compleja, se destacan unas figuras que pueden llegar a vislumbrar mejor el entendimiento, comportamiento y su relación con las formas de actuar de los actores más relevantes en cuanto a espacio, velocidad y peligrosidad que se tiene, estos son los conductores de automóviles.

Teniendo en cuenta los términos de interacción, operación y comunicación en las relaciones que se pueden dar en las vías, a pesar de no ser muy usados, se definen de la siguiente forma: la cooperación como un encuentro de al menos 2 usuarios de la vía que tienen un mismo objetivo, por otro lado es un proceso de interacción cuando se reúnen dos actores pero no se necesita cooperación con respecto a un objetivo común, por lo tanto tratar de alcanzar un objetivo común marca la diferencia entre la interacción. Muchos estudios se basan en aumentar el flujo de tráfico como objetivo, pero qué pasa cuando se estudia desde la cooperación y la comunicación, términos muy esquivos por la forma de actuar ante situaciones conflicto en el tráfico diario.

Si bien es cierto, la mayoría de situaciones de conducción están controladas por una normatividad que en nuestro caso es el Código Nacional de Tránsito, cuando las situaciones de conflicto no tiene una regulación ni una normativa seguramente existirán situaciones en las que

no está claro cuál de los actores tiene la prioridad, en este caso la comunicación y la capacidad de negociación para resolver situaciones es de vital importancia para la resolución de conflictos, sin necesidad de llegar a tener eventos relacionados con accidentes de tránsito.

si existieran vehículos totalmente automatizados y supieran ver este tipo de eventualidades de conflicto, existirían casos en que los vehículos no sabrían qué decisión tomar, Siempre será necesario que el conductor resuelva la situación haciendo recurso de la cooperación y la comunicación para resolver este tipo de eventos; en este caso el escenario de un conductor que está en posición defensiva ante la situación podría causar una realidad incomoda y apresurada ante el evento de resolver con situaciones de simple interacción y comunicación. Las señales de tránsito y las normas pueden llegar a determinar el comportamiento de los usuarios en una carretera, teniendo en cuenta las diferentes situaciones las señales de tránsito pueden interpretarse de manera diferente según la situación en la que se utilizan (Imbsweiler, Ruesch, Weinreuter, Puente León, & Deml, 2018).

las reglas formales que si bien están establecidas por la normativa y la señalización de tránsito tiene una utilización subjetiva cuando las reglas informales surgen debido al deseo de los usuarios de la carretera para optimizar el tránsito en este caso la individualidad y el deseo de obtener el objetivo del usuario está ocupando la vía de comunicación.

Es de Vital importancia la comunicación dentro del sistema, en este caso existen diferentes tipos como la formal y la informal, la primera ligada directamente a un comportamiento de conducción como la aceleración o el cambio de carril mientras que la comunicación formal está

determinada por ejemplo en el uso de las direccionales del vehículo o el pito, a esto se le define como implícita y explícita.

Teniendo en cuenta que un factor determinante en la movilidad es la comunicación entre los actores y determinando como se resuelven las situaciones de cooperación en general el concepto de comunicación implícita y explícita está más directamente relacionado con el comportamiento de manera informal en contraste con el comportamiento de forma que está relacionado con las normas y la señalización de tránsito (Lenné, 2013).

Un experimento hecho en Alemania en el cual participaron 18 hombres y 2 mujeres con edades entre los 23 y los 35 años los cuales conducen regularmente más de 140 kilómetros por semana de los cuales el 32% por ciento por autopistas en la ciudad y el 18% en caminos rurales, los cuales iban acompañados en los vehículos de personas expertas en examinar a conductores los cuales tiene la intención de aprobar su examen para obtener la licencia de conducción, en este experimento se le dio la opción a los conductores que eligieran en primera instancia donde querían posicionarse en una intersección, si querían estar más cerca, si querían estar más lejos, si querían usar gestos con las manos o si decidían utilizar las direccionales del vehículo, se observó que las reacciones eran diferentes ya que ante una situación conflictiva, la reacción ante esto fue la aceleración de algunos, otros desaceleraron, otros hicieron señales al siguiente conductor para que continuará otro a través de las luces alentó pasivamente para que continuará, se observó que de cada una de estas situaciones se solucionaron por diferentes métodos unos más ajustados a la Norma y otros más tendientes a la experiencia, el temperamento y el estado de ánimo del conductor.

Este experimento arrojó datos que están directamente relacionados con la experiencia y la cantidad de horas conduciendo, en la capacidad de tener confianza en la conducción y su relación con la capacidad de resolver situaciones difíciles, el estudio por lo tanto condujo a la conclusión que hay conductores que prefieren tomar el riesgo y la iniciativa y otros que prefieren que esto lo haga un actor diferente a él ante una situación de peligro o de decisión (Imbsweiler et al., 2018).

Existen situaciones a las cuales se enfrentan los conductores y pueden estar divididas como defensivas y ofensivas, el estudio indicó conductores que se sienten más seguros ante situaciones ofensivas en las que tienen el control, es claro que no hay una relación directa y el estudio resulta contradictorio, el factor de cooperación para resolver la situación no concuerda con la confianza ante las situaciones de peligro si el actor de la situación de conflicto tiene una disposición a la no cooperación.

La mayoría de las señales fueron dadas por gestos aunque el efecto no parezca muy significativo, ya que la muestra es pequeña, sería interesante investigarlo más a fondo teniendo en cuenta altos niveles de tránsito como los de la ciudad de Bogotá, el estudio concluye que la utilización de gestos corporales está directamente relacionada con la experiencia y la audacia ante situaciones de peligro si bien permiten solucionar de manera más rápida el conflicto pueden generar accidentes, las personas de menor edad con menos experiencia están más tendientes a utilizar la señalización y la Norma para la resolución de los mismos.

Accidentalidad

Frente a este flagelo muchos países del mundo, algunos en más medida que otros, se han preocupado por las cifras que describen una cantidad según la (OMS) de 1.3 millones de

personas mueren cada año y 50 millones resultan heridas, se hacen cálculos que sitúan estas cifras aumentando en un 65% en los próximos 20 años, en países como Colombia podría ser mayor, ya que el problema es cultural y de falta de inversión y planeación, en cuanto a lo cultural, tenemos tendencias marcadas a una negativa ante el cumplimiento de las normas y este factor es de vital importancia en comparación con países con alta conciencia cívica.

De tal magnitud es el inconveniente que se ha convertido en un problema de salud pública, así es que las Asamblea de las Naciones Unidas proclamo esta década como de *Acción para la seguridad vial*, queriendo reducir al menos en un 50% las muertes para el 2020, todos los países tienen sus propios planes que trabajan en ese sentido, lo complicado es que no solo con normas de tránsito se soluciona el problema, es un reunión de factores que van desde la fabricación de automóviles más seguros, una infraestructura diseñada, mantenida y ajustada a la seguridad de los actores que intervienen en el paisaje del tránsito de un ciudad y más si se sabe que como en Bogotá su crecimiento fue con una mínima planeación y sin tener en cuenta que llegaría a ser una ciudad con la extensión y cantidad de habitantes como ahora lo tiene y por supuesto la generación de mejores conductores no solo hablando de sus destrezas al volante, si no de la responsabilidad con la generación del 70% al 90% de los accidentes por causas humanas que se podrían reducir drásticamente con conductores más generosos, menos individualistas y respetuosos de las normas como de las personas que por las vías circulan.

Es necesario identificar dentro del accidente la causa del mismo, en los reportes de los accidentes se pueden recoger estos datos, que determinaran si la falla de la operación del tránsito que genero el accidente dependió de la infraestructura, del vehículo o del usuario (Cal y Mayor & Cárdenas, 2010).

Para medir la dimensión del problema se tiene en cuenta una serie de índices que se dividen en los relacionados con la población o con los vehículos que se dividen en:

Accidentalidad

Morbilidad

Mortalidad.

El Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, genera un boletín anual sobre las cifras de accidentalidad de tránsito. En este se recopila información de la accidentalidad de los años 2011, 2015, 2016 y 2017, tal y como se mostrará más adelante en detalle.

En las muertes por accidentes de transporte, la condición de la víctima más afectada fue la de los motociclistas (34 %), como se puede observar en el *Gráfico 1*, y la motocicleta fue el vehículo con un mayor porcentaje de participación (39 %). En las lesiones no fatales, también fue el motociclista quien presentó el mayor porcentaje (34 %), y, nuevamente, la motocicleta fue el vehículo más involucrado, con un 44% (Cortés, 2011); La condición de la víctima en las muertes por accidentes de tránsito era de motociclistas con el mayor porcentaje de participación (34,13 %), seguida de los peatones (29,13 %), pasajeros (20,51 %), conductores (7,44 %) y ciclistas (5,97 %). En materia de lesiones, la mayor participación fue la de los motociclistas (33,53 %), seguida de pasajeros (26,70 %), peatones (23,91 %), conductores (7,98 %) y ciclistas (5,42 %).

Gráfico 1. Accidentes de tránsito, muertes y lesiones según condición de la víctima, Colombia, 2011

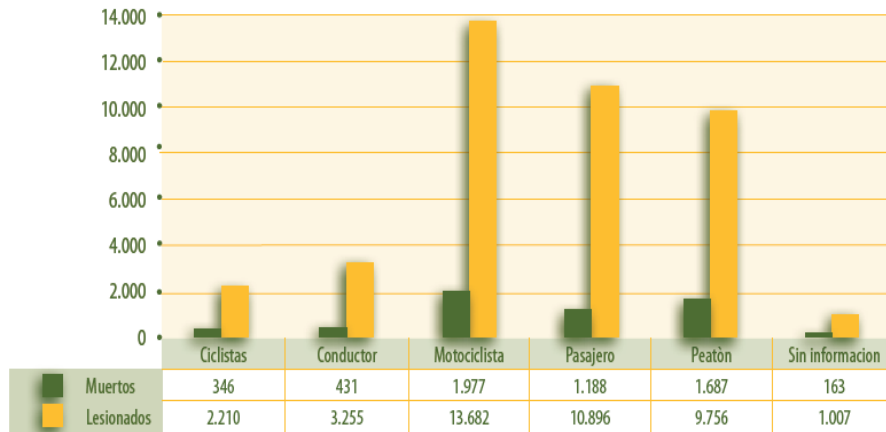


Gráfico 1. Accidentes de tránsito 2011. Adaptado de: (Cortés, 2011)

Las cifras de muertos y lesionados en accidentes de transporte para el 2011 como se puede observar en el *Gráfico 2*, muestra un aumento de 3,38 % frente al año anterior; cabe resaltar el incremento en pasajeros (42,90 %), conductores (10,88 %) y peatones (1,05 %).

Gráfico 2. Accidentes de transporte, muertes y lesiones según condición de la víctima, Colombia, 2010 – 2011

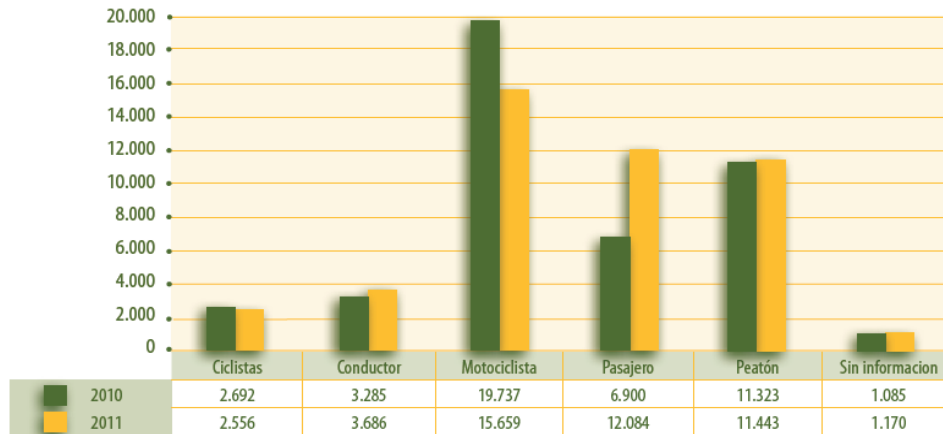


Gráfico 2. Accidentes de tránsito 2011. Adaptado de: (Cortés, 2011)

Se habla de ‘vehículo involucrado’, como aquel medio de transporte donde se movilizaba la víctima en el momento del hecho *Gráfico 2*; para el caso de lesiones fatales, la moto o motocarro presentó el mayor porcentaje (39 %), seguido de la bicicleta (6 %) y el automóvil (5

); en cuanto a las lesiones no fatales, sigue siendo la moto el medio de transporte de mayor participación (44 %), le siguen los automóviles y las busetas (7 %).

Tabla 6. Muertes y lesiones en accidentes de transporte, según vehículo involucrado, Colombia, 2011

Vehículo	Muertos	%	Lesionados	%	Total
Motocicleta o motocarro	2.253	39	18.095	44	20.348
Bicicleta	352	6	2.338	6	2.690
Automóvil	283	5	2.683	7	2.966
Bus o buseta	223	4	2.820	7	3.043
Camioneta o campero	158	3	741	2	899
Camión o furgón	91	2	193	0	284
Microbús	31	1	122	0	153
Vehículo articulado	30	1	76	0	106
Tractor o maquinaria	19	0	-	-	19
Vehículos acuáticos	12	0	-	-	12
Volqueta	11	0	17	0	28
Ambulancia	7	0	3	0	10
Avión, avioneta, aeronave sin motor	7	0	1	-	8
Tracción animal	6	0	52	0	58
Maquinaria agrícola	-	-	6	0	6
Vehículo acuático sin motor	-	-	1	0	1
Sin información	622	11	12.589	31	13.211
No aplica	1.687	29	1.069	3	2.756
Total	5.792	100	40.806	100	46.598

Tabla 6. Accidentes de transporte, según vehículo 2011. Adaptado de: (Cortés, 2011)

En el boletín del 2015, desde la perspectiva del medio de transporte afectado, alrededor del 80% de las muertes y heridos en Colombia se concentran en los denominados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) “usuarios vulnerables de la vía pública”, compuesto por los peatones (26,57% de las muertes en Colombia, 20,93% en heridos), usuarios de bicicleta (5,53% de las muertes, 5,74% en heridos) y los ocupantes de motocarro o motocicleta (47,36% de las muertes, 54,92% en heridos) (Castillo, 2015).

En un análisis más específico sobre el medio de desplazamiento usado para transportarse según *Tabla 7* y *Tabla 8*, se obtiene que el actor vial más afectado por accidentes de transporte sigue siendo los usuarios de motocicleta, concentrando el 47,36% de las muertes y el 54,92% de los heridos.

En el contexto mundial la proporción de muertes en motocicleta es 23% y en la Región de las Américas alcanza el 20%; la Región Pacífica Occidental y Asia Sudoriental son las zonas con mayor porcentaje de participación por parte de los usuarios de motocicleta y asciende a 34%; lo anterior sigue evidenciado en el contexto colombiano, la problemática de mortalidad de usuarios de motocicleta, demostrando la vulnerabilidad de las personas que se movilizan en los más de 5 millones y medio de motocicletas registrados en el país.

Tabla 7. Muertes por accidentes de tránsito agrupado según medio de desplazamiento, Colombia, 2015

Medio de Transporte	Conductor		Pasajero		Peatón		Sin información		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Motocicleta-Motocarro	2.668	78,33	592	49,83	-	-	-	0,00	3.260	47,36
Peatón	-	-	-	-	1.829	100,00	-	0,00	1.829	26,57
Bicicleta	376	11,04	5	0,42	-	-	-	0,00	381	5,53
Automóvil-Campero-Camioneta	238	6,99	357	30,05	-	-	-	0,00	595	8,64
Bus-Buseta-Microbús	7	0,21	132	11,11	-	-	-	0,00	139	2,02
Tracto-Camión-Camión-Furgón-Volqueta	83	2,44	54	4,55	-	-	-	0,00	137	1,99
Otros vehículos terrestres carreteros	20	0,59	7	0,59	-	-	-	0,00	27	0,39
Vehículos acuáticos	4	0,12	14	1,18	-	-	-	0,00	18	0,26
Vehículos aéreos	8	0,23	23	1,94	-	-	-	0,00	31	0,45
Sin información	2	0,06	4	0,34	-	-	461	100,00	467	6,78
Total	3.406	100	1.188	100	1.829	100	461	100	6.884	100

Tabla 7. Accidentes de tránsito, según desplazamiento 2015. Adaptado de: (Castillo, Centro de Referencia Nacional sobre Violencia Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses)

Tabla 8. Lesiones por accidentes de transporte según medio de desplazamiento, Colombia, 2015

Medio de Transporte	Conductor		Pasajero		Peatón		Sin información		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Motocicleta-Motocarro	19.038	79,73	6.120	49,69	-	-	-	0,00	25.158	54,92
Peatón	-	-	-	-	9.588	100,00	-	0,00	9.588	20,93
Bicicleta	2.488	10,42	143	1,16	-	-	-	0,00	2.631	5,74
Automóvil-Campero-Camioneta	1.399	5,86	2.507	20,35	-	-	-	0,00	3.906	8,53
Bus-Buseta-Microbús	95	0,40	3.192	25,92	-	-	-	0,00	3.287	7,18
Tracto-Camión-Camión-Furgón-Volqueta	123	0,52	123	1,00	-	-	-	0,00	246	0,54
Otros vehículos terrestres carreteros	84	0,35	35	0,28	-	-	-	0,00	119	0,26
Vehículos acuáticos	5	0,02	21	0,17	-	-	-	0,00	26	0,06
Vehículos aéreos	-	0,00	1	0,01	-	-	-	0,00	1	0,00
Vehículos ferreos	-	0,00	2	0,02	-	-	-	0,00	2	0,00
Sin información	647	2,71	173	1,40	-	-	22	100,00	842	1,84
Total	23.879	100	12.317	100	9.588	100	22	100	45.806	100

Tabla 8. Accidentes de transporte, según desplazamiento 2015. Adaptado de: (Castillo, Centro de Referencia Nacional sobre Violencia Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses).

Finalizando con los denominados por la OMS “usuarios vulnerables de la vía pública”, compuesto por los peatones, usuarios de bicicleta y motocicleta; la bicicleta para el caso colombiano presenta cifras también mayores a la participación porcentual a nivel mundial, cerca del 5% de las muertes son conformadas por este segmento de la movilidad en el territorio colombiano, a nivel mundial el 4% de las muertes corresponden a este sector y en la Región de las Américas la cifra es del 3%.

Adicionalmente del total de conductores, los motociclistas representan el 77,80% de las muertes y el 79,49% de los heridos; de igual forma en pasajeros, la motocicleta participa en el 49,16% de las muertes y en el 49,02% de los heridos como se puede observar en la *Tabla 9* y *Tabla 10*.

Tabla 9. Muertes por accidentes de tránsito discriminado según tipo y ocupante de vehículo, Colombia, 2015

Tipo de vehículo	Conductor		Pasajero		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Motocicleta	2.650	77,80	584	49,16	3.234	70,40
Bicicleta	376	11,04	5	0,42	381	8,29
Automóvil	161	4,73	201	16,92	362	7,88
Camioneta	53	1,56	108	9,09	161	3,50
Camión - furgón	45	1,32	38	3,20	83	1,81
Bus	5	0,15	76	6,40	81	1,76
Campero	24	0,70	48	4,04	72	1,57
Buseta	1	0,03	42	3,54	43	0,94
Tracto – camión	26	0,76	11	0,93	37	0,81
Avión – avioneta	8	0,23	18	1,52	26	0,57
Motocarro	18	0,53	8	0,67	26	0,57
Vehículo acuático con motor (barco, yate, lancha, etc.)	4	0,12	13	1,09	17	0,37
Microbus	1	0,03	14	1,18	15	0,33
Volqueta	10	0,29	5	0,42	15	0,33
Maquinaria industrial	7	0,21	2	0,17	9	0,20
Cuatrimoto	5	0,15	3	0,25	8	0,17
Helicóptero	-	0,00	5	0,42	5	0,11
Mototriciclo	4	0,12	1	0,08	5	0,11
Tracción animal	3	0,09	1	0,08	4	0,09
Remolque	2	0,06	-	0,00	2	0,04
Tracción humana	1	0,03	-	0,00	1	0,02
Vehículo acuático sin motor (bote, canoa, etc.)	-	0,00	1	0,08	1	0,02
Sin información	2	0,06	4	0,34	6	0,13
Total	3.406	100	1.188	100	4.594	100

Tabla 9. Muerte por accidentes de tránsito, 2015. Adaptado de : (Castillo, Centro de Referencia Nacional sobre Violencia Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses)

Tabla 10. Lesiones por accidentes de transporte según tipo de vehículo, Colombia, 2015

Tipo de vehículo	Conductor		Pasajero		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Motocicleta	18.982	79,49	6.038	49,02	25.020	69,12
Automóvil	1.146	4,80	1.943	15,77	3.089	8,53
Bicicleta	2.488	10,42	143	1,16	2.631	7,27
Bus	35	0,15	1.958	15,90	1.993	5,51
Buseta	49	0,21	1.138	9,24	1.187	3,28
Camioneta	202	0,85	357	2,90	559	1,54
Campero	39	0,16	180	1,46	219	0,61
Camión - furgón	89	0,37	102	0,83	191	0,53
Motocarro	56	0,23	82	0,67	138	0,38
Microbús	11	0,05	96	0,78	107	0,30
Tracción animal	27	0,11	13	0,11	40	0,11
Motociclo	28	0,12	11	0,09	39	0,11
Ambulancia	11	0,05	26	0,21	37	0,10
Volqueta	19	0,08	9	0,07	28	0,08
Tractocamión	15	0,06	12	0,10	27	0,07
Vehículo acuático con motor (barco, yate, lancha, etc.)	4	0,02	21	0,17	25	0,07
Mototriciclo	15	0,06	5	0,04	20	0,06
Cuatrimoto	5	0,02	4	0,03	9	0,02
Tracción humana	6	0,03	1	0,01	7	0,02
Maquinaria industrial	2	0,01	-	0,00	2	0,01
Patrulla	1	0,00	1	0,01	2	0,01
Tren	-	0,00	2	0,02	2	0,01
Carro de golf	-	0,00	1	0,01	1	0,00
Helicóptero	-	0,00	1	0,01	1	0,00
Maquinaria agrícola	1	0,00	-	0,00	1	0,00
Vehículo acuático sin motor (bote, canoa, etc.)	1	0,00	-	0,00	1	0,00
Sin información	647	2,71	173	1,40	820	2,27
Total	23.879	100	12.317	100	36.196	100

Tabla 9. Lesiones por accidentes de transporte, 2015. Adaptado de : (Castillo, Centro de Referencia Nacional sobre Violencia Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses).

Ahora bien, se hace necesario un análisis sobre las interacciones del medio de movilización versus el objeto de colisión, incluyendo peatones, que permita un acercamiento a las dinámicas de choque y atropello que envuelven los accidentes de transporte.

Para los heridos en accidentes de tránsito *Tabla 11*, las interacciones en orden de mayor a menor motocicleta o motocarro vs automóvil, campero, camioneta (29,12%), motocicleta o motocarro vs. motocicleta o motocarro (13,66%), peatón vs. motocicleta o motocarro (10,95%) y peatón vs. automóvil, campero, camioneta (7,03%), son las más afectadas por accidentes de transporte y concentran el 60,75% de los heridos totales.

Tabla 11. Lesiones por accidentes de transporte según pareja de choque. Colombia, 2015

OBJETO DE COLISIÓN MEDIO DE TRANSPORTE	Choque con									Volcamientos, caídas de ocupante, caída de aeronave y hundimientos	Total
	Automóvil-Campero-Camioneta	Bicicleta	Bus-Buseta-Microbús	Motocicleta-Motocarro	Semoviente	Tracto-Camión-Camión-Furgón-Volqueta	Objeto fijo	Otros vehículos terrestres carreteros	Otros vehículos no carreteros		
Motocicleta-Motocarro	12.782	220	1.709	5.994	223	1.646	282	578	1	1.158	24593
Peatón	3.084	95	645	4.807	105	435	-	20	-	-	9191
Automóvil-Campero-Camioneta	1.979	9	386	212	23	556	209	31	3	439	3847
Bicicleta	248	5	337	22	5	323	201	2	-	2.132	3275
Bus-Buseta-Microbús	1.011	24	313	978	21	164	11	21	1	60	2604
Tracto-Camión-Camión-Furgón-Volqueta	29	1	26	17	-	94	21	-	-	53	241
Otros vehículos terrestres carreteros	46	-	8	25	3	17	4	3	-	10	116
Otros vehículos no carreteros	-	-	-	-	-	1	2	-	22	4	29
Total	19.179	354	3.424	12.055	380	3.236	730	655	27	3.856	43.896

Tabla 11. Lesiones por accidentes de transporte según pareja de choque, 2015. Adaptado de : (Castillo, Centro de Referencia Nacional sobre Violencia Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses)

Según el medio de desplazamiento, los peatones son los más afectados en la primera infancia y la infancia, con una participación del 50,00% en hombres y 40,00% en mujeres. Para la adolescencia, juventud y adultez, los más afectados son los usuarios de motocicleta con una participación de 64,61% en hombres y 53,03% en mujeres. Para el adulto mayor, los mayores de 60 años, vuelven los peatones como el actor más vulnerable con el 64,02% para el caso de hombres y 74,46% en el caso de mujeres como se puede observar en la *Tabla 12*.

Tabla 12. Muertes en accidentes de transporte, según ciclo vital y medio de desplazamiento. Colombia, 2015

Medio de desplazamiento	Primera infancia	Infancia	Adolescencia	Juventud	Adultez	Vejez	Total
Motocicleta-Motocarro	12	15	184	1.366	1.533	147	3.257
Peatón	37	37	46	181	633	895	1.829
Automóvil-Campero-Camioneta	22	16	24	123	291	115	591
Bicicleta	1	10	30	50	166	124	381
Bus-Buseta-Microbús	0	4	4	27	69	35	139
Tracto-Camión-Camión-Furgón-Volqueta	1	2	11	40	74	9	137
Otros vehículos terrestres carreteros	0	1	1	9	14	2	27
Vehículos aéreos	0	0	0	9	18	4	31
Vehículos acuáticos	1	1	1	7	6	2	18
Total	74	86	301	1.812	2.804	1.333	6.410

Tabla 12. Muertes en accidentes de transporte, según ciclo vital y medio de desplazamiento, 2015. Adaptado de : (Castillo, Centro de Referencia Nacional sobre Violencia Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses)

Según el boletín del año 2016, fallecieron 2.564 usuarios de motocicleta, 422 usuarios más que en el 2015, para un aumento del 20% (Castillo, 2015).

La motocicleta sigue tomando el deshonroso primer lugar en muertes por accidentes de tránsito, en lo corrido del 2016 han fallecido más de 2.500 usuarios de este tipo de vehículo lo que señala una participación del 51% de las muertes.

A septiembre de 2016 murieron 422 usuarios de motocicleta más que en el mismo período de 2015, dejando de manera preliminar un aumento de 20% con respecto al año anterior.

Al igual que se ha señalado en las publicaciones forenses del instituto de medicina legal, de los últimos años, los usuarios vulnerables (Peatón, bicicleta y motocicleta) siguen siendo los más afectados, el 81% de las muertes pertenecen a este grupo con un aumento preliminar de 13% con respecto a septiembre de 2015.

En 2016, 18 de los 32 departamentos superaron las 100 muertes y concentraron el 88% de las víctimas mortales en el territorio nacional como lo refleja la *Tabla 13*.

Tabla 13. Evolución de la mortalidad por accidentes de transporte Preliminar enero - septiembre 2015 - 2016 por departamento de hecho

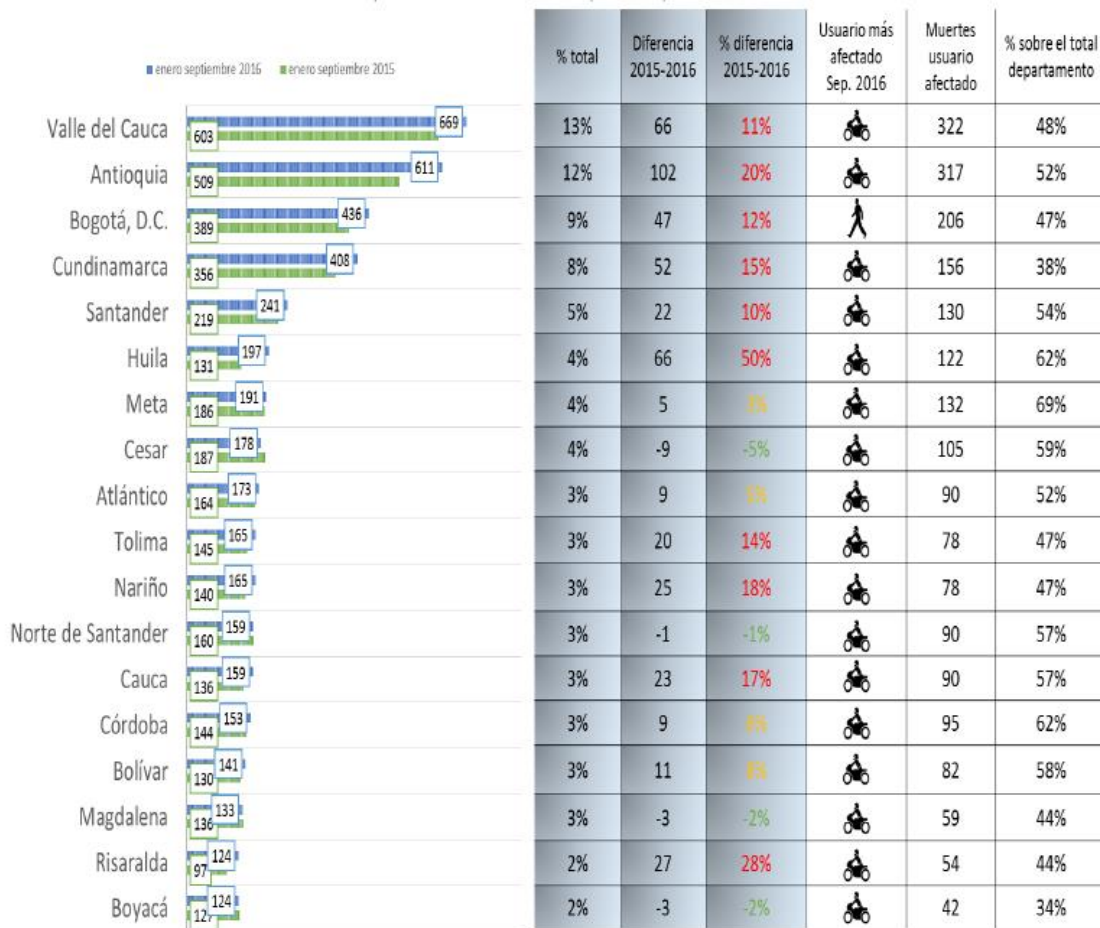


Tabla 13. Evolución de la mortalidad por accidentes de transporte, 2015. Adaptado de (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses , 2016).

A excepción de Bogotá, ciudad en la que el usuario más afectado en el año es el peatón con el 47% de participación, en los demás departamentos es predominantemente la problemática asociada a la motocicleta, con porcentajes que en muchos casos sobrepasan el 50% (como en el orden nacional) pero en algunos departamentos como Meta, Putumayo y San Andrés bordean el 70% y en departamentos como Arauca, Caquetá y Amazonas superan el 75% de los casos.

En un análisis más específico sobre el medio de desplazamiento usado para transportarse, se puede apreciar la *Tabla 14*, donde se obtiene que el actor vial más afectado por accidentes de transporte sigue siendo los usuarios de motocicleta concentrando el 51,50 % de las muertes y el 57,08 % de los heridos.

Tabla 14. Muertes por accidentes de transporte agrupado según medio de desplazamiento, Colombia, 2016

Medio de Transporte	Conductor		Pasajero		Peatón		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Motocicleta-Motocarro	3.086	79,68	663	49,81	-	-	3.749	51,50
Peatón	-	-	-	-	1.857	100,00	1.857	25,51
Bicicleta	371	9,58	8	0,60	-	-	379	5,21
Automóvil-Campero-Camioneta	259	6,69	332	24,94	-	-	591	8,12
Tracto-Camión-Camión-Furgón-Volqueta	93	2,40	79	5,94	-	-	172	2,36
Bus-Buseta-Microbús	17	0,44	128	9,62	-	-	145	1,99
Otros vehículos terrestres carreteros	19	0,49	13	0,98	-	-	32	0,44

Tabla 14. Accidentes de transporte según medio de desplazamiento, 2016. Adaptado de (Castillo, Medicina Legal, 2016)

En el contexto mundial la proporción de muertes en motocicleta es 23 % y en la región de las Américas alcanza el 20 %; la región Pacífica Occidental y Asia Sudoriental son las zonas con mayor porcentaje de participación por parte de los usuarios de motocicleta y asciende a 34 %; lo anterior sigue evidenciando en el contexto colombiano la problemática de mortalidad de motociclistas, demostrando la vulnerabilidad de las personas que se movilizan en los más de siete millones de este tipo de vehículos registrados en el país.

Congestión y niveles de servicio

La congestión es considerada como una externalidad negativa del tránsito causada a un tercero, y que no genera ningún tipo de compensación; es usual relacionar este término con la noción de “tiempo perdido”, sin embargo, esta idea es algo subjetiva. A continuación, se mencionan dos

tipos de definiciones de congestión presentadas por el Banco de Desarrollo de América Latina-CAF (2011):

La definición física, relacionada con la diferencia entre una velocidad real y una “ideal”, que sería determinada en función de algún punto de esa relación flujo-capacidad. Esta es una manera “relativa” de estimar la congestión y, por lo tanto, subjetiva. Dicha estimación está vinculada a la idea de “escasez” que, en general, resulta en propuestas de ampliación del sistema vial para reducir los retrasos verificados.

La definición económica está relacionada con la identificación del tiempo adicional que las personas que ingresan a una vía imponen a las que ya están en ella y, consecuentemente, de los costos causados a los demás. De allí surge la búsqueda, de un punto de “congestión óptima” en el cual existiría un equilibrio entre ventajas y costos, a través de un pago realizado por los causantes del o “tiempo excesivo” (el “peaje urbano”). Esta es una definición más objetiva y, a pesar de la definición del valor del tiempo y de su costo, implica un cierto grado de subjetividad. (p.119).

En un estudio realizado por la Universidad de Texas, se adoptó un valor límite desde el cual se consideró la congestión de una vía. Dicho valor fue elegido como equivalente al peso entre los niveles de servicio C y D, según la metodología HCM 2000 (Highway Capacity Manual), es decir, la relación entre volumen y capacidad es cercana a 0.77, con un volumen de servicio máximo de aproximadamente 1550 vehículos/hora. Es partir de estos valores que se infiere que un tramo de vía presenta congestión. (CAF, 2011, P.120).

En cuanto a la capacidad de un carril, esta se define como la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar por él, suponiendo una velocidad uniforme, por lo general se expresa en vehículos/hora. Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, el cual corresponde a una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros.

Según la metodología HCM el umbral para determinar el nivel de servicio de una carretera, se precisa en seis niveles denominados: A, B, C, D, E y F, siendo A el mejor y F el más crítico. A continuación, se hace una breve descripción de cada nivel de servicio según Montoya (2005):

Nivel de servicio A: Corresponde a una situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía. Hay libertad para conducir, los conductores no se ven forzados a mantener una determinada velocidad por causa de otros vehículos.

El nivel B: Representa a una circulación estable, es decir, que no se producen cambios bruscos en la velocidad, aunque ya comienza a ser condicionada por los otros vehículos o por las características geométricas que reducen algo la velocidad, pero los conductores pueden mantener velocidades de servicio razonables, y en general tienen la libertad de elegir el carril por donde circulan. Los límites inferiores de velocidad e intensidad que define a este nivel son análogos a los normalmente utilizados para el dimensionamiento de carreteras rurales.

El nivel C: Corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico, o por restricciones geométricas y de pendiente. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles, aunque las condiciones de circulación son todavía muy tolerables. El límite inferior de velocidad, que define este nivel, coincide en general con el que se recomienda para el dimensionamiento de arterias urbanas.

El nivel D: Presenta situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tráfico, y de la geometría y pendiente. En esta situación unos aumentos pequeños de la intensidad obligan a cambios importantes en la velocidad. Aunque la conducción ya no resulte cómoda, esta situación puede ser tolerable durante períodos no muy largos.

El nivel E: Supone que la intensidad de tráfico es ya próxima a la capacidad de la vía, y las velocidades no pueden rebasar normalmente los 50 Km/h. Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación.

El nivel F: Es una circulación muy forzada a velocidades bajas y con colas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas.

