

**ACCESIBILIDAD DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN LA CIUDAD DE
SANTIAGO DE CALI Y SU IMPACTO EN LA POBLACIÓN**

FERNANDO APONTE HINCAPIÉ

GEÓGRAFO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

MAESTRÍA EN GEOGRAFÍA

2016

**ACCESIBILIDAD DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN LA CIUDAD DE
SANTIAGO DE CALI Y SU IMPACTO EN LA POBLACIÓN**

FERNANDO APONTE HINCAPIÉ

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
GEOGRAFÍA**

DIRECTOR

FLOR ÁNGELA CERQUERA ESCOBAR

Ing. PhD. GEOGRAFÍA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

MAESTRÍA EN GEOGRAFÍA

2016

DEDICATORIA

Para todos aquellos hombres que con su labor día a día forjan una ciudad más segura, a los Organismos de Socorro no solo de Santiago de Cali si no del mundo entero.

Una dedicatoria muy especial a mi familia aunque se encuentre lejos, esto no ha sido impedimento para que sus palabras de aliento me animen día a día a seguir en el duro camino personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A las personas más cercanas a esas que con su amor y perseverancia hicieron que la persecución y alcance de mis sueños no fuera imposible, pero sobre todo que hay que luchar para hacerlos realidad. Olinde, Jaime, Orlando, Angélica, Patricia y Santiago aunque estén lejos siempre me han dado la fuerza de seguir adelante.

A mi esposa Mónica por su gran ayuda y comprensión en momentos difíciles, a mis hijos Juan Esteban y Samuel que son el motor por el cual se lucha día a día.

A mi tutora que fue la guía para la realización de este trabajo y que desde el principio respaldó de una forma especial este proyecto, Doctora Flor Ángela Cerqueda.

Por último y no menos importante a mis amigos todos ellos de gran valor y modelos a seguir en algunos momentos de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|------------------|
| <u>1. PRESENTACIÓN.</u> | <u>1</u> |
| 1.1 AREA DE ESTUDIO. | 3 |
| 1.1.1 ZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD. | 4 |
| 1.1.2 MALLA VIAL DE LA CIUDAD, SU CONFIGURACIÓN Y DISTRIBUCIÓN. | 12 |
| 1.1.3 ORGANISMOS DE SOCORRO DE LA CIUDAD. | 13 |
| 1.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN. | 21 |
| 1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. | 21 |
| 1.2.2. HIPÓTESIS. | 24 |
| 1.2.3. OBJETIVOS. | 24 |
| 1.2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA. | 25 |
| <u>2. FUNDAMENTACIÓN.</u> | <u>27</u> |
| 2.1. MARCO EPISTEMOLÓGICO. | 27 |
| 2.1.1 GEOGRAFÍA Y CIUDAD. | 29 |
| 2.1.2 GEOGRAFÍA Y ANÁLISIS ESPACIAL. | 30 |
| 2.1.3 GEOGRAFÍA Y ACCESIBILIDAD. | 31 |
| 2.1.4 GEOGRAFÍA DE REDES. | 32 |
| 2.2. ALGUNOS TRABAJOS DE REFERENCIA. | 33 |
| 2.3. ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE LA MALLA VIAL. | 38 |
| 2.3.1 INDICADORES DE CONECTIVIDAD. | 38 |
| 2.3.2 INDICADORES DE ACCESIBILIDAD. | 39 |
| 2.3.3 ACCESIBILIDAD BAJO ÍNDICES DE RECORRIDO ANÁLISIS CON SIG. | 41 |
| A. RUTAS MÁS CORTAS Y EFICIENTE. | 42 |
| B. ÁREAS DE SERVICIO. | 43 |

3 MARCO METODOLÓGICO.46

| | |
|--|------------|
| 3.1 SÍNTESIS METODOLÓGICA. | 46 |
| 3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN. | 47 |
| 3.2.1 IDENTIFICACIÓN TIPO Y LUGARES VULNERABLES DE LA CIUDAD. | 51 |
| A. AMENAZA SÍSMICA. | 51 |
| B. AMENAZA POR INUNDACIÓN | 54 |
| C. AMENAZA POR REMOCIÓN DE MASA | 56 |
| D. AMENAZAS ANTRÓPICAS | 63 |
| 3.3 ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA RED VIAL DE SANTIAGO DE CALI | 65 |
| 3.3.1 ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD DE LA RED. | 66 |
| A. ÍNDICE BETA (β). | 66 |
| B. ÍNDICE GAMMA (Γ). | 69 |
| C. NÚMERO CICLOMÁTICO (U) E ÍNDICE ALFA (A). | 72 |
| 3.3.2 ANÁLISIS DE LA CENTRALIDAD. | 75 |
| 3.3.3 ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD. | 77 |
| A. ÍNDICE DE DENSIDAD MEDIA (IM). | 77 |
| B. EL COEFICIENTE DE ENGELS (IE). | 80 |
| C. ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD IDEAL (AI1). | 83 |
| D. ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD REAL (AR1). | 85 |
| E. ÍNDICE DE LA CALIDAD DE LA COMUNICACIÓN (ICC). | 88 |
| F. ÍNDICE DE TRAYECTORIA (IT). | 91 |
| 3.3.4 ACCESIBILIDAD BAJO ÍNDICES DE RECORRIDO. ANÁLISIS CON SIG. | 94 |
| A. COBERTURA EN TIEMPO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEROS EN LA ZONA URBANA | 96 |
| B. ZONAS DE SERVICIOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEROS | 98 |
| C. TIEMPO DE RESPUESTA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEROS | 101 |
| 3.4 ANÁLISIS MATRIZ COSTO - BENEFICIO. | 108 |

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| <u>4. CONCLUSIONES.....</u> | <u>112</u> |
| <u>BIBLIOGRAFÍA.....</u> | <u>118</u> |
| <u>APÉNDICES.....</u> | <u>122</u> |

ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Figura 1. Jerarquía de la red vial Santiago de Cali. | 5 |
| Figura 2. Distribución espacial de comunas y barrios según división político-administrativa de Santiago de Cali..... | 8 |
| Figura 3. Densidad poblacional por Comunas de Santiago de Cali, definición de centroides. | 11 |
| Figura 4. Clasificación Funcional, infraestructura y Jerarquía Vial de Santiago de Cali. | 15 |
| Figura 5. Ubicación de los Organismos de socorro de la ciudad de Santiago de Cali..... | 19 |
| Figura 6. Representación de Nodos y arcos. | 42 |
| Figura 7. Ejemplos de áreas de servicio obtenidas por medio de ArcGis..... | 44 |
| Figura 8. Marco metodológico..... | 46 |
| Figura 9. Microzonificación sísmica de Santiago de Cali. | 53 |
| Figura 10. Edificaciones afectadas causas por sismos en Santiago de Cali..... | 54 |
| Figura 11. Inundaciones en Santiago Cali. | 56 |
| Figura 12. Zonas de amenaza por inundación de la Ciudad de Cali..... | 58 |
| Figura 13. Remoción en masa en Santiago de Cali..... | 60 |
| Figura 14. Zonas de remoción en masa de la ciudad. | 62 |
| Figura 15. Mapa de incidentes de los últimos tres años en Santiago de Cali. | 64 |
| Figura 16. Índice Beta (β) de las comunas de Santiago de Cali..... | 68 |
| Figura 17. Índice Gamma (γ) de las comunas de Santiago de Cali. | 71 |
| Figura 18. Número Ciclomático de las comunas de Santiago de Cali. | 74 |
| Figura 19. Ubicación se estaciones de Bomberos y Centroides de Comunas..... | 76 |
| Figura 20. Índice de Densidad Media, IM, de las comunas de Cali. | 79 |
| Figura 21. Coeficiente de Engels, IE, de las comunas de Santiago de Cali..... | 82 |

| | |
|---|------------|
| Figura 22. Accesibilidad Ideal, AI, de las comunas de Santiago de Cali. | 84 |
| Figura 23. Accesibilidad Real, AR1, de las comunas de Santiago de Cali..... | 88 |
| Figura 24. Índice de Calidad de la Comunicación, ICC, de comunas de Santiago de Cali. | 90 |
| Figura 25. Índice de Trayectoria, IT, de las comunas de Santiago de Cali..... | 93 |
| Figura 26. Cobertura de servicio en distancia del Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Cali. | 97 |
| Figura 27. Cobertura de las estaciones de bomberos definida por la institución..... | 99 |
| Figura 28. Cobertura de estaciones de bomberos con velocidad ideal. | 103 |
| Figura 29. Cobertura de estaciones de bomberos con velocidad real. | 105 |
| Figura 30. Cobertura de la ciudad en tiempo de respuestas de Estaciones de Bomberos de Cali a 7 minutos velocidad real. | 107 |
| Figura 31. Cobertura de la ciudad de las estaciones de bomberos por comuna correspondiente. | 111 |
| Figura 32. Accesibilidad por Comunas en parte urbana de la ciudad | 117 |

TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1. Cantidad de barrios y areas especiales por comunas de Santiago de Cali. | 6 |
| Tabla 2. Comunas de Cali y su densidad poblacional y de viviendas..... | 9 |
| Tabla 3. Longitud de la jerarquía de vías urbanas de la ciudad de Santiago de Cali. | 12 |
| Tabla 4. Localización de las sedes de la Defensa Civil en Santiago de Cali. | 16 |
| Tabla 5. Localización de las sedes de la Cruz Roja en Santiago de Cali. | 17 |
| Tabla 6. Sedes Urbanas de Bomberos Voluntarios de Santiago de Cali..... | 17 |
| Tabla 7. Longitud de infraestructura del MIO. | 21 |
| Tabla 8. Sedes de organismos de socorro en la ciudad de Santiago de Cali..... | 25 |
| Tabla 9. Información de atención de emergencias atendidas por los organismos de socorro..... | 26 |
| Tabla 11. Índices de Conectividad en una red vial. | 39 |
| Tabla 12. Índices de Accesibilidad de la malla vial..... | 40 |
| Tabla 13. Información obtenida en formato Shapefiles. | 48 |
| Tabla 14. Efectos por desastres de deslizamientos, en comunas. Periodo 1950 - 2000..... | 61 |
| Tabla 15. Emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos Cali 2012-2014. | 63 |
| Tabla 16. Índice Beta (β) de las comunas de Santiago de Cali. | 66 |
| Tabla 17. Índice Gamma (γ) de las comunas de Santiago de Cali. | 69 |
| Tabla 18. Número Ciclomático e índice Alfa de las comunas de Santiago de Cali..... | 72 |
| Tabla 19. Puntos centrales estaciones de bomberos de Santiago de Cali. | 75 |
| Tabla 20. Índice de Densidad Media de las comunas de Santiago de Cali. | 77 |
| Tabla 21. Coeficiente de Engels, IE, de las comunas de Santiago de Cali. | 80 |
| Tabla 22. Accesibilidad Ideal, AI, de las comunas de Cali..... | 83 |
| Tabla 23. Accesibilidad Real, <i>ARI</i> , de las comunas de Santiago de Cali..... | 86 |
| Tabla 24. Índice Calidad de la Comunicación ICC, de comunas Santiago de Cali. | 88 |
| Tabla 25. Índice de Trayectoria, IT, de las comunas de Santiago de Cali. | 91 |
| Tabla 26. Incidentes o emergencias atendidos por la estaciones de Bomberos en los | |

| | |
|---|------------|
| últimos años. | 94 |
| Tabla 27. Tiempos de respuesta NFPA 1710..... | 95 |
| Tabla 28. Atributos de malla vial de la ciudad..... | 100 |
| Tabla 29. Costo de los bomberos por cada emergencia. | 108 |
| Tabla 30. Matriz costo distancia tiempo. | 109 |
| Tabla 31. Análisis de los Resultados de accesibilidad. | 112 |
| Tabla 32. Matriz de indicadores de los organismos de socorro de la ciudad. | 124 |
| Tabla 33. Matriz de rutas entre las sedes de bomberos y los centroides de las comunas..... | 136 |
| Tabla 34. Megaobras de la ciudad de Cali. | 120 |
| Tabla 35. Matriz de distancia de la red vial por comunas de la ciudad. | 16 |
| Tabla 36. Matriz de distancia entre centroides de comuna y estaciones de bomberos. | 17 |

1. PRESENTACIÓN.

La ciudad Santiago de Cali se encuentra localizada al sur occidente colombiano, zona del país donde ocurren continuamente movimientos tectónicos, debido al choque de las placas Nazca, Suramérica y Caribe; además por la gran cantidad de fallas que se han detectado sobre la misma zona, es así como la ciudad de Santiago de Cali se ha visto afectada por diversos sismos a lo largo de su historia, como los ocurridos en marzo de 1566, julio 9 de 1766, mayo 15 de 1885, enero 31 de 1906, enero 19 de 1958, julio 30 de 1962, febrero 9 de 1967, noviembre 23 de 1979, noviembre 19 de 1991, febrero 8 de 1995 y noviembre 15 de 2004 (Servicio Geológico Colombia, 2014), característica que la compromete como de alto riesgo en la ocurrencia de desastres.

Así mismo no escapa la ciudad, como toda urbe, a las calamidades de índole antrópico, pues en la revisión se ha encontrado que desde 1928, año que ha marcado su historia por lo trágico para la ciudad, en abril se vivió uno de los eventos de grandes magnitudes como fue el incendio que arrasó con una gran zona del centro de la ciudad, incluyendo uno de los sitios importantes de reunión de comunidades y sociedad como era el Gran Salón Moderno ubicado donde actualmente se encuentra el teatro Jorge Isaac, el salón contaba con tres pisos de altura y de ese mismo año el 31 de octubre se presentó otro incendio de grandes magnitudes con víctimas, en un edificio del centro donde funcionaba una sombrerería y era hogar del dueño en los pisos superiores; que motivó la conformación del Cuerpo de Bomberos voluntarios de Santiago de Cali. En el año de 1956 el 7 de agosto ocurrió la explosión de 6 camiones llenos de dinamita pertenecientes al ejército con un saldo de 3000 muertos, otro de los incidentes atendidos por los organismos de socorro se suscitó el 21 de mayo del 2005 en una bodega de almacenamiento de alimentos la emergencia duró más de tres días con un fuego de 80 metros de altura y acabó con la bodega de una manzana (Ramos, 2001).

Por otro lado según Vásquez (Vásquez Benítez, 2001), el crecimiento acelerado de la ciudad debido a procesos de migración producidos por la violencia y la búsqueda de oportunidades han hecho que la ocupación del espacio urbano sea de una forma no planificada causando, riesgos de tipo antrópico como de origen natural al ubicarse personas en zonas vulnerables de la ciudad. Todo esto sumado a los materiales

utilizados por los residentes de asentamientos subnormales (materiales de reciclaje), además de la ubicación de sus viviendas en zonas de alta vulnerabilidad, zonas de ladera y de desbordamiento de ríos (caso Jarillón del río Cauca), así mismo por no contar con los servicios públicos necesarios induce a que varias comunidades tomen de una forma irregular estos servicios (fluido eléctrico), además de las vías poco adecuadas o en algunos casos inexistentes para el ingreso de vehículos generan escasa oportunidad en la atención de la problemática existente en estos sectores, es así que se hace necesario la ubicación estratégica de las sedes de los organismos de socorro cercanas a estas zonas de la ciudad, para evitar pérdidas y minimizar riesgos, tanto de vidas como de bienes en caso de un eventual evento catastrófico, sea natural como antrópico.