En el siguiente gráfico, se muestran los niveles de servicio y su relación entre la velocidad de servicio y el índice de servicio:

Gráfico 3. Idea general de la relación entre los niveles de servicio, la velocidad de servicio y el índice de servicio (sin escala).

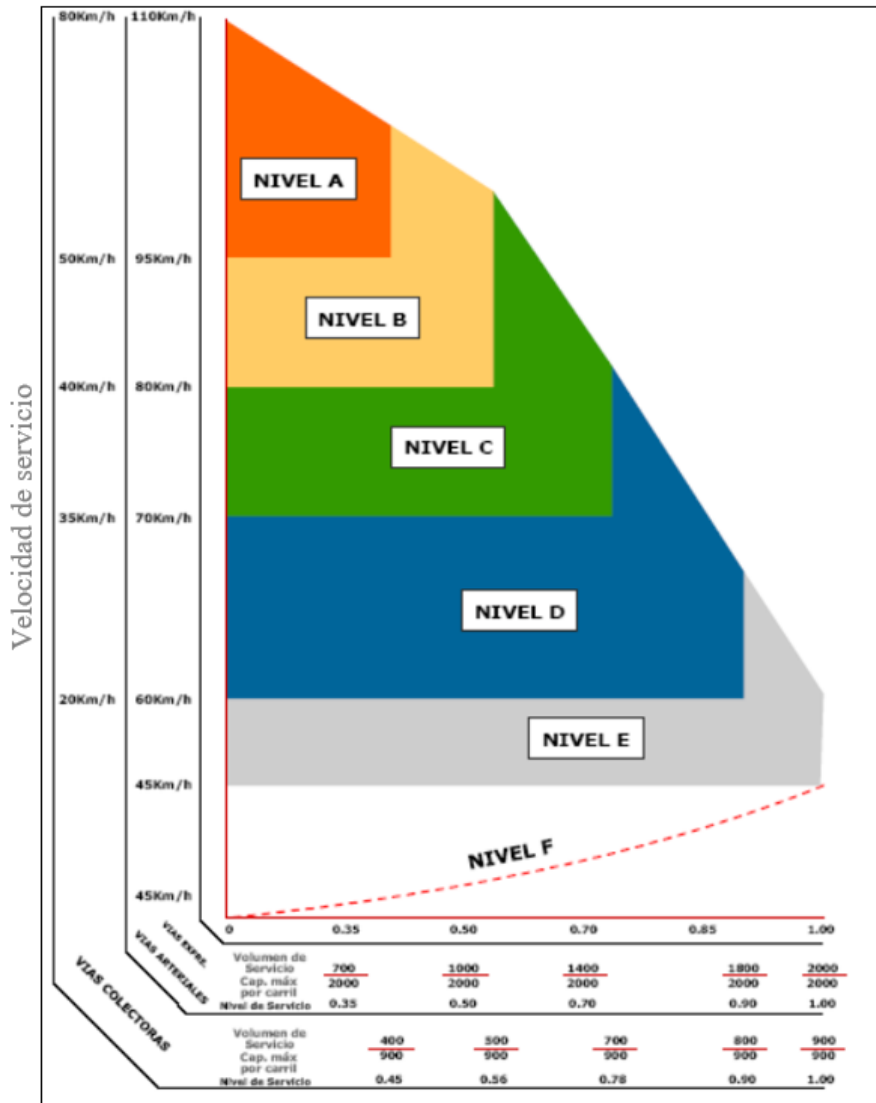


Gráfico 3. Niveles de servicio. Adaptado de: Apuntes de ingeniería de tránsito, Universidad Nacional (Montoya, 2005).

Estado de la Malla Vial

Realizar una revisión documental del estado de la malla vial para el periodo de estudio (2012-2015), es un aspecto fundamental, para analizar las características del estado de las vías en los sitios de alta concentración de accidentes. A continuación, se presenta el estado de la red vial de Bogotá D.C.:

Estado de la malla vial año 2012

En la *Tabla 15* y en el *Gráfico 4*, se observa la extensión de la malla vial de Bogotá:

Tabla 15. Longitud malla vial de Bogotá año 2012

TIPO MALLA	Km-Carril
ARTERIAL	2,760.51 Km-carril
TRONCAL	1,030.00 Km-carril
INTERMEDIA	3,486.96 Km-carril
LOCAL	8,281.53 Km-carril
TOTAL MALLA VIAL	15,559.00 Km-carril

Tabla 15. Longitud de la malla vial 2012. Adaptado de: base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2012.

Gráfico 4. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2012

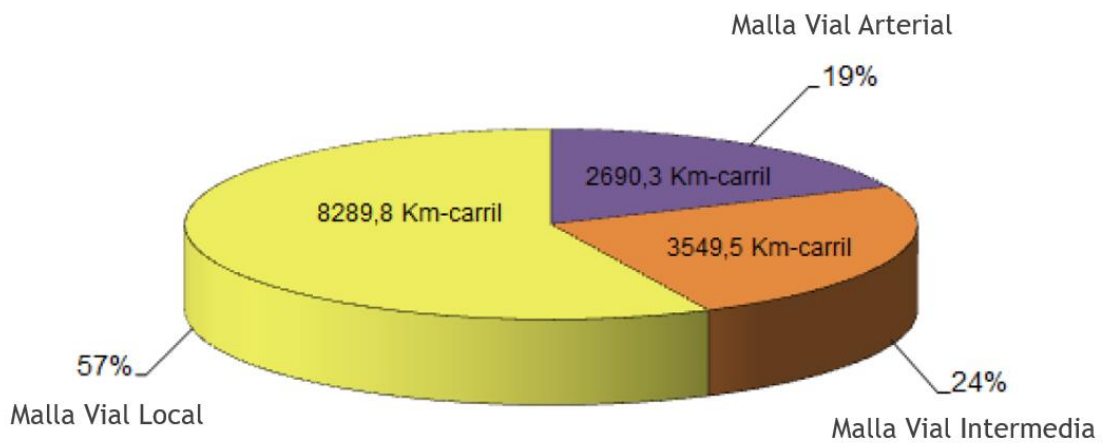


Gráfico 4. Longitud de la malla vial 2012. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2012.

Como se puede apreciar, la mayor extensión de la malla vial del subsistema vial (no incluye troncales de Transmilenio), está representada en su mayoría por vías locales las cuales son fundamentales para el acceso a las viviendas, en segunda y tercera posición la malla vial intermedia y arterial respectivamente, las cuales permiten la conexión para la accesibilidad urbana y regional.

A partir del índice de condición del pavimento, se llevó a cabo el estudio para determinar la condición superficial de la estructura de pavimento, caracterizando el tipo, la extensión y la severidad del daño. A continuación, se observa la *Gráfico 5* y la *Gráfico 6*, con los resultados del estado de la malla vial de Bogotá D.C., de acuerdo con la base de datos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), para el año 2012:

Gráfico 5. Estado de la malla vial (Subsistema vial)

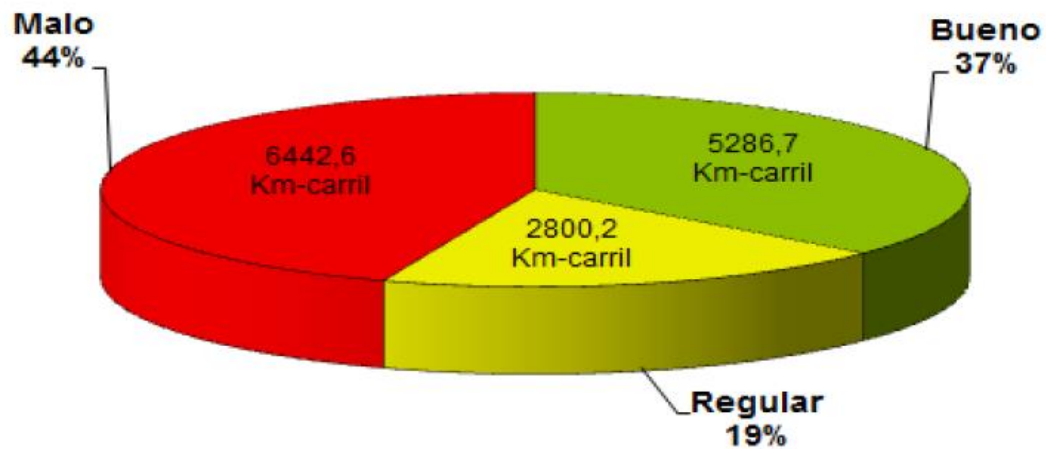


Gráfico 5. Estado de la malla vial 2012. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2012.

Gráfico 6. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía

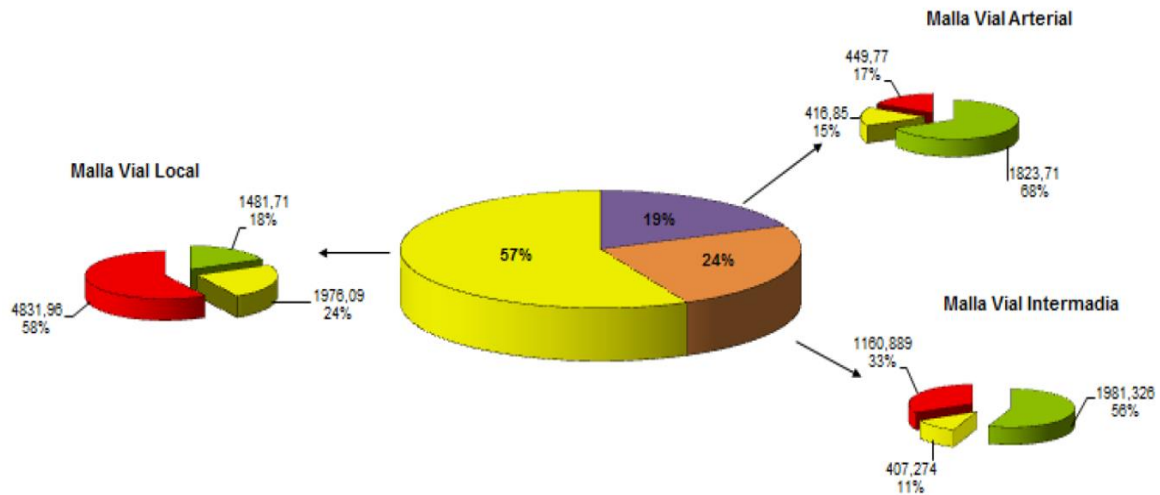


Gráfico 6. Estado de la malla vial 2012 por tipo de vía. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2012.

En términos generales, la malla vial del subsistema vial presenta 6442.6 Km-Carril en mal estado (44%), 2800.2 Km-Carril en regular estado (19%) y 5286.7 Km-Carril en buen estado (37%). A demás, en el Gráfico 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa más detalladamente, el estado de la malla en vías locales, intermedias y arteriales, de las cuales se puede destacar que el buen estado predomina para estas dos últimas, mientras que para las vías locales en su mayoría presentan mal estado.

Estado de la malla vial año 2013

Tabla 16. Longitud malla vial de Bogotá año 2013

TIPO DE MALLA	Km-Carril
ARTERIAL	2,714.54 Km-carril
TRONCAL	1,038.54 Km-carril
INTERMEDIA	3,150.37 Km-carril
LOCAL	8,496.24 Km-carril
TOTAL MALLA VIAL	15,399.69 Km-carril

Tabla 16. Longitud de la malla vial 2013. Adaptado de: base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2013.

Gráfico 7. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2013

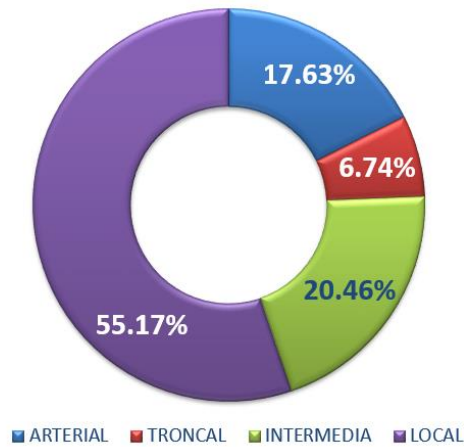


Gráfico 7. Longitud de la malla vial 2013. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2013.

De la Figura anterior, se puede observar que a pesar de existir una discrepancia entre los datos del año 2012 y 2013, la malla vial local presenta una mayor extensión, seguida por la intermedia, esta con una longitud no muy distante de la malla vial arterial y finalmente las troncales de Transmilenio. A continuación, se muestran los resultados generales del estado de la malla vial, incluyendo las troncales:

Gráfico 8. Estado de la malla vial

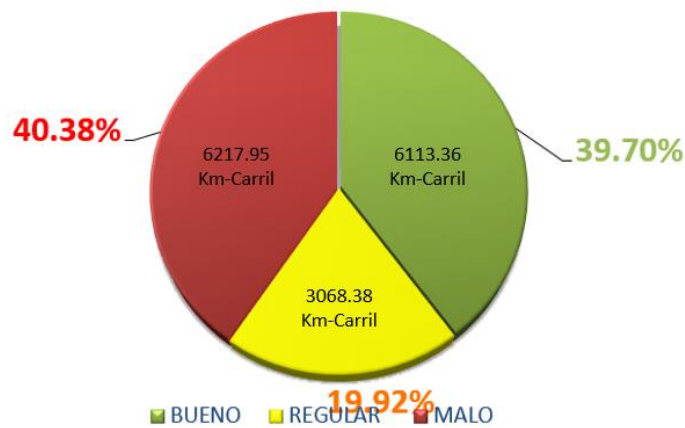


Gráfico 8. Estado de la malla vial 2013. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2013.

Gráfico 9. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía

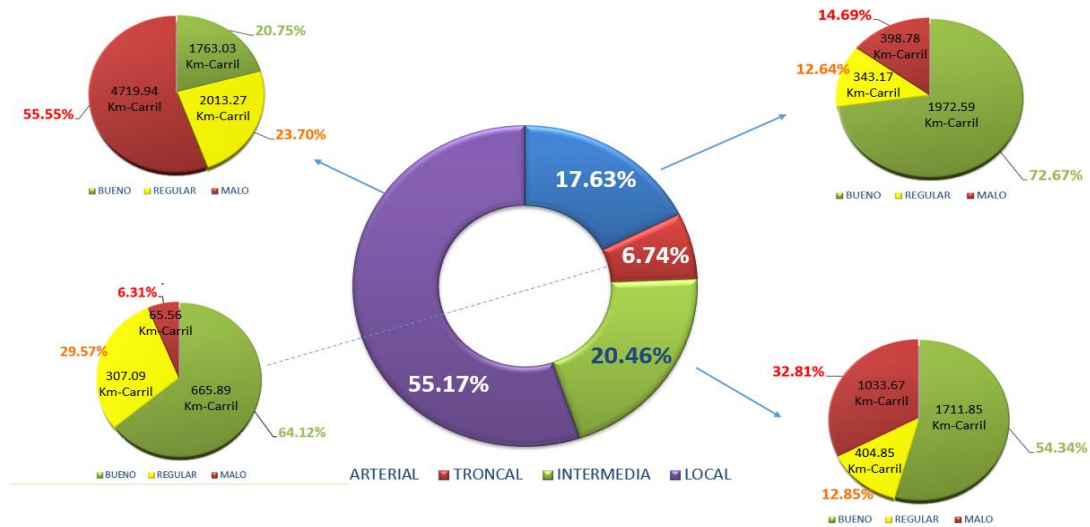


Gráfico 9. Estado de la malla vial 2013 por tipo de vía. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2013.

De las figuras anteriores, se puede notar que para el año 2013 se incluyó información para las vías troncales del sistema Transmilenio. La malla vial presentó un estado malo para 6217.95 Km-Carril, equivalentes a un 40.38%, en regular estado 3068.38 Km-Carril con un 19.92% y en buen estado 6113.36 Km-Carril con un 39.70%. Adicionalmente, se puede observar más específicamente el estado por clasificación de la malla vial, recalcando para el estado malo y regular un porcentaje significativo para las vías locales e intermedias.

Estado de la malla vial año 2014

Tabla 17. Longitud malla vial de Bogotá año 2014

TIPO MALLA	Km-Carril
ARTERIAL	2,684.00 Km-carril
TRONCAL	1,038.00 Km-carril
INTERMEDIA	3,548.00 Km-carril
LOCAL	8,287.00 Km-carril
TOTAL MALLA VIAL	15,557.00 Km-carril

Tabla 17. Longitud de la malla vial 2014. Adaptado de bases de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2014.

Gráfico 10. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2014

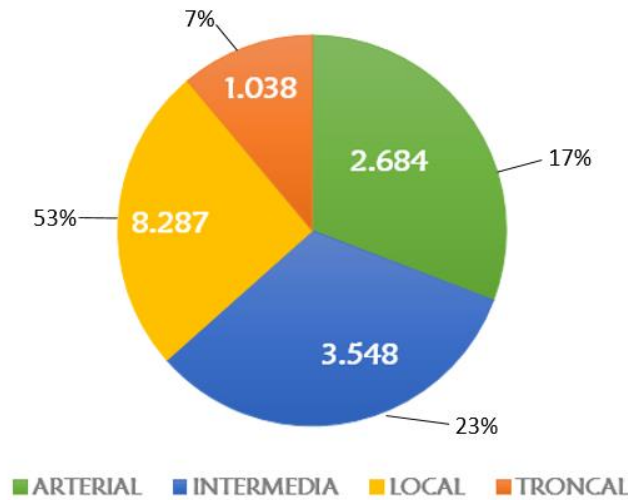


Gráfico 10. Longitud de la malla vial 2014. Adaptado de: base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2014.

De la *Tabla 17* y la *Gráfico 10*, se puede notar un aumento de la extensión de la malla vial de aproximadamente 157 Km-carril en relación con el año anterior. A continuación, se observan los resultados generales del estado de la malla vial:

Gráfico 11. Estado de la malla vial

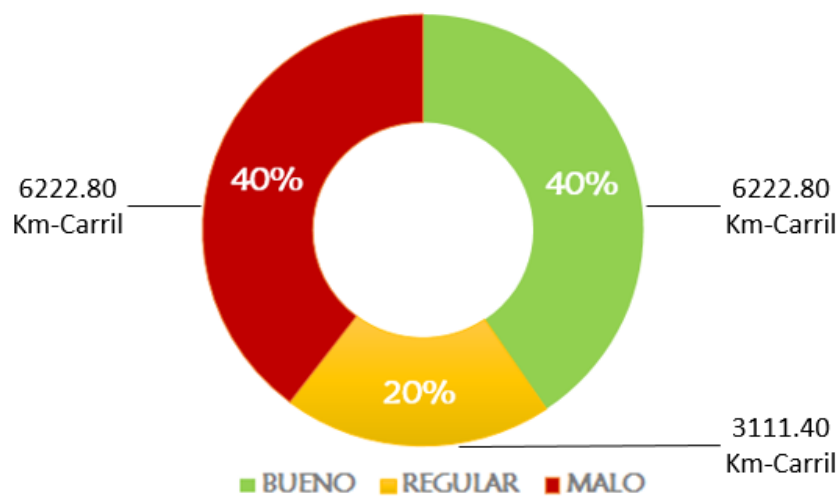


Gráfico 11. Estado de la malla vial 2014. Adaptado de: base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2014.

Gráfico 12. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía

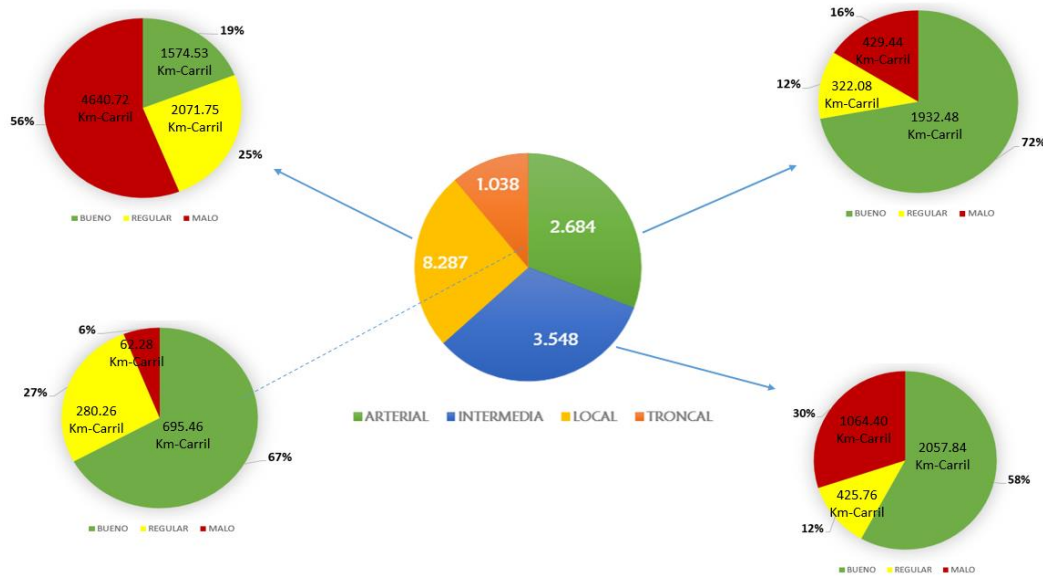


Gráfico 12. Estado de la malla vial 2014 por tipo de vía. Adaptado de Base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2014.

En el Gráfico 11, se puede observar que para el año 2014, el 60% de la malla vial presentó un estado malo y regular, equivalente a 6222.80 Km-carril y a 3111.40 Km-Carril respectivamente. En cuanto al Gráfico 12, se puede notar que para el caso de las vías locales y arteriales las condiciones en su estado desmejoraron en relación con el año anterior, mientras que para las vías intermedias y troncales se tuvo una mejora.

Estado de la malla vial año 2015

Tabla 18. Longitud malla vial de Bogotá año 2015

TIPO MALLA	Km-Carril
ARTERIAL	2,684.00 Km-carril
TRONCAL	1,038.50 Km-carril
INTERMEDIA	3,548.00 Km-carril
LOCAL	8,286.00 Km-carril
TOTAL MALLA VIAL	15,556.50 Km-carril

Tabla 18. Longitud de la malla vial 2015. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2015.

Gráfico 13. Diagrama Longitud malla vial de Bogotá año 2015

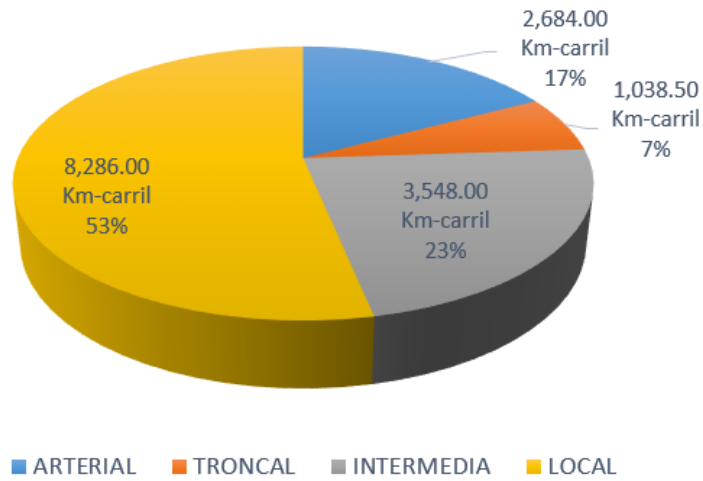


Gráfico 13. Longitud de la malla vial 2015. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2015.

De la *Tabla 18* y del *Gráfico 13*, se puede notar que se mantiene la extensión de la malla vial en relación con el año 2014. A continuación, se observan los resultados generales del estado de la malla vial:

Gráfico 14. Estado de la malla vial

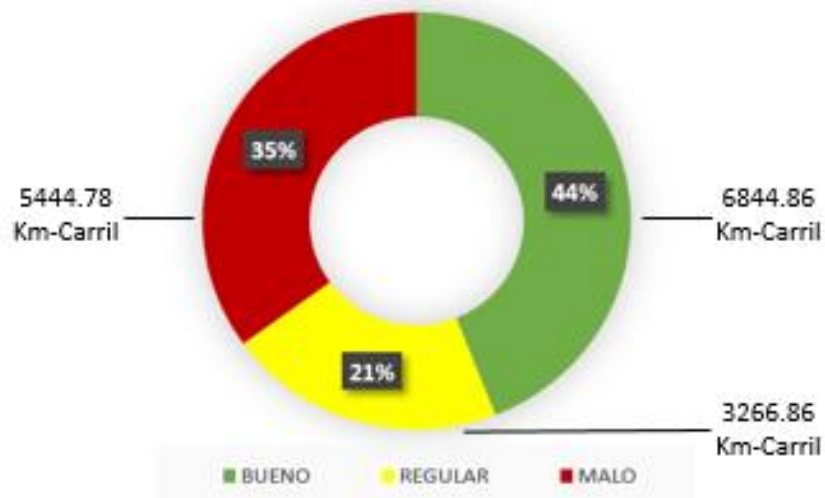


Gráfico 14. Estado de la malla vial 2015. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2015.

Gráfico 15. Estado de la Malla Vial por Tipo de Vía

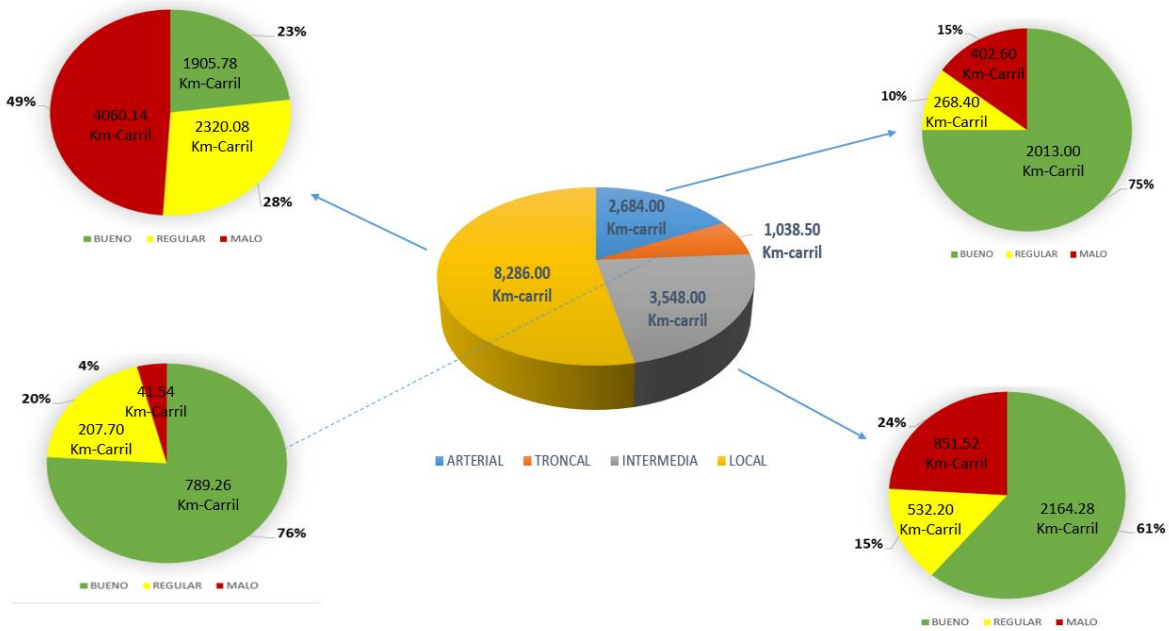


Gráfico 15. Estado de la malla vial 2015 por tipo de vía. Adaptado de base de datos del inventario y diagnóstico de la malla vial – IDU diciembre de 2015.

Del Gráfico 14, es de notar que hubo un mejoramiento del estado malo en un 5% en relación con el año 2014, esto mismo se ve reflejado en la Gráfico 15, donde se puede observar mejora para toda la clasificación del sistema vial.

Caracterización de la Accidentalidad

Para el desarrollo del presente documento, se llevó a cabo la recopilación de información secundaria, y la toma de información primaria, para efectuar el análisis de las diferentes variables del tránsito, tales como accidentalidad, condiciones del flujo vehicular, comportamiento de los diferentes usuarios de la vía, disposición de la señalización y la infraestructura; en los siguientes numerales, se llevará el análisis de la información secundaria:

Recopilación de información secundaria

Como punto de partida, se procedió a revisar y depurar la información dada por la Secretaría Distrital de Movilidad, la cual fue suministrada a través del radicado SDM-DSVCT-29798-2017, para el período comprendido entre los años 2012 y 2015, referente a siniestros viales, contenidos en una base de datos, de la cual se seleccionaron los campos necesarios para el desarrollo del proyecto, tales como:

Identificación del accidente.

Formulario, correspondiente al número del Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT).

Código del accidente.

Fecha de ocurrencia.

Hora de ocurrencia.

Año de ocurrencia.

Mes de ocurrencia.

Día de ocurrencia.

Dirección.

Gravedad, clasificada en: con heridos, con muertos y solo daños.

Clase, catalogada en: atropello, autolesión, caída de ocupante, choque, incendio, volcamiento y otro.

Localidad.

Clasificación de la vía (arterial, intermedia y local).

Código de identificación vial.

Nivel de la vía.

Estado de la vía (bueno, malo y regular).

Número de carriles por calzada.

Ancho de la calzada.

Tipo de superficie, determinado en: superficie andén, rígido, flexible, mixto, adoquín en concreto, adoquín en arcilla, afirmado, tierra y sin definir.

Los datos de accidentes obtenidos inicialmente para cada año son los que se observan a continuación:

Figura 5. Número de accidentes de tránsito por año y por categoría

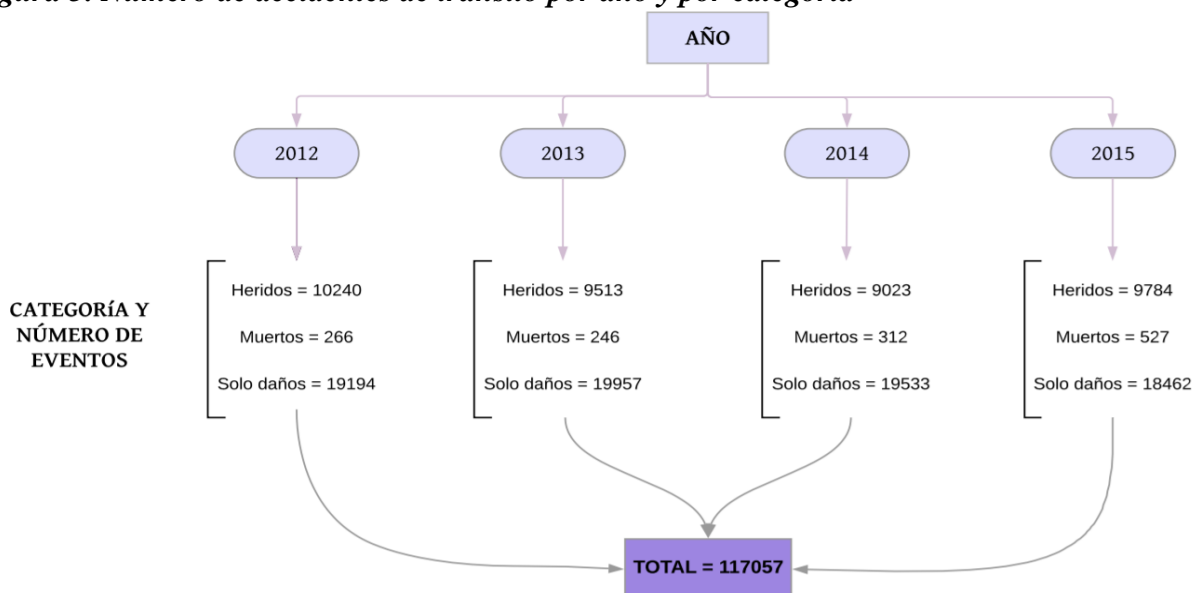


Figura 5. Accidentes de tránsito por año y por categoría. Adaptado de base de datos Secretaría Distrital de Movilidad.

A partir de la información descrita anteriormente, se llevó a cabo la depuración de los datos, primero creando un buffer con el propósito de generar un área bajo la cual se tomarán los siniestros ubicados dentro de las vías, de acuerdo a la georreferenciación de los mismos.

Este proceso se realizó cruzando la capa puntual de siniestros viales y la capa poligonal de la malla vial, la cual incluye la clasificación de las vías en arteriales, intermedias y locales; con este cruce de capas se creó un buffer de 30 metros, es decir de un ancho del corredor equivalente a 60 metros, garantizando de esta forma el ancho de las vías arteriales y por ende de los otros dos tipos. Una vez culminado el proceso se obtuvo el siguiente resultado:

Figura 6. Número de accidentes de tránsito depurados por año y por categoría

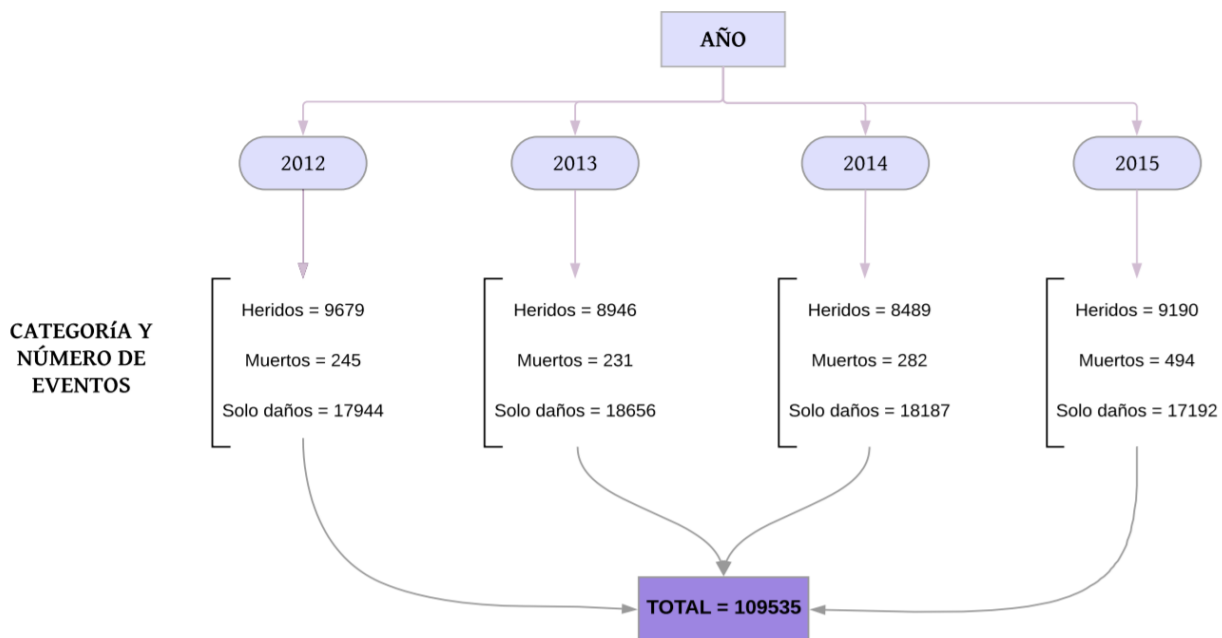


Figura 6. Accidentes de tránsito por año y por categoría – depurados. Adaptado base de datos Secretaría Distrital de Movilidad.

El objeto del buffer consistió en incluir únicamente los elementos georreferenciados que quedaron dentro de la vía, ya que se observó la existencia de puntos con un desfase en su posicionamiento, los cuales fueron eliminados con esta herramienta de análisis geográfico. A continuación, se presenta un mapa con la información de accidentalidad depurada para el periodo de estudio:

Ilustración 3. Mapa de Accidentalidad en Bogotá 2012-2015

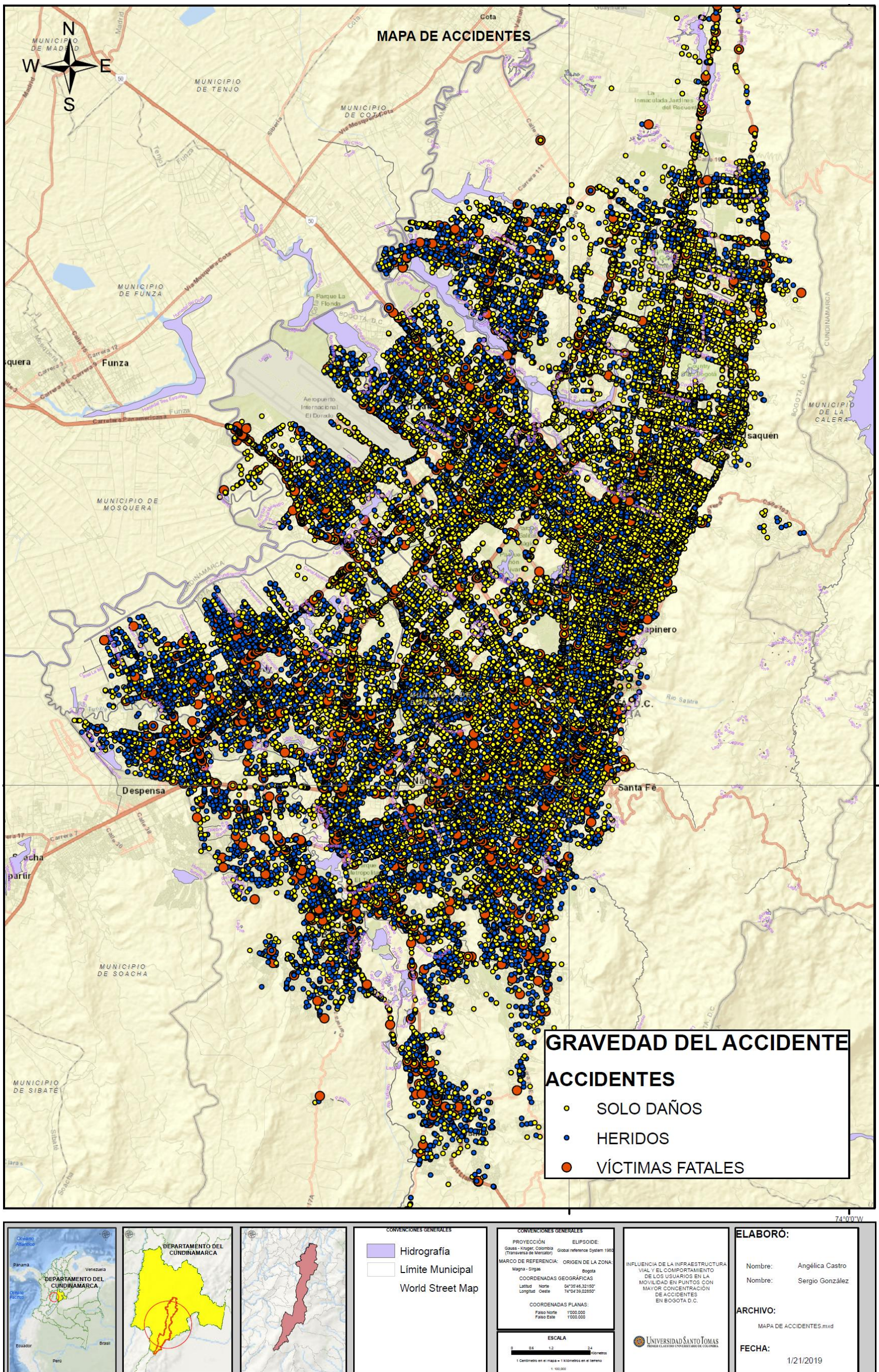


Ilustración 3. Accidentalidad en Bogotá 2012-2015, fuente propia.

Como se puede apreciar en la ilustración anterior, la mayoría de los accidentes se encuentran en la categoría de solo daños, representados por los círculos de color amarillo con un porcentaje de aproximadamente 65.7%, seguido por heridos en color azul con un 33.1%, y víctimas fatales en color rojo con un 1.2%; esto para los cuatro periodos en análisis.

Selección de los puntos de estudio

Una vez depurados los datos y con el propósito de seleccionar los puntos de estudio, se procedió a adelantar el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), el análisis determinístico por el método de predicción por distancia inversa (IDW) y el análisis de Hotspots, valiéndose del software ArcGis 10.5.

En los siguientes numerales, se describe el paso a paso para cada uno de los procesos mencionados en el párrafo anterior:

Hotspots

Con base en la capa de accidentes depurados, la cual cuenta con un total 109535 registros, se procedió a determinar las zonas con alta concentración de eventos, por medio del software ArcGis 10.5, de la siguiente manera:

En primer lugar, se hace uso de la caja de herramientas del programa “ArcToolbox”, se da clic en la opción spatial statistics tools, luego mapping clusters y por último Hotspots Analysis (Getis-Ord G_i^*), y se seleccionan la capa y el atributo a analizar; la capa representa los datos de accidentes depurados clasificados en: solo daños, heridos y víctimas fatales, y el atributo denominado “GRAVEDAD_P” contiene el valor o peso que se le asignó a la clasificación de los

accidentes, es decir solo daños con un valor de 1, heridos 2 y víctimas fatales 3. Lo anterior, se observa en la siguiente figura:

Ilustración 4. Análisis Hotspots

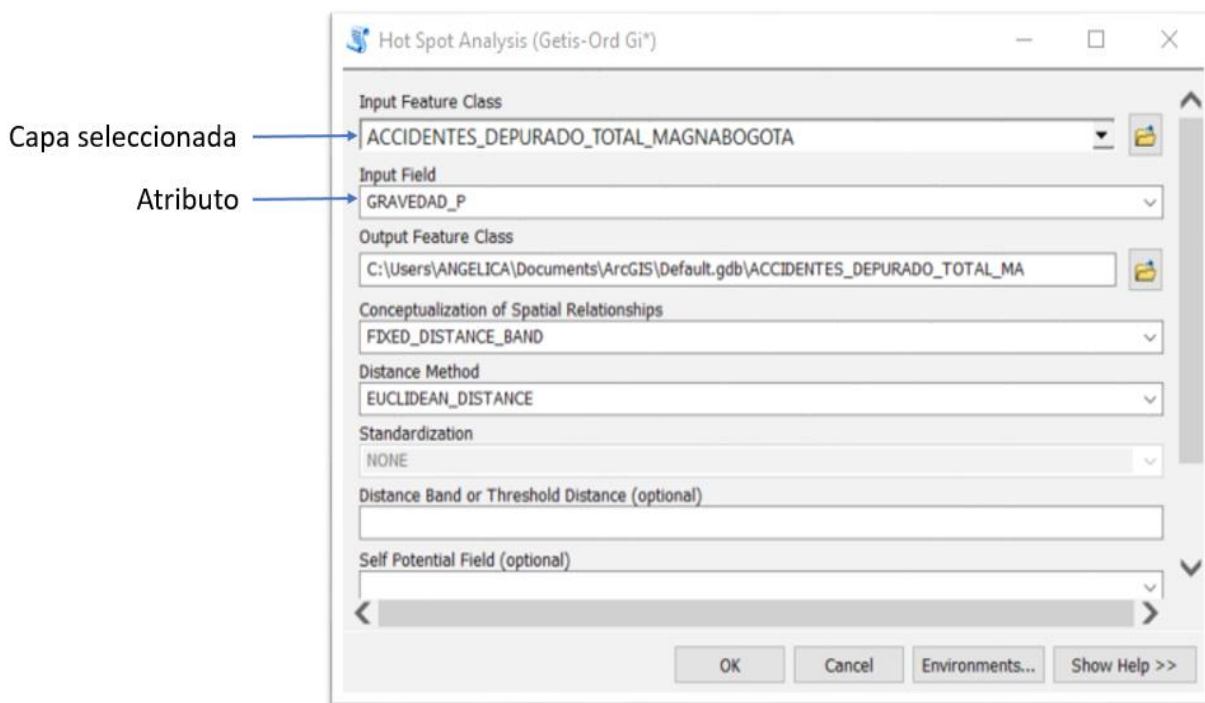


Ilustración 4. Análisis HotSpots. Adaptado de ArcGis 2015.

Una vez se corre el proceso, se obtiene un shape con una tabla de atributos en la que aparecen varias columnas, dentro de las cuales se destacan tres para realizar el análisis de los resultados, identificadas como: GIZScore, GiPValue y Gi_Bin.

El campo Gi_Bin muestra puntos calientes y puntos fríos estadísticamente significativos, a los cuales les asigna unos pesos que están relacionados con el nivel de confianza, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 19. Valores Campo Gi_Bin

Gi_Bin	Nivel de confianza
0	No significativo
+/- 1	90%
+/- 2	95%
+/- 3	99%

Tabla 19. Valores campo Gi_Bin. Adaptado de ArcGis 2015.

La columna GiPValue indica la probabilidad de los datos; cuando este valor es muy pequeño quiere decir que es muy poco probable que el patrón espacial presente, sea resultado de procesos aleatorios, por lo tanto, se puede rechazar la hipótesis nula.

Por último, la columna GIZScore corresponde a la desviación estándar; así como se menciona más adelante en el Índice de Morans, cuando la probabilidad tiende a cero, Z toma valores altos, ya sean positivos o negativos.

Para efectos de este estudio, se determinó excluir los registros de la columna Gi_Bin cuyos valores estuviesen entre 0 y -3, debido a que se quieren analizar los puntos que tienen mayor peso o puntos calientes (Hotspots). Una vez realizado el ajuste, se excluyeron en total 67754 datos característicos de puntos no significativos y de puntos fríos (Cold Spot), quedando 41781 datos significativos para realizar el análisis. Más adelante en la *Ilustración 5* y en la *Ilustración 6*, se presentan los mapas de Hotspots, con los resultados para toda la muestra, y con los registros de los puntos significativos.

En la tabla de atributos de los 41781 puntos calientes, se observó que la columna GIZScore contenía valores entre 0 y 22, por lo cual se determinó hacer una clasificación de la información en 5 categorías para mostrar a nivel gráfico la agrupación de los puntos. Lo anterior, teniendo en

cuenta que los valores más altos del campo GIZScore son los que presentan las mayores concentraciones, tal y como se aprecia a continuación:

Tabla 20. Valores Campo Gizscore

Rangos Gizscore	Clasificación	N° de registros
0 - 4.5	Muy bajo	6190
> 4.5 - 9	Bajo	10203
> 9 - 12.5	Moderado	10976
> 12.5 - 17	Alto	11899
> 17	Muy alto	2513
	Total	41781

Tabla 20. Valores campo Gizscore. Adaptado de ArcGis 2015.

Tabla 20 muestra la forma en que se realizó la agrupación de los datos, clasificándolos de muy bajo a muy alto, de tal forma que los datos con valores de $Z > 17$ presentan la mayor concentración de siniestros y los de 0 a 4.5 la menor. En la *Ilustración 7* y en la *Tabla 21* se puede observar gráficamente la clasificación realizada por rangos con su respectiva escala de colores.

Tabla 21. Rangos de Valores Campo GIZSCORE

Rangos Gizscore	Clasificación	Escala de colores
0 - 4.5	Muy bajo	
> 4.5 - 9	Bajo	
> 9 - 12.5	Moderado	
> 12.5 - 17	Alto	
> 17	Muy alto	

Tabla 21. Valores campo Gizscore. Fuente propia

Ilustración 5. Mapa de Hotspots para toda la muestra

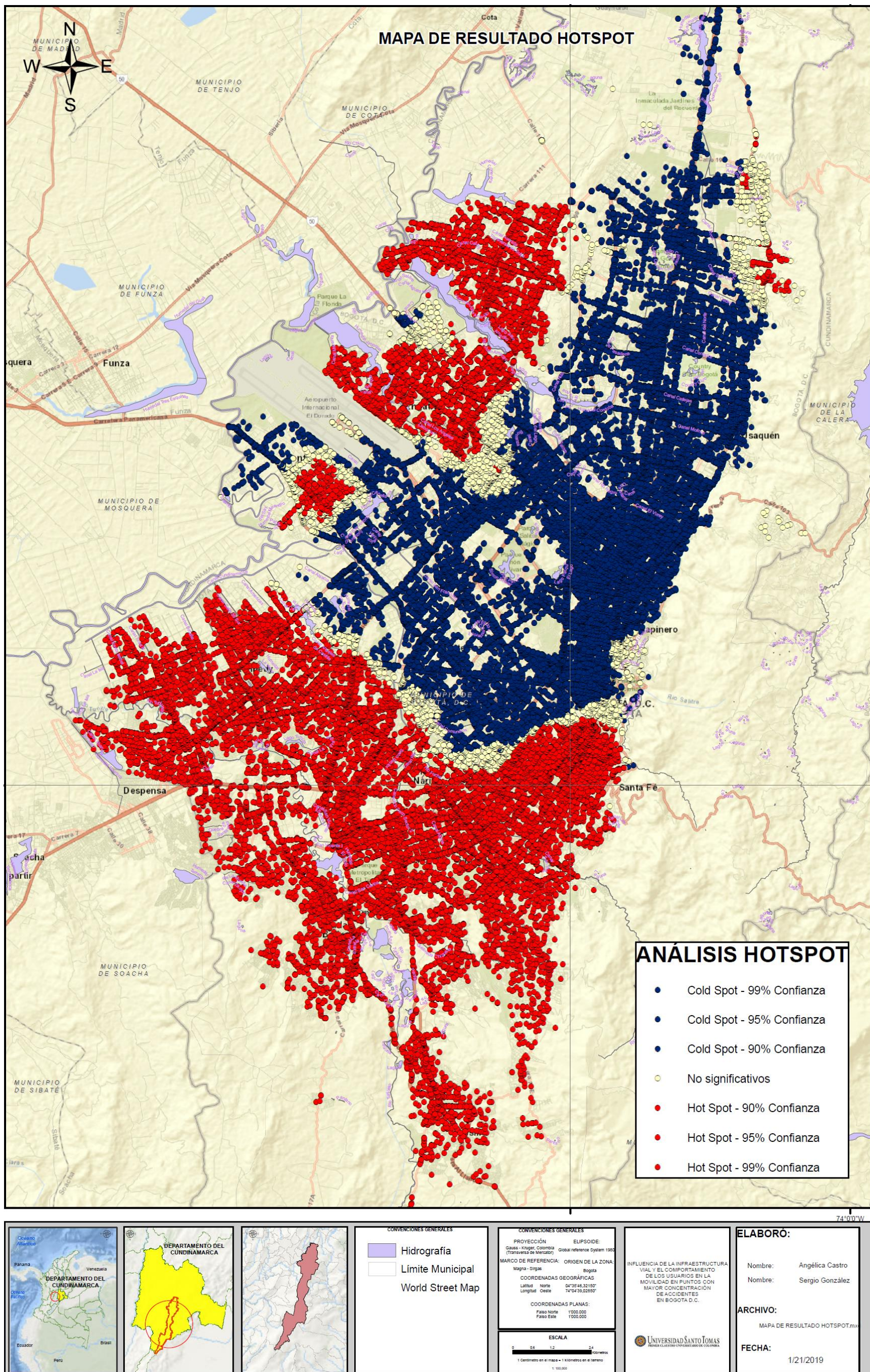


Ilustración 5. Mapa de HotSpots total, fuente propia.

Ilustración 6. Mapa de Hotspots para los puntos significativos

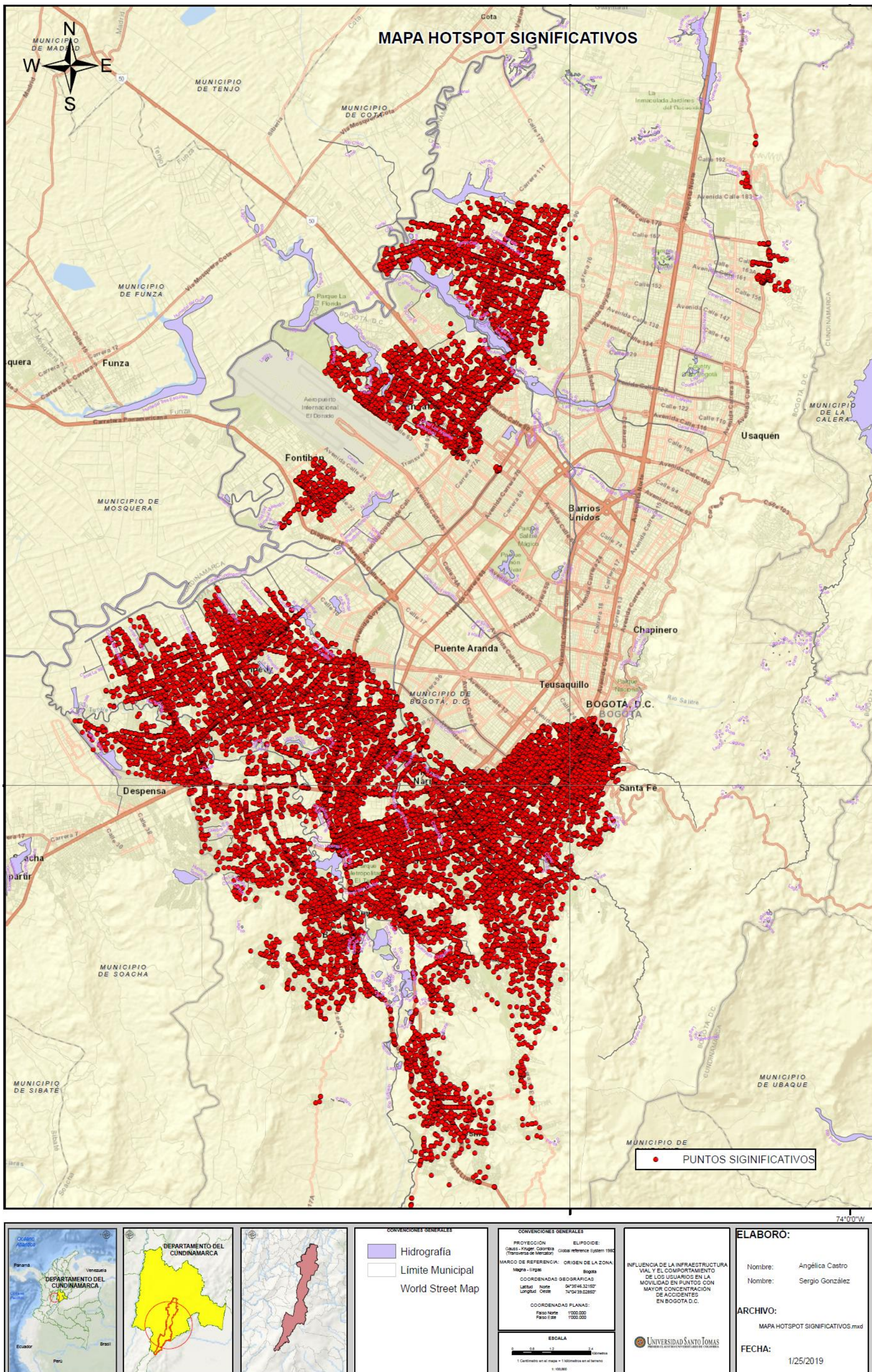


Ilustración 6. Mapa de HotSpots puntos significativos, fuente propia.

Ilustración 7. Mapa de Rangos de Hotspots para los puntos significativos

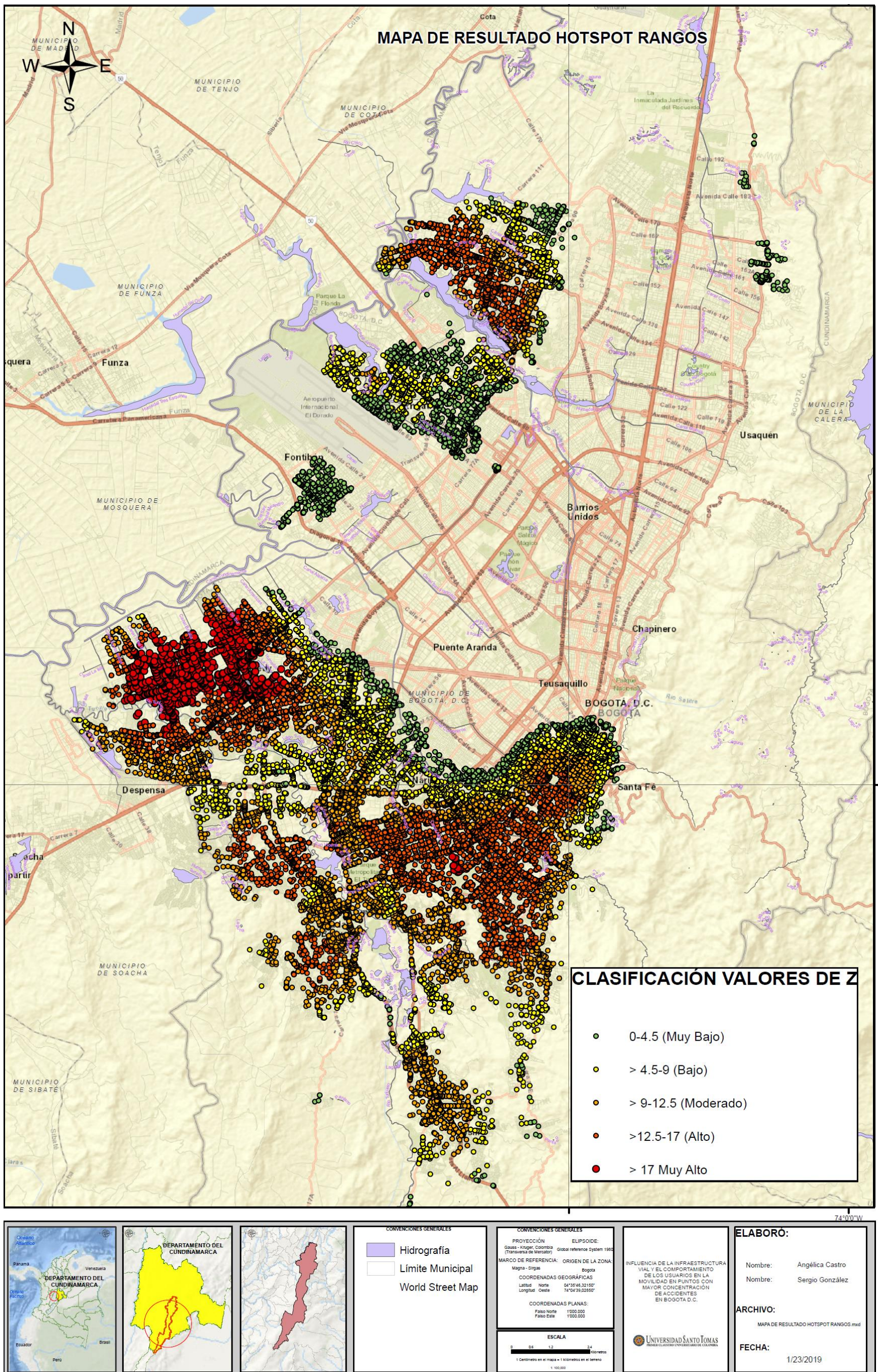


Ilustración 7. Mapa de HotSpots rangos, fuente propia.

Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

En cuanto al Análisis Exploratorio De Datos Espaciales, se llevaron a cabo los procesos sobre los puntos significativos obtenidos del análisis Hotspots, ya que estos representan los sectores donde se tiene mayor concentración de eventos; para así, examinar los patrones de distribución espacial de los datos, por medio de las siguientes herramientas estadísticas:

Histograma

Este tipo de gráfico de barras verticales representa la distribución de frecuencias de un conjunto de datos; es de gran ayuda cuando se tiene un amplio número de registros que se requiere organizar, y también es útil para la toma de decisiones. A continuación, se describe el paso a paso para obtener el gráfico a través del software ArcGis 10.5:

El proceso inicia dando clic derecho sobre la barra de herramientas para activar la extensión Geostatistical Analyst, luego se da clic sobre Explore Data y se selecciona en Histogram, tal y como se observa enseguida:

Ilustración 8. Procedimiento de elaboración de un histograma en ArcGis 10.5

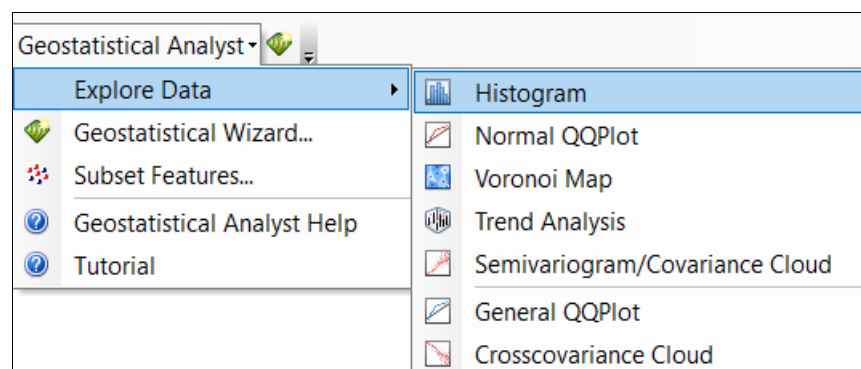


Ilustración 8. Procedimiento de histograma. Adaptado de ArcGis 2015.

De esta manera se obtiene el resultado como se ilustra a continuación:

Ilustración 9. Histograma datos en análisis

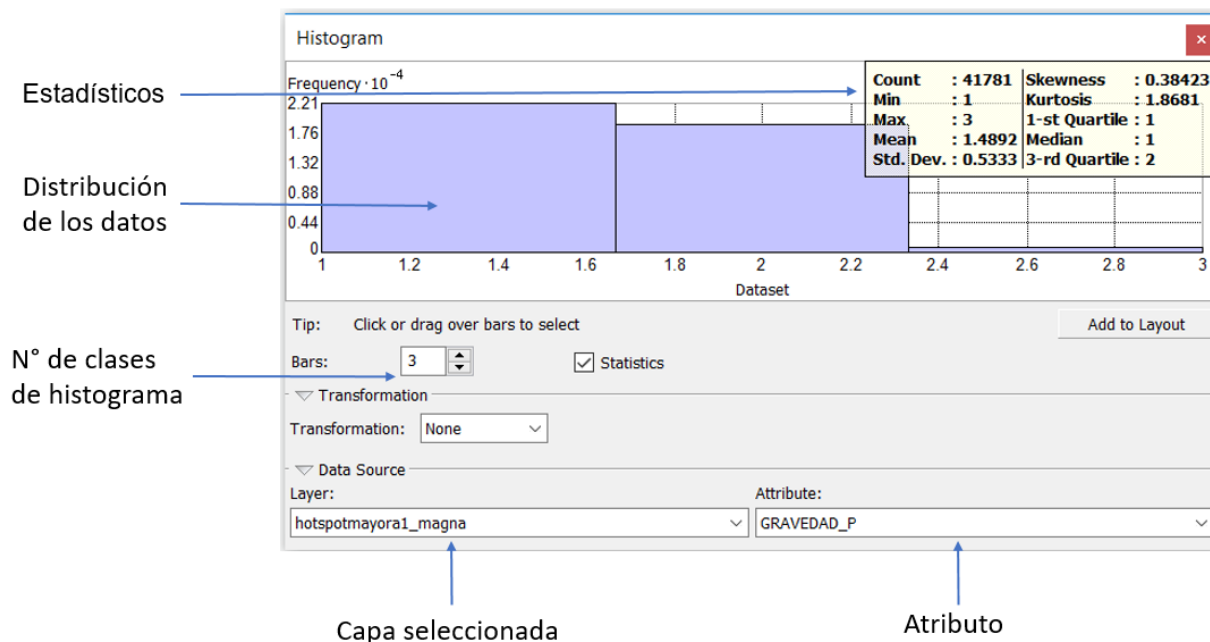


Ilustración 9. Histograma. Adaptado de ArcGis 2015.

Como se puede apreciar en la figura anterior, la capa analizada corresponde a los datos obtenidos del procedimiento de Hotspots, específicamente para el atributo denominado GRAVEDAD_P, de los cuales se tiene que la mayor frecuencia de datos corresponde a los siniestros con solo daños y heridos, adicionalmente, se determinaron los siguientes cálculos estadísticos:

Tabla 22. Análisis estadístico

Count	: 41781	Skewness	: 0.38423
Min	: 1	Kurtosis	: 1.8681
Max	: 3	1-st Quartile	: 1
Mean	: 1.4892	Median	: 1
Std. Dev.	: 0.5333	3-rd Quartile	: 2

Tabla 22. Análisis estadístico. Adaptado de ArcGis 2015.

En la figura anterior, se puede apreciar que el proceso se realizó sobre 41781 puntos, el valor mínimo de 1 y máximo de 3 corresponde a los pesos que fueron asignados a la clasificación de los accidentes, tal y como se manifestó previamente, la media dio un valor de 1.4892, la desviación estándar 0.5333 mostrando una tendencia de los datos hacia 1 que es solo daños y 2 heridos, siendo los casos con víctimas fatales mínimos, la oblicuidad (skewness) con un valor de 0.38423 indica que los datos presentan una asimetría positiva hacia el costado izquierdo, es decir hacia los accidentes de solo daños, y la curtosis con un valor de 1.8681 muestra que los datos tienen una mayor concentración dado que están encima de la media.

Índice de Morans

El índice de Morans analiza el patrón de distribución de los datos, partiendo de una hipótesis nula, en la que establece que los valores de las Entidades se distribuyen de manera aleatoria; para esto, se tienen los parámetros Z y P, los cuales van a indicar si la hipótesis se cumple o no.

El parámetro P simboliza una probabilidad, si este valor es muy pequeño, se puede rechazar la hipótesis nula, mientras que Z, representa las desviaciones estándar, si este valor es muy pequeño, no se tendrá la suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Es por esta razón, que Z toma valores muy altos, ya sean positivos o negativos cuando P es muy pequeño.

El índice de Morans muestra la forma en la que los datos se agrupan espacialmente, tal y como se indica a continuación:

- ✓ Índice de Morans > 0 = agregación de los datos

- ✓ Índice de Morans < 0 = dispersión de los datos

Para obtener este índice a través del programa ArcGis 10.5, se debe utilizar la caja de herramientas “ArcToolbox”, seleccionar la opción spatial statistics tools, luego analyzing patterns y por último spatial autocorrelation (Morans I), y se selecciona tanto la capa como el atributo a analizar, como se aprecia en la siguiente figura:

Ilustración 10. Obtención índice de Morans

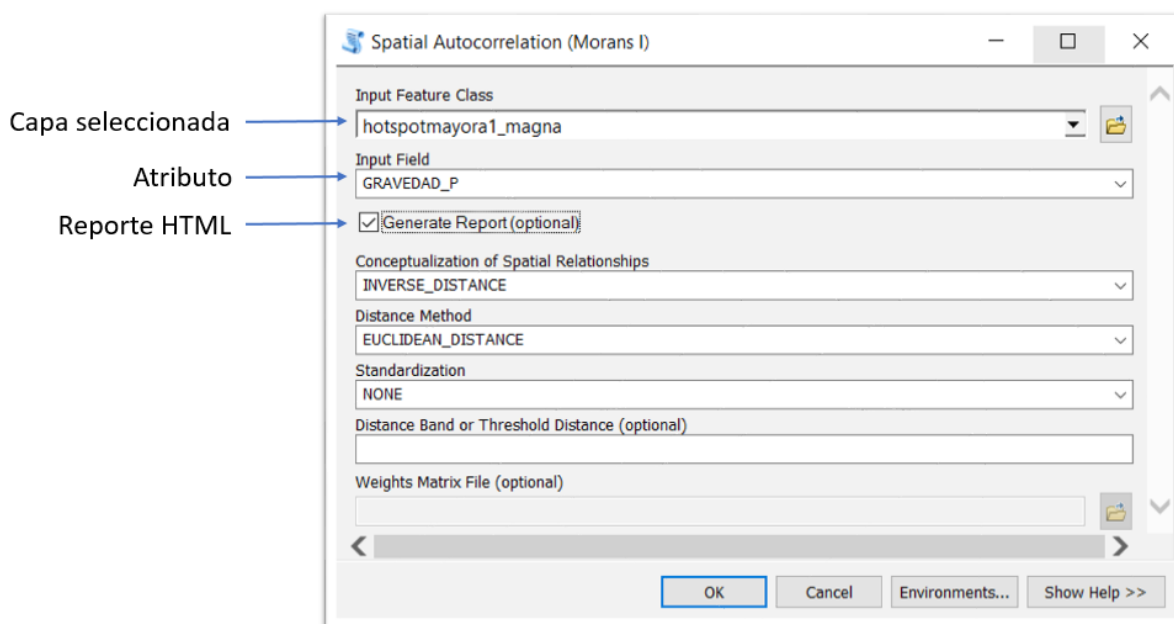


Ilustración 10. Índice de Morans. Adaptado de ArcGis 2015.

El reporte obtenido en formato HTML muestra lo siguiente:

Gráfico 16. Reporte índice de Morans

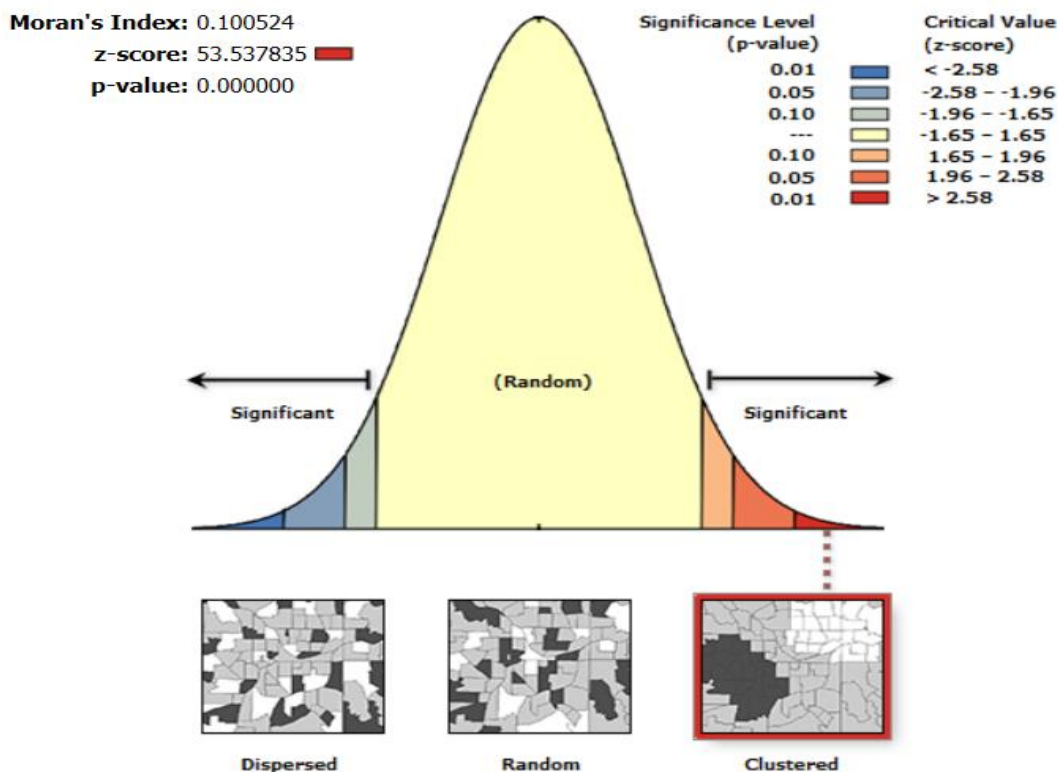


Gráfico 16. Índice de Morans. Adaptado de ArcGis 2015.

Lo anterior quiere decir que con los valores de Z y P la hipótesis nula es rechazada, por lo que es muy poco probable que el patrón espacial observado sea resultado de procesos aleatorios; así mismo, el índice de Morans dio superior a cero, lo que representa una agregación de los datos, o mejor aún, muestra que los valores altos se agrupan cerca de valores altos o los valores bajos cerca de los valores bajos.

Análisis Clustering alto/bajo

Este tipo de análisis permite conocer cómo se configura la concentración de puntos, es decir si se produce por valores altos o bajos, a continuación, se observa el criterio para determinar lo mencionado anteriormente:

- ✓ $Z > 0$ = agregación de valores altos.
- ✓ $Z < 0$ = agregación de valores bajos.