El objetivo de la investigación es determinar la incidencia de la localización y la distribución espacial de las sedes de los organismos de socorro, así como la infraestructura vial existente en el área urbana de la ciudad de Santiago de Cali, y si esta facilita o dificulta la accesibilidad de las entidades de socorro para atender en forma adecuada las emergencias y lograr la debida prestación de los servicios.

La hipótesis se delimita sobre la distribución y configuración espacial, en función de la red vial y los flujos existentes, además en la localización de las sedes de los organismos de socorro de Santiago de Cali, para determinar su incidencia en la accesibilidad de ciertas zonas de la ciudad y así observar si existe una relación en la manera oportuna de atender los requerimientos de emergencia y desastres que se presentan, y minimizar los impactos negativos sobre los puntos críticos más vulnerables de la metrópoli y por ende a la población.

Se ha estructurado un marco metodológico con un enfoque hacia el análisis de las condiciones existentes de accesibilidad de los organismos de socorro en la ciudad para la atención de emergencias, con base en la selección de indicadores estudiados en función de los atributos de la red vial en su configuración de conectividad y que nos orientaron en la determinación del carácter de la accesibilidad junto con su causalidad. El enfoque metodológico se fundamenta especialmente en el Análisis Espacial con apoyo en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas semiestructuradas con cartografía participativa de los miembros pertenecientes a los organismos de socorro del municipio de Santiago de Cali.

La investigación se encamina a generar un documento que ayude a los entes gubernamentales y organismos de socorro, en la planeación para el mejoramiento y

atención oportuna de las emergencias ocurridas en la ciudad, a su vez los resultados se constituyen en apoyos, primero, para las entidades, nacionales, departamentales y municipales por la generación de métodos que les van a mostrar las condiciones de accesibilidad y conectividad de la red vial en general de las áreas urbanas de las ciudades; segundo, para los organismos de socorro en la definición de rutas óptimas con disminución de los tiempos de recorrido para una atención oportuna de los incidentes, minimizando los impactos generados por la ocurrencia de eventos que resultan ser desastres para comunidades y poblaciones enteras.

1.1 Area de Estudio.

Geográficamente la ciudad de Santiago de Cali se encuentra en el valle del río Cauca, entre la cordillera de los Farallones al occidente, el río Cauca en las llanuras del oriente y se extiende en el norte y el sur. La zona urbana esta sobre el costado occidental del río Cauca. La parte occidental de la ciudad se encuentra los Farallones de Cali, que hacen parte de la cordillera Occidental de los Andes Colombianos. El municipio de Santiago de Cali limita al norte con los municipios de Yumbo y la Cumbre, al nororiente con Palmira y al oriente con Candelaria, al sur se encuentra el municipio de Jamundí, el área rural de Buenaventura al suroccidente y Dagua al noroccidente.

La ciudad se encuentra a una altitud de 995 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 23 grados centígrados; su extensión 564 kilómetros cuadrados, cuenta con un infraestructura de 2879,73 kilómetros de vías urbana divididas en vías Arterias Principales, vías Arterias Secundarias, Vías Colectoras y Vías Locales y con aproximadamente 550 mil vehículos desplazándose sobre estas (entre automóviles y motos), cuenta con una población de 2'264.256 habitantes para el año 2014 (Secretaria de Cultura y Turismo Alcaldia de Cali, 2015).

En el mapa de la Figura 1, se puede observar la ubicación de la ciudad en el departamento, además de la jerarquía vial, que según el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, (Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Municipio de Santiago de Cali , 2000), de la ciudad se dividen en vías Inter-regionales, Arterias

Principales, Arterias Secundarias, Colectoras Urbanas, Locales, Colectoras Rurales¹, vías que son referencia para la realización de los análisis de la investigación.

1.1.1 Zonificación de la ciudad.

La actual división político-administrativa de la ciudad de Cali en forma de comunas², ha sido tomada como zonas de primera escala de análisis para la investigación; esta división sobre el área urbana realizada con el fin de poder administrar de una mejor forma los recursos que son destinados a la ciudad se establece en 22 comunas por medio del Acuerdo 15, de agosto 11 de 1988, donde se definió la sectorización del municipio de Santiago de Cali, organizándose el área urbana en 20 Comunas y el área rural en 15 Corregimientos; el Acuerdo 10, de agosto 10 de 1998 crea la Comuna 21 y el Acuerdo 134 de agosto 10 de 2004 crea la Comuna 22 (Alcaldía de Santiago de Cali, 2013).

Las veintidós comunas de la ciudad, a su vez se dividen en barrios y urbanizaciones y áreas especiales para un total de 362 barrios dentro del perímetro urbano del Municipio, es aquí donde se desarrolla la investigación dentro de la zona urbana de la ciudad de Santiago de Cali, y más exactamente se utiliza la división por comunas para realizar los cálculos y análisis de accesibilidad de los organismos de socorro.

¹ Ver definición de cada una de la vías en Apéndice A

² Comuna es un término usado en Colombia para referirse a una unidad administrativa del área urbana de una ciudad media o principal del país, que agrupa sectores o barrios determinados. La mayoría de las ciudades capitales de departamentos están divididas en comunas.

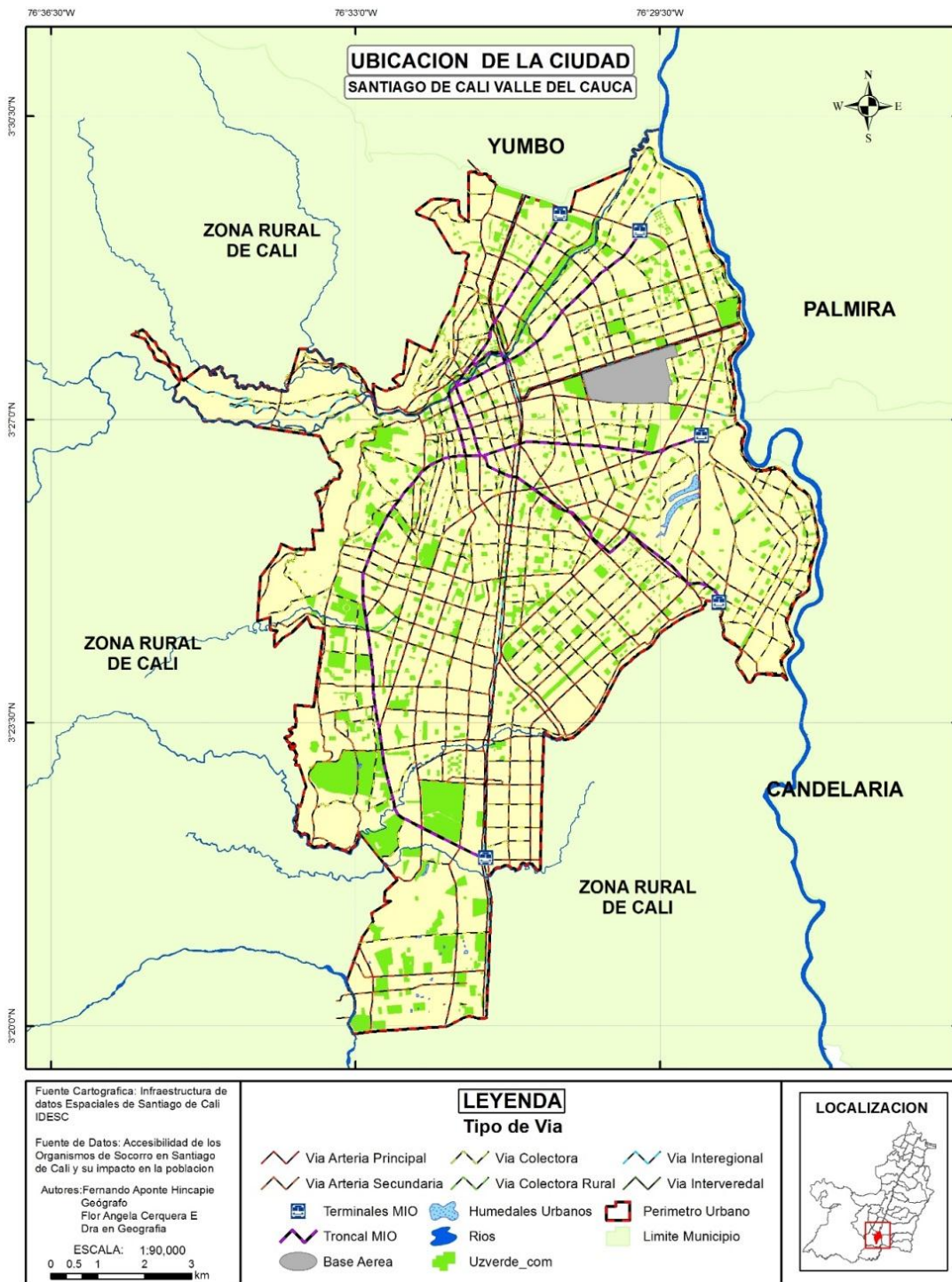


Figura 1. Jerarquía de la red vial Santiago de Cali.

Fuente: Propia de la investigación, a partir de datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC).

En la Tabla 1 se puede observar la distribución de los barrios pertenecientes a cada una de las 22 comunas de la ciudad, además de las áreas especiales, las cuales son áreas de usos diferentes a los tradicionales (zonas protegidas, parques municipales, etc.), cada uno de los barrios posee diferentes usos del suelo dentro del municipio de Santiago de Cali, como lo son: uso residencial, comercial, industria y de uso mixto, lo cual nos indica en caso de ocurrir una emergencia, a qué tipo de incidente se debe enfrentar los organismos de socorro.

Tabla 1. Cantidad de barrios y areas especiales por comunas de Santiago de Cali.

| COMUNA | N° BARRIOS | ÁREA ESPACIAL | TOTAL |
|--------------|------------|---------------|-------|
| 1 | 13 | 0 | 13 |
| 2 | 27 | 1 | 28 |
| 3 | 15 | 1 | 16 |
| 4 | 22 | 0 | 22 |
| 5 | 17 | 0 | 17 |
| 6 | 17 | 1 | 18 |
| 7 | 13 | 2 | 15 |
| 8 | 20 | 0 | 20 |
| 9 | 10 | 0 | 10 |
| 10 | 18 | 0 | 18 |
| 11 | 22 | 0 | 22 |
| 12 | 12 | 0 | 12 |
| 13 | 21 | 0 | 21 |
| 14 | 10 | 0 | 10 |
| 15 | 7 | 0 | 7 |
| 16 | 8 | 0 | 8 |
| 17 | 22 | 0 | 22 |
| 18 | 20 | 0 | 20 |
| 19 | 31 | 2 | 33 |
| 20 | 11 | 0 | 11 |
| 21 | 13 | 1 | 14 |
| 22 | 4 | 1 | 5 |
| TOTAL | 362 | 9 | 362 |

Fuente: Estructurada a partir de datos del Departamento Administrativo de Planeación Municipal.

Las veintidós comunas existentes en la actualidad en el territorio urbano tienen una distribución de homogenización con respecto al estrato socio-económico, lo que quiere decir que no existen comunas con todos los estratos y mucho menos con diferencias marcadas de estos, con respecto a la economía en la ciudad el 60,4% de las comunas corresponde a comercio, el 30,2% a servicios y el 9,4% a industria, esta distribución no se mantiene a lo largo de toda la geografía de la ciudad; de tal forma que encontramos comunas con vocación hacia los servicios como las comunas 2 y 22, además las comunas 4 y 5 poseen una clara vocación industrial con un 34,5% y 41,4% de sus unidades económicas dedicadas a esta actividad (Alonso C, Arcos, Solano, Vera Llanos, & Gallego, 2007).

En un primer análisis de la distribución espacial existente de las 22 comunas con sus respectivos barrios se puede verificar que no existe un reparto homogéneo de la cantidad de barrios por comunas, es así como hay comunas con pocos barrios como la comuna 15 y 22 y comunas con una cantidad elevada de barrios como la 2 y la 17 (mapa de Figura 2).

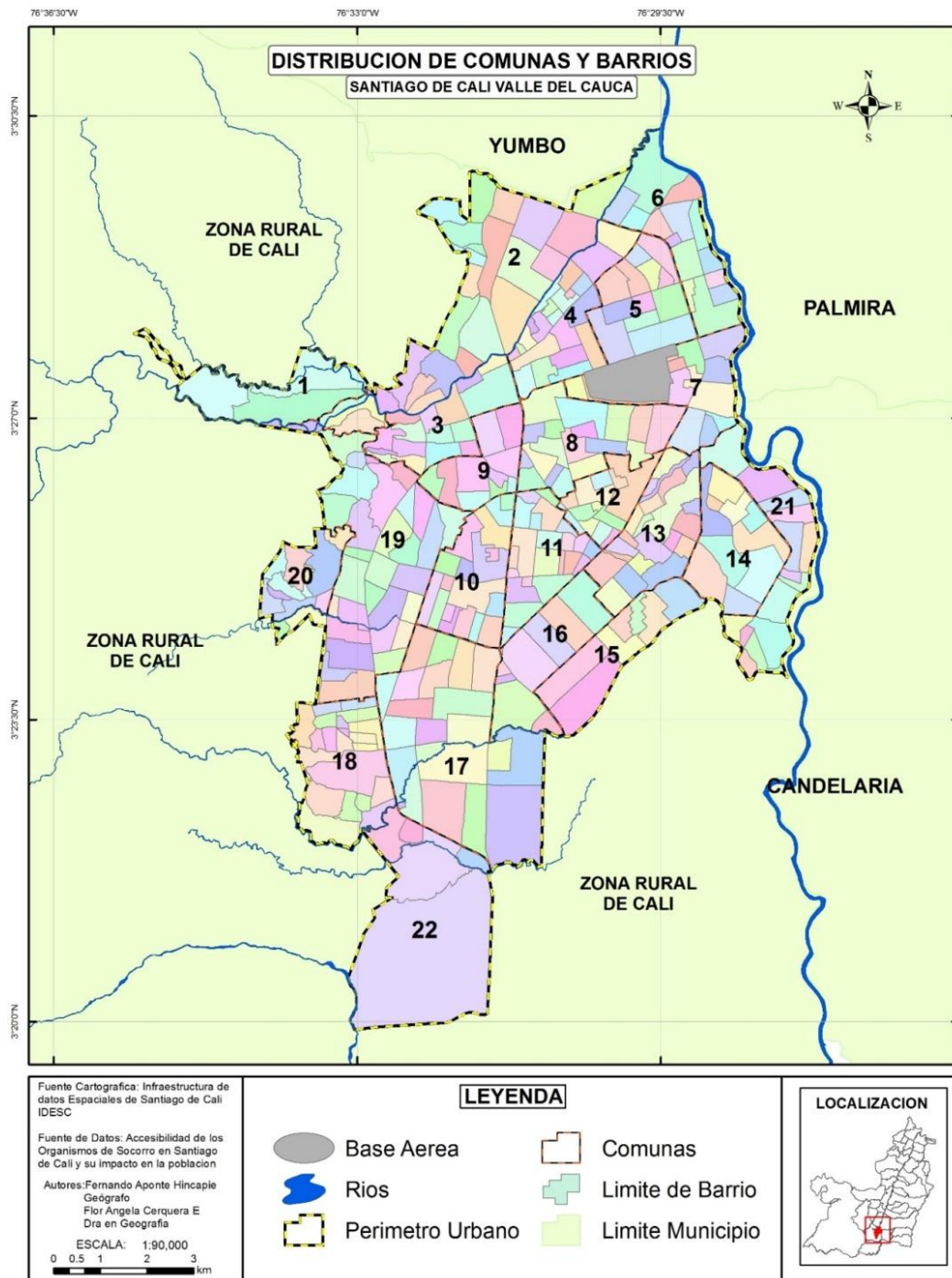


Figura 2. Distribución espacial de comunas y barrios según división político-administrativa de Santiago de Cali.