El procedimiento que se sigue en ArcGis 10.5 para determinar este parámetro, es el mismo que siguió para calcular el índice de Morans, solo que se selecciona la opción High/Low Clustering (Getis-Ord General G). En la siguiente figura se observa el cuadro con los campos requeridos para su estimación:

Ilustración 11. Obtención Clustering alto/bajo

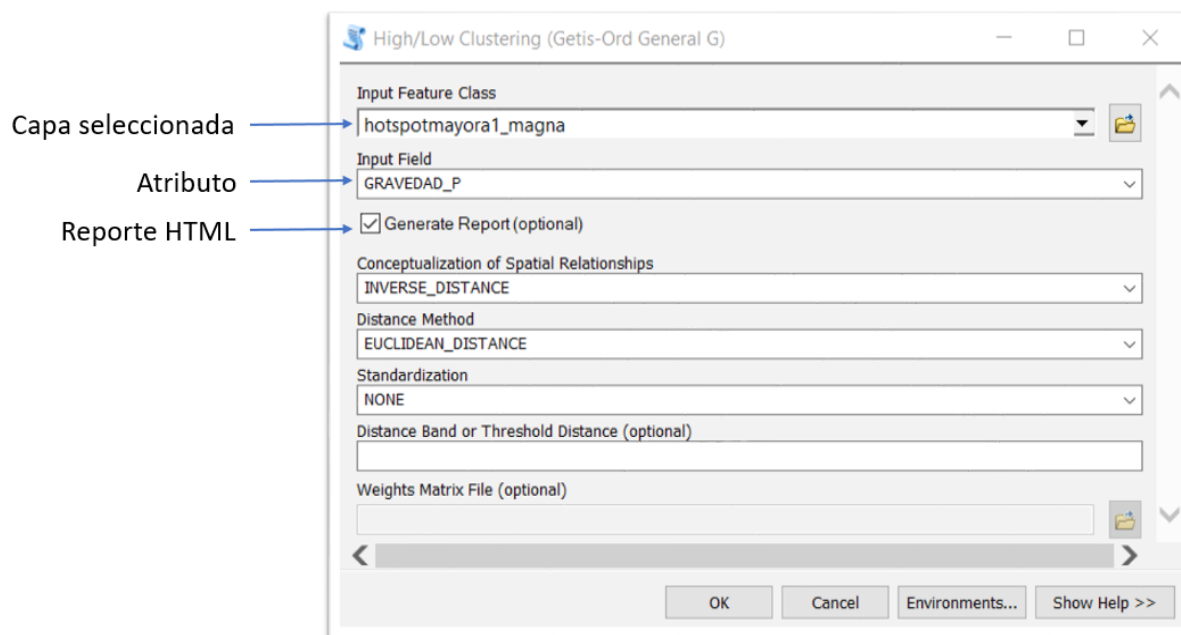


Ilustración 11. Obtención Clustering alto/bajo. Adaptado de ArcGis 2015

El reporte obtenido en formato HTML presenta lo siguiente:

Gráfico 17. Reporte Clustering alto/bajo

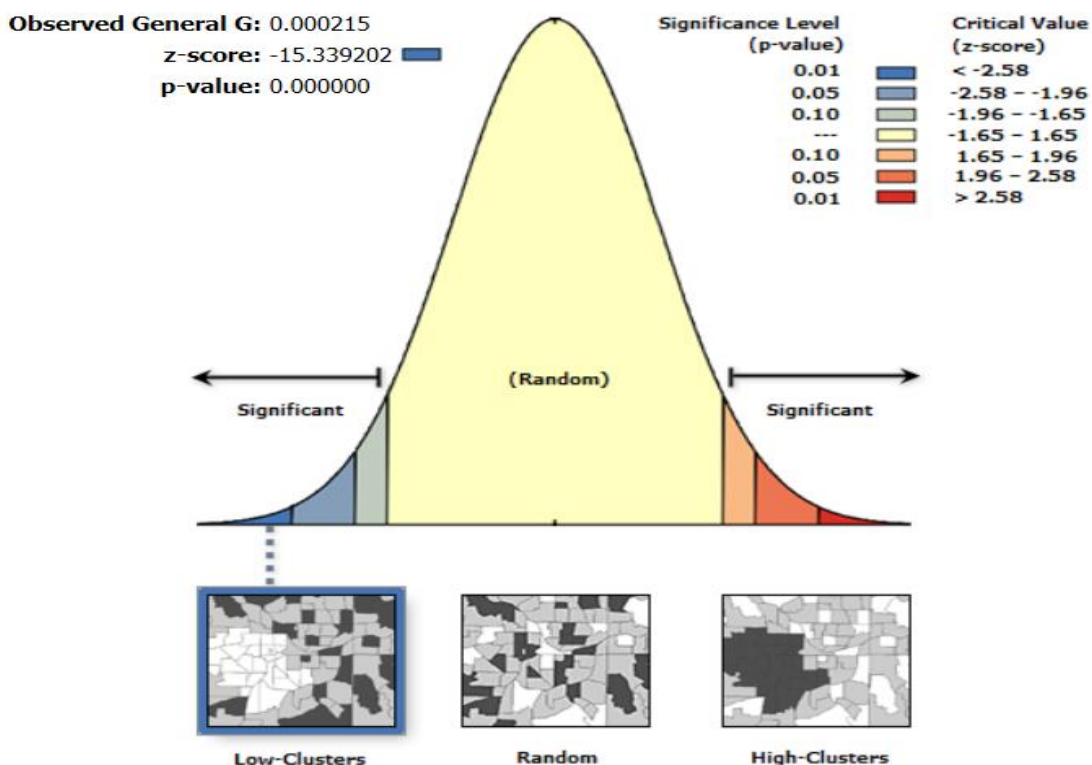


Gráfico 17. Clustering alto/bajo. Adaptado de ArcGis 2015

Como se puede apreciar en la figura anterior, el valor obtenido de Z es menor a 0, lo que indica que la concentración de los puntos se está dando especialmente por los valores bajos, correspondientes a los eventos de heridos y solo daños.

Técnica de interpolación por distancia inversa ponderada (IDW)

Esta técnica se ejecutó para el total de la muestra, es decir para los 109535 datos; valiéndose del software ArcGis 10.5, se siguió un procedimiento muy similar a los que ya se han venido trabajando en este capítulo. En primer lugar, en la caja de herramientas “ArcToolbox”, se da clic en la opción spatial analyst tools, luego interpolation y por último IDW, y se seleccionan la capa y el atributo a analizar, como se observa a continuación:

Ilustración 12. Análisis técnica de interpolación IDW

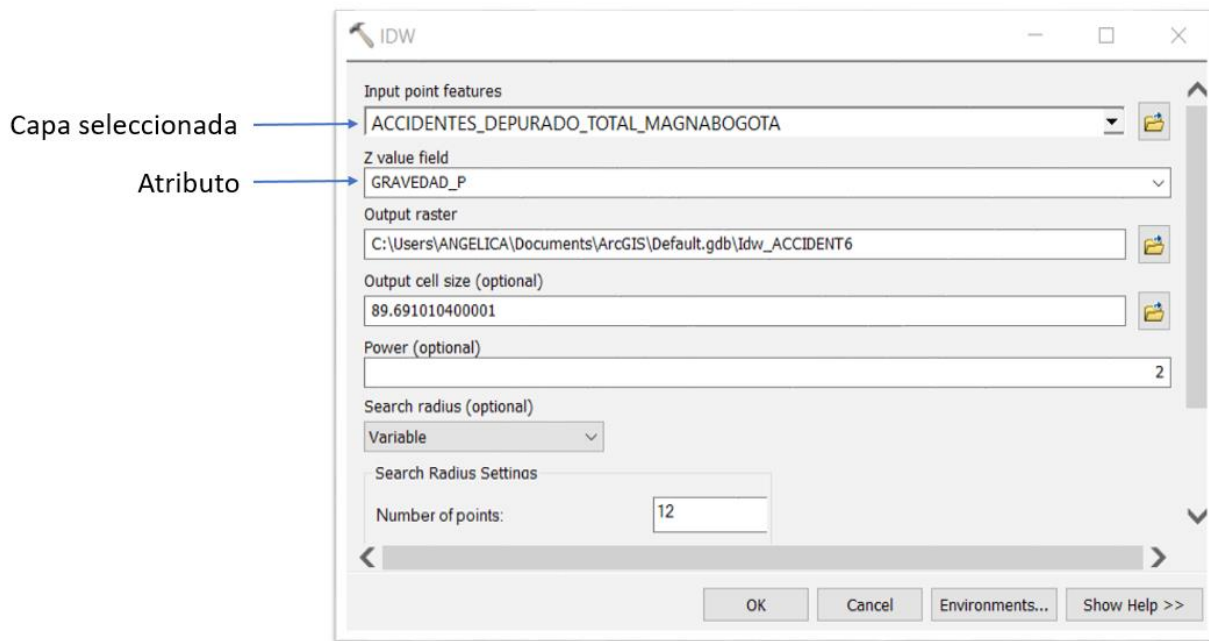


Ilustración 12. Interpolación IDW. Adaptado de ArcGis 2015.

Al correr el proceso, se genera un shape con una gama de tonalidades en la que denota sectores con mayor intensidad en su coloración, indicando de esta manera un modelo de predicción de los sitios donde se pueden llegar a presentarse los tres tipos de eventos contemplados (solo daños, heridos y víctimas fatales). En la *Ilustración 13*, se observan los resultados obtenidos al correr el proceso de Interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW):

Ilustración 13. Mapa de Interpolación por Distancia Inversa Ponderada IDW

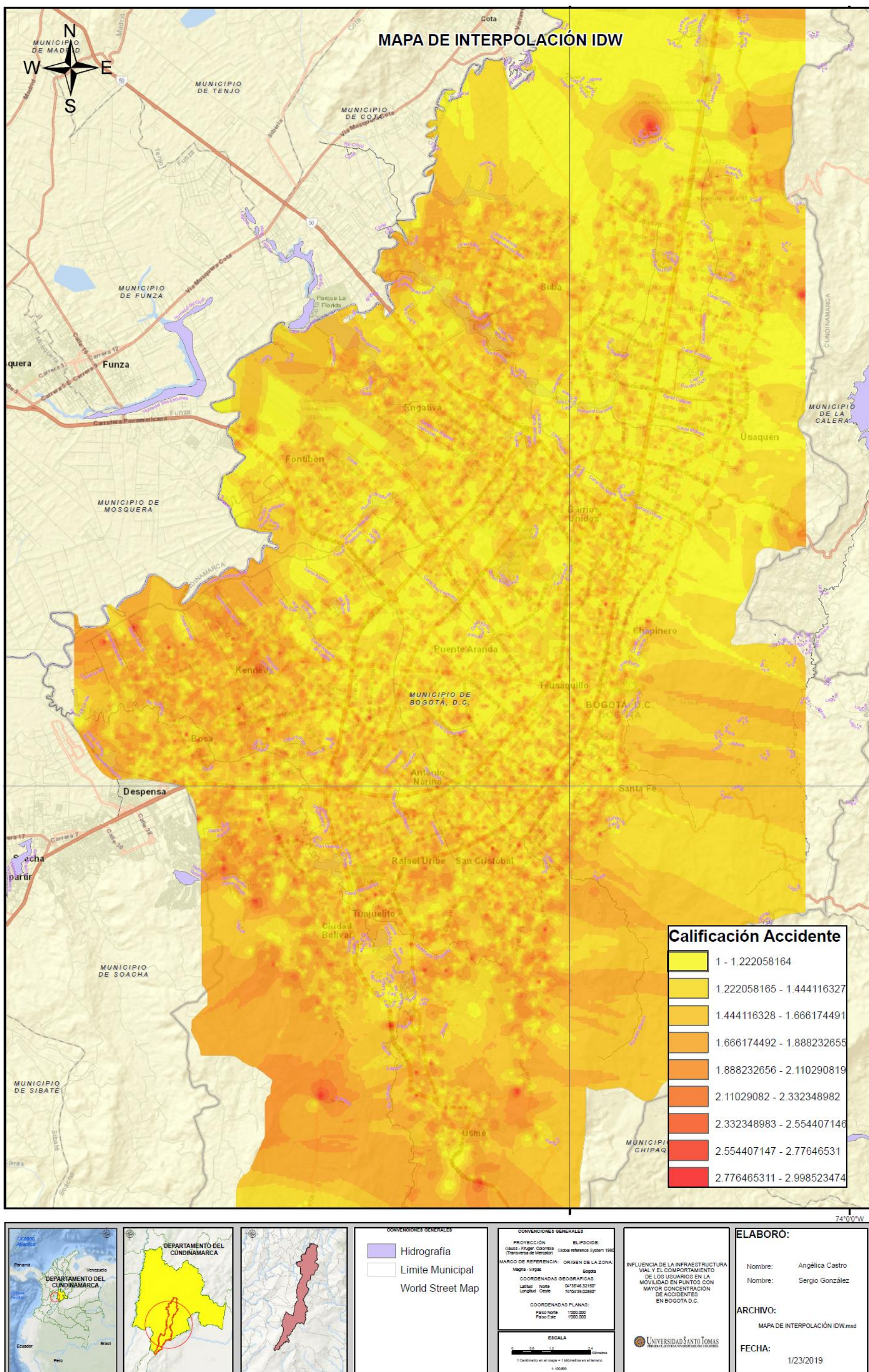


Ilustración 7. Técnica de Interpolación IDW, fuente propia.

En el mapa IDW se pueden observar algunos ejemplos de varios sitios que presentan un área predictiva, la cual se denota en color rojo, tal y como se observa en la siguiente figura:

Ilustración 14. Análisis zonas de predicción

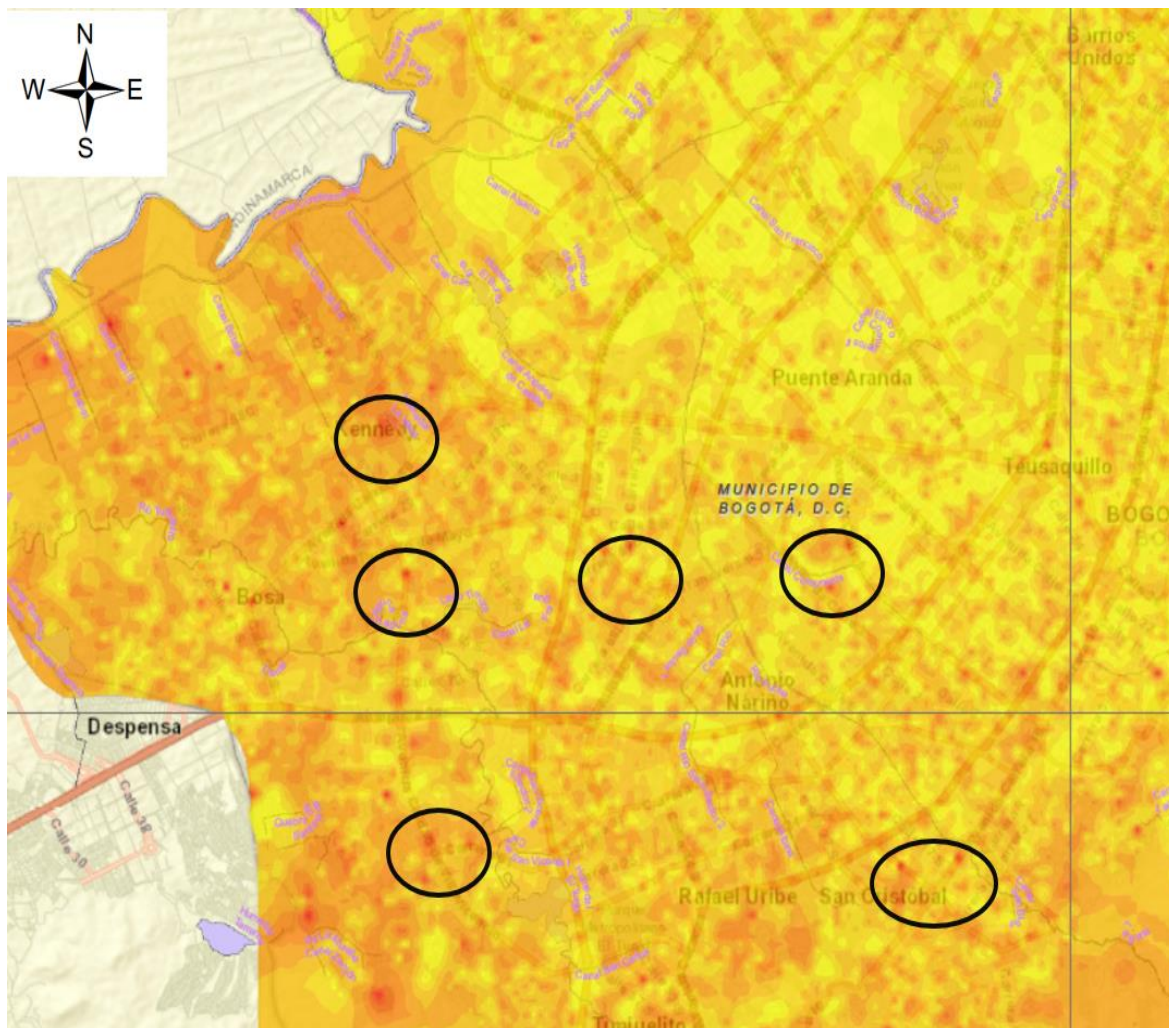


Ilustración 14. Zonas de predicción. Adaptado de ArcGis 2015.

Aunque, también se evidenciaron casos atípicos, donde se están presentado zonas predictivas en lugares que registran solo un evento y este se encuentra aislado del resto de los puntos; por lo cual se debe tener cuidado al realizar el análisis. A continuación, se aprecia lo descrito con anterioridad:

Ilustración 15. Análisis zonas de predicción atípicas

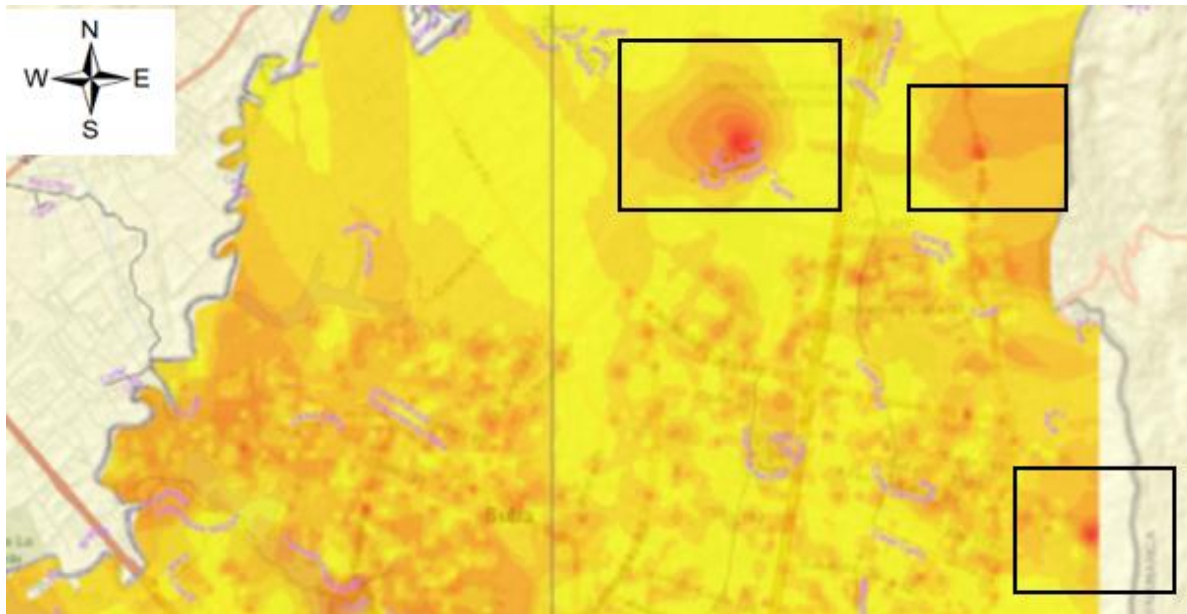


Ilustración 15. Zonas de predicción atípicas. Adaptado de ArcGis 2015.

Finalmente, para la selección de los puntos a estudiar se realizó el cruce de los shape de Hotspots e IDW, para buscar aquellos sectores donde coincidieran las áreas con mayor concentración de eventos, es decir con los registros tomados de los rangos de Hotspots alto y muy alto con los lugares donde se tenían las predicciones.

Del proceso mencionado anteriormente, se obtuvieron como resultado cuatro intersecciones, las cuales se mencionan a continuación y se aprecian en la *Ilustración 16*:

Avenida Cali con Avenida Villavicencio (AK 86 con CL 43 Sur).

Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este (AC 20 Sur con KR 3 Este).

Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51 (AC 68 Sur con KR 51).

Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo (AK 80 con AC 55 Sur).

Ilustración 16. Puntos Seleccionados

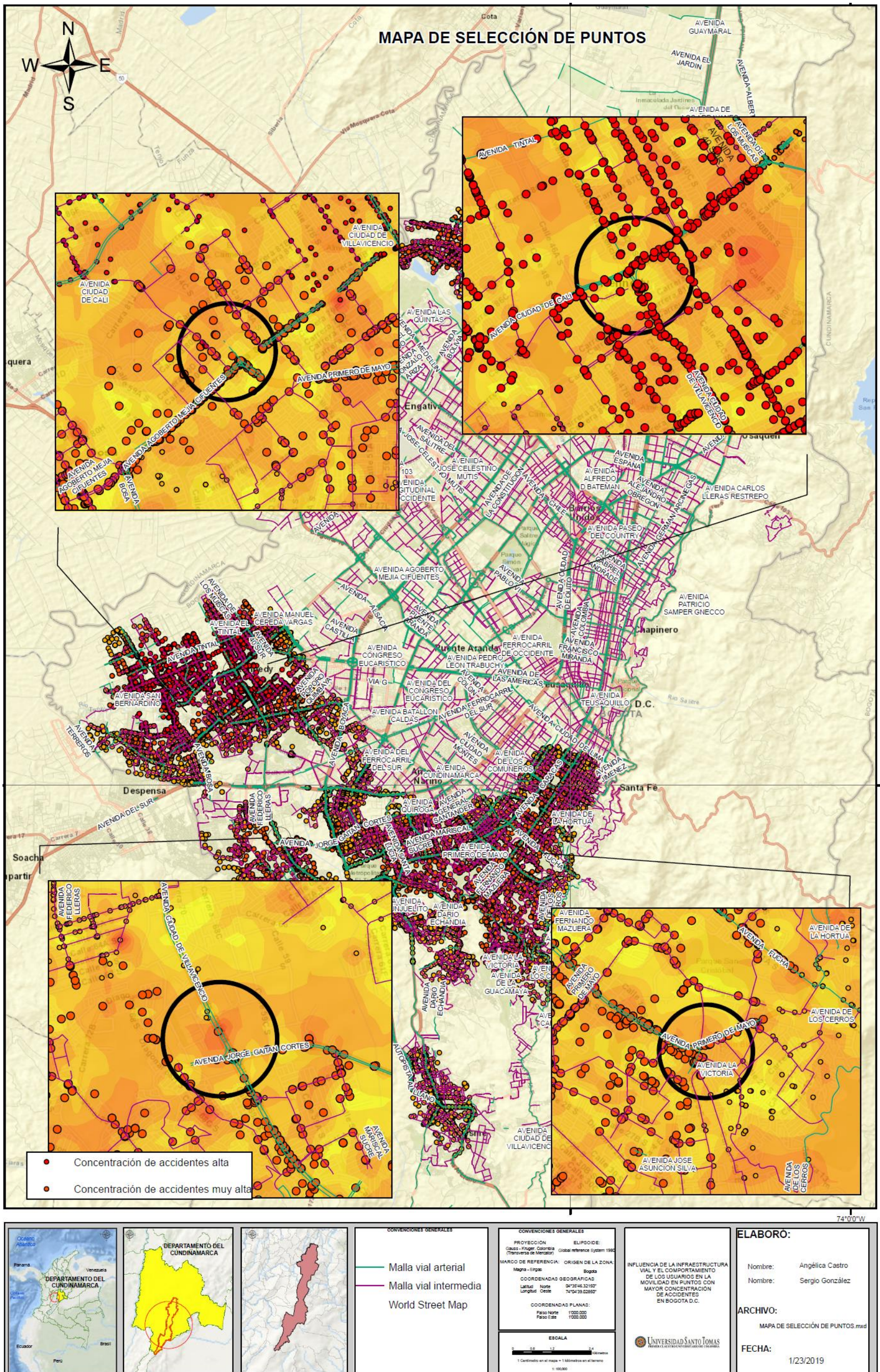


Ilustración 16. Puntos seleccionados. Fuente propia.

Zonificación de la Accidentalidad

Según la identificación realizada sobre los puntos de accidentalidad vial presentes en la zona urbana de la ciudad de Bogotá D.C., y de la información temática obtenida (mapas de Hotspots, IDW y estado de la malla vial), a continuación, se presentan las variables y sus correspondientes atributos, los cuales fueron necesarios para realizar el cruce algebraico mediante la superposición de capas, y evaluar de esta manera el proceso de zonificación:

Tabla 23. Identificación de Variables y Atributos para la Zonificación

Variables	Atributos
Estado de la Malla Vial	Malo
	Regular
	Bueno
Hotspots	Gravedad 3 - Muerto
	Gravedad 2 - Herido
	Gravedad 1 - Solo daño
Interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW)	Rango 2.7 - 3.0
	Rango 2.3 - 2.7
	Rango 1.8 - 2.3
	Rango 1.2 - 1.8
	Rango 1.0 - 1.2

Tabla 23. Variables y atributos para la zonificación. Fuente propia

En la tabla anterior, se pueden observar las variables seleccionadas para realizar la zonificación de la accidentalidad, con sus correspondientes atributos, los cuales hacen referencia a características propias de cada variable.

Según la evaluación de sensibilidad realizada sobre cada uno de los atributos que se relacionan con las (3) variables propuestas para analizar la accidentalidad, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 24. Análisis de Sensibilidad de las Variables

VARIABLES	ATRIBUTOS	CALIFICACIÓN	SENSIBILIDAD
Estado de la Malla Vial	Malo	5	Alta
	Regular	3	Media
	Bueno	1	Baja
Hotspots	Gravedad 3 - Muerto	5	Alta
	Gravedad 2 - Herido	3	Media
	Gravedad 1 - Solo daños	1	Baja
Interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW)	Rango 2.7 - 3.0	5	Muy Alta
	Rango 2.3 - 2.7	4	Alta
	Rango 1.8 - 2.3	3	Media
	Rango 1.2 - 1.8	2	Baja
	Rango 1.0 - 1.2	1	Muy Baja

Tabla 24. Sensibilidad de variables. Fuente propia.

En seguida, se describen los resultados de la evaluación realizada para cada una de estas variables y sus correspondientes atributos.

Estado de la malla vial: Esta variable, tiene en cuenta la condición de la estructura de pavimento de las vías que conforman la malla vial de la ciudad, a partir de información reportada por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), y de las bases de datos de la Secretaría Distrital de Movilidad, esta última asocia el estado de la vía a cada siniestro.

De acuerdo, con el diagnóstico realizado por el IDU, el estado de condición de las vías fue obtenido a través del Índice de Condición del Pavimento (PCI por sus siglas en inglés), parámetro que califica la condición superficial de la estructura, como se describe a continuación:

- $PCI \leq 25$ Vías en mal estado
- $26 \leq PCI \leq 55$ Vías en regular estado

- $PCI \geq 56$ Vías en buen estado

En el análisis sobre esta variable se identifica los siguientes niveles de sensibilidad:

- **Sensibilidad Baja:** Vías en buen estado.
- **Sensibilidad Media:** Vías en regular estado.
- **Sensibilidad Alta:** Vías en mal estado.

A continuación, en la *Ilustración 17* y en la *Ilustración 18* se presenta el estado de la malla vial de las intersecciones seleccionadas.

Ilustración 17. Estado de la Malla Vial de los Puntos Seleccionados

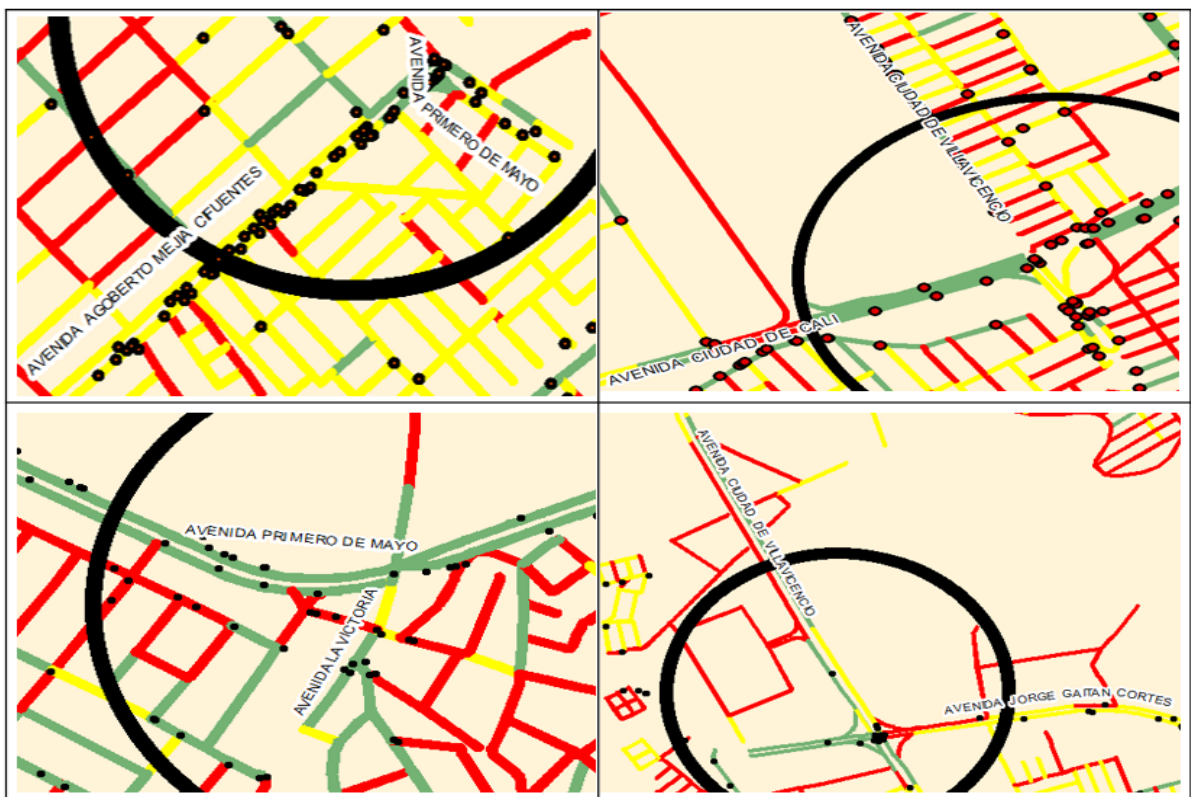


Ilustración 17. Malla vial en los puntos seleccionados. Fuente propia.

Ilustración 18. Estado de la malla vial de los puntos Seleccionados

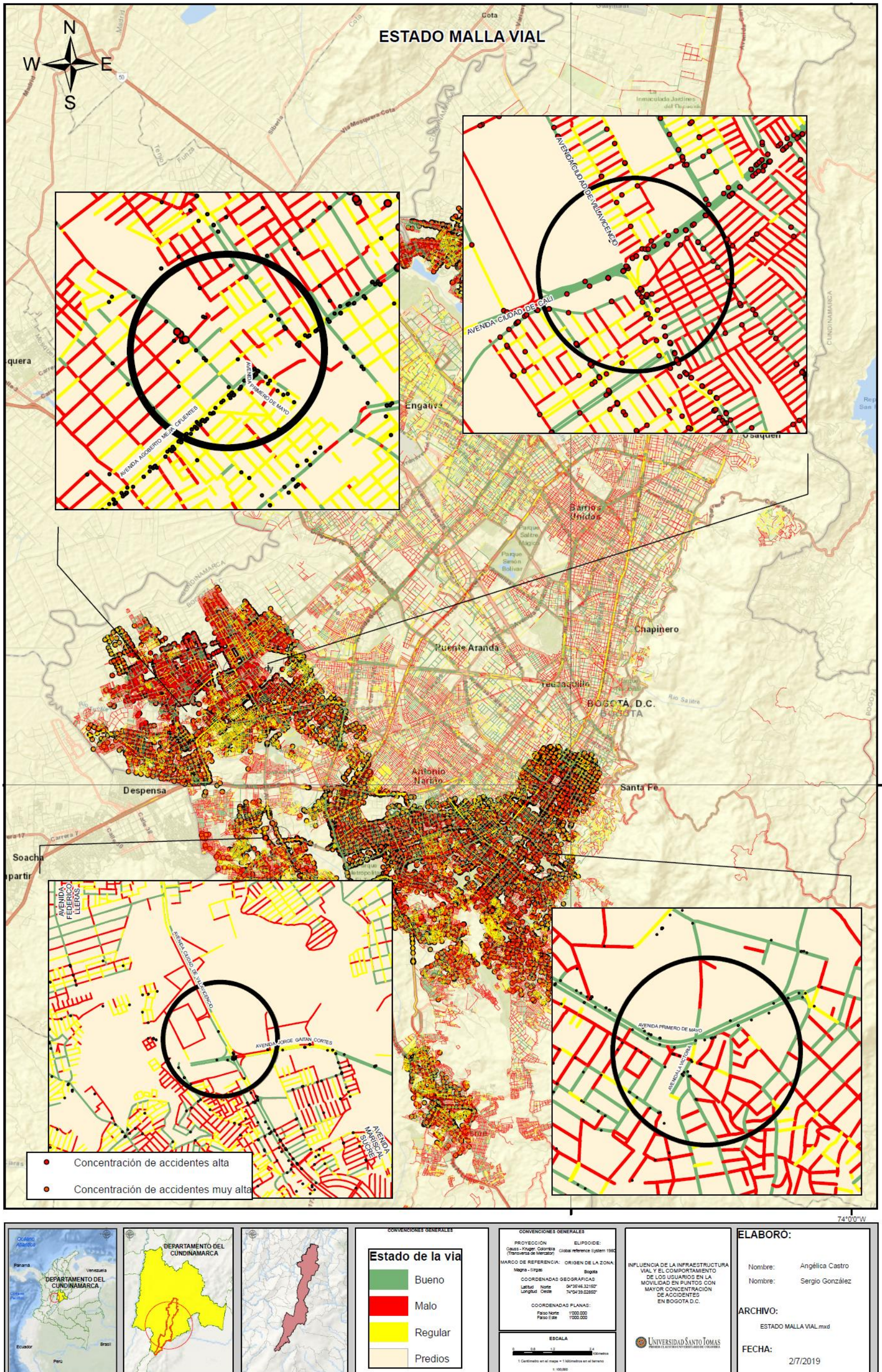


Ilustración 18. Malla vial en los puntos seleccionados. Fuente propia.

Como se puede apreciar en las ilustraciones anteriores, la condición de la malla vial se encuentra entre regular y buen estado para los sectores de la Av. Primero de Mayo con Av. Agoberto Mejía Cifuentes (AC 55 Sur – AK 80) y Av. Ciudad de Cali con Av. Ciudad de Villavicencio (AK 86 – AC 43 Sur), para el caso de la Av. Jorge Gaitán Cortes con Av. Ciudad de Villavicencio (AK 51 – AC 68 Sur), se tiene buen estado para los accesos Sur y Occidente, regular estado para el acceso Norte y mal estado para el acceso Oriente; finalmente la intersección de la Av. Primera de Mayo con Av. la Victoria (AC 22 Sur – AK 3 Este), muestra en general un buen estado, aunque en esta intersección se presenta una condición particular sobre el costado Sur - Oriente, debido a que la geometría de la vía se ve interrumpida por un predio que sobresale a la calzada, condicionando el diseño y la construcción a un solo carril de circulación, generando de esta manera un efecto embudo, en el que los vehículos vienen de dos carriles y en este punto solo pueden pasar por uno, lo que ocasiona una situación de constante riesgo de accidentes.

Hotspots: Para el caso de esta variable, se tiene en cuenta la concentración de los puntos, a los cuales se les da una calificación de la sensibilidad alta en caso de tener víctimas fatales, media para heridos y baja para solo daños.

Interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW): Esta variable se estructuró a partir de cinco rangos entre 1.0 y 3.0, para los cuales se manejaron niveles de sensibilidad de muy baja a muy alta respectivamente, representando de esta manera sectores de predicción de accidentes.