Fuente: Propia de la investigación, a partir de datos de IDESC.

La Tabla 2 hace referencia a las veintidós comunas y sustenta la anterior deducción cuantitativa junto con el número de barrios, la población, el área y la densidad de viviendas y poblacional.

Tabla 2. Comunas de Cali y su densidad poblacional y de viviendas.

| COMUNA | Nº BARRIOS | ÁREA ha | POBLACIÓN 2014 | DENSIDAD POBLACIONAL | Nº VIVIE | DENS. VIVIEN. | Nº PREDIOS | % VIVIENDA |
|--------------|------------|---------|----------------|----------------------|----------|---------------|------------|------------|
| 1 | 13 | 384,2 | 85569 | 222,719 | 16794 | 43,711 | 11300 | 2.892 |
| 2 | 28 | 1131,3 | 112746 | 99,66 | 35200 | 31,114 | 65502 | 6.062 |
| 3 | 16 | 370,4 | 46283 | 124,954 | 13534 | 36,538 | 22787 | 2.33 |
| 4 | 22 | 452,5 | 53687 | 118,645 | 15036 | 33,228 | 12288 | 2.589 |
| 5 | 17 | 419,8 | 111157 | 264,785 | 34078 | 81,176 | 32885 | 5.869 |
| 6 | 18 | 501,2 | 188124 | 375,347 | 44520 | 88,826 | 30849 | 7.667 |
| 7 | 15 | 498,8 | 71846 | 144,037 | 17573 | 35,23 | 13451 | 3.026 |
| 8 | 20 | 526,7 | 102177 | 193,994 | 28745 | 54,575 | 19315 | 4.95 |
| 9 | 10 | 289,9 | 45349 | 156,429 | 12080 | 41,669 | 12038 | 2.08 |
| 10 | 18 | 429,8 | 110407 | 256,879 | 30338 | 70,586 | 22867 | 5.224 |
| 11 | 22 | 370 | 106731 | 288,462 | 23243 | 62,818 | 15264 | 4.003 |
| 12 | 12 | 232,9 | 67049 | 287,887 | 15476 | 66,449 | 10147 | 2.665 |
| 13 | 21 | 473,7 | 177228 | 374,135 | 40351 | 85,182 | 26556 | 6.949 |
| 14 | 10 | 454,3 | 170909 | 376,202 | 37359 | 82,234 | 27081 | 6.434 |
| 15 | 7 | 406 | 156267 | 384,894 | 34841 | 85,813 | 22934 | 6 |
| 16 | 8 | 427,6 | 106145 | 248,234 | 25868 | 60,495 | 16306 | 4.455 |
| 17 | 22 | 1255,6 | 136428 | 108,655 | 41720 | 33,227 | 75699 | 7.185 |
| 18 | 20 | 542,9 | 127752 | 235,314 | 31299 | 57,651 | 21271 | 5.39 |
| 19 | 33 | 1136,7 | 111989 | 98,521 | 35377 | 31,122 | 50680 | 6.092 |
| 20 | 11 | 243,9 | 6898 | 28,282 | 17337 | 71,082 | 9594 | 2.985 |
| 21 | 14 | 482,9 | 110332 | 228,477 | 26911 | 55,727 | 27140 | 4.634 |
| 22 | 5 | 1058,9 | 10868 | 10,263 | 2952 | 2,787 | 11864 | 0.508 |
| TOTAL | 362 | 12090 | 2215941 | | 580632 | | 557818 | 100 |

Fuente: Estructurada a partir de proyecciones de población por área 2005-2020 /DANE, Cálculos DAP.

La comuna que cuenta con la menor cantidad de barrios es la 22 con un total de 5 barrios, seguido por la comuna 15 con 7 barrios, a su vez la comuna 19, 2 y 4 son las

que cuentan con mayor cantidad de barrios 33, 28 y 22 barrios respectivamente, las de mayor área son la comuna 17 y la 19, mientras que las de menor área son la 12 y la 20 seguida de la 9. Cabe resaltar que la mayor densidad de viviendas se presenta en las comunas 6, 13 y 15 y en las de menor densidad habitacional están la 2, 19 y 22, por último se puede hacer referencia que las comunas que aportan mayores porcentajes de viviendas a la zona urbana de la ciudad son: la comuna 6, 13 y 17 entre estas se aporta más del 21 % de viviendas y las comunas que menos porcentaje de viviendas aporta es la 22 con el 0,508 % del total de viviendas de Santiago de Cali.

En la caracterización de la densidad poblacional la cual genera el mapa de la Figura 3, se puede extraer un primer análisis sobre cuáles son las áreas, con sus comunas que comienzan a representar mayor o menor vulnerabilidad, por las que se requiere orientar la atención, es así como las comunas 6, 13, 14 y 15 son las de mayor densidad de población, todas ellas ubicadas en la parte oriental de la ciudad. La comuna de menor densidad poblacional es la comuna 20, que se ubica dentro de la parte occidental del municipio y la comuna 22 ubicada en la parte sur de la ciudad que limita con el municipio de Jamundí. La comuna 22 también es la comuna con el menor número de predios y el menor número de viviendas, por lo cual existe un valor bajo de habitantes.

La definición de centroides poblacionales sobre cada una de las comunas va apoyar uno de los cálculos centrales para la atención sobre estas que corresponden al carácter de funcionalidad y el tipo de conectividad de la red vial (índices funcionales y de conectividad de la red vial). Según este carácter se define que el centroide de la comuna 21, se localiza fuera de su territorio más exactamente en la comuna 14.

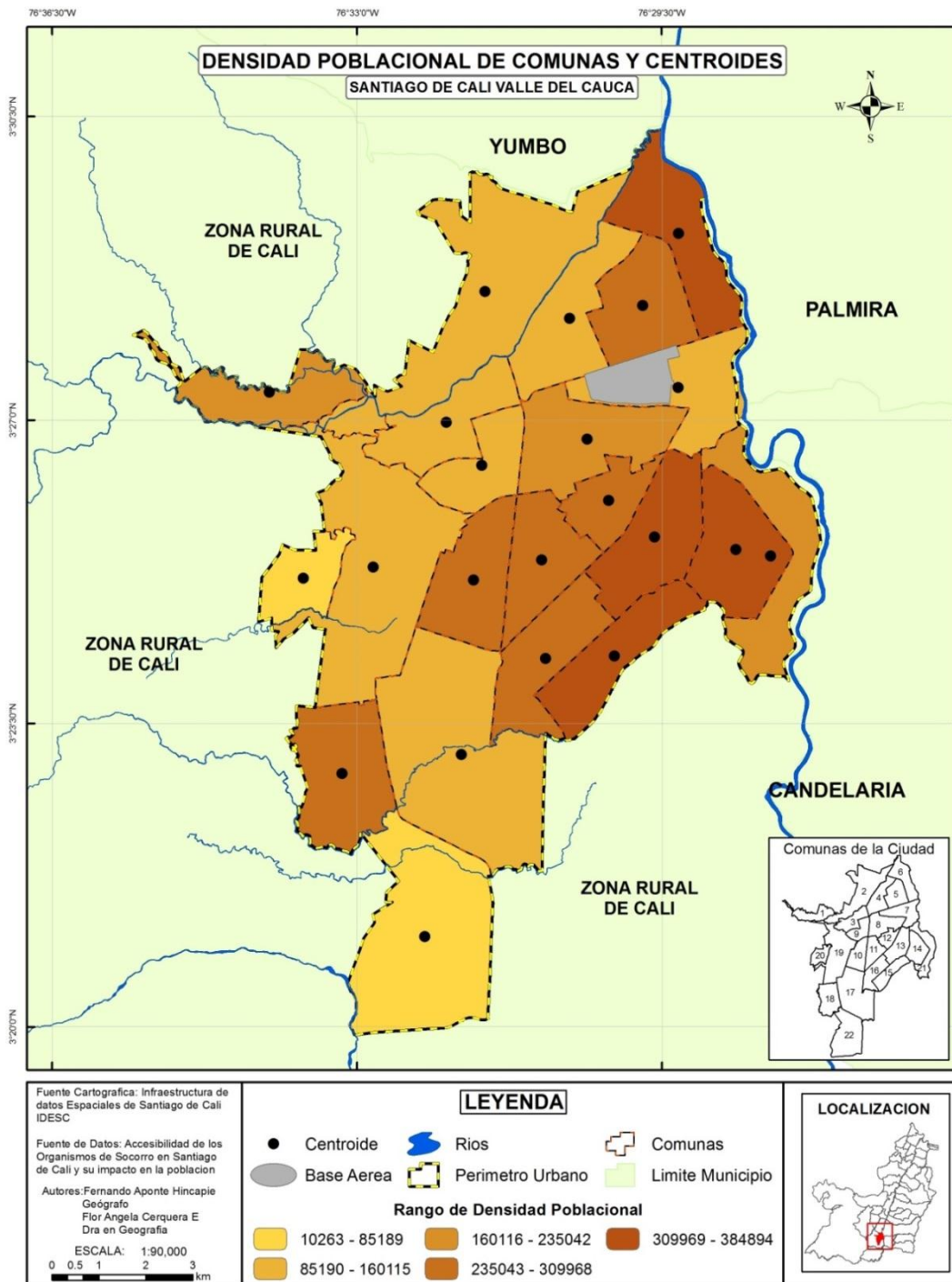


Figura 3. Densidad poblacional por Comunas de Santiago de Cali, definición de centroides.
Fuente: Propia de la investigación, a partir de datos de IDESC.

1.1.2 Malla vial de la ciudad, su configuración y distribución.

Es sobre la malla vial que se consolidan los valores funcionales de conectividad y accesibilidad, de ahí radica la importancia de conocer sobre que se tiene sobre el área urbana de la ciudad. Cali está conformada por 2879.73 kilómetros de vías urbanas y 250 kilómetros de vías rurales. Para el año 2007 según estudios desarrollados para la malla vial de la ciudad, por la Secretaria de Planeación Municipal por medio de la Cámara de Comercio de la ciudad da como resultados que el 2% se encuentra en buen estado, el 76% en regular estado y el 22% en mal estado (Camara Colombiana de Infraestructura, 2007), para el año 2014 puede haber uno o tal vez dos millones de metros cuadrados de zonas rotas: huecos, fisuras y daños estructurales (El País, 2013).

De la Jerarquía vial, según el sistema vial del municipio (Tabla 3), se determina que se ha planificado en vías Inter-regionales, Arterias Principales, Arterias Secundarias, Colectoras, Locales y Ciclo-rutas. La malla vial urbana de Santiago de Cali para el año 2014 tiene un total de 2879.73 km. de los cuales, el 36% se encuentra construido en pavimento rígido, el 57% en pavimento flexible, el 2% en adoquín y falta por pavimentar el 5% del total de malla vial, 250 km. corresponden a los corredores del Sistema Integrado de Transporte Masivo (MIO).

Tabla 3. Longitud de la jerarquía de vías urbanas de la ciudad de Santiago de Cali.

| TIPO DE VIAS | CODIFICACIÓN | LONGITUD KM |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| Vía Arteria Principal | VAP | 202.84 |
| Vía Arteria Secundaria | VAS | 192.52 |
| Vía Colectora | VC | 187.44 |
| Vía Colectora Rural | VCR | 21.11 |
| Vía Interregional | VI | 37.176 |
| Vía Interveredal | VIV | 5.93 |
| Vías Locales | VL | 2.021.554 |
| Troncal Sistema Masivo | TSM | 250 |
| TOTAL | | 2918.57 |

Fuente: Elaboración propia, estructurado a partir de datos de Secretaría de Planeación municipal.

Santiago de Cali no escapa al atraso vial que sufre el país, pues según fuentes oficiales, la ciudad cuenta con un atraso de más de 20 años en la modernización de la malla vial. No obstante en el 2012 y el 2013, se han recuperado 193.000 metros cuadrados de vías dañadas, lo que significa apenas un 6% o un 7% de todo el daño que se encuentran en las vías de la ciudad. Para el año 2014 la secretaría de Infraestructura Vial presupuestó \$ 34.000 millones para hacer bacheo y recuperación de vías, para recuperar al menos el 40 % de sus arterias y vías principales, incluso las calles secundarias de los barrios (El País, 2013). Para el año 2014 un 52% de las vías de Santiago de Cali han sido intervenidas por cuenta del plan bacheo que adelanta la Secretaría de Infraestructura de la ciudad, hasta el momento se han reparado hasta el mes de septiembre del mismo año, 350.000 metros cuadrados de superficie de huecos y la meta para finalizar el año era llegar a los 400.000, tanto en vías principales como al interior de los barrios de las 22 comunas de Cali (El pais.com.co, 2014). El mapa de la Figura 4 presenta la jerarquía vial de Santiago de Cali, además de las troncales de uso exclusivo del sistema de transporte masivo de pasajeros utilizado en algunas oportunidades por los organismos de socorro de la ciudad.

1.1.3 Organismos de socorro de la ciudad.

Son entidades encargadas de atender las emergencias por los diferentes eventos que son catástrofes, que se lleguen a presentar en las áreas urbanas y rurales de las ciudades con objetivos de prevención y atención oportuna para minimizar los impactos que se desprenden al ocurrir estos eventos, constituyéndose en organismos que brindan seguridad. Su labor es social, sin cobro por los servicios que se prestan. En la ciudad de Santiago de Cali prestan los servicios de socorro las siguientes entidades: Cruz Roja Colombiana Seccional Valle, Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la ciudad y Defensa Civil colombiana Seccional Valle.