Ilustración 20. Zonificación de la accidentalidad

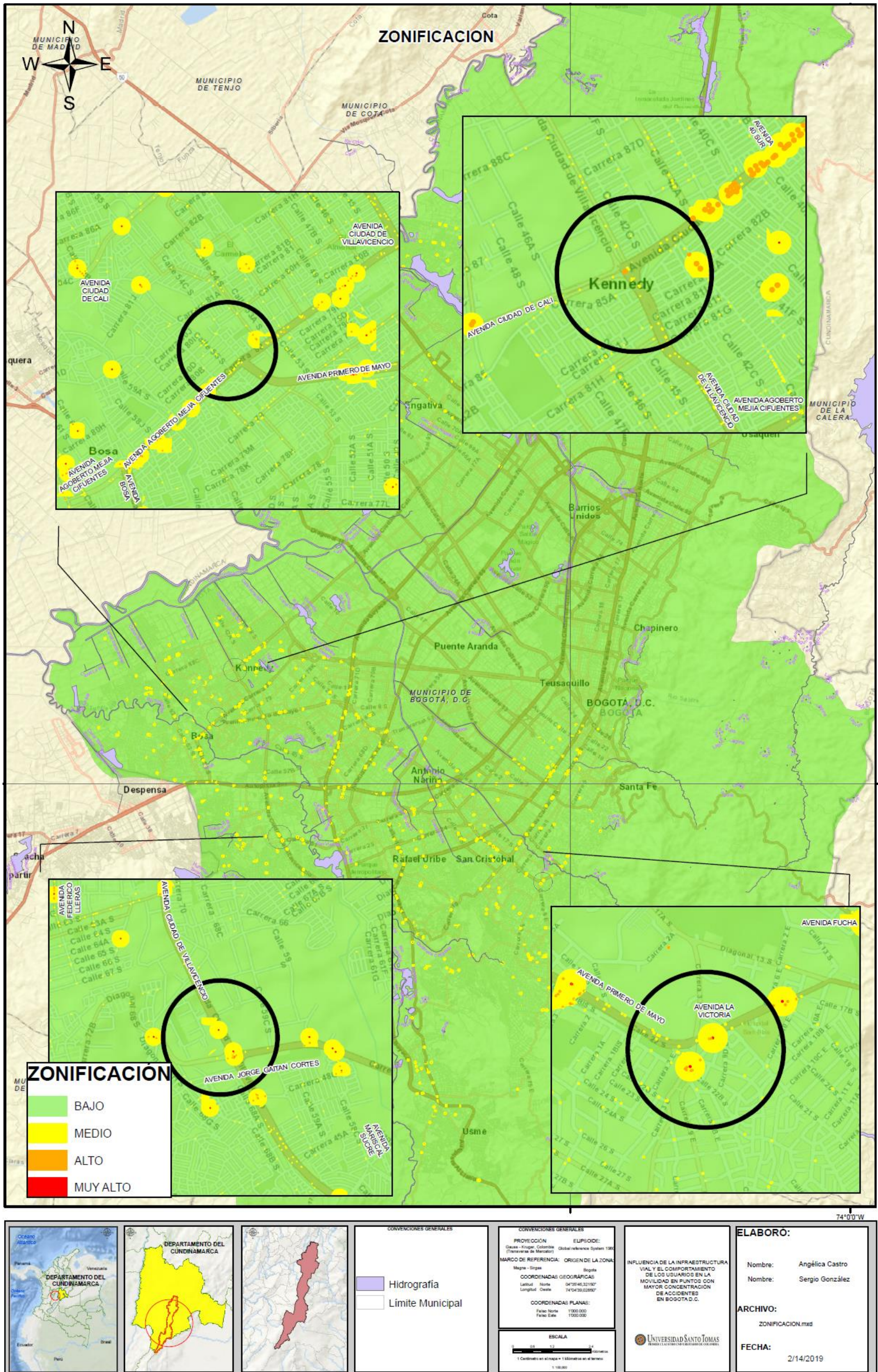


Ilustración 20. Zonificación de los puntos seleccionados. Fuente propia

Como se puede observar en la ilustración anterior, para las intersecciones seleccionadas, es notable el alto riesgo de accidentalidad, especialmente se destaca el tramo de la Avenida Ciudad de Cali entre Avenida Villavicencio y Calle 40 Sur.

Calibración de los Parámetros del Vuelo

Una vez realizado el cruce de los shape producto del proceso Hotspots e IDW y obtenidos los puntos a estudiar, se procedió a llevar a cabo la toma de información primaria a través de un VANT (dron), el cual fue calibrado tal y como se describe enseguida.

Teniendo en cuenta que la toma de la información audiovisual de las intersecciones se debe hacer por medio de un sobrevuelo con aeronaves no tripuladas y que de la certeza de estos dependerá el grado de extracción de información, es necesario planear las características del vuelo en cuanto a horario, ubicación respecto a la intersección, altura de vuelo, limitaciones físicas y consecución de los permisos correspondientes para dicha actividad.

Así bien, se realizaron una serie de vuelos con diferentes características en una intersección del anillo vial de la Universidad Nacional de Colombia, el cual fue autorizado por la administración del centro educativo; de esta prueba se obtuvieron las siguientes características con las cuales se realizaron los posteriores cuatro vuelos en cada una de las intersecciones en estudio, se determinó que la altura de vuelo mínima para cobijar en su totalidad cada una de los puntos debería ser 70 metros, la posición de la cámara debería ser vertical y la ubicación de la aeronave con respecto a la geometría de la intersección debería ser lo más centrada posible; los horarios de vuelo para cada uno de los puntos están sujetos a la hora de máxima demanda vehicular.

Mediante estos vuelos, se pudo apreciar que con esta técnica se pueden identificar características geométricas particulares que determinan el comportamiento del tránsito, así como daños en la infraestructura como se puede observar en la *Ilustración 21*, los cuales pueden condicionar los movimientos de los vehículos para evitar estos obstáculos; en la prueba se lograron vectorizar comportamientos erróneos por parte de cada uno de los actores del tránsito, tal y como se logró vectorizar en la *Ilustración 22*, discretizándolos y agrupándolos para determinar el grado de importancia en la alta accidentalidad de la zona.

Ilustración 21. Sobrevuelo de prueba, determinación de patologías en la carpeta



Ilustración 21. Determinación de patologías. Fuente propia.

Ilustración 22. Sobrevuelo de prueba, vectorización de trayectorias detalles de la intersección

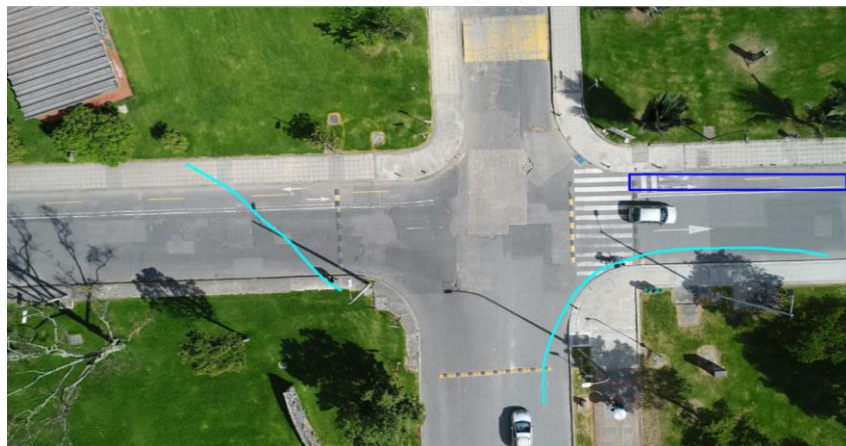


Ilustración 22. Detalle de la intersección. Fuente propia.

Análisis de los Puntos Seleccionados

Caracterización de los Flujos Vehiculares

Una vez definidos los puntos a estudiar, se procedió a revisar información secundaria en las bases de datos de la Secretaría Distrital de Movilidad referentes a volúmenes vehiculares, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 26. Información de volúmenes vehiculares Secretaría Distrital de Movilidad

Intersección	Localidad	Nomenclatura	Fecha de aforo	Movimientos Aforados	Período
Avenida Cali con Avenida Villavicencio	Kennedy	AK 86 con CL 43 Sur	Miércoles 15 de mayo de 2013	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9(1)	06:00 - 20:00
Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este	San Cristóbal	AC 20 Sur con KR 3 Este	Lunes 16 de marzo de 2015	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9(1), 9(2), 9(3)	06:00 - 20:00
Avenida Villavicencio con Carrera 51	Ciudad Bolívar	AC 68 Sur con KR 51	Viernes 17 de febrero de 2017	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8	06:00 - 20:00
Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo	Kennedy	AK 80 con AC 55 Sur	Domingo 19 de agosto de 2018	1, 2, 3, 7, 8, 9(2), 9(3) y 9(4)	06:00 - 20:00

Tabla 26. Volúmenes vehiculares. adaptado de: información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Los aforos vehiculares tienen como objetivo registrar el número de vehículos que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de una vía, clasificándolos por tipo de vehículo (Auto, Bus, Camión, moto), de acuerdo con el sentido del flujo y tipo de movimiento (Directo, Giros a Derecha o Izquierda).

La codificación de los movimientos se tomó del Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de la anterior Secretaría de Tránsito y Transporte

ahora conocida como Secretaría Distrital de Movilidad, la cual se presenta en la *Ilustración 25*, se resume en la *Tabla 27*.

Ilustración 23. Codificación de Movimientos en Intersecciones

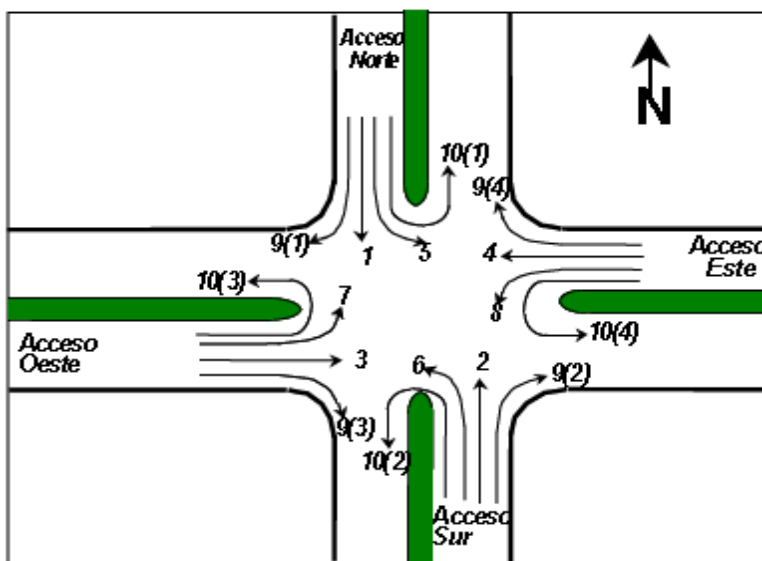


Ilustración 23. Volúmenes vehiculares. adaptado de Manual de Planeación y Diseño Para la Administración del Tránsito y el Transporte de Bogotá.

Tabla 27. Resumen Codificación de Movimientos Vehiculares en Intersecciones

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Directo	1
	Giro a la izquierda	5
	Giro a la derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	Directo	2
	Giro a la izquierda	6
	Giro a la derecha	9(2)
	Giro en U	10(2)
Oeste	Directo	3
	Giro a la izquierda	7
	Giro a la derecha	9(3)
	Giro en U	10(3)
Este	Directo	4
	Giro a la izquierda	8
	Giro a la derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Tabla 27. Movimientos vehiculares en intersecciones. adaptado de Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Secretaría de Tránsito de Santa Fe de Bogotá – Cal & Mayor y Asociados S.C. 2005.

Debido a que la información obtenida es de diferentes años, se realizó una proyección de los flujos vehiculares al año 2018, tomando como referencia las siguientes tasas de crecimiento por localidad:

Tabla 28. Tasas de crecimiento discriminadas por localidad en la ciudad de Bogotá D.C., período 2013-2035

Localidad	Período			
	2013 - 2017	2018 - 2022	2023 - 2027	2028 - 2036
Usaquén	2,35%	1,98%	1,76%	1,61%
Chapinero	3,54%	3,68%	3,48%	3,33%
Santa Fe	3,32%	3,50%	3,32%	3,07%
San Cristóbal	2,03%	1,63%	1,44%	1,30%
Usme	3,43%	3,40%	3,18%	3,01%
Tunjuelito	2,39%	2,05%	1,84%	1,66%
Bosa	2,70%	2,39%	2,16%	1,99%
Kennedy	3,00%	2,87%	2,67%	2,46%
Fontibón	2,76%	2,46%	2,23%	2,06%
Engativá	2,98%	2,86%	2,64%	2,49%
Suba	3,23%	3,17%	2,95%	2,78%
Barrios Unidos	3,14%	3,09%	2,90%	2,76%
Teusaquillo	2,61%	2,32%	2,11%	1,95%
Los Mártires	3,04%	2,99%	2,80%	2,66%
Antonio Nariño	2,66%	2,41%	2,21%	2,00%
Puente Aranda	2,73%	2,51%	2,32%	2,18%
La Candelaria	3,05%	2,57%	2,31%	2,12%
Rafael Uribe	2,47%	2,18%	1,99%	1,75%
Ciudad Bolívar	2,71%	2,51%	2,30%	2,11%

Tabla 28. Tasas de crecimiento por localidad. adaptado de Secretaría Distrital de Movilidad – DSVCT año 2013

A continuación, se presentan los histogramas de comportamiento del flujo vehicular a lo largo del período de aforo proyectado al año 2018, con el consolidado del total de los movimientos involucrados en cada intersección:

Avenida Cali con Avenida Villavicencio

Tabla 29. Volúmenes vehiculares totales en la intersección

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
6:00	7:00	2417	868	367	3653	7305	6897
6:15	7:15	2296	893	387	3750	7326	6925
6:30	7:30	2190	892	396	3623	7101	6776
6:45	7:45	2001	805	383	3337	6526	6237
7:00	8:00	2044	803	389	3098	6334	6172
7:15	8:15	2022	793	392	2835	6042	6006
7:30	8:30	1988	794	385	2465	5632	5771
7:45	8:45	2061	802	398	2203	5464	5762
8:00	9:00	2107	785	411	1917	5220	5663
8:15	9:15	2167	774	410	1602	4953	5541
8:30	9:30	2312	756	410	1499	4977	5599
8:45	9:45	2360	762	360	1396	4878	5482
9:00	10:00	2406	716	370	1328	4820	5427
9:15	10:15	2396	713	402	1345	4856	5500
9:30	10:30	2361	695	416	1317	4789	5450
9:45	10:45	2272	678	449	1285	4684	5393
10:00	11:00	2282	665	431	1202	4580	5291
10:15	11:15	2296	664	390	1203	4553	5201
10:30	11:30	2274	666	358	1226	4524	5114
10:45	11:45	2406	656	377	1210	4649	5266
11:00	12:00	2505	694	375	1268	4842	5465
11:15	12:15	2532	684	385	1268	4869	5497
11:30	12:30	2574	682	423	1288	4967	5640
11:45	12:45	2539	677	376	1403	4995	5535
12:00	13:00	2506	686	365	1443	5000	5512
12:15	13:15	2488	651	362	1438	4939	5414
12:30	13:30	2473	630	343	1393	4839	5287
12:45	13:45	2478	632	409	1299	4818	5414
13:00	14:00	2414	588	421	1278	4701	5282
13:15	14:15	2347	579	425	1268	4619	5202
13:30	14:30	2387	602	432	1257	4678	5300
13:45	14:45	2370	574	404	1335	4683	5196
14:00	15:00	2373	574	392	1282	4621	5142
14:15	15:15	2337	561	366	1265	4529	5007
14:30	15:30	2251	544	347	1236	4378	4825
14:45	15:45	2194	565	334	1116	4209	4717
15:00	16:00	2139	585	345	1173	4242	4758
15:15	16:15	2197	614	380	1228	4419	4989
15:30	16:30	2264	627	409	1375	4675	5228

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
15:45	16:45	2308	647	404	1500	4859	5362
16:00	17:00	2431	647	414	1570	5062	5545
16:15	17:15	2404	687	430	1678	5199	5692
16:30	17:30	2367	722	411	1857	5357	5767
16:45	17:45	2297	743	439	2060	5539	5911
17:00	18:00	2230	754	402	2219	5605	5853
17:15	18:15	2207	757	349	2324	5637	5756
17:30	18:30	2145	752	355	2334	5586	5704
17:45	18:45	2134	747	341	2491	5713	5726
18:00	19:00	2000	779	347	2518	5644	5685
18:15	19:15	1966	765	350	2513	5594	5628
18:30	19:30	1947	761	312	2544	5564	5521
18:45	19:45	1942	763	259	2278	5242	5255
19:00	20:00	1975	770	238	2178	5161	5199

Tabla 29. Volúmenes vehiculares, Avenida Cali con Avenida Villavicencio. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En la tabla anterior, se relacionaron los volúmenes vehiculares para toda la intersección, los cuales fueron totalizados tanto en vehículos mixtos como equivalentes, para estos últimos se tomaron factores de equivalencia de 1 para autos, buses 2, camiones 2.5 y motos 0.5. A continuación, en la *Gráfico 18*, se presenta el comportamiento de los flujos vehiculares horarios:

Gráfico 18. Comportamiento vehicular intersección Avenida Cali con Avenida Villavicencio

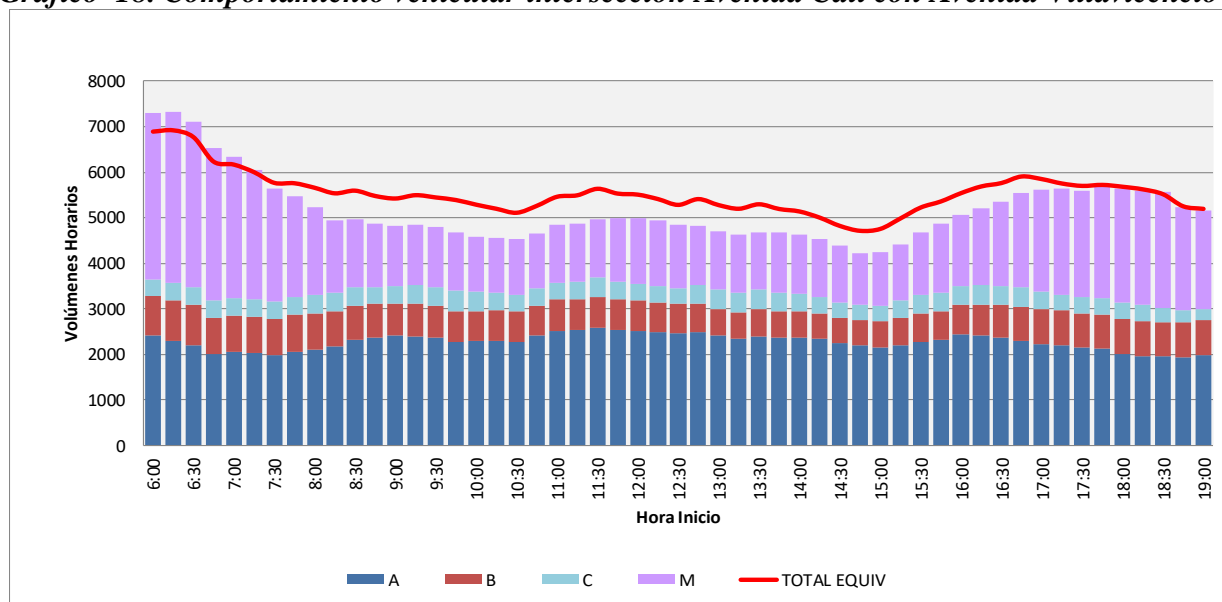


Gráfico 18. Comportamiento vehicular intersección Avenida Cali con Avenida Villavicencio, Avenida Cali con Avenida Villavicencio Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, el flujo vehicular no presenta muchas variaciones a lo largo de la toma de información, así mismo, es posible identificar el periodo de máxima demanda (hora pico) a simple vista, entre las 6:15 am y las 7:15 am. En seguida, en la *Tabla 30* se observa la distribución vehicular para la hora pico:

Tabla 30. Distribución vehicular hora de máxima demanda

ACCESO	MOVIMIENTO	TIPO DE VEHÍCULOS				TOTAL MIXTOS	TOTAL EQUIV	MÁXIMO 15'	FHP	%PESADOS [Sin Motos en el Total]
		A	B	C	M					
NORTE	1	262	203	63	266	794	959	281	0.71	50%
	5	406	201	111	350	1,068	1,261	292	0.91	43%
	9(1)	71	33	23	109	236	249	93	0.63	44%
	TOTAL NORTE	739	437	197	725	2,098	2,468	635	0.83	46%
SUR	2	522	297	75	1,216	2,110	1,912	617	0.85	42%
	TOTAL SUR	522	297	75	1,216	2,110	1,912	617	0.85	42%
OESTE	3	410	58	34	715	1,217	969	437	0.70	18%
	7	268	28	33	678	1,007	746	328	0.77	19%
	TOTAL OESTE	678	86	67	1,393	2,224	1,714	595	0.93	18%
ESTE	4	163	32	32	162	389	388	141	0.69	28%
	8	194	41	16	254	505	443	177	0.71	23%
	TOTAL ESTE	357	73	48	416	894	831	244	0.92	25%
TOTAL INTERSECCIÓN		2,296	893	387	3,750	7,326	6,925	2,091	0.88	36%

Tabla 30. Distribución vehicular hora de máxima demanda, Avenida Cali con Avenida Villavicencio. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

De la tabla anterior, las columnas A, B, C y M corresponden a las abreviaturas de autos, buses, camiones y motocicletas, respectivamente. En el cuadro también se observa el volumen discriminado por tipo de vehículo y por movimiento de la hora pico, los volúmenes horarios de vehículos mixtos y equivalentes, el máximo volumen en 15 minutos de vehículos mixtos en la hora pico, el factor de hora pico, y el porcentaje de vehículos pesados.

El movimiento que aporta mayor cantidad de vehículos para la determinación de la hora de máxima demanda es el movimiento 2 del acceso sur, con un total de 2110 vehículos mixtos.

Para esta intersección, se observa que la hora pico vehicular se presenta en la jornada de la mañana entre las 6:15 am y las 7:15 am, con un total de 7326 vehículos mixtos.

Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este

Tabla 31. Volúmenes vehiculares totales en la intersección

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
6:00	7:00	1079	457	73	1388	2997	2870
6:15	7:15	1030	462	72	1469	3033	2869
6:30	7:30	980	465	68	1404	2917	2782
6:45	7:45	949	454	76	1305	2784	2700
7:00	8:00	898	408	82	1176	2564	2507
7:15	8:15	855	414	76	998	2343	2372
7:30	8:30	848	408	82	846	2184	2292
7:45	8:45	849	409	90	715	2063	2250
8:00	9:00	849	396	95	633	1973	2195
8:15	9:15	884	380	99	594	1957	2189
8:30	9:30	896	347	89	528	1860	2077
8:45	9:45	852	321	77	461	1711	1917
9:00	10:00	849	318	69	429	1665	1872
9:15	10:15	842	311	74	405	1632	1852
9:30	10:30	844	346	78	389	1657	1926
9:45	10:45	880	344	75	414	1713	1963
10:00	11:00	898	337	70	415	1720	1955
10:15	11:15	905	358	70	382	1715	1987
10:30	11:30	937	343	76	370	1726	1998
10:45	11:45	960	355	74	345	1734	2028
11:00	12:00	1020	370	79	347	1816	2131
11:15	12:15	1091	350	71	374	1886	2156
11:30	12:30	1123	353	63	435	1974	2204
11:45	12:45	1130	352	74	470	2026	2254
12:00	13:00	1118	325	93	501	2037	2251
12:15	13:15	1093	326	106	554	2079	2287
12:30	13:30	1102	324	118	535	2079	2313
12:45	13:45	1087	298	121	547	2053	2259
13:00	14:00	1090	321	103	511	2025	2245
13:15	14:15	1083	309	101	460	1953	2184
13:30	14:30	1064	297	98	466	1925	2136
13:45	14:45	1053	299	94	479	1925	2126
14:00	15:00	1020	300	95	509	1924	2112
14:15	15:15	1054	339	99	513	2005	2236
14:30	15:30	1041	338	95	476	1950	2193
14:45	15:45	1058	337	101	393	1889	2181
15:00	16:00	1039	339	102	349	1829	2147
15:15	16:15	953	303	90	363	1709	1966
15:30	16:30	979	291	96	384	1750	1993

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
15:45	16:45	937	311	86	464	1798	2006
16:00	17:00	959	315	82	533	1889	2061
16:15	17:15	960	348	86	575	1969	2159
16:30	17:30	965	369	83	685	2102	2253
16:45	17:45	980	380	89	743	2192	2334
17:00	18:00	988	379	100	834	2301	2413
17:15	18:15	1018	372	102	902	2394	2468
17:30	18:30	1013	402	100	946	2461	2540
17:45	18:45	1044	395	91	996	2526	2560
18:00	19:00	1004	374	88	1031	2497	2488
18:15	19:15	1010	369	74	1018	2471	2442
18:30	19:30	1069	353	70	1006	2498	2453
18:45	19:45	1123	354	68	967	2512	2485
19:00	20:00	1259	361	54	863	2537	2548

Tabla 31. Volúmenes vehiculares, Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En el *Gráfico 19*, se observa comportamiento de los flujos vehiculares horarios, consolidados en la intersección durante el período de toma de información:

Gráfico 19. Comportamiento vehicular intersección Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este

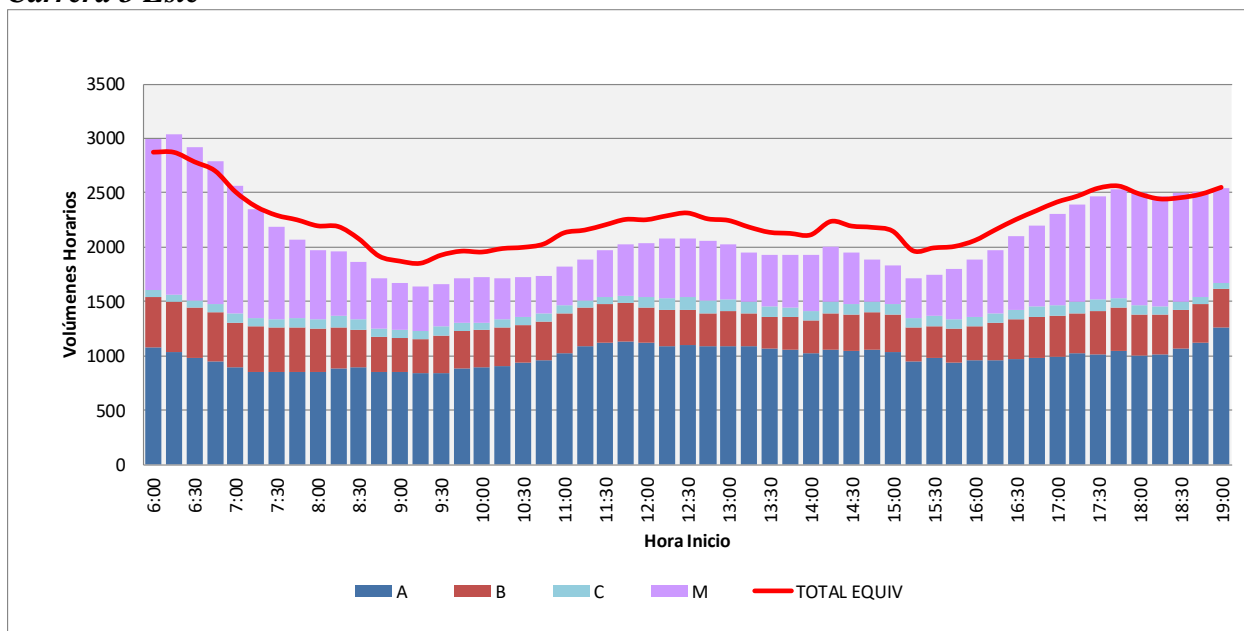


Gráfico 19. Comportamiento vehicular intersección Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este, Avenida Cali con Avenida Villavicencio. Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, la hora de máxima demanda se da en horas de la mañana, entre las 6:15 am y las 7:15 am. A continuación, en la *Tabla 32* se observa la distribución vehicular para la hora pico:

Tabla 32. Distribución vehicular hora de máxima demanda

ACCESO	MOVIMIENTO	TIPO DE VEHÍCULOS				TOTAL MIXTOS	TOTAL EQUIV	MÁXIMO 15'	FHP	%PESADOS [Sin Motos en el Total]
		A	B	C	M					
NORTE	1	35	1	3	85	124	87	43	0.72	10%
	9(1)	15	11	0	9	35	42	12	0.73	42%
	TOTAL NORTE	50	12	3	94	159	129	52	0.76	23%
SUR	2	259	2	22	673	956	655	281	0.85	8%
	6	148	77	9	330	564	490	178	0.79	37%
	9(2)	13	14	0	7	34	45	15	0.57	52%
	TOTAL SUR	420	93	31	1,010	1,554	1,189	413	0.94	23%
OESTE	3	305	165	18	172	660	766	180	0.92	38%
	9(3)	40	87	3	15	145	229	47	0.77	69%
	TOTAL OESTE	345	252	21	187	805	995	219	0.92	44%
ESTE	4	114	86	15	119	334	383	90	0.93	47%
	8	101	19	2	59	181	174	49	0.92	17%
	TOTAL ESTE	215	105	17	178	515	557	138	0.93	36%
TOTAL INTERSECCIÓN		1,030	462	72	1,469	3,033	2,869	822	0.92	34%

Tabla 32. Distribución vehicular hora de máxima demanda, Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Tal y como se aprecia en la tabla anterior, el movimiento que aporta mayor cantidad de vehículos para la determinación de la hora de máxima demanda es el movimiento 2 del acceso sur, con un total de 956 vehículos mixtos. Para esta intersección, se observa que la hora pico vehicular se presenta en entre las 6:15 y las 7:15 como se mencionó con anterioridad, con un total de 3033 vehículos mixtos.

Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51

Tabla 33. Volúmenes vehiculares totales intersección

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
6:00	7:00	2236	477	267	3510	6490	5613
6:15	7:15	2157	475	258	3429	6319	5467
6:30	7:30	2127	484	277	3232	6120	5404

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
6:45	7:45	2134	500	326	2990	5950	5444
7:00	8:00	2075	487	345	2704	5611	5264
7:15	8:15	1989	477	352	2468	5286	5057
7:30	8:30	1926	443	354	2161	4884	4778
7:45	8:45	1946	419	355	1834	4554	4589
8:00	9:00	2013	431	347	1647	4438	4566
8:15	9:15	2168	407	347	1461	4383	4580
8:30	9:30	2249	433	318	1346	4346	4583
8:45	9:45	2203	439	283	1285	4210	4431
9:00	10:00	2154	435	273	1201	4063	4307
9:15	10:15	2071	435	311	1176	3993	4307
9:30	10:30	2095	430	358	1145	4028	4423
9:45	10:45	2094	448	372	1087	4001	4464
10:00	11:00	2046	432	389	1065	3932	4415
10:15	11:15	2090	448	379	1069	3986	4468
10:30	11:30	2075	461	377	1093	4006	4486
10:45	11:45	2108	461	393	1136	4098	4581
11:00	12:00	2177	467	401	1133	4178	4680
11:15	12:15	2188	458	386	1155	4187	4647
11:30	12:30	2222	448	375	1152	4197	4632
11:45	12:45	2181	428	381	1142	4132	4561
12:00	13:00	2180	449	343	1131	4103	4501
12:15	13:15	2137	472	330	1063	4002	4438
12:30	13:30	2098	465	315	1009	3887	4320
12:45	13:45	2105	455	294	1010	3864	4255
13:00	14:00	2083	413	298	1000	3794	4154
13:15	14:15	2138	381	324	1042	3885	4231
13:30	14:30	2123	345	313	1057	3838	4124
13:45	14:45	2176	350	335	1040	3901	4234
14:00	15:00	2258	358	359	1087	4062	4415
14:15	15:15	2143	365	335	1060	3903	4241
14:30	15:30	2096	422	357	1145	4020	4405
14:45	15:45	1966	414	343	1180	3903	4242
15:00	16:00	1830	435	327	1185	3777	4110
15:15	16:15	1805	442	320	1223	3790	4101
15:30	16:30	1810	448	310	1310	3878	4136
15:45	16:45	1826	464	313	1379	3982	4226
16:00	17:00	1878	462	330	1486	4156	4370
16:15	17:15	1980	484	347	1649	4460	4640
16:30	17:30	2016	460	334	1807	4617	4675
16:45	17:45	2046	460	334	2141	4981	4872
17:00	18:00	2038	465	308	2407	5218	4942
17:15	18:15	2012	458	280	2596	5346	4926

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
17:30	18:30	1981	470	274	2674	5399	4943
17:45	18:45	1919	467	231	2479	5096	4670
18:00	19:00	1896	485	222	2348	4951	4595
18:15	19:15	1818	478	206	2256	4758	4417
18:30	19:30	1930	491	185	2130	4736	4440
18:45	19:45	2128	510	180	2096	4914	4646
19:00	20:00	2228	483	164	1972	4847	4590

Tabla 33. Volúmenes vehiculares, Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En seguida, se representa el comportamiento de los flujos vehiculares horarios consolidados en la intersección durante el período de toma de información:

Gráfico 20. Comportamiento vehicular intersección Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51

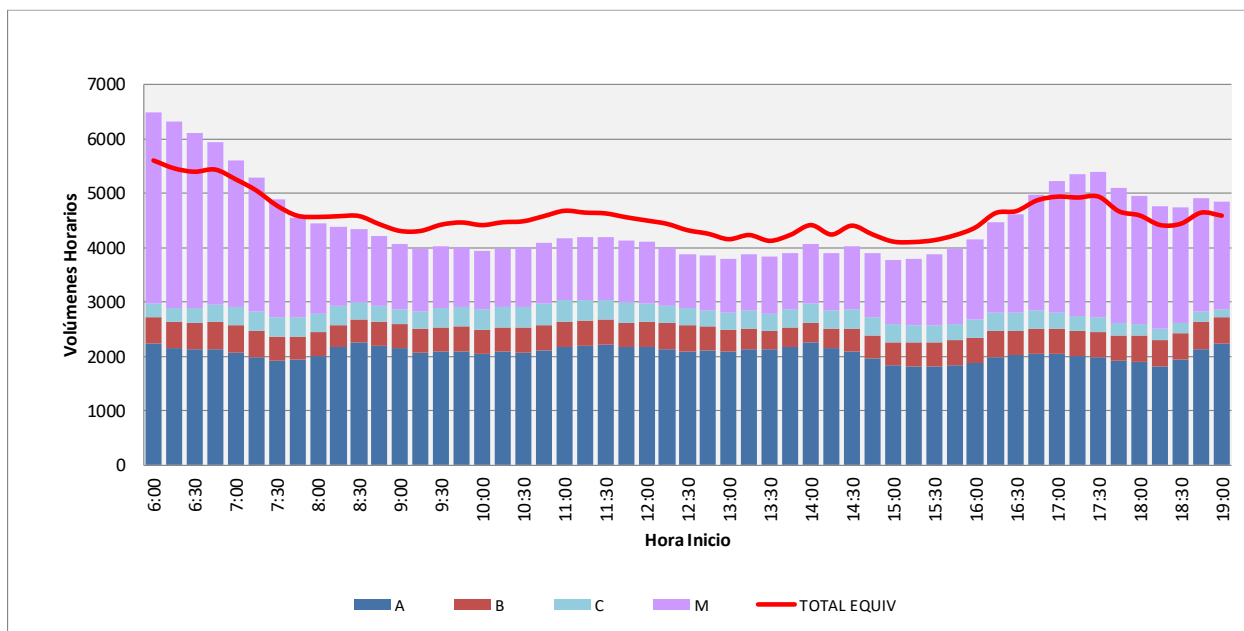


Gráfico 20. Comportamiento vehicular intersección Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51, Avenida Cali con Avenida Villavicencio Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En el gráfico anterior, se puede apreciar que la hora de máxima demanda se presenta en horas de la mañana, entre las 6:00 am y las 7:00 am. A continuación, en la *Tabla 34* se observa la distribución vehicular para la hora pico:

Tabla 34. Distribución vehicular hora de máxima demanda

ACCESO	MOVIMIENTO	TIPO DE VEHÍCULOS				TOTAL MIXTOS	TOTAL EQUIV	MÁXIMO 15'	FHP	%PESADOS [Sin Motos en el Total]
		A	B	C	M					
NORTE	1	524	96	69	618	1,307	1,198	344	0.95	24%
	5	357	90	39	594	1,080	932	286	0.94	27%
	TOTAL NORTE	881	186	108	1,212	2,387	2,129	626	0.95	25%
SUR	2	559	134	74	866	1,633	1,445	435	0.94	27%
	6	45	26	2	35	108	120	33	0.82	38%
	TOTAL SUR	604	160	76	901	1,741	1,565	468	0.93	28%
OESTE	3	212	40	37	949	1,238	859	406	0.76	27%
	7	172	6	20	159	357	314	105	0.85	13%
	TOTAL OESTE	384	46	57	1,108	1,595	1,173	495	0.81	21%
ESTE	4	125	24	12	190	351	298	118	0.74	22%
	8	242	61	14	99	416	449	107	0.97	24%
	TOTAL ESTE	367	85	26	289	767	747	223	0.86	23%
TOTAL INTERSECCIÓN		2,236	477	267	3,510	6,490	5,613	1,812	0.90	25%

Tabla 34. Distribución vehicular hora de máxima demanda, Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

De la tabla anterior, se puede apreciar que el movimiento que aporta mayor cantidad de vehículos en la hora de máxima demanda es el movimiento 2 del acceso sur, con un total de 1633 vehículos mixtos. Para esta intersección, se observa que la hora pico vehicular se presenta entre las 6:00 am y las 7:00 am tal y como se mencionó con anterioridad, con un total de 6490 vehículos mixtos.

Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo

Tabla 35. Volúmenes vehiculares totales intersección

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
6:00	7:00	2194	716	349	3582	6841	6290
6:15	7:15	2146	706	338	3683	6873	6245
6:30	7:30	2166	708	341	3643	6858	6256
6:45	7:45	2139	681	338	3329	6487	6011
7:00	8:00	2151	640	343	3026	6160	5802
7:15	8:15	2190	604	372	2657	5823	5657
7:30	8:30	2210	587	387	2293	5477	5498
7:45	8:45	2312	592	403	2030	5337	5519
8:00	9:00	2439	558	387	1801	5185	5423
8:15	9:15	2476	566	366	1656	5064	5351
8:30	9:30	2536	550	349	1552	4987	5285
8:45	9:45	2564	539	349	1444	4896	5237
9:00	10:00	2484	565	332	1368	4749	5128

Hora inicio	Hora fin	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total mixtos	Total equivalentes
9:15	10:15	2432	545	326	1293	4596	4984
9:30	10:30	2305	536	333	1248	4422	4834
9:45	10:45	2172	512	319	1186	4189	4587
10:00	11:00	2081	485	337	1182	4085	4485
10:15	11:15	2057	474	342	1145	4018	4433
10:30	11:30	2025	461	346	1092	3924	4358
10:45	11:45	1940	453	360	1055	3808	4274
11:00	12:00	1851	426	349	1018	3644	4085
11:15	12:15	1771	405	346	1031	3553	3962
11:30	12:30	1750	408	310	1012	3480	3847
11:45	12:45	1794	404	292	1053	3543	3859
12:00	13:00	1827	421	294	1129	3671	3969
12:15	13:15	1821	461	297	1199	3778	4085
12:30	13:30	1842	461	313	1217	3833	4155
12:45	13:45	1773	458	323	1206	3760	4100
13:00	14:00	1765	465	334	1133	3697	4097
13:15	14:15	1802	452	335	1072	3661	4080
13:30	14:30	1789	465	342	1145	3741	4147
13:45	14:45	1804	448	343	1204	3799	4160
14:00	15:00	1750	423	325	1297	3795	4057
14:15	15:15	1676	413	344	1364	3797	4044
14:30	15:30	1663	411	334	1324	3732	3982
14:45	15:45	1648	461	349	1351	3809	4118
15:00	16:00	1735	520	370	1428	4053	4414
15:15	16:15	1834	521	357	1524	4236	4531
15:30	16:30	1910	536	384	1677	4507	4781
15:45	16:45	1974	542	368	1823	4707	4890
16:00	17:00	2016	540	382	1984	4922	5043
16:15	17:15	2044	560	383	2157	5144	5200
16:30	17:30	2064	561	365	2520	5510	5359
16:45	17:45	2151	562	363	2919	5995	5642
17:00	18:00	2157	568	337	3168	6230	5720
17:15	18:15	2143	586	320	3440	6489	5835
17:30	18:30	2107	593	305	3537	6542	5824
17:45	18:45	2058	576	301	3635	6570	5780
18:00	19:00	2010	565	272	3661	6508	5651
18:15	19:15	1961	542	251	3596	6350	5471
18:30	19:30	1933	544	234	3403	6114	5308
18:45	19:45	1963	532	218	3063	5776	5104
19:00	20:00	2003	523	233	2825	5584	5044

Tabla 35. Volúmenes vehiculares, Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo. adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

A continuación, en la *Gráfico 21*, se representa el comportamiento de los flujos vehiculares horarios consolidados en la intersección durante el período de toma de información:

Gráfico 21. Comportamiento vehicular intersección Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo

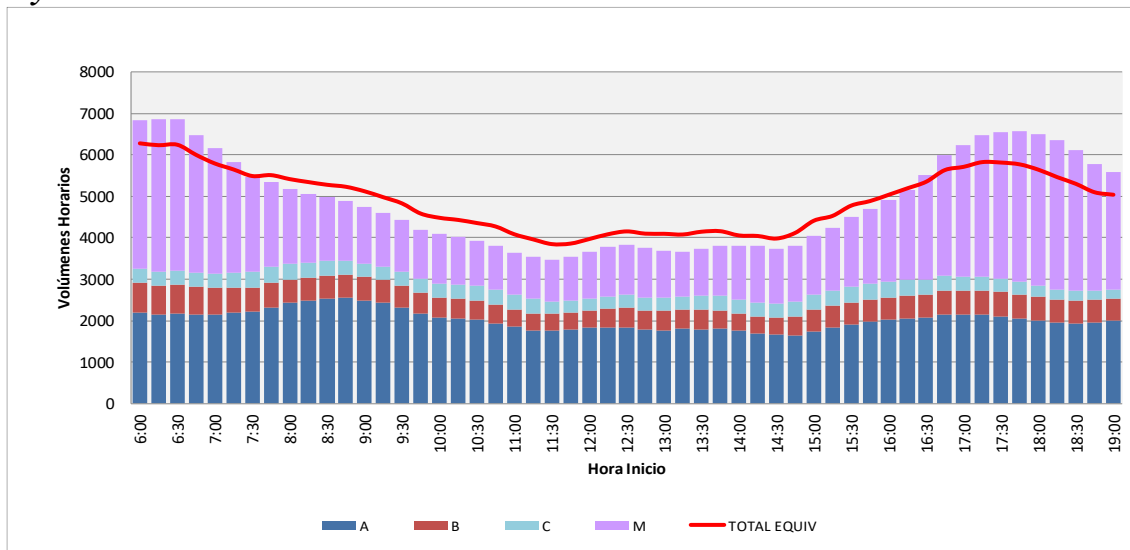


Gráfico 21. Comportamiento vehicular intersección Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En la Figura anterior, se puede apreciar que la hora de máxima demanda se presenta en horas de la mañana, entre las 6:15 am y las 7:15 am. A continuación, en la *Tabla 36* se observa la distribución vehicular para la hora pico:

Tabla 36. Distribución vehicular hora de máxima demanda

ACCESO	MOVIMIENTO	TIPO DE VEHÍCULOS				TOTAL MIXTOS	TOTAL EQUIV	MÁXIMO 15'	FHP	%PESADOS [Sin Motos en el Total]
		A	B	C	M					
NORTE	1	429	178	92	563	1,262	1,297	360	0.88	39%
	TOTAL NORTE	429	178	92	563	1,262	1,297	360	0.88	39%
SUR	2	439	272	85	1,207	2,003	1,799	557	0.90	45%
	9(2)	436	117	40	824	1,417	1,182	362	0.98	26%
	TOTAL SUR	875	389	125	2,031	3,420	2,981	903	0.95	37%
OESTE	3	169	22	36	444	671	525	188	0.89	26%
	7	11	13	3	54	81	72	22	0.92	59%
	TOTAL OESTE	181	35	39	499	754	598	210	0.90	29%
ESTE	8	627	104	82	583	1,396	1,332	386	0.90	23%
	9(4)	34	0	0	7	41	38	15	0.68	0%
	TOTAL ESTE	661	104	82	590	1,437	1,369	395	0.91	22%
TOTAL INTERSECCIÓN		2,146	706	338	3,683	6,873	6,245	1,868	0.92	33%

Tabla 36. Distribución vehicular hora de máxima demanda, Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo, adaptado de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

De la misma manera que en los casos anteriores, el movimiento que aporta mayor cantidad de vehículos para la determinación de la hora de máxima demanda es el movimiento 2 del acceso sur, con un total de 2003 vehículos mixtos. Para esta intersección, se observa que la hora pico vehicular se presenta en entre las 6:15 y las 7:15 como se mencionó con anterioridad, con un total de 6873 vehículos mixtos.

A manera general, se puede observar que para todas las intersecciones el Factor de Hora Pico (FHP), dado en las tablas de distribución vehicular de la hora de máxima demanda es muy cercano a la unidad, indicando que las condiciones operativas de la vía no presentan un alto grado de fluctuaciones en los flujos, mostrando de esta manera un movimiento vehicular constante. Así mismo, se puede apreciar que las intersecciones presentan una composición vehicular con porcentajes mayores e iguales al 25% de vehículos pesados, lo cual influye directamente en la capacidad y niveles de servicio de la vía.

Descripción de la Señalización

La señalización vial es una herramienta fundamental para la movilidad de los diferentes usuarios viales, actuando como canal de comunicación para proporcionar un entorno más seguro, de tal forma que los diversos actores puedan identificar riesgos, restricciones y permanecer informados, facilitando así su circulación. A continuación, se presenta la señalización vial a un radio de aproximadamente 50 metros a la redonda para cada una de las intersecciones seleccionadas:

Avenida Cali con Avenida Villavicencio

Ilustración 24. Señalización vial Avenida Cali con Avenida Villavicencio

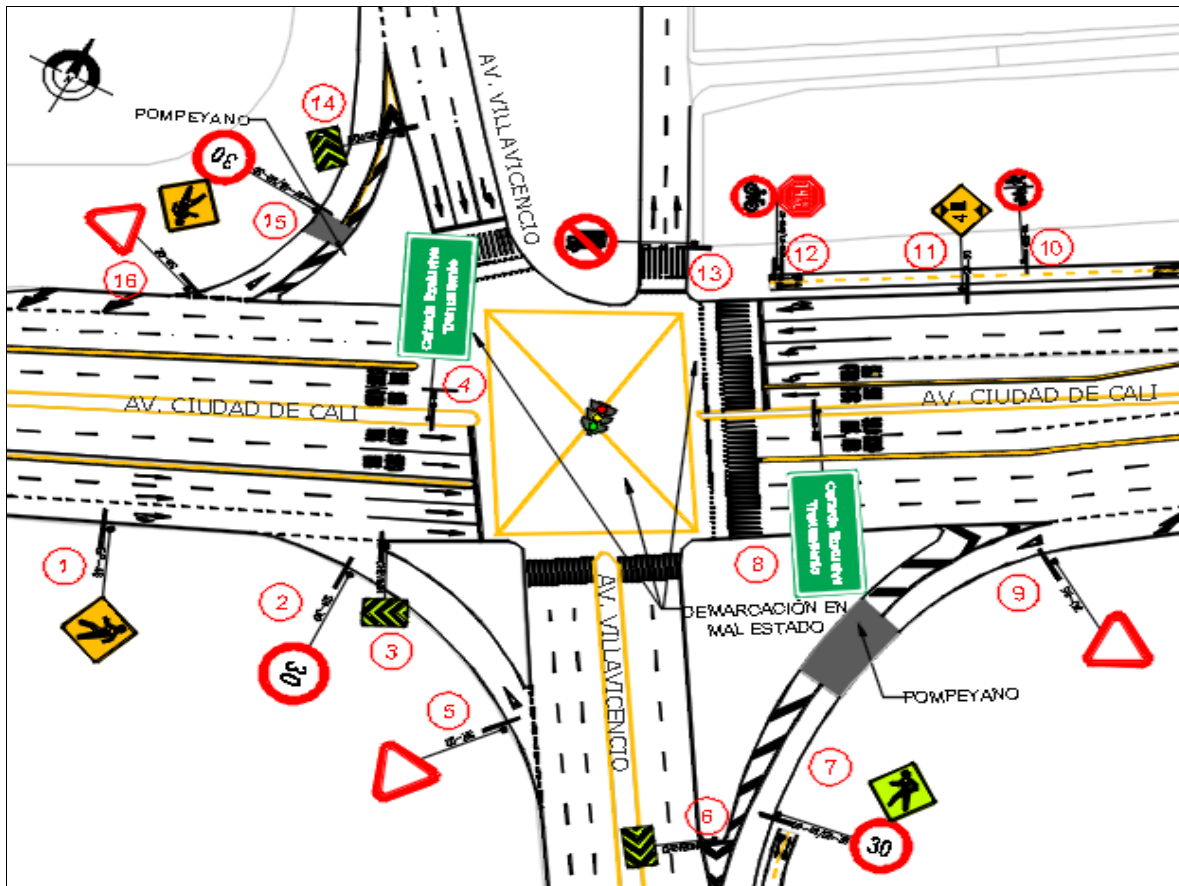


Ilustración 24. Señalización vial Avenida Cali con Avenida Villavicencio, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En la Ilustración 26 y en la Tabla 37, se relaciona la señalización vertical existente en el sector, tanto a nivel gráfico como analítico, indicando mediante un círculo y un número de identificación el elemento a describir en la tabla, así como el tipo de dispositivo acorde con lo estipulado en el Manual de Señalización Vial 2015, la descripción y la fecha de instalación o inventario, esta última apoyada en la información consolidada en las bases de datos de la Secretaría Distrital de Movilidad, como se detalla a continuación:

Tabla 37. Descripción señalización existente

Identificación *	Tipo de señal	Descripción de la señal	Fecha de Instalación ₁ o Inventario ₂ (mes / año)
1	SP-46	Zona de peatones	Junio / 2004 ₁
2	SR-30	Máxima velocidad permitida (30 Km/h)	Junio / 2004 ₁
3	Chevión	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Noviembre / 2010 ₂
4	SI-05B	Señal Tipo bandera	Octubre / 2012 ₂
5	SR-02	Ceda el paso	Noviembre / 2010 ₂
6	Chevión	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Noviembre / 2010 ₂
7	SP-46 / SR-30	Zona de peatones / velocidad máxima permitida (30 Km/h)	Junio / 2004 ₁
8	SI-05B	Señal Tipo bandera	Noviembre / 2010 ₂
9	SR-02	Ceda el paso	Marzo / 2007 ₂
10	SRC-03	Circulación no compartida	Marzo / 2010 ₂
11	SP-50	Altura libre (4.5 metros)	Marzo / 2010 ₂
12	SRB-01 / SRB-37	Pare / Ciclorruta	Septiembre / 2010 ₂
13	SR-18	Prohibida circulación de vehículos de carga	Enero / 2007 ₂
14	Chevión	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Noviembre / 2010 ₂
15	SP-46 / SR-30	Zona de peatones / velocidad máxima permitida (30 Km/h)	Noviembre / 2010 ₂
16	SR-02	Ceda el paso	Marzo / 2010 ₂

Tabla 37. Descripción de la Señalización vial Avenida Cali con Avenida Villavicencio, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En seguida, se observa una fotografía aérea de la intersección, donde se puede distinguir la señalización horizontal de la zona:

Ilustración 25. Avenida Cali con Avenida Villavicencio



Ilustración 25. Vista aérea de la Avenida Cali con Avenida Villavicencio, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Como se puede apreciar en la *Ilustración 25*, la demarcación vial está constituida por senderos peatonales tipo cebra, paso para ciclistas, líneas de carril, líneas de borde de pavimento, líneas de pare, textos en el pavimento con la frase “SOLO BUS”, línea antibloqueo y flechas direcciones, las cuales se encuentra en regular estado.

Avenida Primero de Mayo con Carrera 3 Este

Ilustración 26 Señalización vial Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este

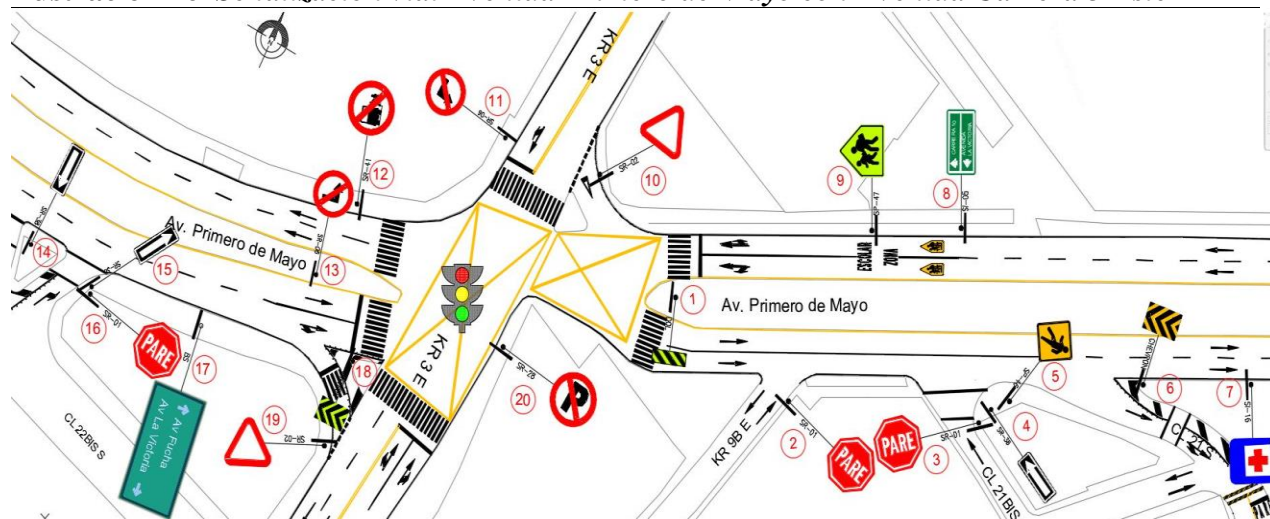


Ilustración 26. Señalización vial Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

A continuación, se observa la descripción de la señalización vertical encontrada en el lugar:

Tabla 38. Descripción señalización existente

Identificación *	Tipo de señal	Descripción de la señal	Fecha de Instalación ¹ o Inventario ² (Mes / Año)
1	DOL	Delineador de obstáculos verticales.	Agosto/2016 ¹
2	SR-01	Pare.	Julio/2010 ²
3	SR-01	Pare.	Agosto/2016 ¹
4	SR-38	Único sentido de circulación.	Agosto/2016 ¹
5	SP-46	Peatones en la vía.	Agosto/2016 ¹
6	Chevrón	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Agosto/2016 ¹

Identificación *	Tipo de señal	Descripción de la señal	Fecha de Instalación ¹ o Inventario ² (Mes / Año)
7	SI-16	Primeros auxilios.	Julio/2010 ²
8	SI-05	Señalización informativa de destinos.	Agosto/2016 ¹
9	SP-47	Zona escolar.	Agosto/2016 ¹
10	SR-02	Ceda el paso.	Septiembre/2010 ²
11	SR-06	Prohibido girar a la izquierda.	Agosto/2016 ¹
12	SR-41	Prohibido dejar o recoger pasajeros.	Julio/2010 ²
13	SR-06	Prohibido girar a la izquierda.	Octubre/2010 ¹
14	SR-38	Sentido único de circulación.	Julio/2010 ²
15	SR-38	Sentido único de circulación.	Septiembre/2010 ²
16	SR-01	Pare.	Noviembre/2006 ²
17	Bandera Sencilla	Señal informativa de destino.	Noviembre/2013 ²
18	Chevrón	delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Julio/2010 ²
19	SR-02	Ceda el paso.	Agosto/2016 ¹
20	SR-28	Prohibido parquear.	Enero/2007 ²

Tabla 38. Descripción de la Señalización vial Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Ilustración 27. Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este

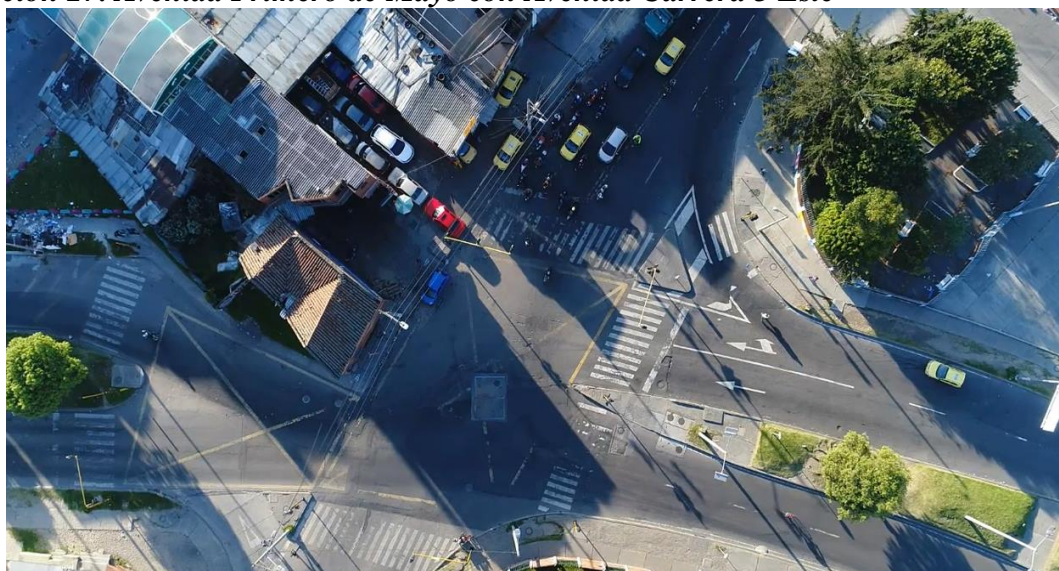


Ilustración 27. Vista aérea de la Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 3 Este, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Tal y como se observa en la ilustración anterior, la señalización horizontal está compuesta por senderos peatonales tipo cebra, líneas de carril, líneas de borde de pavimento, líneas de pare, líneas antibloqueo, achurados y flechas direcciones, las cuales presentan desgaste moderado.

Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51

Ilustración 28. Señalización vial Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51

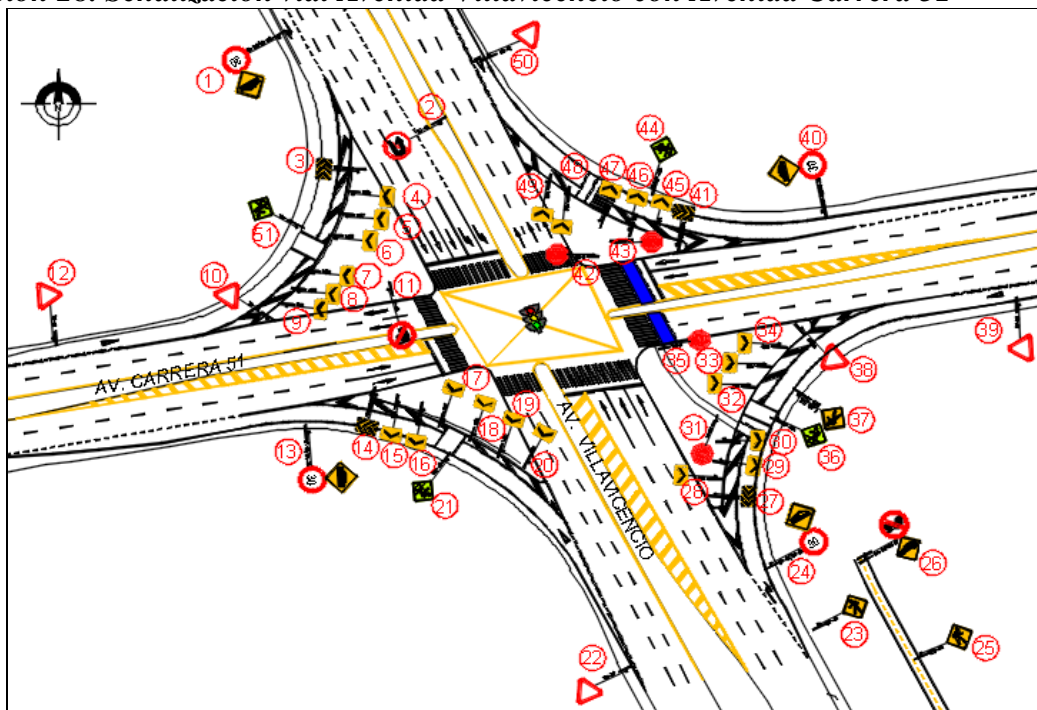


Ilustración 28. Señalización vial Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En seguida, se presenta la descripción de la señalización vertical:

Tabla 39. Descripción señalización existente

Identificación *	Tipo de señal	Descripción de la señal	Fecha de Instalación ₁ o Inventario ₂ (mes / año)
1	SP-25/SR-30	Proximidad de resalto/velocidad máxima permitida 30 km/h	Abril-2016 ¹
2	SR-10	Prohibido girar en “u”	Octubre – 2009 ¹
3	Chevrón	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Mayo - 2008 ¹
4	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo - 2008 ¹

Identificación *	Tipo de señal	Descripción de la señal	Fecha de Instalación ₁ o Inventario ₂ (mes / año)
5	DCH	Delineador de curva horizontal.	Octubre - 2013 ¹
6-9	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo - 2008 ¹
10	SR-02	Ceda el paso.	Diciembre – 2001 ¹
11	SR-41	Prohibido dejar o recoger pasajeros.	Septiembre – 2010 ²
12	SR-02	ceda el paso.	Octubre – 2013 ¹
13	SP-25/SR-30	Proximidad de resalto/velocidad máxima permitida 30 km/h	Abril-2016 ¹
14	Chevrón	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Mayo - 2008 ¹
15-16	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo - 2008 ¹
17	DCH	Delineador de curva horizontal.	Octubre - 2013 ¹
18-19	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo – 2008 ¹
20	DCH	Delineador de curva horizontal.	Octubre – 2013 ¹
21	SP-46 A	Proximidad cruce peatonal	Abril-2016 ¹
22	SR-02	Ceda el paso.	Octubre – 2013 ¹
23	SP-46	Peatones en la vía	Junio – 2010 ¹
24	SP-25/SR-30	Proximidad de resalto/velocidad máxima permitida 30 km/h	Abril-2016 ¹
25	SPB-46	Zona de peatones	Julio-2005 ¹
26	SPC-01/SRB-23	Vehículos en la ciclorruta/circulación prohibida de motocicletas	Septiembre-2012 ²
27	Chevrón	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Mayo – 2008 ¹
28-30	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo – 2008 ¹
31	SRB-01	Pare.	Marzo – 2002 ¹
32	DCH	Delineador de curva horizontal.	Octubre – 2013 ¹
33	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo – 2008 ¹
34	DCH	Delineador de curva horizontal.	Octubre – 2013 ¹
35	SRB-01	Pare.	Julio – 2005 ¹
36	SP-46 A	Proximidad cruce peatonal	Abril-2016 ¹
37	SPB-46	Zona de peatones	Septiembre-2012 ²
38	SR-02	Ceda el paso.	Octubre – 2013 ¹
39	SR-02	Ceda el paso.	Octubre – 2013 ¹
40	SP-25/SR-30	Proximidad de resalto/velocidad máxima permitida 30 km/h	Abril-2016 ¹
41	Chevrón	Delineador de obstáculo para tránsito por ambos lados del obstáculo	Octubre – 2013 ¹
42	SRB-01	Pare.	Julio – 2005 ¹
43	SRB-01	Pare.	Julio – 2005 ¹
44	SP-46 A	Proximidad cruce peatonal	Abril-2016 ¹
45-46	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo – 2008 ¹
47-49	DCH	Delineador de curva horizontal.	Mayo – 2008 ¹
50	SR-02	Ceda el paso.	Octubre – 2013 ¹
51	SP-46 A	Proximidad cruce peatonal	Abril-2016 ¹

Tabla 39. Descripción de la Señalización vial Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Ilustración 29. Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51



Ilustración 29. Vista aérea de la Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

En la ilustración anterior, se puede apreciar que la demarcación vial presenta buenas condiciones, y está conformada por senderos peatonales tipo cebra, paso para ciclistas, líneas de carril, líneas de borde de pavimento, líneas de pare, achurados con canalizaciones en tachones para la restricción de los giros izquierdos de los accesos Este, Oeste y Sur, línea antibloqueo y flechas direcciones.

Tabla 40. Descripción señalización existente

Identificación *	Tipo de señal	Descripción de la señal	Fecha de Instalación ₁ o Inventario ₂ (mes / año)
1	SR-06	Prohibido girar a la izquierda	Marzo-2012 ²
2	SI-27A	Seguridad vial (prioridad ciclistas)	Enero-2016 ¹
3	SRC-05	Circulación compartida	Julio-2017 ¹
4	SRB-02/SRC-05	Ceda el paso/circulación compartida	Julio-2017 ¹
5	SR-30	Velocidad máxima permitida 40 Km/h	Julio-2017 ¹
6	SP-59A	Cruce de ciclistas	Julio-2017 ¹
7	SR-01	Pare	Julio-2017 ¹
8	SI-27A	Seguridad vial (prioridad ciclistas)	Enero-2016 ¹
9	SRB-02/SRC-05	Ceda el paso/circulación compartida	Julio-2017 ¹
10	SR-10	Prohibido girar en “U”	Octubre-2017 ²
11	SI-08	Paradero de buses	Octubre-2017 ²
12	SR-06	Prohibido girar a la izquierda	Marzo-2012 ²
13	SR-40/PLAQUETA	Paradero/plaqueta(horario)	Diciembre-2013 ²
14	SI-08	Paradero de buses	Abril-2015 ²
15	BS	Bandera sencilla	Diciembre-2012 ²
16	SI-08	Paradero de buses	Abril-2015 ²
17	SR-40	Paradero	Marzo-2012 ²

Tabla 40. Descripción de la Señalización vial Avenida Primero de Mayo con Avenida Carrera 80, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Ilustración 31. Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo

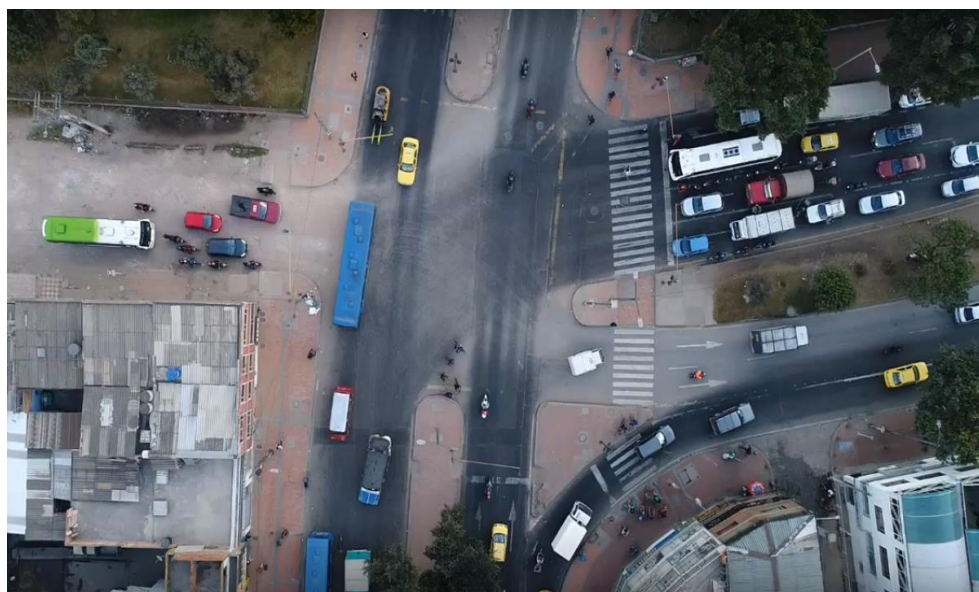


Ilustración 31. Vista aérea de la Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

La *Ilustración 31*, muestra la constitución de la señalización horizontal a partir de elementos tales como senderos peatonales tipo cebra, líneas de carril, líneas de borde de pavimento, líneas de pare, líneas antibloqueo, achurados y flechas direcciones, los cuales presentan un desgaste considerable.

Caracterización de las Intersecciones Seleccionadas

Avenida Primero de mayo con Avenida Carrera 3 Este.

Esta intersección está ubicada al suroriente de la ciudad de Bogotá, en los límites de las Upz 32 (San Blas), Upz 33 (Sosiego) y Upz 34 (20 de Julio), en la localidad de San Cristóbal en los barrios San Blas y Granada Sur, en esta se encuentra localizada la Estación de policía de San Cristóbal. En horas de la mañana se ve una gran cantidad de tráfico vehicular, es un sitio que se caracteriza por tener tráfico de todo tipo, debido a los diferentes usos del suelo y actividades comerciales del sector, es un sector primordialmente residencial, pero con gran cantidad de comercio, talleres y pequeñas industrias. En la *Ilustración 32*, se puede observar el esquema de semaforización de la Secretaría de Movilidad,

Ilustración 32. Esquema de semaforización Av. Primero de mayo con Carrera 3 Este

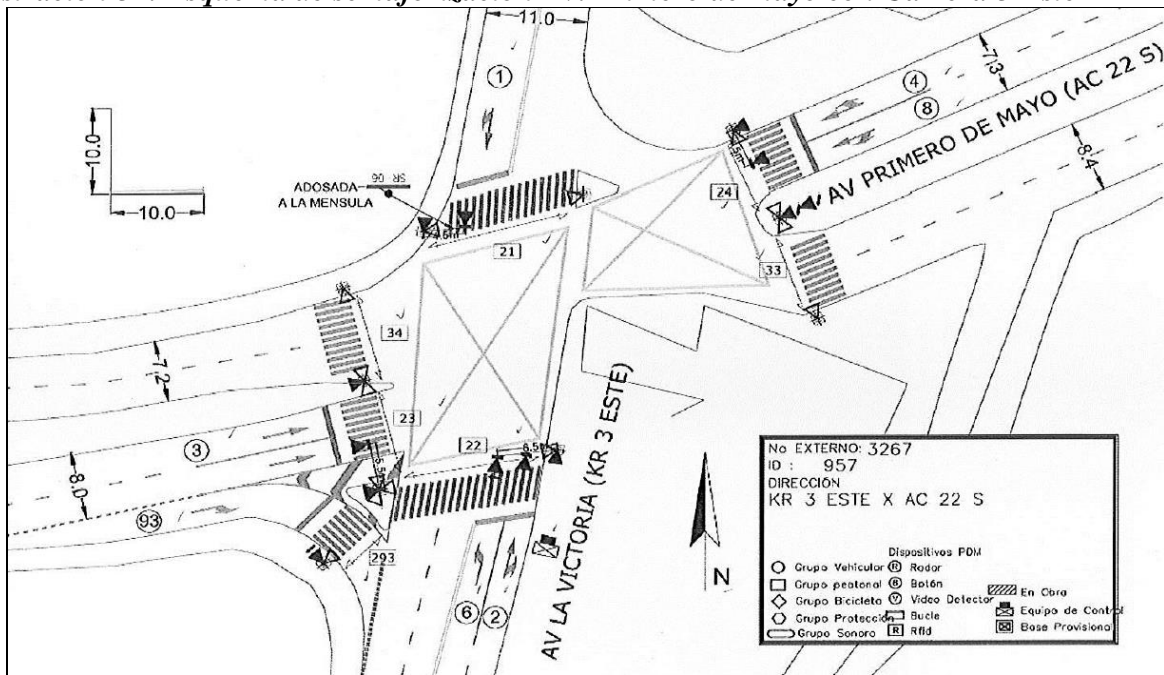


Ilustración 32. Esquema de semaforización Av. Primero de mayo con Carrera 3 Este, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

De la ilustración anterior, se debe tener en cuenta la nomenclatura de los grupos vehiculares y peatonales regulados por los dispositivos semafóricos implementados el día 04 de marzo de 1995 de acuerdo con la Secretaría Distrital de Movilidad, tal y como se describe en seguida:

Grupos vehiculares:

Movimientos Directos

Grupo 1: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Norte – Sur.

Grupo 2: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Sur – Norte.

Grupo 3: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Occidente – Oriente.

Grupo 4: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Oriente – Occidente.

Movimientos Derechos

Grupo 91: Para el movimiento Norte – Occidente.

Grupo 92: Para el movimiento Sur – Oriente.

Grupo 93: Para el movimiento Occidente – Sur.

Grupo 94: Para el movimiento Oriente – Norte.

Movimientos Izquierdos

Grupo 6: Corresponde al movimiento Sur – Occidente.

Grupo 8: Corresponde al movimiento Oriente – Sur.

Grupos peatonales

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre la cebra del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 21: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 1.

Grupo 22: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 2.

Grupo 23: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Grupo 24: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

Grupo 293: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 93.

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre el despeje del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 33: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Grupo 34: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

Durante la toma de información en campo, se pudo apreciar que el tipo de vehículo que circula es muy variado, pero se observa una gran cantidad de motocicletas. A continuación, se describirán aspectos geométricos de este punto, y se caracterizarán los comportamientos erróneos de los diferentes usuarios viales de esta intersección, teniendo en cuenta que están determinados por la voluntad de las personas, y por este hecho cada uno es particular y único, así se tengan características similares.

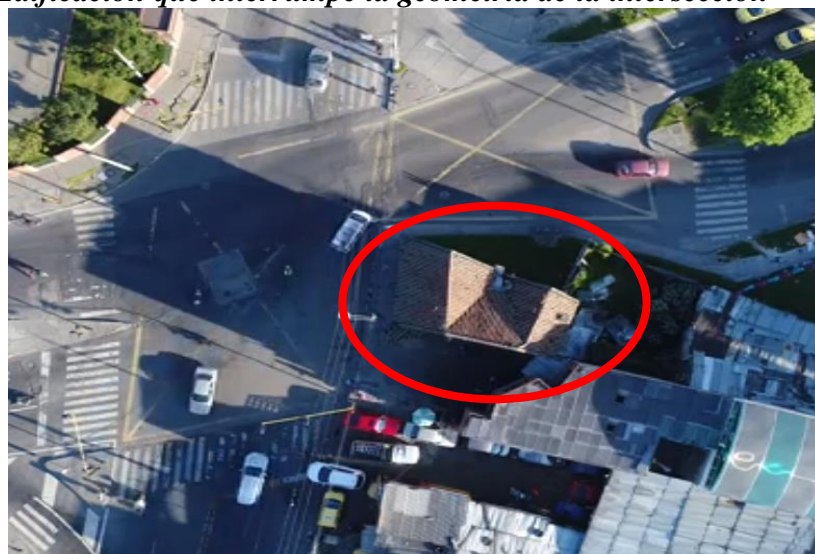
Ilustración 33. Ausencia de Rampas y aceras aptas para el tránsito de peatones



Ilustración 33. Falta de rampas peatonales. Elaboración propia

En la *Ilustración 33*, se puede observar la carencia de infraestructura peatonal que permita el movimiento normal de personas por la intersección, sin olvidar el movimiento de personas con movilidad reducida que deben acceder a la vía para poder desplazarse por este lugar.

Ilustración 34. Edificación que interrumpe la geometría de la intersección



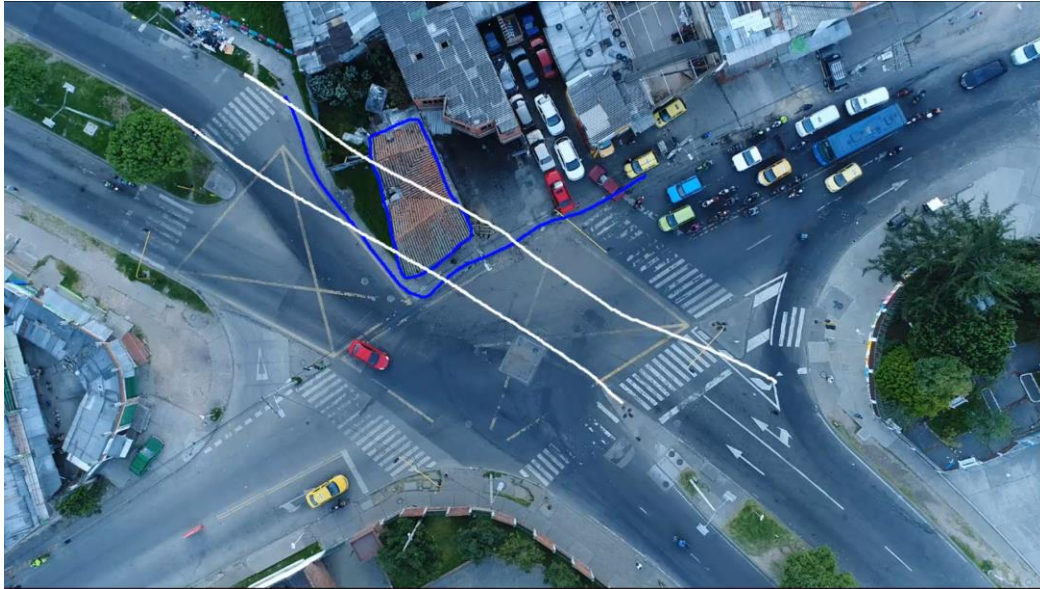


Ilustración 34. Elaboración propia

Esta intersección posee la particularidad de tener una edificación en medio de la calzada como se observa en la *Ilustración 34*, que conduce de oriente a occidente que induce a realizar maniobras en las diferentes direcciones de la intersección que permitan esquivar este obstáculo tan prominente.

Ilustración 35. Vehículos invadiendo carril

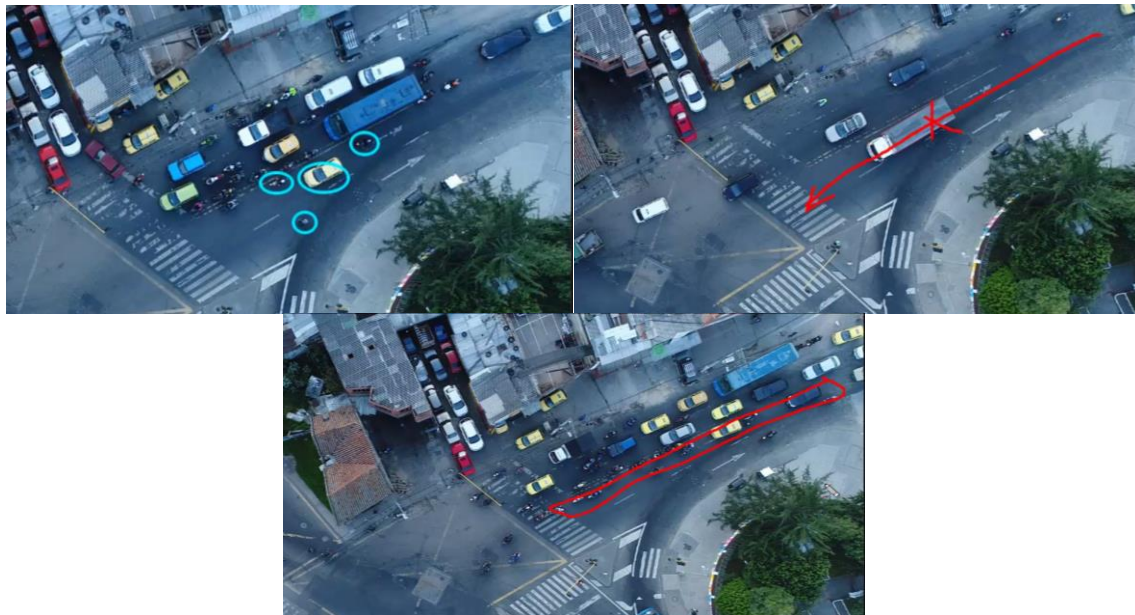


Ilustración 35. Elaboración propia

Dentro de los comportamientos erróneos más frecuentes que podrían ocasionar accidentes, está la invasión del carril por parte tanto de vehículos, motocicletas, bicicletas y peatones incluso en condición de movilidad reducida, así como se presenta en la *Ilustración 35*.

Ilustración 36. Peatones realizando comportamientos inadecuados



Ilustración 36. Elaboración propia

Los peatones son unos de los actores que más cometen imprudencias y acciones peligrosas, como se observa en la *Ilustración 36*, no hacen uso de los pasos peatonales y por acortar distancias realizan trayectos que ponen en riesgo la integridad, ocasionando riesgo tanto para el mismo como para los vehículos que tratan de esquivarlo.

Ilustración 37. vehículo realizando cruce peligroso



Ilustración 37. Elaboración propia

En esta intersección se encuentra ubicado un taller de vehículos los cuales entran y salen en repetidas oportunidades ocasionan movimientos innecesarios por parte de los vehículos que van de sur a norte por la Carrera 3, como se puede evidenciar en la *Ilustración 37*.

Ilustración 38. Persona con movilidad reducida



Ilustración 38. Elaboración propia

En el caso de la *Ilustración 38*, se demarco la trayectoria que debió hacer una persona en condición de movilidad reducida, teniendo que continuar su recorrido por la Avenida primero de Mayo sobre la calzada norte.

Ilustración 39. Giro a la izquierda prohibido



Ilustración 39. Elaboración propia

Se puede observar el giro a la izquierda prohibido en dirección occidente – norte, de motocicletas y automóviles, esta infracción se presenta 8 veces en un periodo de 28 min de vuelo, tal como se poder ver en la *Ilustración 39*.

Ilustración 40. Maniobra peligrosa de motociclista



Ilustración 40. Elaboración propia.

Motocicleta que se dirige de oriente a occidente, una vez cruza la intersección repentinamente se devuelve por el paso de peatones y se dispone a tomar la Avenida Carrera 3 Este hacia el sur.

Ilustración 41. estrechamiento de calzada al realizar la curva

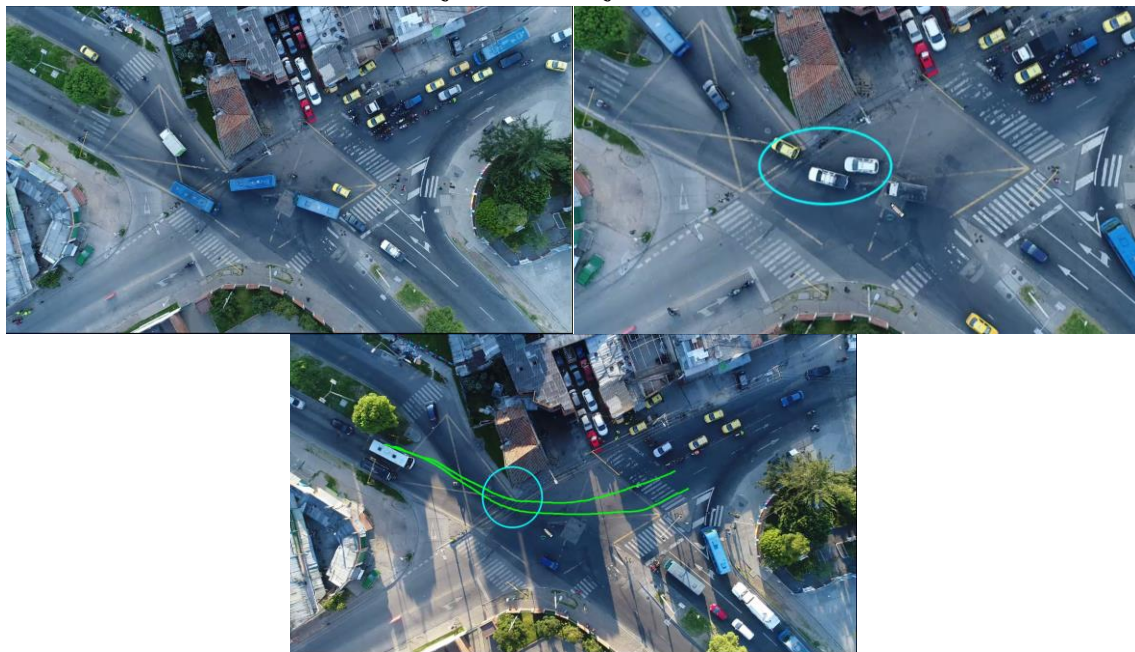


Ilustración 41. Elaboración propia

El obstáculo geométrico que se presenta en la intersección hace que la trayectoria que hacen los vehículos en el momento de tomar la curva sea muy pronunciada y genera un riesgo mayor cuando los vehículos son grandes como se observa en la *Ilustración 41*.

Ilustración 42. Maniobras de motociclistas



Ilustración 42. Elaboración propia

Maniobras irregulares por parte de motociclistas los cuales no respetan las normas ni las señales de la intersección, ver *Ilustración 42*.

Ilustración 43. maniobras de automóviles



Ilustración 43. Elaboración propia

La *Ilustración 43*, muestra maniobras irregulares de automóviles, giros prohibidos e invasión del paso peatonal; estas maniobras son muy peligrosas y pueden ocasionar incidentes graves.

Ilustración 44. Estrechamiento de calzada al realizar la curva



Ilustración 44. Elaboración propia

Servicio público recogiendo pasajeros en sitios conflictivos que producen maniobras sobre los otros vehículos que podrían generar accidentes como se observa en la *Ilustración 44*.

Ilustración 45. Maniobras de ciclistas



Ilustración 45. Elaboración propia

Ciclistas que se cruzan el semáforo en rojo y se dirigen al oriente, incluso en dirección contraria a la fase de circulación del semáforo, como se aprecia en la *Ilustración 45*.

Ilustración 46. maniobras de ciclistas



Ilustración 46. Elaboración propia

En el giro a la derecha que del sur conduce al occidente, se observa repetitivamente maniobras entre vehículos al realizar la curva, esto se debe a la forma puntiaguda del separador y hace que las motocicletas tomen muy cerrada la curva y al encontrarse con la acera deben frenar repentinamente, como se observa en la *Ilustración 46*.

Ilustración 47. Vehículos detenidos en zona prohibida

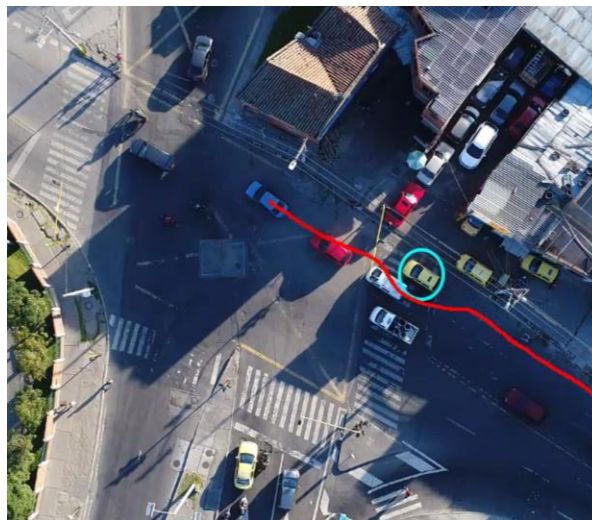


Ilustración 47. Elaboración propia

Detención de vehículos sobre uno de los carriles en circulación, ver *Ilustración 47*, genera movimientos de los vehículos que vienen detrás en cola y puede ocasionar accidentes sobre los otros carriles.

Ilustración 48. Motociclistas imprudentes



Ilustración 48. Elaboración propia

Sobrepaso por la izquierda por parte de motociclistas aun invadiendo el carril en dirección contraria, en la *Ilustración 48*, se observa además una motocicleta recorriendo el paso de peatones para cambiar de dirección.

Ilustración 49 Vendedor ambulante

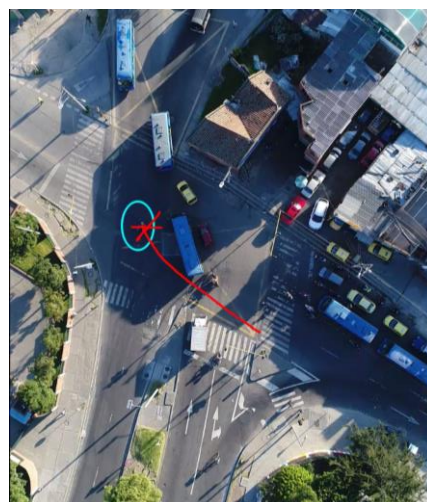


Ilustración 49. Elaboración propia

Vendedor ambulante atravesando la intersección sin tener en cuenta ninguna de las normas ni señales de tránsito, como se observa en la *Ilustración 49*.

Ilustración 50. Ciclistas imprudentes

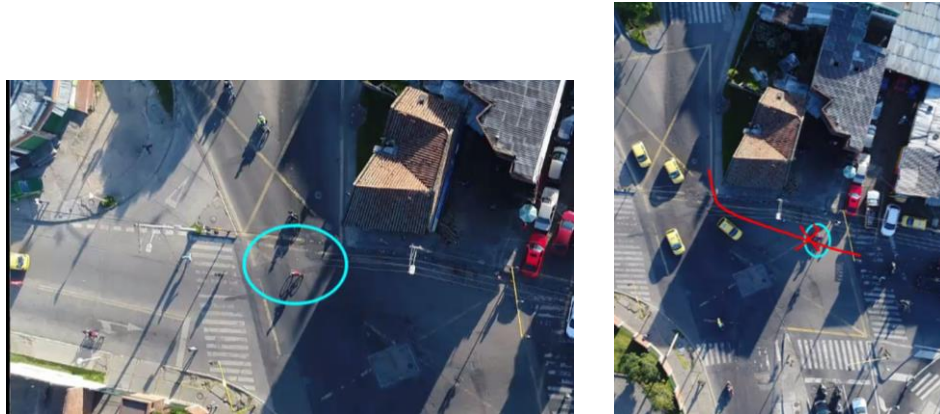


Ilustración 50. Elaboración propia

En la *Ilustración 50*, se observa un ciclista atravesando en rojo la intersección de sur a norte y un ciclista en dirección prohibida de sur a oriente, justo cuando el semáforo está en verde con el giro a la izquierda de oriente a sur.

Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51

Esta intersección está ubicada al sur de la ciudad de Bogotá, en los límites de las Upz 65 (Arborizadora), Upz 69 (Ismael Perdomo) y Upz 70 (Jerusalén), en la localidad de Ciudad Bolívar en los barrios El Ensueño, Candelaria La Nueva II Sector 2 Etapa y Candelaria La Nueva II Sector 1 Etapa, en esta se encuentra localizada la sede tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el centro comercial Gran Plaza El Ensueño, la vía que se dirige al sur de la intersección es de gran importancia para la comunicación de un gran número de barrios de Ciudad Bolívar tanto como de Soacha en cuanto a los Altos de Cazucá se refiere. Tiene un alto volumen de tráfico, ya que es un punto de vital importancia en la comunicación del sur de

Grupo 3: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Occidente – Oriente.

Grupo 4: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Oriente – Occidente.

Movimientos Derechos

Grupo 94: Para el movimiento Oriente – Norte.

Movimientos Izquierdos

Grupo 5: Corresponde al movimiento Norte – Oriente.

✓ Grupos peatonales

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre la cebra del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 21: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 1.

Grupo 22: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 2.

Grupo 23: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Grupo 24: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

Grupo 294: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 94.

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre el despeje del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 31: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 1.

Grupo 32: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 2.

Grupo 33: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Grupo 34: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

Enseguida se dan a conocer algunas características de la intersección y comportamientos de los usuarios:

Ilustración 52. Imperfecciones en la carpeta asfáltica



Ilustración 52. Elaboración propia

En la *Ilustración 52*, se pueden observar algunas patologías de la carpeta asfáltica (representadas en la imagen con los recuadros morados) que pueden ocasionar movimientos que alteran la trayectoria normal de los vehículos, a pesar que esta intersección es de alguna manera nueva y que cuenta con rampas y pasos peatonales bien demarcados, los comportamientos de los peatones y ciclistas son los más observados como prácticas irregulares en esta intersección.

Ilustración 53. Ciclistas haciendo maniobras indebidas



Ilustración 53. Elaboración propia

Como se observa en la *Ilustración 53*, hay ciclistas que realizan maniobras indebidas incluso contando con los espacios y la señalización necesaria para transitar de manera segura por la intersección.

Ilustración 54. Peatones cruzando en tiempo y espacio indebido





Ilustración 54. Elaboración propia

En la intersección están perfectamente demarcados los pasos peatonales y se cuenta con los semáforos necesarios para un tránsito seguro, los peatones no siguen los pasos o lo hacen cuando el semáforo está en rojo, como se ve en la *Ilustración 54*.

Ilustración 55. Servicio público parando en lugares prohibidos

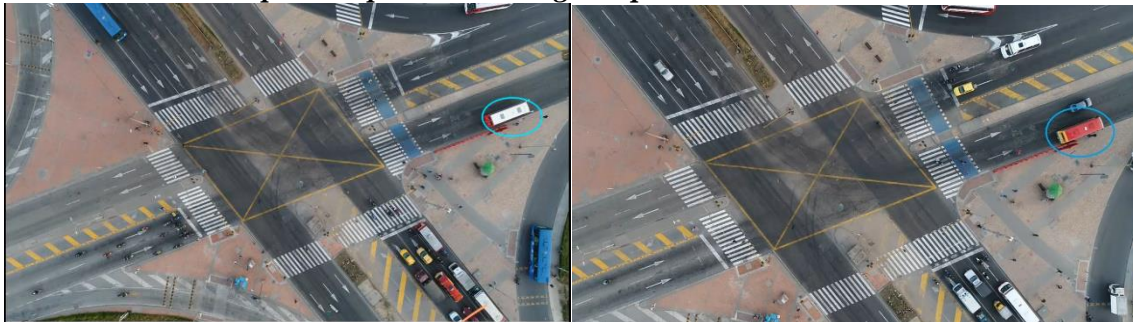


Ilustración 55. Elaboración propia

En la *Ilustración 55*, se observan peatones esperando el transporte en lugares erróneos y vehículos de servicio público recogiendo pasajeros.

Ilustración 56 vehículo cruzando semáforo en rojo

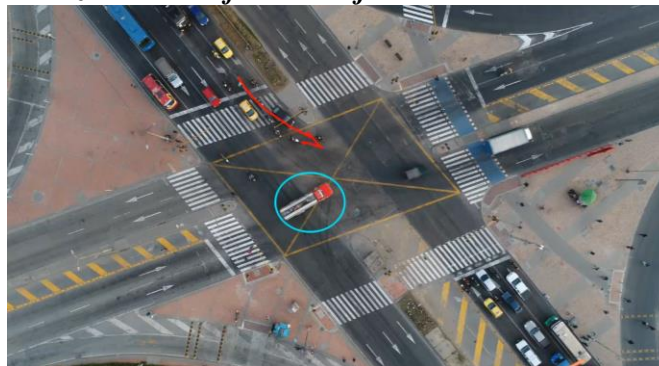


Ilustración 56. Elaboración propia

Vehículo cruzando en rojo el semáforo, representado con el círculo azul como se observa en la

Ilustración 56.

Ilustración 57. Cambio de dirección repentino

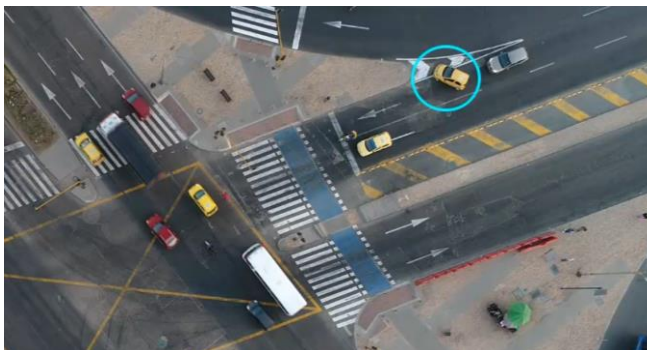


Ilustración 57. Elaboración propia

En la *Ilustración 57*, se observa un vehículo de servicio público haciendo cambios de dirección imprevistos.

Ilustración 58. Vehículo detenido



Ilustración 58. Elaboración propia

Vehículo detenido en un lugar prohibido, generando colas y maniobras que pueden ocasionar accidentes, como se aprecia en la *Ilustración 58*.

Ilustración 59. Cruce prohibido



Ilustración 59. Elaboración propia

Vehículos realizando un giro prohibido a la izquierda, como se observa en la ilustración anterior.

Ilustración 60. Vehículo invadiendo carril

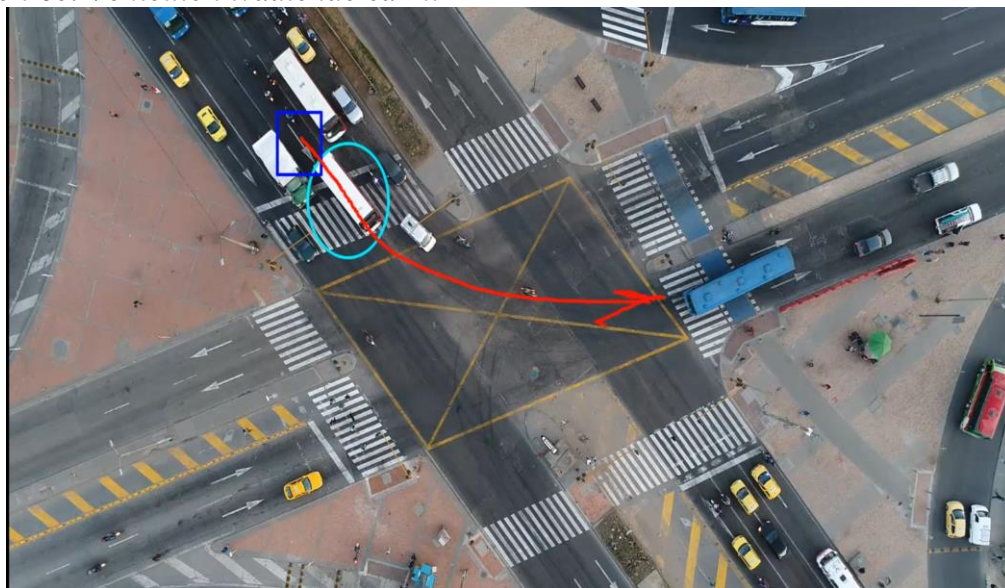


Ilustración 60. Elaboración propia

Vehículo de transporte publico invadiendo carril para girar a la izquierda, existen dos carriles para esto, ver *Ilustración 60*.

Ilustración 61. Giro por zona no apta para esto



Ilustración 61. Elaboración propia

Giro a la derecha por un sitio indebido, como se observa en la *Ilustración 61*.

Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo.

Esta intersección está ubicada al suroccidente de la ciudad de Bogotá, en los límites de las Upz 47 (Kennedy Central), Upz 81 (Gran Britalia) y Upz 48 (Timiza), en la localidad de Kennedy en los barrios Villa Anita, Casablanca, El Jordan I y III y Class; es un sector netamente residencial, pero recibe mucha influencia de transporte de carga por su cercanía con Abastos, al ser tan residencial presenta un alto número de motocicletas y bicicletas en el tráfico, así como de peatones. En la siguiente ilustración, se puede observar el esquema de semaforización con los movimientos permitidos:

Ilustración 62. Esquema de semaforización Av. 1º de Mayo con Av. Carrera 80

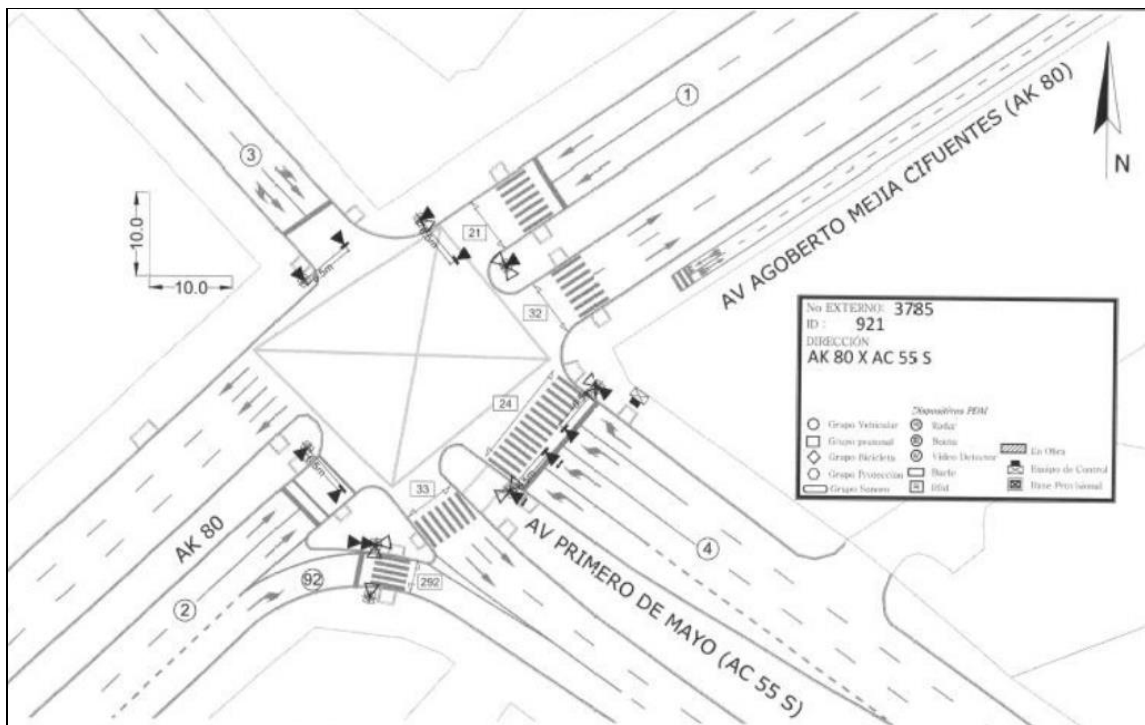


Ilustración 62. Esquema de semaforización Av. 1º de Mayo con Av. Carrera 80, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

A continuación, se describe la nomenclatura de los grupos vehiculares y peatonales regulados en la intersección, cuyo control semafórico fue implementado el día 16 de marzo de 1996:

✓ **Grupos vehiculares:**

Movimientos Directos

Grupo 1: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Norte – Sur.

Grupo 2: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Sur – Norte.

Grupo 3: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Occidente – Oriente.

Movimientos Derechos

Grupo 92: Para el movimiento Sur – Oriente.

Grupo 94: Para el movimiento Oriente – Norte.

Movimientos Izquierdos

Grupo 8: Corresponde al movimiento Oriente – Sur.

✓ **Grupos peatonales**

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre la cebra del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 21: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 1.

Grupo 24: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

Grupo 292: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 92.

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre el despeje del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 32: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 2.

Grupo 33: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Enseguida se dan a conocer algunas características de la intersección y comportamientos de los usuarios:

Ilustración 63. Calle sin mobiliario urbano



Ilustración 63. Elaboración propia

En esta intersección se observa que la calle que sería la continuación de la Avenida Primero de Mayo, no cuenta con aceras, rampas, pasos peatonales, ver *Ilustración 63*; lo cual produce que los peatones se desplacen por la calzada y sea prácticamente imposible el tránsito de personas con movilidad reducida.

Ilustración 64. Calle sin carpeta asfáltica

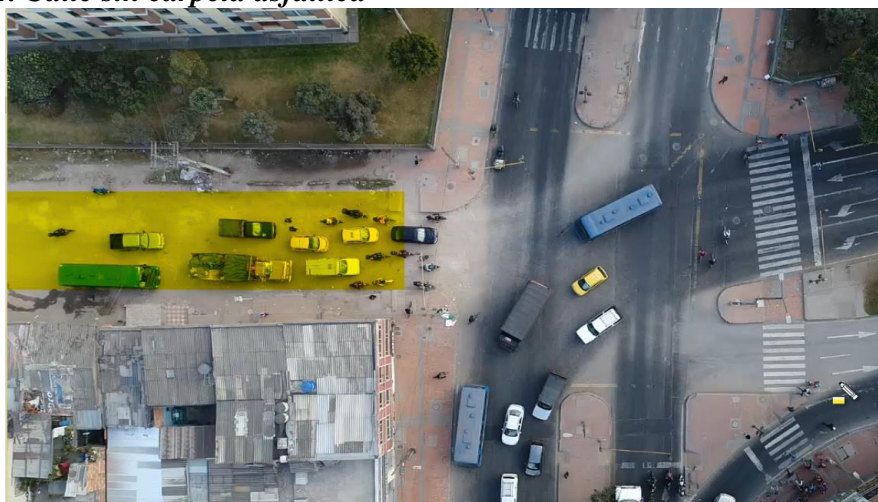


Ilustración 64. Elaboración propia

Esta misma calle no cuenta con carpeta asfáltica y esto hace que se exterioricen irregularidades y baches en el terminado de esta calle como se observa en la *Ilustración 64*, por esta razón se presentan movimientos para esquivar estos obstáculos, generando conflictos.

Ilustración 65. Ausencia de rampa para minusválidos



Ilustración 65. Elaboración propia

Se observa que el paso peatonal y rampas para la circulación de personas con movilidad reducida, se ve interrumpida en el costado occidental, ya que no hay rampa para ingreso a la acera, como se aprecia en la *Ilustración 65*.

Ilustración 66. Movimientos inadecuados





Ilustración 66. Elaboración propia

Automóviles, motocicletas, bicicletas y vehículos de carga que circulan de sur a norte por la Avenida Carrera 80 y se dirigen a tomar hacia el oriente de la ciudad por la Avenida Primero de Mayo, como se observa en la *Ilustración 66*, sin embargo, no lo hacen por el carril construido para esto, en cambio hacen un giro irregular como lo muestra las imágenes.

Ilustración 67. Ciclistas realizando maniobras peligrosas





Ilustración 67. Elaboración propia

Ciclistas que se cruzan el semáforo en rojo y se dirigen en dirección contraria a la fase de circulación del semáforo *Ilustración 67.*

Ilustración 68. Ciclistas realizando maniobras peligrosas



Ilustración 68. Elaboración propia

En esta intersección se ve una gran cantidad de ciclistas que cometen actos de alto riesgo y que pueden ocasionar accidentes de todo tipo, como se ve en la *Ilustración 68*, son irregularidades, como pasarse el semáforo en rojo, atravesar la intersección por sitios inadecuados y en tiempos indebidos.

Ilustración 69. Peatones realizando maniobras peligrosas



Ilustración 69. Elaboración propia

De igual forma que los ciclistas, la gran cantidad de peatones cometiendo imprudencias en la intersección es un acto repetitivo como se observa en la *Ilustración 69*.

Ilustración 70. Efecto sobre la masa de vehículos por la geometría



Ilustración 70. Elaboración propia

Se observa un efecto embudo que se produce por la geometría de la intersección en el carril que de oriente conduce al sur, ver *Ilustración 70*, lo mismo ocurre con los vehículos que se ven inmersos en dificultades en el recorrido obligando a detenerse o cambiar de carril de un momento a otro.

Ilustración 71. vehículo atravesándose en el carril



Ilustración 71. Elaboración propia

Vehículo intentando invadir el carril del autobús de transporte público, maniobra que genera colas y movimientos por parte de otros vehículos, que pueden generar accidentes en la intersección, *Ilustración 71*.

Ilustración 72. motocicletas atravesándose en el carril





Ilustración 72. Elaboración propia

Motocicletas atravesando y realizando cruces en rojo y sobre el paso peatonal, ilustración 7-41.

Ilustración 73. transporte publico parando en lugares prohibidos

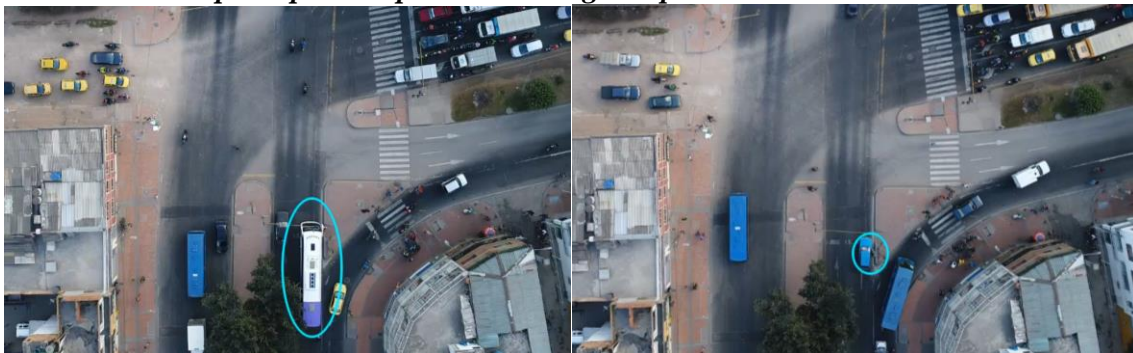


Ilustración 73. Elaboración propia

Peatones esperando el transporte en lugares erróneos y servicio público recogiendo pasajeros, tal y como se observa en la

Ilustración 73.

Ilustración 74. vehículo atravesándose en rojo



Ilustración 74. Elaboración propia

Vehículos que no alcanzan a pasar en la fase del semáforo, como se muestra en la *Ilustración 74*, quedando en medio de la intersección, obstaculizando el flujo vehicular de occidente a oriente.

Ilustración 75. vehículo atravesándose en rojo

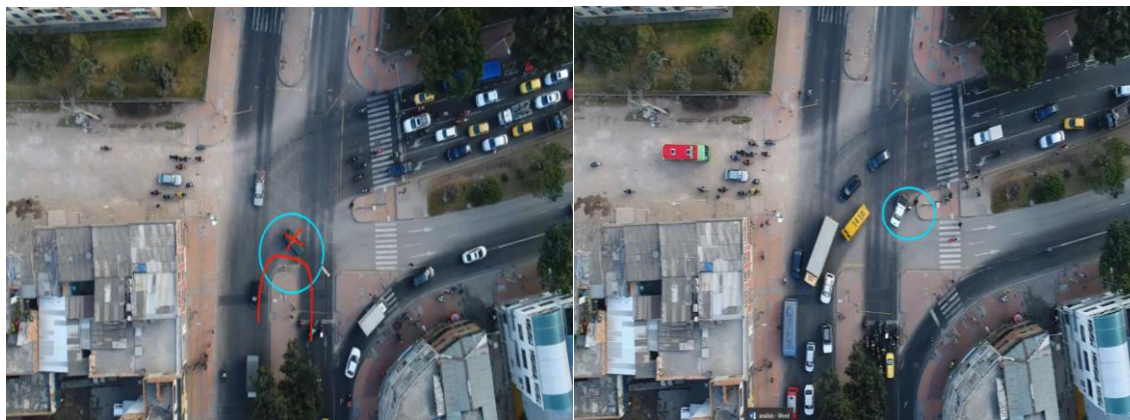


Ilustración 75. Elaboración propia

Vehículos realizando giro prohibido, ver *Ilustración 75*.