La Defensa Civil colombiana , dentro de las funciones que presta se encuentran; ejecutar o participar en planes, programas, proyectos o acciones específicas de prevención o atención de desastres que le correspondan desde el ámbito de su competencia como integrante del sistema nacional de prevención y atención de desastres (SIGPAD), realizan labores de búsqueda y rescate, primeros auxilios,

establecen el sistema inicial de clasificación de heridos (triage³); transporte de heridos y apoyan las acciones de seguridad del área de desastre (Defensa Civil Colombiana, 2014).

³ Es el método de selección y clasificación de pacientes que ingresan al servicio de urgencias donde se debe brindar una valoración rápida y ordenada para identificar enfermedades que requieran atención médica inmediata de aquellas que puedan esperar.

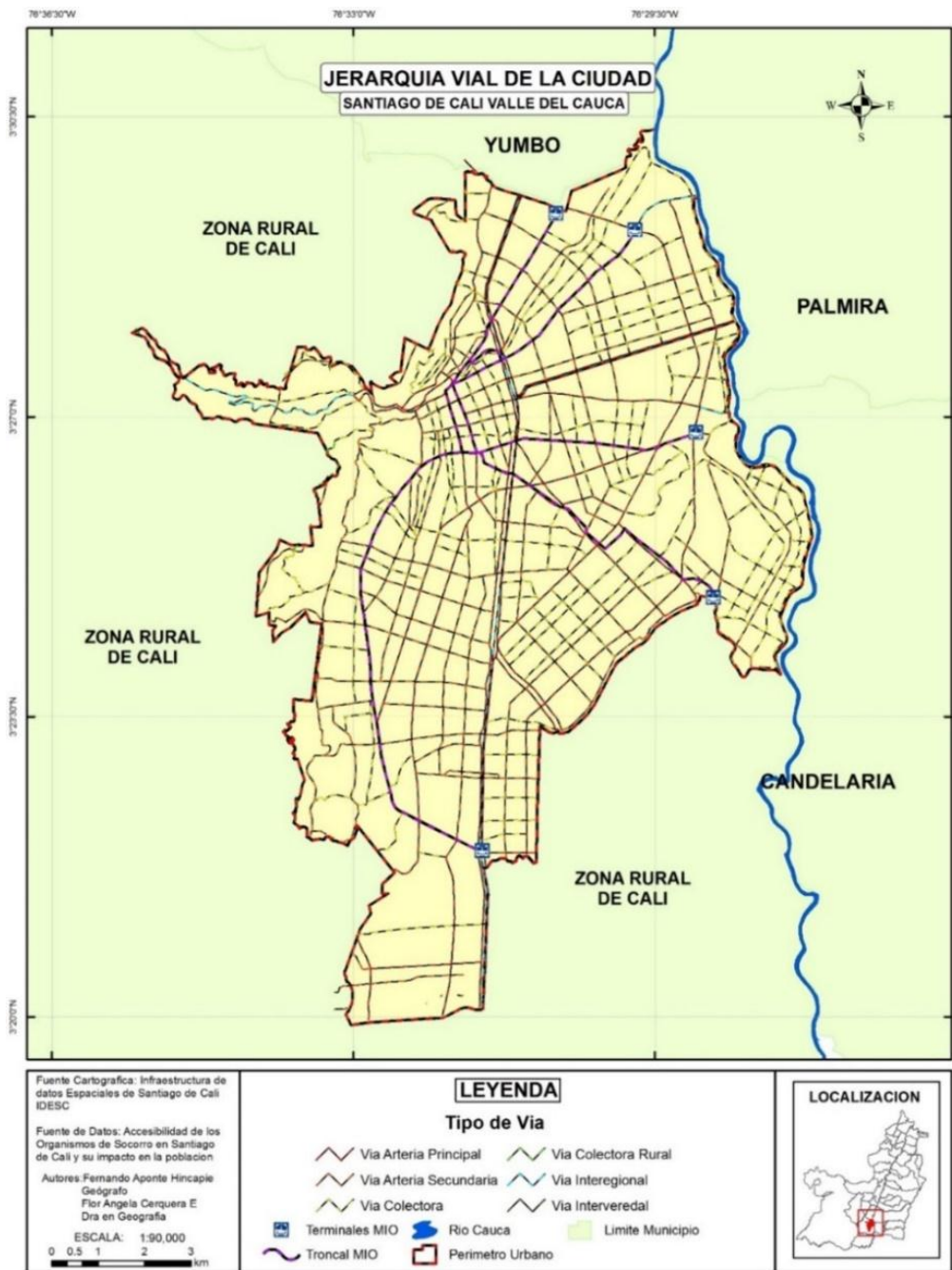


Figura 4. Clasificación Funcional, infraestructura y Jerarquía Vial de Santiago de Cali.
Fuente: Propia de investigación, estructurado a partir de datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali, IDESC.

En la Tabla 4 se presenta la localización de las sedes de la Defensa Civil en la ciudad, 13 en total que se denominan Juntas, y son organizaciones de naturaleza privada sin

ánimo de lucro con personería jurídica y representación legal, conformada por líderes voluntarios.

Tabla 4. Localización de las sedes de la Defensa Civil en Santiago de Cali.

| N° JUNTA | NOMBRE JUNTAS | DIRECCIÓN | BARRIO |
|----------|---|-----------------|---------------------------------|
| 1 | San Carlos | KR 33A 31A 00 | San Carlos |
| 2 | San Marino - Fepico - Los Pinos | KR 7E BIS 65 49 | San Marino - Fepico - Los Pinos |
| 3 | Santa Rosa - El Calvario | CL 19 11 69 | Sucre |
| 4 | Sucre - San Nicolás - Obrero | CL 19 8 50 | San Nicolás |
| 5 | Unión de Vivienda Popular | KR 41F 39 00 | Unión de Vivienda Popular |
| 6 | Villanueva - Fortaleza | TV 30 28 123 | La Fortaleza |
| 7 | Zona Sur Oriental | KR 41 14C 18 | El Guabul |
| 8 | Bolivariano - Bueno - Madrid - Fátima - Nororientales | CL 30N 2AN 29 | Prados del Norte |
| 9 | Doce de Octubre - Sindical - Diamante | KR 28C 44 80 | Doce de Octubre |
| 10 | El Troncal | KR 10 44 70 | El Troncal |
| 11 | Grupo de Apoyo General | AV 3CN 63 00 | La Flora |
| 12 | Jorge Eliecer Gaitán - San Luis | AV 1H 71 10 | Jorge Eliecer Gaitán |
| 13 | Cali Sur | CL 10 49 00 | Urbanización Militar |

Fuente: Estructurada a partir de datos de la Defensa Civil Colombiana.

La Cruz Roja colombiana, realiza acciones de atención inmediata o de emergencia a personas y, o poblaciones vulnerables, en riesgo o afectadas por eventos que causen sufrimiento y desprotección y que han sido afectadas por contingencias ocasionales o por causa de un desastre generado por la naturaleza, el conflicto armado u otras situaciones de violencia o emergencia. Afectaciones principalmente en el tema de la salud, asistencia humanitaria de emergencia, orientación en derechos, derivaciones o remisiones a instituciones responsables de brindar la respuesta; buscando en todo momento proteger la vida y la salud de las personas y su dignidad como seres humanos (Cruz Roja Colombiana, 2014). En la Tabla 5 se referencian las dos sedes de la Cruz Roja ubicadas en la ciudad.

El cuerpo de Bomberos se dedica a garantizar en el Municipio Santiago de Cali, la prestación del servicio público esencial para la atención de incendios, de manera

permanente, oportuna y eficiente para salvaguardar vidas y bienes, preservar el medioambiente y apoyar a las demás instituciones en la respuesta a emergencias, proporcionar ayuda a la comunidad durante emergencias y situaciones críticas observando los más recientes métodos y tecnología de rescates y de extinción de incendios (Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali, 2014).

Tabla 5. Localización de las sedes de la Cruz Roja en Santiago de Cali.

| N° | NOMBRE | SEDE | DIRECCIÓN | BARRIO |
|----|------------------------|---------------------|------------|--------------------|
| 1 | Instituto de Educación | Educación | CL 3 44 22 | Tequendama |
| 2 | Cruz Roja | Sede Administrativa | TV 5 30 45 | San Fernando Nuevo |

Fuente: Estructurada a partir de datos de la Cruz Roja colombiana.

En la Tabla 6, se presentan los atributos de localización de las nueve estaciones con que cuenta el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la ciudad, Se identifica la localización de una de las estaciones en la zona rural del municipio, las ocho restantes se ubican en la zona urbana.

Tabla 6. Sedes Urbanas de Bomberos Voluntarios de Santiago de Cali.

| N° | NOMBRE COMÚN ESTACIÓN | DIRECCIÓN | BARRIO | CÓDIGO |
|----|------------------------|------------------|------------------------|--------|
| 1 | Central | AV 3 20N 54 | Versalles | X1 |
| 2 | Alameda | KR 24 7 22 | Alameda | X2 |
| 3 | Oriental | CL 33A 11 00 | Municipal | X3 |
| 4 | Villa del Sur | CL 33A 11 00 | Villa del Sur | X4 |
| 5 | Occidental | KR 52 1 OESTE 00 | Belisario Caicedo | X5 |
| 6 | Forestal | Bajo Aguacatal | Bajo Aguacatal | X6 |
| 7 | Distrito de Aguablanca | CL 73 26M 50 | José María Marroquín | X7 |
| 8 | Norte | CL 62N 3 BIS 00 | Urbanización la Flora | X8 |
| 9 | El Salado | Vía al Mar | Corregimiento el Saldo | X9 |

Fuente: Estructurada a partir de datos del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Santiago de Cali.

El mapa de la Figura 5 se presenta la distribución de los organismos de socorro dentro del territorio urbano de la ciudad, donde se desprende que la distribución de estas sedes no es homogénea dentro del territorio de las comunas, encontrando una concentración de las sedes en la parte central de la ciudad, tanto de Bomberos como de la Defensa Civil, algo que no ocurre en los sectores oriental y occidental (franja de ladera), donde solo se puede observar una sede de los organismos y es perteneciente al cuerpo de bomberos y menos aún en la parte sur de la ciudad, donde no existe ubicación de sedes de organismo de socorro.

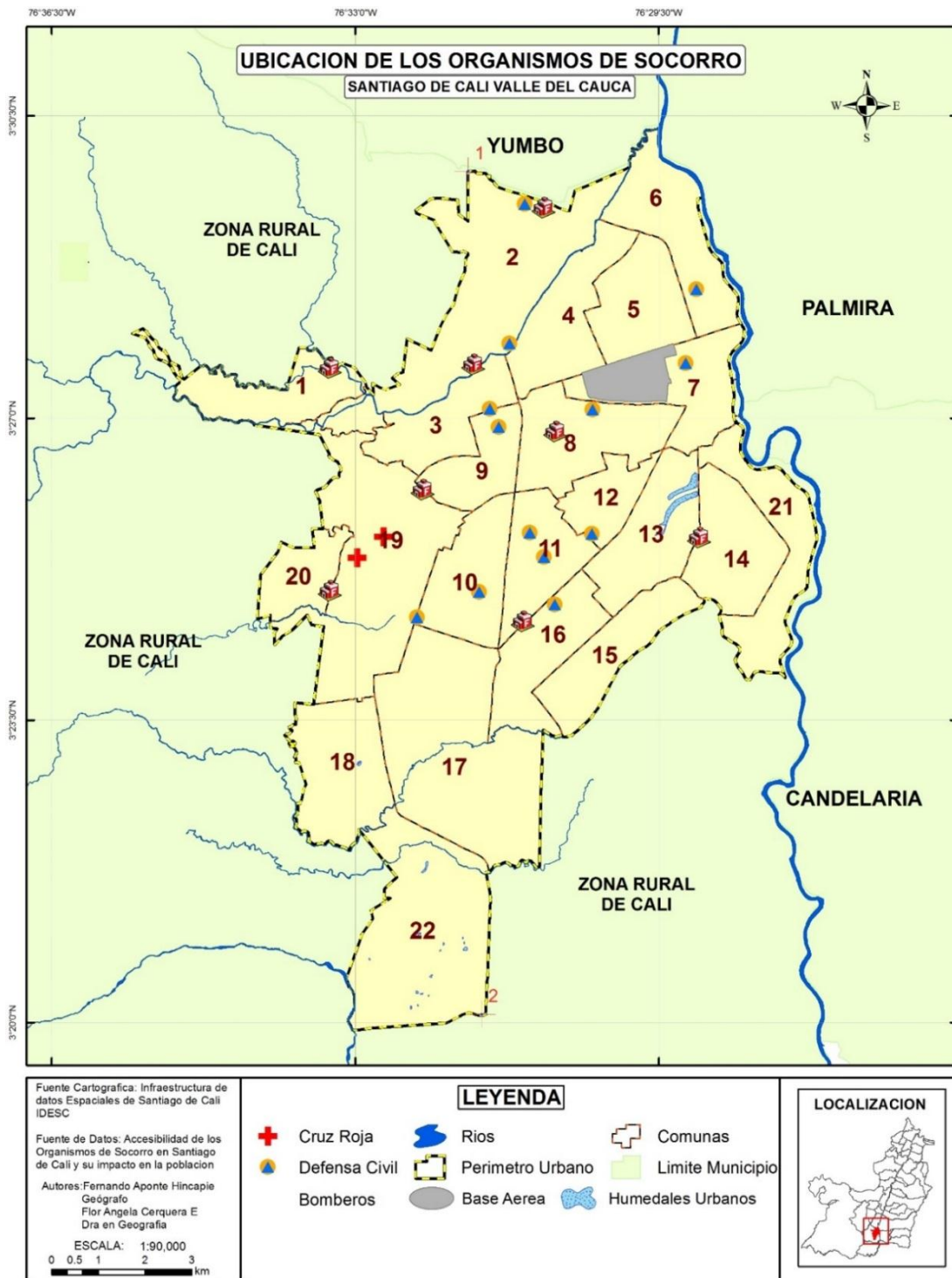


Figura 5. Ubicación de los Organismos de socorro de la ciudad de Santiago de Cali.
Fuente: Propia de investigación.

El análisis se encamina a establecer los lugares de difícil acceso y cuáles son las causas para que se generen estos inconvenientes sobre los organismos de socorro que les impide una adecuada prestación de sus servicios y así otorgar a los entes gubernamentales de la ciudad un instrumento para la toma de acciones pertinentes para el mejoramiento de la atención oportuna de las emergencias ocurridas en la ciudad. A su vez busca establecer las rutas con los menores tiempos de recorridos y llegada de estas entidades a la atención de los incidentes ocurridos en la ciudad beneficiando así a la comunidad caleña.