Ilustración 76. Vendedor ambulante

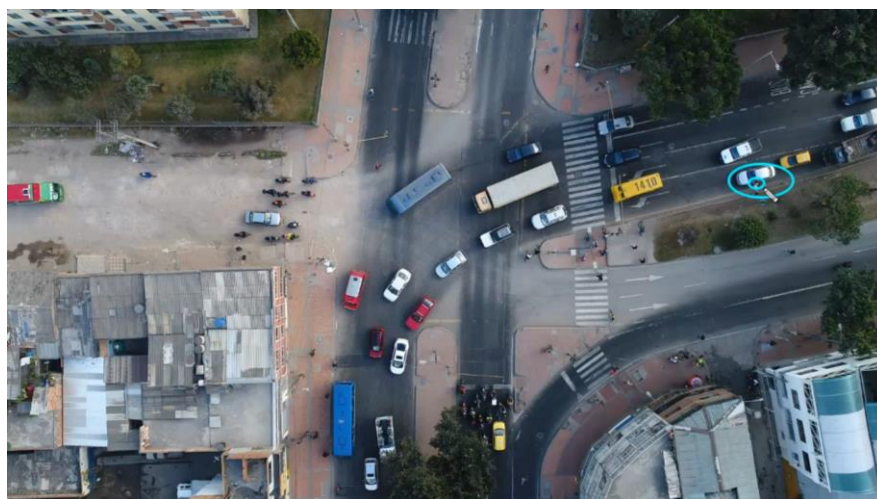


Ilustración 76. Elaboración propia

En la ilustración anterior, se aprecia un vehículo detenido por comprar a vendedor ambulante obstaculizando el flujo vehicular y generando maniobras peligrosas.

Avenida Cali con Avenida Villavicencio

Esta intersección está ubicada al suroccidente de la ciudad de Bogotá, en los límites de las Upz 83 (Las Margaritas), Upz 82 (Patio Bonito), Upz 81 (Gran Britalia) y Upz 80 (Corabastos), en la localidad de Kennedy en los barrios Tintalito II, Villa Mendoza, Gran Britalia y Villa de la Loma. Es un sector en el cual el uso del suelo es variado, en el costado Suroccidental se encuentra el Portal de Transmilenio de las Américas y El Super Cade, el resto de los alrededores son residenciales, particularmente esta intersección recibe mucha influencia de transporte de carga por su cercanía con Abastos y la Avenida Villavicencio es una salida a la Autopista Sur, presenta una gran cantidad de bicicletas como factor multiplicador de eventos que podrían ocasionar siniestros, también presenta un alto número de motocicletas, así como de peatones . En la *Ilustración 77*, se puede observar el esquema de semaforización:

Ilustración 77. Esquema de semaforización Av. Ciudad de Cali con Av. Villavicencio

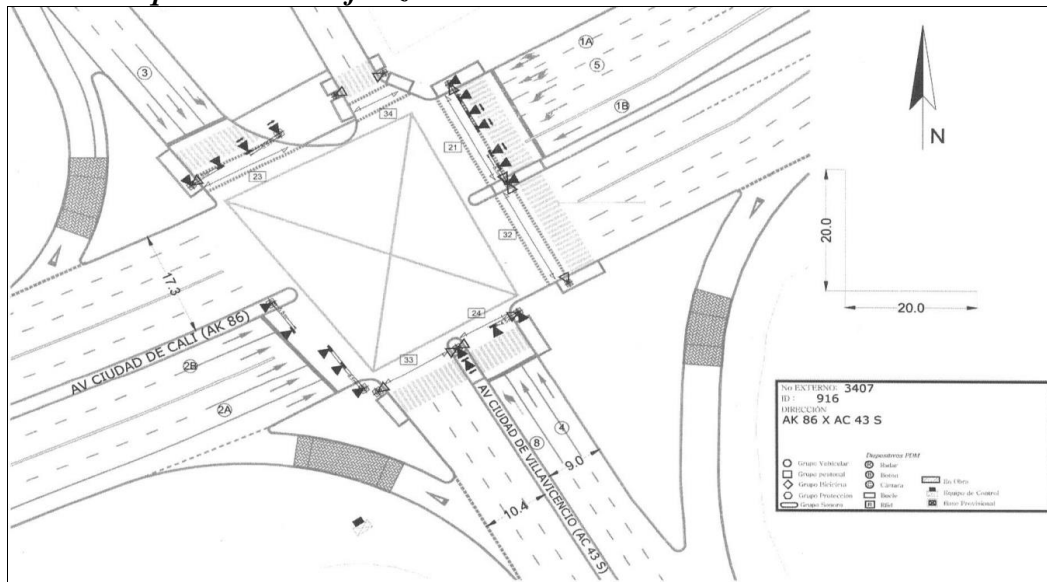


Ilustración 77. Esquema de semaforización Av. Ciudad de Cali con Av. Villavicencio, Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Enseguida, se describe la nomenclatura de los grupos vehiculares y peatonales regulados por los dispositivos semafóricos, instalados el día 22 de julio de 2004:

Grupos vehiculares:

Movimientos Directos

Grupos 1A y 1B: Corresponden a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Norte – Sur.

Grupos 2A y 2B: Corresponden a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Sur – Norte.

Grupo 3: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Occidente – Oriente.

Grupo 4: Corresponde a los flujos vehiculares que se desplazan en sentido Oriente – Occidente.

Movimientos Izquierdos

Grupo 5: Corresponde al movimiento Norte – Oriente.

Grupo 8: Corresponde al movimiento Oriente – Sur.

Grupos peatonales

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre la cebra del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 21: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 1.

Grupo 23: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Grupo 24: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

Nomenclatura grupos peatonales cuando el paso peatonal se efectúa sobre el despeje del grupo vehicular correspondiente:

Grupo 32: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 2.

Grupo 33: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 3.

Grupo 34: El peatonal correspondiente al grupo vehicular 4.

A continuación, se dan a conocer los comportamientos encontrados de los diferentes actores viales:

Ilustración 78. vendedores ambulantes



Ilustración 78. Elaboración propia

La intersección no muestra mayores deterioros en la carpeta asfáltica y los pasos de peatones están debidamente demarcados, como se aprecia en la *Ilustración 78*. Un factor que genera congestión en el alto flujo de bicicletas y bicitaxis, es la venta ambulante en la esquina noroccidental de la intersección (señalada con recuadros azules), ya que ocupa gran parte del espacio público.

Ilustración 79. Ciclista cruzando de occidente a oriente



Ilustración 79. Elaboración propia

La gran cantidad de ciclistas que se mueven por la intersección hace que invadan espacios no permitidos, incluso en sentido contrario del flujo vehicular, como se observa en la *Ilustración 79*.

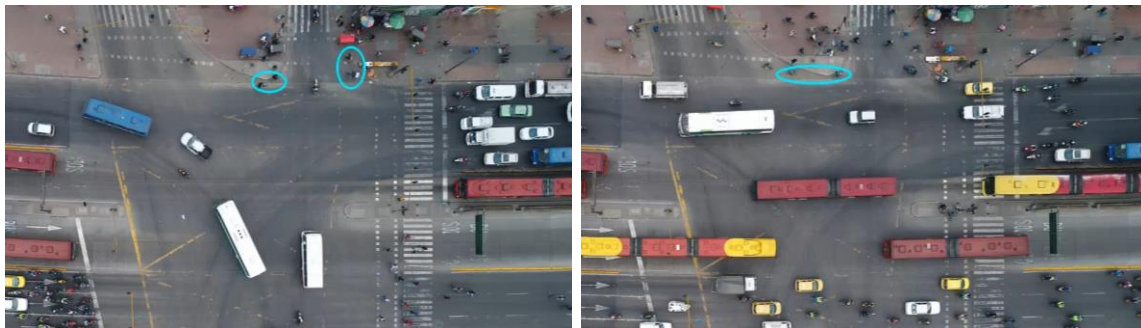
Ilustración 80. Vehículos realizando giros prohibidos



Ilustración 80. Elaboración propia

Como se observa en la *Ilustración 80*, algunos vehículos realizan el giro prohibido de sur a norte, aprovechando que la fase del semáforo esta de sur a oriente, pero este giro ocasiona problemas con el cruce de los peatones de oriente a occidente.

Ilustración 81. Ciclistas cometiendo imprudencias



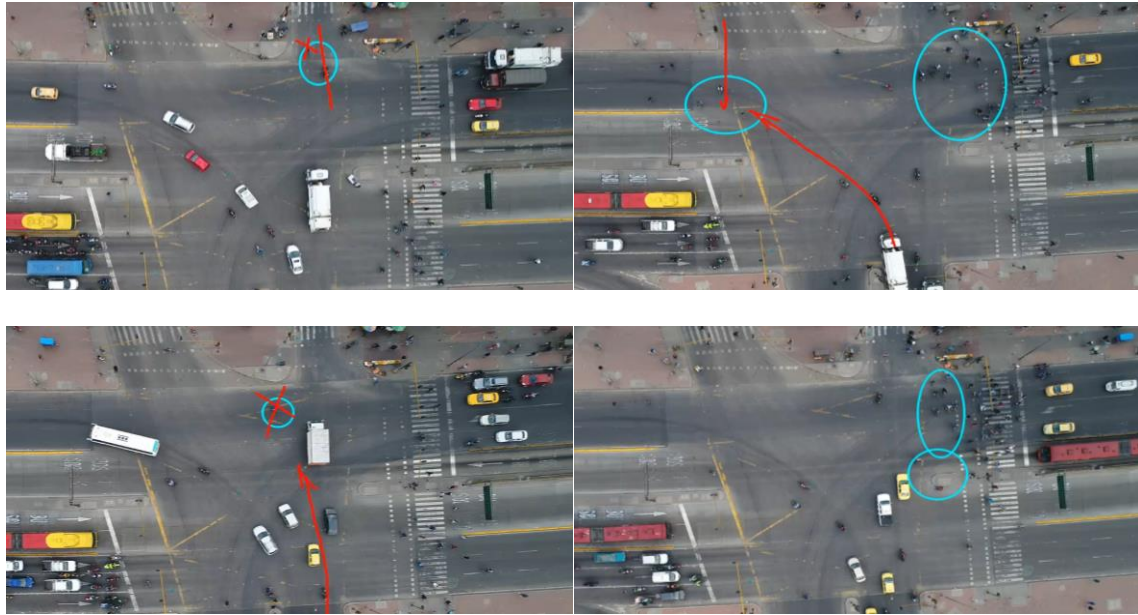


Ilustración 81. Elaboración propia

En esta intersección se observa un alto número de comportamientos inadecuados de ciclistas que irrespetan los pasos determinados para la circulación de este tipo de vehículos, los semáforos, los sentidos de circulación de las vías, con un alto grado de irresponsabilidad que puede ocasionar accidentes graves, como se puede ver en la *Ilustración 81*.

Ilustración 82. Peatones cometiendo imprudencias





Ilustración 82. Elaboración propia

A pesar que la intersección es bastante grande como se observa en la *Ilustración 82*, los peatones no utilizan los pasos peatonales ni respetan los semáforos, la característica principal es atravesar la intersección de extremo a extremo, este recorrido es aproximadamente de 60 metros, un tiempo muy largo arriesgando que algún vehículo los pueda impactar y ocasionar un accidente grave.

Ilustración 83. Motociclistas tomando la ciclorruta

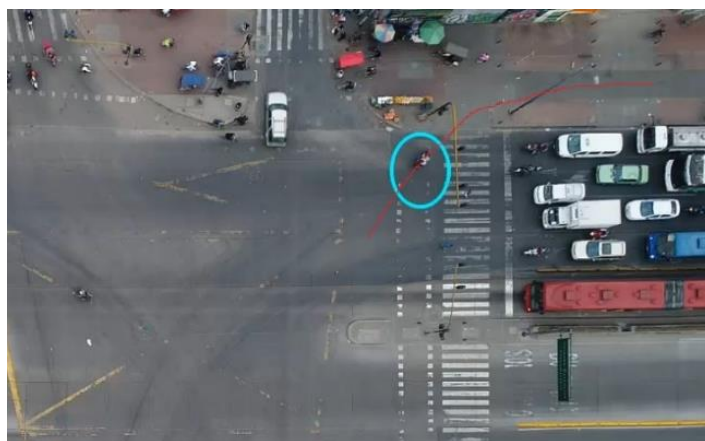


Ilustración 83. Elaboración propia

Motociclistas irrespetando los espacios para su circulación, en este caso circulando por la ciclorruta como se observa en la *Ilustración 83*.

Ilustración 84. Invasión del espacio

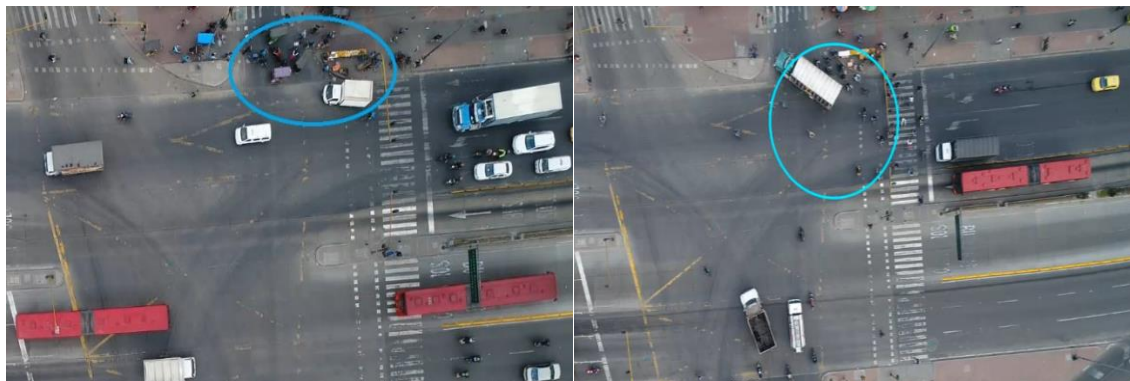


Ilustración 84. Elaboración propia

La Esquina noroccidental de la intersección presenta conflictos por la gran cantidad de ciclistas, como se aprecia en la *Ilustración 84*, así como por la presencia de bicitaxis estacionados, los cuales afectan las maniobras del giro a la derecha (hacia el occidente) de todo tipo de vehículos; también se puede observar ventas ambulantes, las cuales ocupan un espacio indispensable para la circulación.

Ilustración 85. vehículos invadiendo carril

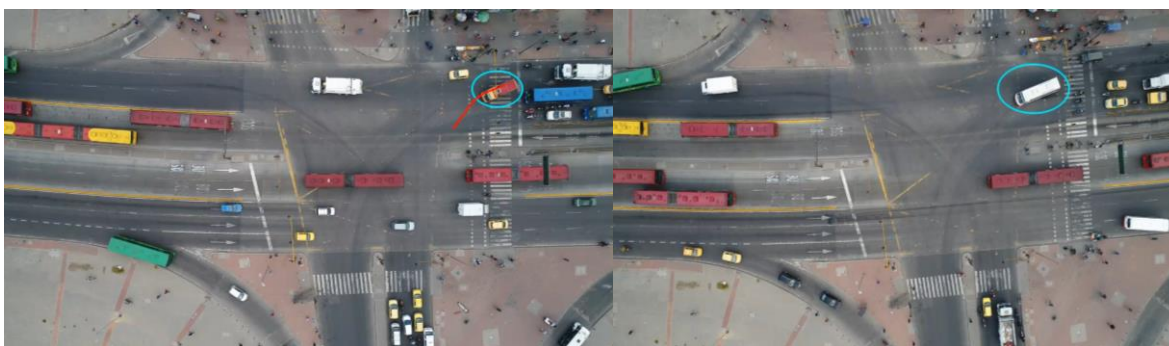


Ilustración 85. Elaboración propia

Vehículo ocupando espacio indebido para realizar el giro a la izquierda de norte a oriente, como se observa en la *Ilustración 85*.

Ilustración 86. Vendedor ambulante



Ilustración 86. Elaboración propia

Vendedor ambulante cruzando en dirección prohibida al flujo vehicular ocasionando un alto riesgo de accidente, *Ilustración 86.*

Ilustración 87. Obstaculización de los flujos



Ilustración 87. Elaboración propia

Vehículos que no alcanzan a pasar en la fase del semáforo, quedando en medio de la intersección obstaculizando de esta manera el flujo vehicular de occidente a oriente, como se observa en la

Ilustración 87.

Ilustración 88. motocicletas en Zig Zag



Ilustración 88. Elaboración propia

Motociclistas haciendo movimientos en zigzag para adelantar los vehículos sin respetar su carril, esta situación se repite con regularidad y es un factor que incide en la accidentalidad, ver

Ilustración 88.

Ilustración 89. Mototaxis

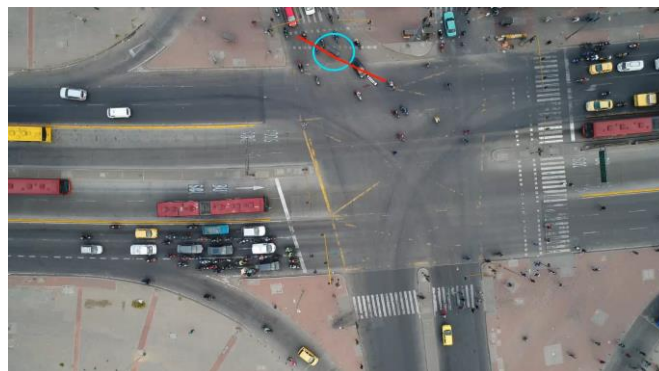


Ilustración 89. Elaboración propia

Mototaxista atravesándose completamente al sentido de circulación sin importar el peligro que esto acarrea, en esta intersección la presencia de este nuevo actor en el problema vehicular es una

fuente de conflictos que pueden desencadenar siniestros, teniendo en cuenta que la regulación y la seguridad de este tipo de vehículos no está reglamentada y finalmente es un medio de transporte de pasajeros, en la *Ilustración 89* se puede apreciar la situación.

Ilustración 90. Transeúnte en silla de ruedas



Ilustración 90. Elaboración propia

Persona con movilidad reducida que atraviesa la intersección sin utilizar ningún paso peatonal, como se observa en la *Ilustración 90*, los cuales en esta intersección están adecuados para sillas de ruedas, en contra de la dirección del tráfico en ese momento.

Ilustración 91. Circulación de persona en la vía

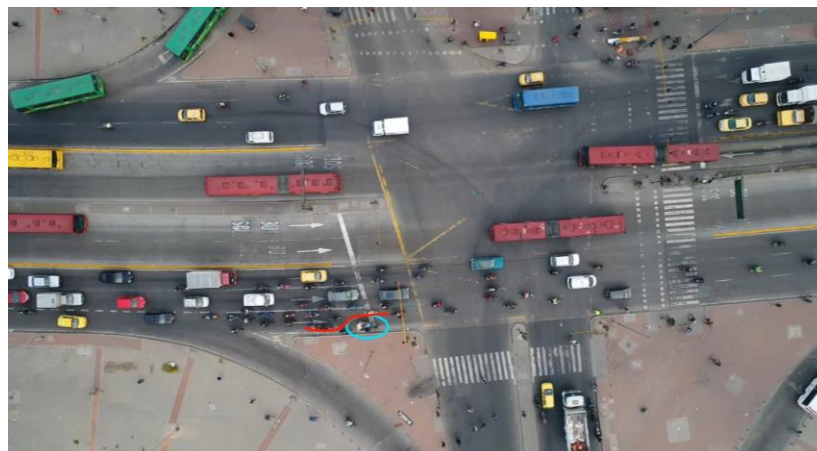


Ilustración 91. Elaboración propia

Persona que se dedica al reciclaje el cual lleva un remolque hechizo halado por el mismo como se muestra en la *Ilustración 91*; al ocupar un carril de la cazada y recorrer a menor velocidad la intersección, hace que los vehículos que vienen detrás realicen maniobras de adelantamiento ocasionando peligrosos acercamientos a otros vehículos que podrían generar situaciones peligrosas.

Conclusiones y Recomendaciones

A partir del empleo de diferentes métodos geoestadísticos, fue posible procesar la información de la base de accidentalidad, suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2015, donde se identificaron patrones espaciales de los datos, en los que se estableció que estos, no fueron producto de procesos aleatorios, obteniendo una mayor agrupación de los registros de accidentalidad de valores bajos, correspondientes a eventos de heridos y solo daño. Lo anterior como resultado del denominado índice de Morans y del análisis Clustering Alto/Bajo. Adicionalmente, para la selección de los puntos a estudiar, fue fundamental la revisión simultánea del análisis Hotspots, el cual permitió reconocer la concentración de puntos calientes estadísticamente significativos, y la técnica de interpolación por distancia inversa ponderada (IDW), de la cual se generó un modelo de predicción de eventos.

Para el caso de la técnica de interpolación por distancia inversa ponderada (IDW), se observaron casos atípicos, por lo cual se debe tener especial cuidado en el momento de realizar el análisis, ya que se evidenció la presencia de algunos sectores con alta intensidad (zonas predictivas), en sitios con pocos registros de accidentes.

De acuerdo con la información de volúmenes vehiculares proyectados al año 2018, para la hora de máxima demanda de cada intersección, se tienen los siguientes resultados totalizados:

Intersección	Hora de máxima demanda	Autos	Buses	Camiones	Motos	Total Mixtos	Total Equivalentes	%PESADOS [Sin Motos en el Total]	FHP
Avenida Cali con Avenida Villavicencio	6:15 - 7:15	2296	893	387	3750	7326	6925	36	0.88
Avenida Primero de Mayo con Carrera 3 Este	6:15 - 7:15	1030	462	72	1469	3033	2869	34	0.92
Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51	6:00 - 7:00	2236	477	267	3510	6490	5613	25	0.90
Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo	6:15 - 7:15	2146	706	338	3683	6873	6245	33	0.92

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Como se puede observar en la tabla resumen, para todas las intersecciones la hora de máxima demanda se presenta muy temprano en el periodo de la mañana, así mismo se puede evidenciar por los resultados obtenidos a nivel general para el cálculo del Factor de Hora Pico (FHP) de cada intersección, que el comportamiento vehicular presenta un flujo constante durante toda la hora, aunque este parámetro debe ser analizado por acceso y de la misma forma por movimiento, tal y como se determinó en el desarrollo de este informe, donde los valores encontrados fueron muy cercanos a 1.

Otro aspecto importante a revisar en estas intersecciones, es que el total de vehículos mixtos que circulan durante la hora de máxima demanda supera las 6000 unidades, exceptuando la intersección de la Avenida Primero de Mayor con Carrera 3 Este para la cual se aforaron 3033 unidades automotoras, adicionalmente, vale la pena detenerse a observar la cantidad de motos circulando, ya que presenta valores muy significativos para cada punto estudiado.

Un aspecto importante a analizar en las intersecciones seleccionadas, está asociado a los registros de los siniestros reportados para el periodo de estudio (2012- 2015), respecto de la fecha de implementación de los dispositivos de control semafórico, las cuales se muestran a continuación:

Intersección	Fecha de implementación dispositivos semafóricos
Avenida Cali con Avenida Villavicencio	22 de Julio de 2004
Avenida Primero de Mayo con Carrera 3 Este	04 de Marzo de 1995
Avenida Villavicencio con Avenida Carrera 51	13 de Mayo de 1995
Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo	16 de Marzo de 1996

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Secretaría Distrital de Movilidad.

Pese a la regulación que se presenta en cada punto, fue posible evidenciar en los videos tomados en campo, los comportamientos inadecuados de los diferentes usuarios viales, los cuales podrían llegar a desencadenar situaciones de riesgo, comprometiendo la vida de los demás, debido al desacato de las normas de tránsito.

La utilización de los vehículos aéreos no tripulados (VANT), para la captura de información espacial en la que por su observación global se registra tanto la infraestructura del sitio como los movimientos de cada uno de los actores del tránsito de un sector, resulta una excelente herramienta, más cuando se trata de puntos en los cuales el número de vehículos de todo tipo, sumado al elevado número de peatones en circulación; mediante esta herramienta se pueden analizar movimientos que al marcarlos pueden describir conductas que se podrían mejorar con implementación de pequeños cambios en las medidas de seguridad o en la infraestructura.

En cuanto al análisis de comportamientos, se observó que en su mayoría presentan patrones repetitivos y se generan de la necesidad de dirigirse hacia un lugar en específico recorriendo el camino más corto sin importar la infracción de las normas de tránsito o incluso yendo en contra

de la infraestructura existente para la normal circulación del sector, se puede concluir que el problema con los peatones es de orden de autoridad, social y educativo, incluso con la presencia de agentes de tránsito en el sitio las personas atraviesan las intersecciones por sitios prohibidos, poniendo en riesgo su vida y generando acciones en los vehículos que pueden ocasionar accidentes graves.

Se evidencio un problema de infraestructura en la Carrera 3 con Avenida 1° de Mayo, en la cual se encuentra una casa que impide el normal desarrollo geométrico de la calzada en sentido Occidente – Oriente de la intersección, y por la cual se muestran comportamientos obligatorios por parte de los vehículos cuando van de occidente a oriente y cuando van del sur a tomar el oriente, la presencia de esta casa trunca el desarrollo tanto de la calzada para los vehículos como de los pasos peatonales, en general es una intersección que se caracteriza por la falta de infraestructura para personas con movilidad reducida y peatones ya que sus aceras se encuentran en muy mal estado, esto hace que se transite mucho por la calzada, generando un riesgo grande de accidentes con peatones; en esta intersección se aprecia en el giro a la izquierda de sur a occidente, la acumulación de un gran número de motocicletas en el semáforo incluso invadiendo uno de los carriles de norte a sur.

La intersección de la Avenida ciudad de Cali con Avenida Villavicencio, tiene una particularidad y es la gran cantidad de bicicletas que transitan por el sector, a pesar de existir ciclorruta en el costado occidental, no es suficiente para la gran cantidad de ciclistas, los cuales se trasladan a la calzada para desplazarse de sur a norte incluso en contravía de los automóviles, buses y camiones. Es claro que las bicicletas, aunque son una alternativa ecológica y responsable con el medio ambiente, están siendo un factor multiplicador de accidentes, muchos de estos generados

por la imprudencia y desacato a las normas de tránsito, también de la ausencia de elementos mínimos de seguridad. Por estas razones, la aplicación del código de tránsito a los comportamientos de los ciclistas debe ser estricto y sin excepciones.

En la intersección de la Avenida Villavicencio con Carrera 51 se observan menos comportamientos riesgosos, debido a los últimos cambios que ha sufrido tanto la operación como la infraestructura del sector, el cual cuenta con aceras adecuadas, giros izquierdos que fueron eliminados, calzadas exclusivas para Transmilenio. Esto ha contribuido a que los diferentes vehículos y peatones se desplacen por lugares apropiados minimizando el riesgo, sin embargo, el factor humano siempre está presente y a pesar de la infraestructura se observan algunos comportamientos peligrosos que podrían causar accidentes en este sitio.

En la Avenida Carrera 80 con Avenida Primero de Mayo, se manejan unos volúmenes de vehículos muy altos, especialmente en la mañana; se observa que el espacio es reducido para este número teniendo en cuenta que el mayor flujo se presenta de oriente a occidente, esta intersección en este sentido de circulación termina ahí, su continuación debe ser de oriente – sur u oriente – norte, ya que la calzada que continuaría de oriente a occidente es en sentido contrario y además hay un error en la señalización horizontal la cual indica que los vehículos sí podrían continuar de oriente a occidente, como una gran parte del flujo se desplaza en esta dirección, al tomar la calzada que va hacia el sur se presenta un embotellamiento muy grande, son muchos vehículos para el espacio real y esta puede ser una causa de accidentalidad en este sitio.

Los resultados generados de los procesos de selección de los puntos a estudiar, están basados en técnicas geoestadísticas y probabilísticas que al ser estudiados con los vehículos no tripulados

evidenciaron la certeza de los resultados, ya que estas intersecciones presentan un alto número de comportamientos inadecuados.

Debido a la gran cantidad de información, es recomendable para este tipo de estudios que los análisis se realicen a nivel de localidad o de Unidad de Planeamiento Zonal, esto para tener un mejor manejo de los procesos geoestadísticos.

Referencias Bibliográficas

- AASHTO. Chapter 1 Highway Functions (2004).
- Aberg, L., & Rimmo, P.-A. (1998). Dimensions of aberrant driver behaviour. *Ergonomics*, 41(1), 39–56. <https://doi.org/10.1080/001401398187314>.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2005). Manual de Auditorías de Seguridad Vial.
- Alcántara, E. (2011). Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad. <https://doi.org/10.1080/001401398187314>.
- Boada, R. A. (2016). Métodos Determinísticos Adaptación del libro: Análisis exploratorio de datos espaciales Capitulo 10.
- Brinckerhoff, P. (2013). Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition, 6(January). <https://doi.org/10.17226/24766>.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2010). Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. Retrieved from <https://www.scribd.com/doc/137583737/Cal-y-Mayor-Ingenieria-de-Transito>.
- Camacho, P. (2010). Caracterización espacio-temporal y determinación de los patrones territoriales de alta concentración de la accidentalidad en la vía Tunja-Moniquirá, 15, 225–238.
- Cerquera Escobar, F. Á. (2013). Análisis espacial de los accidentes de tráfico en Bogotá D.C. Fundamentos de investigación. *Perspectiva Geográfica*, 18(1), 9. <https://doi.org/10.19053/01233769.2248>.
- Cerquera Escobar, F. Á. (2015). Modelo patrón de evaluación de la accidentalidad vial en áreas urbanas de Bogotá D.C. (Colombia). *Carreteras*, 4(202), 16–32.
- Cerwall, P. (2016). Mobility Report, (November), 7–8. <https://doi.org/10.1145/253671.253760>
- Charlotte Department of Transportation. (2007). Adopted by Charlotte City Council.
- Chasco Y., C. (2008). Métodos gráficos del análisis exploratorio de datos espaciales. Universidad Autónoma de Madrid, 1–25. Retrieved from <http://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003-Almeria/asepeltPDF/93.PDF>.
- Chen, Y., & Liu, B. (1999). Solid-state amorphization in the Y-Nb and Au-Ta systems. *Progress in Natural Science*, 9(3), 228–229. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Dalgleish, T., Williams, J. M. G., Golden, A.-M. J., Perkins, N., Barrett, L. F., Barnard, P. J., ... Watkins, E. (2007). *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 23–42.

- Danaf, M. (2015). Modeling Anger and Aggressive Driving Behavior in a Dynamic Choice- Latent Variable Model. *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting*. January 12-16, Washington, D.C., 75, 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.012>.
- Durán, N., & Moreno, N. (2016). Personalidad e infracciones frecuentes Personality and frequent violations of traffic rules Resumen Introducción. *Diversitas: Perspectivas En Psicología*, 12(1), 123–136. <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2016.0001.09>.
- FDOT. (2013). *Quality/Level of Service Handbook*, 212.
- Fruhen, L. S., & Flin, R. (2015). Car driver attitudes, perceptions of social norms and aggressive driving behaviour towards cyclists. *Accident Analysis and Prevention*, 83, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.07.003>.
- Fuentes, C. M., & Hernández, V. (2009). La estructura espacial urbana y la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana, Baja California (2003-2004). *Frontera Norte*, 21(42), 109–138.
- Giraldo, R. (2011). *Estadística Espacial - Notas de Clase*. Universidad Nacional de Colombia, 136.
- Giraldo, R. (2011). *Introducción a la geoestadística*. Universidad Nacional de Colombia, 94. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0627-7>.
- Gonz, R. Q. (2011). Road Inventories and the Road Net Categorization in the Traffic and Transport Engineering Studies, 20(30), 65–77.
- Hernández, V. H. (2012). Análisis exploratorio espacial de los accidentes de tránsito en Ciudad Juárez, México, 31(5), 396–402.
- Highway Capacity Manual. (2012). Retrieved from <http://mctrans.ce.ufl.edu/hcs/>.
- Imbsweiler, J., Ruesch, M., Weinreuter, H., Puente León, F., & Deml, B. (2018). Cooperation behaviour of road users in t-intersections during deadlock situations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 665–677. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.07.006>.
- Instituto de desarrollo Urbano. (2015). *Estrategia de Seguridad Vial*. <https://doi.org/10.1177/002088170704400203>.
- Instituto de desarrollo Urbano. (2015). *Guía de movilidad peatonal*.
- Investigación de accidente de tránsito en pendiente positiva. (n.d.). Retrieved September 6, 2018, from <https://es.slideshare.net/dannygaleano888/investigacin-de-accidente-de-trnsito-en-pendiente-positiva>.
- Lenné, M. G. (2013). The contribution of on-road studies of road user behaviour to improving road safety. *Accident Analysis*.
- Ley 769. (2002). Código Nacional De Tránsito Terrestre Ley 769 De 2002. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

- Martinovich, S., Meyer, M. D., Morris, M. R., Rosser, T. L., Schwartz, H. G., Williams, S., ... Millar, W. W. (1991). Transportation Research Board 2008 Executive Committee*. Central Florida Regional Transportation Authority American Public Transportation Association. Retrieved from <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr294.pdf>.
- Milton, J. C., Shankar, V. N., & Mannering, F. L. (2008). Highway accident severities and the mixed logit model: An exploratory empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 40(1), 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.06.006>
- Minvu. (2009). Manual de Vialidad Urbana: Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 331.
- Montoya, G. (2005). Apuntes-Ingeniería-De-Transito, 1, 34. Retrieved from <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>.
- National, T., Highway, C., Academies, T. N., Toole, J., & Investigator, P. (2010). Update of the AASHTO Guide for the Planning, Design, and Operation of Pedestrian Facilities.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (2006). Urban Design to Reduce Automobile Dependence. *Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies*, 2(1), 35–52. [https://doi.org/Cited By \(since 1996\) 16\rExport Date 27 September 2011](https://doi.org/Cited%20By%20(since%201996)%2016%20Export%20Date%2027%20September%202011).
- Norza, Ervin. Useche, Sergio. Moreno, Jesica. Granados, Elba. Romero, M. (2014). Componentes descriptivos y explicativos de la accidentalidad vial en Colombia: incidencia del factor humano. *Revista Criminalidad*, 56(1), 157–187.
- Olaya, R. A. (2015). Modelo Espacial De Muertes Por Accidentes De Tránsito En La Zona Urbana De Cali, Colombia Durante El Periodo 2004-2014., 1.
- Onisi, M., Kondo, W., & Takizawa, S. (1961). Intraoral Populations of Fusobacterial, Lactobacilli and Streptococci. *Japanese Journal of Microbiology*, 5(1), 117–127. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.1961.tb00767.x>.
- Organización Mundial de la Salud (O.M.S). (2015). Informe Sobre La Situación Mundial De La Seguridad Vial 2015.Ginebra, Suiza, 1–12. Retrieved from http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/es/.
- Paredes Hernández, C. U., Salinas Castillo, W. E., Becerra, X. M., & Jiménez Hernández, S. B. (2013). Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación. *Investigaciones Geográficas*, 82(82), 118–130. <https://doi.org/10.14350/ig.35906>.
- Persaud, B., Lord, D., & Palmisano, J. (2007). Calibration and Transferability of Accident Prediction Models for Urban Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1784(1), 57–64. <https://doi.org/10.3141/1784-08>.
- Rizzi, L. I. (n.d.). Modelo simple de valoración de externalidades de accidentes de tránsito.

- Salvo, G., Caruso, L., & Scordo, A. (2014). Urban traffic analysis through an UAV. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 111, 1083–1091. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.143>
- Sharma, V., Chen, H., & Kumar, R. (2017). Journal of Computer and System Sciences Driver behaviour detection and vehicle rating using multi-UAV coordinated vehicular networks. *Journal of Computer and System Sciences*, 86, 3–32. <https://doi.org/10.1016/j.jcss.2016.10.003>
- Srinivasan, S., Latchman, H., Shea, J., Wong, T., & McNair, J. (2004). *Airborne Traffic Surveillance Systems – Video Surveillance of Highway Traffic*.
- Transporte, M. de. (2009). Manual para el diligenciamiento del formato de informe policial de accidentes de tránsito. *Acta Medica Scandinavica*, 93(S85), 22–70.
- Vargas, M., (2018). Metodología para evaluación integral de la calidad del servicio de infraestructura vial en zonas urbanas.
- Vargas, W., Mozo, E., & Herrera, E. (2012). Análisis De Los Puntos Más Críticos De Accidentes De Tránsito En Bogotá. *Revista de Topografía Azimut*, 4(4), 7–22. Retrieved from <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/azimut/article/view/5741/7212>.
- Vasconcellos, & Eduardo. (2010). Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad. Bogotá, Colombia. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.143>
- Vasconcellos, E. (1997). Rural transport and access to education in developing countries: policy issues. *Journal of Transport Geography*, 5(2), 127–136. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(96\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(96)00075-0).
- Castro, W., Guía de Diseño de Vias Urbanas Bogotá. Retrieved September 5, 2018, from <https://www.scribd.com/document/280016249/Guia-Diseno-Vias-Urbanas-Bogota>.