Por ello se debe tener presente la infraestructura vial existente en la ciudad, la fuente principal de análisis para determinar los lugares con dificultad de accesibilidad, además como la puesta en marcha de planes de mejora de la malla vial contribuyen en una mayor movilidad sobre una visión futura de la ciudad. Dentro de estos planes de visión futurista se encuentran 21 Megaobras como un conjunto de proyectos orientados a modernizar la infraestructura de la ciudad, se destacan ampliaciones viales, espacio público, intersecciones viales y ciudadelas educativas.

Las ampliaciones y rehabilitaciones viales incluidas en las Megaobras permiten mejorar la movilidad de Santiago de Cali al optimizar el acceso de las distintas zonas de la ciudad y disminuir las congestiones vehiculares. La realización de intervención de 250 kilómetros de vías, trae la reducción de tiempos de desplazamiento, además, la prolongación de corredores perimetrales evitan el paso por el centro de la ciudad de vehículos de gran tamaño y vehículos particulares que se dirigen a otros municipios. Otro aporte fundamental de las Megaobras para el desarrollo vial, es la intervención de intersecciones consideradas como puntos críticos donde se registra la mayor cantidad de accidentes y se producen mayores congestiones, donde la solución planteada es la construcción de puentes a desnivel que eliminen la necesidad de semáforos y da mayor fluidez a los vehículos que circulan en la ciudad (Bello, 2012).

1.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. Planteamiento Del Problema.

Con el crecimiento de la ciudad, Santiago de Cali comenzó también las grandes obras de infraestructura: avenidas, calles, puentes, edificaciones en altura, densificación de industrias en la zona urbana y como consecuencias de ello se ha generado el crecimiento vehicular sobre la red vial, (actualmente circulan aproximadamente 450.000 autos particulares y 230.000 motocicletas), generando congestión vehicular a determinadas horas del día, transporte público desordenado (mejorado con la puesta en marcha del transporte masivo de pasajeros), y una infraestructura vial que día a día va quedando obsoleta, además de otros problemas que aquejan e impactan a la población.

Una de las principales preocupaciones dentro de la planificación de la ciudad es la movilidad de los ciudadanos que la habitan, visto ya como conflicto y con tendencia a agravarse por los índices de motorización en crecimiento y la fragilidad y obsolescencia que empiezan a mostrar tempranamente los sistemas de transporte masivo, que para Santiago de Cali es el Masivo Integrado de Occidente –MIO⁴, además del atraso vial que tiene la ciudad por más de un cuarto de siglo. Dentro de la Tabla 7 se puede observar la infraestructura construida para el sistema de transporte de pasajeros de la ciudad.

Tabla 7. Longitud de infraestructura del MIO.

| LONGITUD DEL SISTEMA | | |
|----------------------|-----------|------|
| INFRAESTRUCTURA | TIPO VÍA | Km |
| Corredor Troncal | Exclusiva | 947 |
| Corredor Pretroncal | Mixta | 3007 |

⁴ Es un Sistema Integrado de Transporte Masivo que conecta toda la ciudad a través de rutas troncales que van por corredores viales de dedicación exclusiva, que se complementan con rutas pretroncales que van por corredores principales en vías mixtas de la ciudad.

| LONGITUD DEL SISTEMA | | |
|----------------------|-------|------|
| Corredor Alimentador | Mixta | 1808 |
| TOTAL | | 5762 |

(Continuación tabla 7)

Fuente: Estructurado de datos del Departamento Administrativo de Planeación de Santiago de Cali.

En la capital del Valle del Cauca, emerge el riesgo (ambiental, geológico y social) como uno de sus principales rasgos especialmente el de naturaleza sísmica, y otros de múltiple origen antrópico, como son los incendios, escapes de gas, entre muchos otros. En Santiago de Cali se evidencian amenazas naturales y antrópicas, de antecedentes históricos con trágicos desenlaces, que ameritan el poder trabajar en la disminución de la vulnerabilidad y atención oportuna de estas emergencias, que afectan los pobladores.

En la actualidad los organismos de socorro de manera provisional utilizan las troncales exclusivas del transporte público masivo para dirigirse y atender las emergencias ocurridas en la ciudad, pero que no ha dado los mejores resultados, finalmente, como casi a diario ocurre son el blanco de las quejas ciudadanas causadas por las demoras en la llegada a los lugares de ocurrencia de algún incidente o emergencia; no sobra decir que los conflictos de la vías tanto regular como exclusivas del transporte masivo no desaparecen (intersecciones, semáforos, Foto detención, tiempos y señales), potenciando así los peligros de accidentes, justo lo que deben evitar los organismos de socorro.

En este contexto la propuesta central de la investigación es: **Accesibilidad de los organismos de socorro en Santiago de Cali y su impacto en la población**, entendiendo accesibilidad como mayor o menor facilidad para movilizarse de un lugar a otro, utilizando cualquier medio, según la distancia, las características del terreno, tipos de vías, tráfico, etc. (Padilla, Cruz d` Howitt, & Alvear Brito, 2010). Además analizar los problemas más comunes de accesibilidades propias de las dinámicas urbanas de la ciudad de Santiago de Cali (movilidad y accesibilidad), y establecer cuáles son las áreas de mayor dificultad de accesibilidad debido a problemas de infraestructura vial.

Las incógnitas centrales que presenta la investigación, que enmarcan la hipótesis son:

¿De acuerdo con la localización y distribución de las sedes de los organismos de socorro, poseen las condiciones de accesibilidad adecuadas para atender las emergencias en la ciudad de Santiago de Cali?

¿La infraestructura vial actual ha beneficiado o afectado la accesibilidad de los organismos de emergencia en la atención de emergencias?

¿Cuáles son las zonas de difícil accesibilidad donde se movilizan los organismos de socorro en la ciudad de Santiago de Cali?

Es así que la investigación se plantea desde las bases teóricas de la Geografía Neopositivista, buscando consolidar la fundamentación sobre el análisis espacial, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), entrevistas semiestructuradas con cartografía participativa del personal perteneciente a los organismos de socorro; la consolidación del estudio se fundamenta desde el análisis de redes, todo con el fin de tratar de minimizar impactos en desastres y emergencias atendidas por los organismos de socorro de la ciudad.

El estudio se encamina a ser un aporte importante a los organismos del estado, especialmente entidades de socorro de la ciudad de Santiago de Cali, para que posean parámetros de verificación de sus condiciones de accesibilidad para la atención de desastres y emergencias en general. También es una herramienta útil a los organismos de socorro municipales, los cuales les orientará en el diseño y optimización de planes integrales de ubicación de sedes y del trazado de sus rutas óptimas de atención para atender en el menor tiempo posible y el desplazamiento con seguridad a los lugares donde se les requiera, especialmente cuando los llamados de emergencia coinciden con las denominadas horas pico⁵.

⁵ Es la denominación que se le da al periodo de tiempo, no necesariamente una hora, en el que regularmente se producen congestiones, donde es difícil la movilidad tanto del transporte público como privado.

1.2.2. Hipótesis.

La localización de las sedes de los organismos de socorro de la ciudad de Santiago de Cali, en función de la red vial y los flujos existentes poseen una distribución espacial que les permite una suficiente accesibilidad y conectividad para atender de manera oportuna las emergencias por desastres que se presentan y que minimizan los impactos sobre las comunidades más vulnerables de los sectores críticos de la población.

1.2.3. Objetivos.

A. Objetivo general.

Realizar un análisis de la distribución espacial en su localización, de las sedes de los organismos de socorro, con respecto a la configuración y estructuración de la red vial de la ciudad de Cali y determinar su accesibilidad en la atención de incidentes y emergencias.

B. Objetivos específicos.

Analizar el modelo vial actual de la ciudad de Santiago de Cali, en sus elementos de infraestructura física y de flujos, que interrelaciona las áreas y puntos críticos con los organismos de socorro, para determinar el nivel de desempeño de estos, en la atención de emergencias que afectan a la población.

Identificar los puntos y las zonas críticas, de mayor vulnerabilidad de la ciudad, analizar el área de influencia de los organismos de socorro, las distribuciones espaciales de equipamientos que corresponden a éstos que permiten atender las necesidades de la población a la hora de una amenaza natural o antrópica.

Determinar los niveles de accesibilidad y establecer cuáles son las zonas y puntos de mayor o menor vulnerabilidad de la ciudad, con respecto a los grados de accesibilidad para efectuar una mayor o menor atención a las emergencias.

1.2.4. Población y Muestra.

Dentro de la población y muestra que se tiene en cuenta para la investigación, están presentes cada una de las instituciones prestadoras de servicios de emergencia dentro de la ciudad de Santiago de Cali y sus zonas aledañas, las cuales sus funciones se describieron anteriormente y la cantidad de sedes de cada una de los organismos de socorro se pueden apreciar dentro de la Tabla 9.

Tabla 8. Sedes de organismos de socorro en la ciudad de Santiago de Cali.

| ORGANISMO | Nº SEDE |
|------------------|----------------|
| Cruz Roja | 2 |
| Defensa Civil | 13 |
| Bomberos | 8 |
| TOTAL | 23 |

Fuente: Elaboracion Propia.

Para la definición de la población - muestra de la investigación se tiene como base la Tabla 10, que presenta el tipo de variable observado para cada una de las entidades de socorro, pues es esta la información que se constituye en la fuente de confiabilidad para la selección de la entidad de socorro con mayor representatividad en la generación de datos de emergencias atendidas en la ciudad. Cabe resaltar la labor de todas las instituciones las cuales se tuvieron en cuenta para la realización de la investigación.

Luego de la consecución de la información y una vez estructurados los datos sobre la atención de emergencias atendidas por los organismos de socorro, esto dio como resultado que la población muestra de datos seleccionada para el estudio es la del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la ciudad de Santiago de Cali por su mayor

valoración en cantidad, completitud y validez al constatarse una muestra en su veracidad, así mismo por la ubicación de cada una de las sedes de esta entidad⁶.

Tabla 9. Información de atención de emergencias atendidas por los organismos de socorro.

| TABLA PARA RECOLECCION DE EMERGENCIAS ATENDIDAS POR LOS ORGANISMOS DE SOCORRO | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------|
| CATEGORIA | DIMENSION | VARIABLE | INDICADOR | | PONDERADOR | |
| | | | CUALES SON | FORMAS DE MEDIR | SI | NO |
| ATENCION DE EMERGENCIAS | ORGANISMOS DE SOCORRO | BOMBEROS | ESTACIONES | INCIDENTES O EMERGENCIAS CATASTROFES | | |
| | | CRUZ ROJA | SEDES | | | |
| | | DEFENSA CIVIL | JUNTAS | | | |

Fuente: Elaboracion propia.

⁶ Para obtener más información de los emergencias atendidas y la tabla de indicadores dirigirse al apéndice B

2. FUNDAMENTACIÓN.

2.1. Marco Epistemológico.

El crecimiento acelerado de la población urbana y las variaciones funcionales a las que se van sujetas las ciudades en su estructura interna, son un común denominador del paisaje de las ciudades en varias partes del mundo (Hernández Rea & Villa Morales, 2013). Pero ello, no resulta un problema significativo sin otros fenómenos asociados como: el constante aumento de la distancia entre lugares, el incremento del tránsito vehicular y su influencia sobre las pautas que rigen los desplazamientos de las personas y elementos (modos, dirección, frecuencia, costos, preferencias), la insuficiente capacidad de las redes viarias a los volúmenes y crecimientos de los flujos del tránsito actual, el escaso cumplimiento de la normativa específica, la ausencia de mecanismos de control que supervisen de manera efectiva el comportamiento de los sujetos usuarios de las vías, entre otros aspectos (Cardozo, Gomez, & Parras, 2009)

Con base en Haggett (Haggett, 1976), puede afirmarse que geográficamente los movimientos y las redes han sido poco estudiados, pese a que constituyen una cuestión medular en el análisis espacial, y afirma que su relación con el desplazamiento diario de los ciudadanos es fundamental, ya que hace factible el cumplimiento diario de sus funcionalidades, actividades y gestiones medulares. La importancia de esta correspondencia solo se pone en evidencia, al producirse paralizaciones y otros impedimentos que marcan la impotencia para poder concretar las relaciones (Cardozo, Gomez, & Parras, 2009), con mayor razón las de funcionalidad en otorgar condiciones de sobrevivencia de comunidades y poblaciones.

La movilidad en la atención de la emergencia consiste fundamentalmente básicamente en el conjunto de movimientos que realizan las personas desde sus lugares de trabajo hacia aquellos sitios en que se requiera el cumplimiento de acciones de auxilio en la mayoría de las veces, o en el caso tal donde se presenten incidentes sobre poblaciones o comunidades de mayor vulnerabilidad- generando la satisfacción de necesidades concretas – atender la salud, o complicaciones sociales, etc. (Cardozo, Gomez, & Parras, 2009). Su duración en el tiempo está en función de la distancia existente entre el lugar de localización del ente de socorro y el centro de actividad vulnerable que actúa como generador de flujo de emergencia, y su

eficacia está en función de las fricciones al desplazamiento según los diferentes modos de transporte utilizados (Cardozo, Gomez, & Parras, 2009).

Investigar la movilidad en función de la atención de emergencia para la supervivencia requiere profundizar sobre cómo se concibe el concepto de análisis espacial desde la geografía y más desde la Geografía Neopositivista fundamentada en la geografía de redes y nodos; la base fundamental de la Geografía Neopositivista es cuantificar por medio de métodos matemáticos o estadísticos los procesos ocurrientes en un territorio determinado, su concepción se apoya en hechos de observación y en las experiencias (experimentación) que se ordenan científicamente para dar respuesta a interrogantes que surgen de ellos y esencialmente a las que hacen referencia al cuanto (cuantificación - objetivación), dónde (problemas de localización) y por qué (análisis causal). El espacio debe ser considerado no sólo en términos absolutos sino también en términos relativos (espacio-costos, espacio-tiempo, o distancia-costos, distancia-tiempo, distancia social), si quiere dar respuestas a las preguntas sobre localizaciones relativas, porque muchas realidades y situaciones geográficas que afectan al comportamiento de las personas se explican más a partir de espacios relativos que de espacios absolutos (Reques Velasco, 2007).

El análisis espacial se centra en la producción de modelos, generalmente matemáticos, en el marco de importantes cuerpos teóricos, como la teoría de la localización de industrias y servicios, la teoría de las redes, la estadística espacial o geoestadística, la teoría de la interacción - distancia, la centrografía, la taxonomía espacial, la teoría de los lugares centrales, etc. En cada uno de estos cuerpos teóricos se pueden diferenciar los modelos diagnósticos de los prospectivos (Sánchez, 2007).

El análisis espacial pone en evidencia estructuras y formas de organización espacial recurrentes, que resumen por ejemplo los modelos centro-periferia, los campos de interacción de tipo gravitatorio, las tramas urbanas jerarquizadas, los diversos tipos de redes o de territorios, etc.... Analiza los procesos que se encuentran en el origen de esas estructuras, a través de conceptos como los de distancia, de interacción espacial, de alcance espacial, de polarización, de centralidad, de estrategia o elección espacial, de territorialidad... Leyes de la espacialidad vinculan a esas formas y esos procesos, y están integradas en las teorías y los modelos del funcionamiento y la evolución de los sistemas espaciales. Los métodos utilizados para el análisis espacial son muy diversos. El empleo de la estadística clásica conduce a olvidar en un primer momento la localización de los objetos y completada por la cartografía, encuentra luego, en un análisis en términos de residuos, los efectos espaciales. (Pumain, 2015).

Por otro lado indagar sobre la Geografía del Transporte, base de esta investigación es estudiar el contexto del transporte en su análisis espacial, la expansión urbana de sus redes para el transporte, la accesibilidad, densidad poblacional, equipamientos entre otros, no son ajenos a la geografía la distribución de los fenómenos naturales y humanos sobre la superficie terrestre figura entre las preocupaciones centrales (Cardozo, Gomez, & Parras, 2009).

La Geografía del Transporte se ocupa de los sistemas de transporte como parte de la organización de los espacios geográficos. Sus temas principales de estudio son la configuración y características de las redes de transporte, los flujos que se dan sobre estas redes y los problemas relacionados con el transporte, como la congestión, la contaminación, su papel en el desarrollo socioeconómico de los espacios geográficos en que se integran, etc., (Yupanqui Villalobos, 2011).

Barbero y Quinn (Barbero & Quinn, 1986) señalan... en la medida en que el transporte sea la herramienta que permita superar la fricción impuesta por la distancia que separa a la población de los diversos centros de actividad, prácticamente no existe movimiento [desplazamiento o intercambio] alguno que sea posible sin los transportes. Las redes de transporte tienen la capacidad de incidir en la forma, la cohesión, los límites, la conexión e interacción (flujos) de un territorio, por lo tanto, el problema de la distribución espacial es aplicable a los desequilibrios en las mismas.

Por último en Geografía, la accesibilidad de un lugar se define en general como la mayor o menor facilidad con la cual ese lugar puede ser alcanzado a partir de uno o varios lugares, por uno o varios individuos susceptibles de desplazarse con la ayuda de todos o algunos de los medios de transporte existentes. Por consiguiente, la accesibilidad no se refiere sólo a la única posibilidad de alcanzar o no un lugar dado, sino que alude también a la peligrosidad del desplazamiento, a la dificultad de la puesta en relación, entendida la mayor parte de las veces por la medida de las tensiones espacio-temporales. De ello se desprende que la accesibilidad depende, no solamente de la posición geográfica respectiva de los lugares de origen y de destino, sino también del nivel de servicios ofrecido por el o los sistemas de transporte utilizados para llevar a cabo el desplazamiento (Chapelon, 2014).

2.1.1 Geografía y ciudad.

La ciudad es una organización socioeconómica resultado de la especialización del trabajo de sus habitantes, es un foco de actividades y flujos que se producen en el

espacio, es nudo de transporte y comunicaciones que facilitan la accesibilidad e interacción entre ella y los fenómenos situados en el espacio circundante, es aquí donde se desarrollan las actividades económicas, el estudio de la ciudad es importante por todas las interacciones presentes en ella (Franco & Monroy, 2006).

El estudio de la ciudad se inició en el siglo XIX con los geógrafos alemanes que se centraron en un enfoque naturalista-ambientalista, donde lo primordial era analizar las ciudades según su situación, emplazamiento y plano. Analizaron la evolución urbana, las actividades económicas y las funciones urbanas. El hito más importante en el campo de los estudios funcionales sobre las ciudades lo marcó Walter Christaller, con su tesis sobre las localidades centrales del sur de Alemania del año 1933 (geohistoriaymas, 2014).

En los años 60 del siglo XX, la Geografía Radical integró los aspectos demográficos y sociales en los estudios urbanos, y clasificó las ciudades en función del tipo de desarrollo económico de los países; de este modo, se elaboraron estudios sobre la ciudad socialista y las ciudades del Tercer Mundo (Maderuelo, 2010). Desde mediados del siglo XIX todas las grandes ciudades se están transformando. En breves años se duplicó y triplicó la población de Londres y París, adquiriendo estas urbes unos tamaños excepcionales. Las ciudades que progresaban y crecían necesitaban nuevas infraestructuras, como vías, estaciones de ferrocarril, fábricas y almacenes; también teatros, mercados y edificios suntuarios e institucionales cuyas presencias transformaron la fisonomía de la ciudad aportando grandes masas edificadas, torres, etc. (Maderuelo, 2010).

2.1.2 Geografía y Análisis Espacial.

Hablar de Análisis Espacial es poner en evidencia estructuras y formas de organización espacial recurrentes, que resumen por ejemplo los modelos centro-periferia, los campos de interacción de tipo gravitatorio, las tramas urbanas jerarquizadas, los diversos tipos de redes o de territorios, etc.... Analiza los procesos que se encuentran en el origen de esas estructuras, a través de conceptos como: los de distancia, de centralidad, de territorialidad, de movilidad, de leyes de la espacialidad que vinculan a esas formas y esos procesos, y están integradas en las teorías y los modelos del funcionamiento y la evolución de los sistemas espaciales de los lugares (Rosales Sánchez & Centeno Álvarez, 2009).

Los métodos utilizados para el análisis espacial son muy diversos, como el empleo de la estadística, de la cartografía, de morfología de geoestadística ente otros, para comprender los procesos ocurridos en algún territorio del planeta y así poder entender los sucesos allí ocurridos. Procesos que dan solución a problemas que se encuentran a diario en la planificación de las ciudades, como lo son, definir la ubicación espacial de las entidades sean cual sean.

Una atención particular merece, en análisis espacial, la definición de la escala geográfica considerada, del nivel de observación, ya se trate del nivel "microscópico" de los actores individuales o de agregados espaciales definidos en los niveles meso o macro geográficos. El análisis espacial es una rama de la investigación geográfica cuyo desarrollo es relativamente reciente. Apoyándose sobre los métodos estadísticos y los modelos matemáticos, utilizando los mapas, integrando también los resultados de encuestas sobre los comportamientos en el espacio y sus representaciones, el análisis espacial es empleado por muchas otras disciplinas además de la geografía: en economía espacial (o ciencia regional), historia, agronomía, arqueología, ciencias del medio ambiente, etc. (Pumain, 2015).

2.1.3 Geografía y Accesibilidad.

En Geografía, la accesibilidad de un lugar se define en general como la mayor o menor facilidad con la cual ese lugar puede ser alcanzado a partir de uno o varios lugares, por uno o varios individuos susceptibles de desplazarse con la ayuda de todos o algunos de los medios de transporte existentes.

Por consiguiente, la accesibilidad no se refiere sólo a la única posibilidad de alcanzar o no un lugar dado, sino que sugiere también a la peligrosidad del desplazamiento, desplazamientos realizados a gran velocidad y con una gran cantidad de vehículos en la vías las cuales no son las más adecuadas o en algunas oportunidades no se encuentran en óptimas condiciones, las cuales causan una dificultad de las relaciones existentes en diferentes espacios de la ciudad. Es así que se puede afirmar que la accesibilidad depende, no solamente de la posición geográfica respectiva de los lugares de origen y de destino, sino también del nivel de servicios ofrecido por el o los sistemas de transporte y la infraestructura vial presente utilizados para llevar a cabo el desplazamiento.

Para poder realizar los desplazamientos y alcanzar el lugar deseado hay que lograr el conocimiento sobre la estructura de la red (sinuosidad y configuración de las vías); en

su calidad, entendiendo por ello sus características físico - técnicas; su topografía; la regulación en el control del tránsito; las características técnicas del vehículo tipo, o, haciendo un paralelismo con la marcha a pie, de la condición física del individuo; la congestión, que impide el buen funcionamiento del sistema y hace variar de este modo la calidad del servicio, según los días del año y las horas de la jornada (Chapelon, 2014).

Finalmente, en un significado más general, la accesibilidad no se limita solamente al desplazamiento de individuos de un lugar a otro. Por ejemplo, en una red de telecomunicaciones, la accesibilidad a un nodo está ligada con la posibilidad y la calidad de la adquisición, incluso del intercambio de informaciones, a partir de uno o de varias uniones. Además también existen otros criterios los cuales podrían ser considerados: económicos, estéticos, paisajísticos, ambientales, turísticos, etc. De este modo, el nivel de accesibilidad observado está estrechamente ligado a los criterios de medida (tiempo del trayecto, longitud, de su costo, etc.) (Chapelon, 2014).

2.1.4 Geografía de Redes.

En el ámbito de la Geografía, se denomina red a una organización espacial que indica cómo se desarrolla el movimiento de personas, bienes o información. La red está formada por nodos interconectados. La idea de red es extremadamente útil para la comprensión de las diversas formas en que se articula el espacio geográfico, que contiene algún tipo de desplazamiento. Las interconexiones son caracterizadas por el concepto de flujo, que indica el ritmo de desplazamiento de entes que tiene lugar por unidad de tiempo entre los diversos nodos.

Las redes son los canales de articulación de lo local con lo global, vehículos de nuevas interacciones entre territorios y vías para la circulación de bienes, personas, ideas, capitales, símbolos e imágenes. Se encuentran en el centro de procesos complejos que han sido considerados como de compresión espacio-temporal y de ampliación del mundo de manera simultánea. Pero al mismo tiempo, las redes son vehículos de la diferenciación y fragmentación territorial, con una alta selectividad que incluye y excluye en un mismo momento (Blanco, San Cristobal , & Apaolaza , 2014).

Las redes son sistemas lineales y continuos que permiten la circulación de las materias, la energía, las poblaciones y los bienes, entre diferentes puntos del espacio. Las redes están jerarquizadas en distintas escalas y se cruzan en nodos. Cuanto más

densidad de población, desarrollo económico o nivel tecnológico tenga una sociedad, más densas y variadas serán sus redes. Las redes son las que garantizan el dominio y la ordenación de un territorio. La creación de una red es fruto del esfuerzo colectivo a lo largo del tiempo (Verdugo, 2008).

Para estudiar las redes se hace necesario entender el concepto de grafo: En matemáticas y ciencias de la computación, la teoría de grafos estudia las propiedades de los grafos, que son colecciones de objetos llamados vértices (o nodos) conectados por líneas llamadas aristas (o arcos) que pueden tener orientación (dirección asignada). Típicamente, un grafo está diseñado por una serie de puntos (los vértices) conectados por líneas (las aristas) (Bonomo, 2009).

2.2. Algunos Trabajos de Referencia.

Con respecto a trabajos realizados que tienen en cuenta la accesibilidad de los organismos de socorro a nivel internacional encontramos un ejemplo muy claro desarrollado por el departamento de bomberos de Dallas denominado: *GIS Network Analysis of Fire Department Response Time Dallas, Texas* (tiempo de respuesta del departamentos de bomberos de Dallas por medio de análisis de redes en sistema de información geográfica), hace referencia a las áreas de servicios que deben ser creadas por parte de los Bomberos de la ciudad de Dallas para brindar una cobertura optima y analizar los tiempos de respuesta desde las estaciones al sitio de la emergencia.

Dentro del estudio realizado se utilizan los Sistema de Información Geográfico (SIG), los cuales son manejados como medio para observar visualmente las ubicaciones de las estaciones de bomberos en la ciudad de Dallas y calcular de los tiempos de recorrido de una gran variedad de rutas utilizadas por los vehículos de emergencia. Tiempos de recorrido de respuestas que se utilizan por parte de los Bomberos de la ciudad de Dallas en la realidad, para la atención de las emergencias presentadas (Howerton, 2006).

Dentro de las conclusiones se encuentran las áreas de cobertura generada a partir del SIG desde las sedes de bomberos con velocidades promedio de 60 a 65 millas por hora (96,5 a 104,6 kilómetros por hora), estas áreas generadas a tiempos de respuesta de uno, tres y cinco minutos de respuesta dando como resultado un polígono, con superposición de estos en los límites con condados vecinos.

También se puede hacer referencia al trabajo desarrollado en la Universidad de Bio de Chile, **Evaluación de un Instrumento para Medir el Acceso a Equipamientos y Servicios Urbanos: El Caso de Concepción**, donde explica la evaluación de un instrumento basado en un SIG para determinar el nivel de proximidad a equipamientos y servicio a nivel de barrio. A partir de un conjunto seleccionado de equipamientos, se dibujan círculos sobre un plano de la comuna con radios que representan la accesibilidad a nivel de barrio. A las áreas dentro de los círculos se les asigna un puntaje equivalente a un cierto nivel de acceso, a las localizaciones vecinales dentro de la intersección de dos o más círculos se les asignan puntajes crecientes en su nivel de acceso. El resultado es un “mapa de accesibilidad” de la ciudad que representa el número de servicios o “bienes urbanos” a los que una persona puede acceder desde una localización específica de su barrio. Este mapa se compara luego con la distribución de población y es analizado respecto de déficits de equipamiento y servicios (Lira & Vidal G, 2009).

En la investigación se midió la accesibilidad en términos de la distancia relativa a la que se encuentra la población de uno o varios de estos “bienes urbanos”, además de establecer el radio de influencia que cada uno de éstos tienen en relación con la población servida, lo cual se deriva en una mejor o peor accesibilidad dependiendo si se encuentra dentro o fuera de este radio de influencia.

El estudio de caso se aplica a la ciudad de Concepción (Chile), donde se seleccionó unos equipamientos y servicios, donde se localizaron establecimientos educacionales, áreas verdes, salud, y protección, se consideraron establecimientos educacionales de tipo pre-escolar, básica, media y superior, en áreas verdes, parques y plazas, en salud, hospitales, clínicas y consultorios por ultimo en seguridad, policía y bomberos.

Se trabajó con complementos cartográficos de los planos surgidos mediante Arc View 3.2, complementado con análisis matricial de las variables, en el proceso se identifican los equipamientos seleccionados por tipo y, mediante círculos concéntricos con centro en cada equipamiento, se determina el área de influencia de cada uno a distancias determinadas, el área residencial comprendida dentro del círculo se entiende como la población servida por ese determinado equipamiento.

Las conclusiones generadas en esta investigación son las siguientes, hay una serie de factores que limitan la accesibilidad por lo que la simple definición de un radio puede no ser suficiente para indicar accesibilidad. No solo las áreas generadas por las

circunferencias son las más adecuadas, la accesibilidad a los equipamientos es una herramienta para la ubicación de residencias en el caso de compra o de arriendo de estas.

En la tesis desarrollada por Condeço Melhorado (Melhorado Condeço, 2011), denominada **Externalidades Espacial de Infraestructura de Transporte**, se propuso una nueva metodología que mejora la medición de los efectos indirectos de desbordamiento de las infraestructuras de transporte, utilizando indicadores de accesibilidad y los Sistemas de Información Geográfica. La metodología de la tesis se basa en la aplicación de los indicadores de accesibilidad en un SIG. Su aplicación permite determinar hasta qué punto los cambios en un sistema de transporte de una región generan impactos - tanto positivos como negativos- en otras regiones. La metodología se propone como una herramienta útil para la planificación del transporte, y en particular para el análisis de los impactos territoriales de la infraestructura vial.

En cuanto a la metodología utilizada, se implementa un modelo de transporte en un SIG basado en vectores requeridos para considerar la red de transporte y de sus relaciones, por medio de indicadores de accesibilidad, utilizando una matriz para realizar un cruce de cada una de las variables: Indicadores de accesibilidad (infraestructura, actividades, contorno, potencialidades, espacio tiempo y utilidad) y los criterios de locación. Una vez establecidas las medidas de accesibilidad para ser utilizadas el siguiente paso es aplicar los indicadores en SIG, los cuales constan de seis procesos: definición del problema, la recopilación de datos, la selección y la especificación de las medidas, la medición de accesibilidad y, finalmente, la interpretación y la evaluación.

Para la utilización de indicadores en SIG se tuvo en cuenta en el proceso la impedancia la cual implica el uso espacial y/o de la red análisis para determinar la distancia entre cada par de centros que representan el origen y destino de los viajes. La impedancia se mide a través de la red de transporte, teniendo en cuenta variables tales como el tiempo o costes de transporte generalizadas, y proporciona las matrices origen-destino que servirá como base para el cálculo del indicador de accesibilidad. En las conclusiones de la investigación se proponen las zonas de limitada accesibilidad, al igual de áreas con una adecuada accesibilidad y la ubicación ideal de algunos equipamientos para la utilización adecuada de los medios de transporte existentes en la ciudad.

Con respecto a investigaciones desarrolladas a nivel nacional podemos encontrar unos estudios realizados en la ciudad de Bogotá D.C. denominado: **Desarrollo del Sistema de Información Integrado para la Gestión y Atención de Emergencias**, donde se construye un sistema que provee una serie de módulos los cuales permite el desempeño eficiente de la entidad a través de herramientas tecnológicas integradas orientadas al cumplimiento de la misión de las entidades de emergencias. El manejo adecuado de la información garantizado por la implementación y mantenimiento del sistema, impacta de manera directa y positiva al objetivo principal de la entidad, orientado a la protección de la vida y patrimonio de los ciudadanos y ciudadanas, mediante la prevención de incendios e incidentes con materiales peligrosos y la atención efectiva y segura de las emergencias (Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial Bomberos Bogota, 2014).

Otro caso que se puede resaltar es un trabajo de grado desarrollado en la ciudad de Pasto-Nariño, denominado: **Diseño y aplicación de un SIG para el monitoreo de incidentes y emergencias, registrados por la DPAED (Dirección para la Prevención y Atención Emergencias y Desastres) en la ciudad de San Juan de Pasto 2004-julio 2011**. Este proyecto tuvo como finalidad diseñar e implementar un Sistema de Información Geográfica que contenga un registro detallado de información cartográfica y alfanumérica representada en las diferentes viviendas, predios, barrios, calles, entre otros, lugares donde se ha presentado una emergencia o exista un riesgo potencial ante la ocurrencia de un incidente que pueda afectar a la comunidad (Arteaga Vallejo & Calpa, 2013). El objetivo principal de esta investigación fue diseñar y aplicar un Sistema de Información Geográfica para el monitoreo de incidentes y emergencias registradas por la Dirección para la Prevención y Atención Emergencias y Desastres en la ciudad de San Juan de Pasto a partir del año 2004 hasta Julio de 2011.

La metodología consistió en tomar las bases de datos suministradas por la entidad de Prevención y Atención de Emergencias y Desastres (reportes, cuestionarios, informes, encuestas), la cual se estructuró en el Sistema de Información Geográfica por medio de reconocimiento del área de trabajo (área urbana de San Juan de Pasto), además de recopilación de información secundaria y primaria, elaboración de modelos entidad-relación, modelo lógico y el catálogo de objetos. Se hace recolección de bases de datos de reportes de incidentes, informes de inspección ocular y atención de emergencias, una vez obtenidos estos archivos se realiza la recolección de la información por medio de la técnica del fichaje, se georreferencia la

información y se corrigió los archivos cartográficos, se estandarizo toda la información para poder realizar los análisis necesarios.

Se realizan visitas de campo para comparar la información recopilada, y así sea de la mayor precisión posible, estas visitas dan como resultado unas bases de datos, por medio de la información recolectada, se estableció el modelo entidad – relación que permitió representar y esquematizar el orden de las capas que conforman el SIG la descripción de los datos geográficos y no geográficos, por último se crean las bases de datos en un archivo plano para que puedan ser leídas con el software utilizado para este caso ArcGis 9.3 y así se construyen los otros shapefiles.

Entre las conclusiones generadas por la investigación se encuentran: la construcción de un sistema que permite reflejar las problemáticas a las que se enfrenta la comunidad de la ciudad de San Juan de Pasto, determinando zonas de afectación por fenómenos de tipo natural que contribuyen a la realización de futuros estudios de vulnerabilidad social más detallados, estudios de vulnerabilidad física sobre las estructuras que podrían ser afectadas ante la ocurrencia de un fenómeno desastroso, entre otros. Además se construyó una cartografía digital de calidad de gran importancia para la Alcaldía de la ciudad al manejar diferentes procesos o estudios con los SIG y para la adecuada toma de decisiones.

En la ciudad de Tunja se desarrolló una investigación denominada **Patrones Territoriales De Movilidad en la zona urbana de Tunja. Aplicación Con SIG** (Centina R. & Quebrada R., Patrones Territoriales de Movilidad en la Zona Urbana de Tunja. Aplicación con SIG, 2014), el cual su objetivo principal fue realizar un diagnóstico espacial de la movilidad, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfico que permita identificar claramente los distintos patrones de movilidad presentes en la zona urbana de la ciudad de Tunja, así mismo se brinda una herramienta sistematizada que respalde algunas de las decisiones en cuanto a movilidad por parte de las entidades pertinentes.

La metodología empleada en el proyecto, se desarrolla en cuatro etapas: la primera etapa de recolección de información secundaria y la recolección de la información en campo de variables operacionales de la malla vial de la ciudad para la elaboración del modelo, en la etapa dos se selecciona y clasifica la información recolectada, se tabula para su tratamiento, en la tercera etapa se valida la información y en la etapa cuatro y final se presentan un documentos con los resultados obtenidos.

Las conclusiones principales de la investigación permitió el análisis de las redes por medio de grafos, lo cual se realizó zonificando la ciudad de Tunja, además la utilización de la red local de transporte de la ciudad al descomponerla en sub grafos permite evidenciar una falta de conexión entre las micro zonas obtenidas, debido especialmente a que estas zonas no cuentan con un corredor distinto al de la avenida para intercomunicarse entre ellas, el transporte público favorece a la ciudadanía de la zona urbana en pocas micro zonas en la cual se dividió la ciudad, la mayor cantidad de población de la ciudad está localizada en las zonas de difícil acceso, como son las zonas de alta pendiente.

Por último consultando investigaciones realizadas en la ciudad de Santiago de Cali, son mínimos en análisis de redes, pero en la temática específica no se logra encontrar algún estudio relacionado con la accesibilidad de los organismos de socorro que actúan en la ciudad, cabe resaltar que estos estudios sirven de referencia para la realización de la indagación que se pretende desarrollar, además de otros estudios que no se referenciaron en esta oportunidad pero que han servido de base conceptual en el desarrollo de la investigación.

2.3. Organización Espacial de la Malla Vial.

Investigar la organización espacial de la red vial urbana y el método a establecer que requiere, para la aplicación de indicadores de conectividad, accesibilidad y centralidad. El sistema espacial lo conforman elementos fundamentales como son los nodos o núcleos urbanos generadores de actividades y las conexiones entre ellos, en términos topológicos, los nodos y arcos del grafo. Los núcleos están constituidos por los sectores en que se localizan los organismos de socorro, lo que puede permite incluir en la red topológica a todos los núcleos de socorro urbanos y semiurbanos de la región. Por su parte, los arcos se definen por el trazado de la calle que une los diferentes nodos de la red, distinguiendo los que corresponden a la red de Arterias principales y los de la red local o secundaria.

2.3.1 Indicadores de Conectividad.

Las medidas de conexión permiten determinar el grado de comunicación recíproca entre los distintos nodos y tienen especial interés si se analizan a través del tiempo (Seguí Pons & Petrus Bey, 1999). Los indicadores de conectividad se fundamentan

en el número de arcos y de nodos y en las relaciones que se establecen en función de estas cantidades, lo que significa que entre más nodos y arcos presente una red esta tendrá mayor conexión y favorecerá el flujo de ciertos elementos. Estos índices utilizados se establecen en la Tabla 11.

Tabla 10. Índices de Conectividad en una red vial.

| ÍNDICE | DEFINICIÓN | FORMULACIÓN |
|-----------------------------------|---|------------------------------|
| El índice Beta (β) | Es la relación entre el número de arcos y nodos de la red, Siendo “a” el número total de arcos y “n” el de nodos. | $\beta = a / n$ |
| El índice Gamma (γ). | Establece la relación del número de arcos que tiene el grafo y el máximo posible. Frente al indicador anterior, este supone la gran ventaja de efectuar comparaciones entre redes de distinto número de nodos. | $\gamma = \frac{2a}{n(n-1)}$ |
| El número Ciclomático (u). | Es el número de circuitos que tiene un grafo. Pero esta formulación es aplicable sólo a las redes coherentes, por lo que hay que recurrir a fórmulas que Integren redes constituidas por varios subgrafos: $u = a - n + g$ Siendo g el número de subgrafos de la red. | $u = a - (n - 1)$ |
| El índice Alfa (α) | Expresa el radio entre el número de circuitos de un grafo y el máximo posible. | $\gamma = \frac{u}{2n - 5}$ |

Fuente: Tomada de (Centina R. & Quebrada R., Patrones Territoriales de Movilidad en la Zona Urbana de Tunja. Aplicación con SIG, 2014).

2.3.2 Indicadores de Accesibilidad.

Las medidas de accesibilidad, permiten analizar la organización espacial de los nodos de un grafo, y los procesos de competencia que se establecen, jerarquizados según la facilidad de acceso desde cada uno en relación a los restantes nodos contenidos en el grafo (Garrido Palacios, 1995). En la Tabla 11 se puede visualizar los índices

utilizados dentro la investigación, además de aplicación e indicador de cada uno de ellos.

Tabla 11. Índices de Accesibilidad de la malla vial.

| ÍNDICE | FORMULA | APLICACIÓN | INDICADOR |
|--------------------------------------|--|--|---|
| Índice de Densidad media (IM) | $I_s = \frac{L}{S}$ | Permite una primera aproximación de la distribución cuantitativa de la red vial. donde L es la longitud en km de la red vial, y S es la superficie (km ²) del área en estudio | Este índice da a conocer el nivel de desarrollo de la configuración vial, donde se asocia mayor desarrollo en las áreas con más kilómetros de vías. |
| Coefficiente de Engels (IE) | $IE = \frac{km V * 100}{\sqrt{(S * P)}}$ | Permite obtener la eficiencia vial a través de la relación de la longitud de las vías, tanto con la superficie del área estudiada como con la población que alberga. Donde km V es la longitud de la vías, S la superficie (km ²) y P el número total de habitantes | Se comprueba la facilidad de circulación de personas e intercambio de bienes y servicios ya que a mayores valores, mayor es la eficiencia. |
| Accesibilidad Ideal (AI1) | $AI1 = \sum di1n$ | Se calcula a partir de la sumatoria de las distancias lineales entre un punto respecto a otros puntos de interés y permite observar cuan distante está un punto de otro en línea recta. Donde AI1 es la accesibilidad ideal del punto y di 1n es la distancia del punto 1 con respecto a cada punto n del área de estudio. | Se evidencian la distancia e implicaciones de los usuarios para acceder a la red de transporte o a un servicio dentro de la zona de estudio. |

| | | | |
|--|--------------------------|--|--|
| Accesibilidad (AR1) | $AR1 = \sum di1n$ | Permite precisar la distancia a través de las vías de Comunicación, entre un punto del espacio respecto a otros puntos, Para calcular la distancia real entre dichos puntos. Donde AR1 es la accesibilidad real del punto y di ln es la distancia del punto l con respecto a cada punto n del área de estudio. | Este índice da un valor real de accesibilidad de los usuarios para acceder a la red, desde un punto en el espacio, hasta la ubicación real de esta. |
| Índice de la Calidad de la Comunicación (ICC) | $ICC1 = \frac{AI1}{AR1}$ | Se comparan las distancias ideales con las reales, con el fin de comprobar qué tan cercano es lo ideal de lo real. | Indica que tan lejos estamos de tener una accesibilidad ideal a la red, siempre con propósitos de mejora. |
| ÍNDICE | FORMULA | APLICACIÓN | INDICADOR |
| Índice de Trayectoria (IT) | $IT1 = \frac{AR1}{AI1}$ | Este índice indica el porcentaje de longitud extra que se debe recorrer para llegar de un punto a otro, de no recorrerlo en línea recta | Se calcula mediante el cociente de los índices de accesibilidad real e ideal y se obtienen valores oscilantes al uno (1), indicando que cuanto mayor sea la trayectoria a recorrer, mayores serán los valores. |

Fuente: Tomado de (Centina R. & Quebrada R., Patrones Territoriales de Movilidad en la Zona Urbana de Tunja. Aplicación con SIG, 2014).

2.3.3 Accesibilidad Bajo Índices de Recorrido Análisis con SIG.

Una de las mayores ventajas de los Sistemas de Información Geográfica SIG es su capacidad sistemática para desarrollar relaciones espaciales existentes entre capas de información y su agilidad para generar otras relaciones asociadas a estas, y así proporcionar al analista la oportunidad de identificar y extraer estas relaciones caracterizadas con datos de atributos surgidos en tablas tipo matriz. Una vez que estas conexiones son registradas, se pueden llevar a cabo operaciones aritméticas y lógicas con los atributos tabulares. De este modo, mediante un análisis tabular se puede evaluar impactos medioambientales, análisis de redes, análisis locacionales o estudios de accesibilidad (Galacho Jimenez & Merida Rodriguez, 1992).

A. Rutas más cortas y eficiente.

Para el análisis de rutas más cortas, solamente se considera la longitud de los segmentos (arcos), sin embargo todos los segmentos lineales poseen un costo de llevar un recurso de un extremo a otro extremo y eso puede variar en cada segmento, por ejemplo el estado de la vía en caso que se estudiando estas, la velocidad promedio de las vías, semaforización entre otros fenómenos que pueden alterar el normal recorrido.

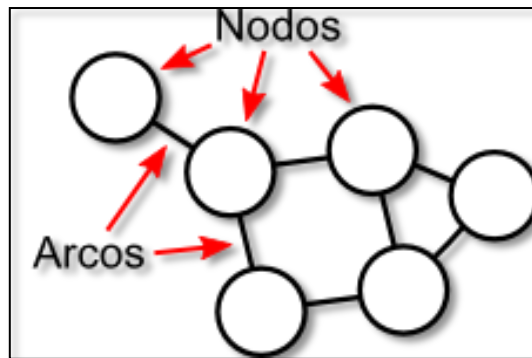


Figura 6. Representación de Nodos y arcos.

Fuente: <http://uepvm.blogspot.com.co/>.

En la figura 6 se puede observar un modelo de red (según la forma de diagrama de red usado para su representación), donde cada arco o rama que une dos nodos (elementos) que forman dicha red, viene caracterizado por un valor que representa la distancia (costo o tiempo) desde el nodo origen hasta el nodo destino. Si denominamos ruta o camino, a cualquier secuencia de arcos que conecte el nodo origen con el destino, la resolución consiste en encontrar la más corta posible.

El problema de la ruta más corta incluye un juego de nodos conectados donde sólo un nodo es considerado como el origen y sólo un nodo es considerado como el nodo destino. El objetivo es determinar un camino de conexiones que minimizan la distancia total del origen al destino. El problema se resuelve por el “algoritmo de etiquetado”. Se trata de encontrar la ruta de menor distancia, o costo, a entre el punto de partida o nodo inicial y el destino o nodo terminal (Ordoñez, 2015).

La ruta más eficiente considera el tiempo de recorrido para llevar un recurso de un extremo de un segmento a otro extremo, pudiendo ser una longitud más larga de

recorrido, pero para realizar un análisis de la ruta más eficiente es necesario considerar la impedancia, donde la impedancia se obtiene con la siguiente expresión obtenida en minutos:

$$I \text{ (min)} = \frac{\text{Longitud (m)} * 60}{\text{Vel (km/h)} * 1000} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ h} : 60 \text{ min} \\ 1 \text{ km} : 1000\text{m} \end{array}$$

$$= \text{Longitud} * 0.06 / \text{Vel (km/h)}$$

Con base en el modelo de impedancia, se puede encontrar la mejor ruta entre dos puntos previamente definidos o la ruta más adecuada al visitar diferentes puntos. La ruta más adecuada puede ser determinada tanto, por el orden del atributo de la entidad, con respecto al atributo principal de la característica deseada para lograr la ruta deseada.

Sin importar si se intenta encontrar la ruta más corta o apropiada entre dos puntos o un conjunto de ellos, por lo general siempre se intenta encontrar la mejor alternativa posible. Sin embargo, el concepto de “mejor” puede tener diferentes significados. La mejor ruta puede ser la más rápida, la más corta, o la de mayor belleza escénica, dependiendo siempre del tipo de impedimento que hemos elegido evaluar. A pesar de esto, la ruta más apropiada será siempre por definición, la alternativa de menor dificultad en nuestro desplazamiento, cualquier atributo valido de costo en la red, puede ser usado como impedimento al determinar la mejor ruta. En la gran mayoría de los casos los impedimentos son el tiempo y la distancia (ESRI, 2015).

En el análisis de redes y rutas más cortas o eficiente, los SIG llevan a cabo numerosas operaciones para calcular todas las rutas posibles a seguir sobre una red y encontrar aquella o aquellas que presenta en las menores distancias. Se puede agregar atributos a cada línea a fin de caracterizar los límites de velocidad, las condiciones del camino, el sentido etc., y así obtener las rutas más rápidas, que no necesariamente son las más cortas. Este análisis es aplicable a los servicios de emergencia o a las rutas de distribución de personas o mercancías (Backhoff Pohls, 2005).

B. Áreas de servicio.

Es un indicador que se crea para el análisis de áreas que cumplan satisfactoriamente el atributo que se identifica para su trazado, de ello se generan polígonos que

contienen las líneas que se encuentran a cierta distancia o impedancia de una entidad o evento. El proceso sistemático con SIG resulta apropiado para encontrar las áreas de servicio situadas alrededor de cualquier ubicación en una red (ver figura 7). Un área de servicio de red es una región que abarca todas las calles accesibles (es decir, calles que están dentro de una impedancia especificada). Por ejemplo, el área de servicio de 5 minutos para un punto en una red incluye todas las calles a las que se puede llegar desde ese punto en un plazo de cinco minutos.

Las áreas de servicio creadas por Network Analyst⁷ también ayudan a evaluar la accesibilidad. Las áreas de servicio concéntricas muestran la forma en que la accesibilidad varía con la impedancia. Una vez creadas las áreas de servicio, puede utilizarlas para cuantificar el número de personas, la superficie de terreno o cualquier otra variable en el interior de la vecindad o región (ESRI, 2015).

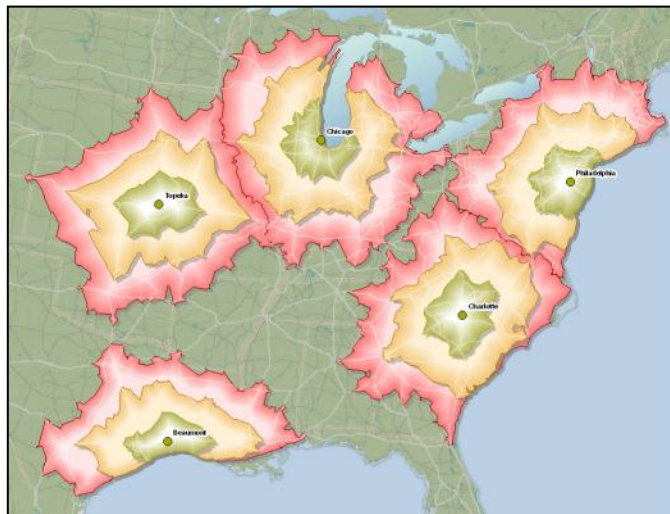


Figura 7. Ejemplos de áreas de servicio obtenidas por medio de ArcGis.

Fuente: Environmental Systems Research Institute, 2015.

⁷ La extensión ArcGis Network Analyst tiene múltiples aplicaciones en la Gestión Medioambiental, puede utilizarse para calcular rutas y estudiar la accesibilidad a un punto geográfico concreto, es una herramienta muy utilizada en elaboración de planes de movilidad, rutas de acceso de emergencias basadas en el tiempo de viaje, análisis del recorrido más eficiente en la recogida de residuos etc... (comunidadism, 2015)

3 MARCO METODOLÓGICO.

La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación consiste en cinco etapas, todas ellas realizadas en forma secuencial, las cuales se pueden observar en la Figura 8.

3.1 Síntesis Metodológica.



Figura 8. Marco metodológico

Fuente: Elaboración propia.

Recolección de información, visita a entidades como la alcaldía de la ciudad, secretaría de tránsito y transporte, además de todas las entidades de socorro presentes en el municipio, dando como resultado bases de datos conformada por formatos shapefiles, Excel y pdf.

Análisis Espacial, realización de análisis de la localización de las sedes de los organismos de socorro por medio de análisis de redes, teniendo en cuenta la infraestructura vial presentes para el desplazamiento de estas entidades en la atención de alguna emergencia.

Análisis de índices, necesarios para determinar la accesibilidad de zonas de la ciudad, entre ellos índices de accesibilidad, índice de conectividad, áreas de servicio y rutas más cortas, todas ellas utilizando como referencia las vías de la ciudad de Santiago de Cali. **Comprobación de accesibilidad**, para la realización de esta etapa se tuvo en cuenta la actual división política administrativa de la ciudad, división en 22 comunas y las ocho sedes de los organismos de socorro la cual es la fuente primordial para la comprobación de accesibilidad de las entidades de socorro a determinados lugares de la ciudad.

Verificación de impactos, como se ve la ciudadanía afectada por la accesibilidad de los organismos de socorro para la atención de desastres y emergencias ocurridas en todo el territorio de la ciudad.

3.2 Recolección de Información.

Para la recolección de información se dio inicio mediante una visita a cada una de las entidades de socorro presentes en la ciudad, con el fin de indagar si se contaba con una forma de registro de todos los sucesos atendidos por parte de ellos, encontrando que en la mayoría de los casos no se contaba con una forma idónea de registro de los incidentes atendidos, por otro lado como resultado de la visita se obtuvo información de los servicios brindados por parte de estas entidades a la ciudadanía caleña. La entidad que cuenta con mayor y más detallada información es el Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali, además de atender la mayor cantidad de incidentes ocurridos en la ciudad (apéndice B).

Posteriormente se procedió a la consecución de otros insumos importantes para el desarrollo de la investigación en formato shapefiles, los cuales fueron suministrados por el IDESC (Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali), estos SHP se describen en la Tabla 13.

Además de estos insumos en formato SHP, se utilizaron bases de datos de los diferentes incidentes y emergencias atendidas por los organismos de socorro de la ciudad en diferentes años (2012 a 2014 facilitados por Bomberos Cali), bases de la

ubicación de Fotodetección⁸ en la ciudad de Santiago de Cali, base de los accidentes de tránsito los cuales fueron brindados por la Secretaria de Tránsito y Transporte municipal, las cuales se georreferenciaron.

También sirvió de insumo los Planes de Ordenamiento Territorial POT de la ciudad, como el plan de desarrollo de 2012-2015 del municipio. Además de información recopilada en cartografía y bibliografía que fue de gran utilidad en la georreferenciación de eventos y de lugares de la ciudad con los cuales no se contaba con información en formato de shapefiles.

Tabla 12. Información obtenida en formato Shapefiles.

| NOMBRE | TIPO | CONTENIDO | OBTENIDA | DESCRIPCIÓN |
|--------------------|-----------|---|----------|--|
| Estaciones del MIO | Puntos | Nombre de cada una de las estaciones del Masivo Integral de Occidente | IDESC | Las estaciones del MIO son puntos importantes ya que en algún momento de ser utilizadas las troncales del masivo por parte de los organismos de socorro de la ciudad, estos lugares presentan congestión por la detención de los articulados para recoger o dejar pasajeros |
| Troncales del MIO | Líneas | Nombre de cada una de las troncales del sistema masivo de pasajeros. | IDESC | Vías exclusivas utilizados por los buses pertenecientes al sistema masivo de transporte de pasajeros de la ciudad (Articulados y alimentadores), además en algunas situaciones de emergencia utilizados por los Organismos de Socorro para su desplazamiento al lugar de ocurrencia. |
| Comunas | Polígonos | Área y código de cada una de las comunas de la ciudad, población. | IDESC | División político-administrativa de la ciudad, a cual se realizó con fin de poder administrar de una mejor forma los recursos de la ciudad, además no sirven para el desarrollo de la investigación como zonificación de Cali, esta capa cuenta con información primordial como lo son área, población, cantidad de viviendas entre otros. |

⁸ Las Fotodetección, consisten en la detección de infracciones a través de cámaras que recopilan videos, fotografías y datos.

| NOMBRE | TIPO | CONTENIDO | OBTENIDA | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------------|---------------------------|--|-----------------|---|
| Limite Municipal | Polígonos | Área del límite urbano | IDESC | Límite de la ciudad ya que la investigación se centra en la zona urbana del municipio de Cali. |
| Malla vial | Líneas | Tipo, nombre, dirección, jerarquía, distancia, velocidad | IDESC | Insumo primordial para la realización de los análisis, con esta base se realizó una actualización y velocidad de los cruces (topología), con el fin de realizar análisis de redes áreas de cobertura o servicio, ruta más óptima entre otros. |
| Nomenclatura vial | Líneas | Tipo, distancia, nomenclatura | IDESC | Nomenclatura de la red vial para la georreferenciación de emergencia y eventos atendidos por los Organismos de socorro de la ciudad. |
| Cuerpos de agua | Polígonos | Tipo, código, longitud, perímetro | IDESC | Estas entidades son restricciones para el desplazamiento, cuando existen puentes o no, lo cual genera demora en la llegada de los organismos de socorro en la atención de emergencias. |
| Construcciones | Polígonos | Código, área | IDESC | Utilizados para determinar la densidad de construcciones dentro de las comunas de la ciudad. |
| Equipamientos de salud | Puntos | Nombre, red de salud al cual pertenecen, dirección | IDESC | Ubicación tanto de las clínicas de índole privado como los hospitales de tipo público, en ambos caso solo se trabaja con las entidades que brinden servicios de emergencia. |
| Equipamientos en seguridad ciudadana | Puntos | Tipo, identificador, nombre, tipo, teléfono, ubicación, barrio, comuna | IDESC | Ubicación de las sedes de los organismos de socorro, además de las entidades de seguridad como lo son centros de atención Inmediata C.A.I, estaciones de policía entre otros. |
| Megaobras | Puntos, líneas, polígonos | Tipo de obra, identificador de la obra | IDESC | Restricciones de Accesibilidad en el lugar de construcción de las obras y a sus alrededores, por motivos de congestión vehicular y cambio en el sentido vial. |
| Amenaza por inundación | Polígonos | Tipo, área, perímetro | IDESC | Ubicación de las zonas donde se presentan este tipo de amenaza. |
| Amenaza por remoción en masa | Polígonos | Tipo, área, perímetro | IDESC | Ubicación de las zonas donde se presentan este tipo de amenaza. |

| NOMBRE | TIPO | CONTENIDO | OBTENIDA | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------------------|-----------|--|-------------------------------------|--|
| Zonas de alta accidentalidad | Polígonos | Identificación, dirección, tipo de incidente | Secretaría de tránsito y transporte | Determinar los sitios de mayor accidentalidad de la ciudad, esto con la intención de realizar los análisis pertinentes. |
| Estaciones de Bomberos | Puntos | Tipo, identificador, nombre, tipo, teléfono, ubicación, barrio, comuna | Creación Autor | Ubicación de todas las sedes de Bomberos dentro del perímetro urbanos de la ciudad, también ubicación de otro organismo de socorro de Cali que actúan en el municipio y sus alrededores. |
| Cobertura de estaciones de Bomberos | Polígonos | Nombre estación, área, perímetro | Creación Autor | Elaboración de la cobertura de las estaciones de bomberos de la ciudad, esto generada a partir de cartografía existente. |

(continuacion tabla 13)

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó una extensión del programa ArcGis 10x⁹ denominado análisis de redes, la cual brinda la oportunidad de realizar estudio del comportamiento de la infraestructura vial de ciudad por donde se desplazan las entidades de emergencia, es así como se construye área de servicios o de influencia medidas en tiempo, con datos generados por distancias de las vías (arcos), tiempos de recorridos con base a la velocidad según el Código Nacional de Tránsito y el decreto 015 del seis de enero de 2011 del Ministerio de Transporte, donde resalta la velocidad de las vías, en vías principales de 60 kilómetros/hora y en zonas escolares y en zonas residenciales de 30 kilómetros/hora.

Todos los datos son idealizados ya que existen otros factores dentro del territorio municipal que hacen que estas velocidades no sean constantes en todo el recorrido de las vías (semáforos, Fotodetección, congestión vehicular en horas pico entre otras). También se generó la comparación de área ideal con áreas de velocidades reales obtenidas en estudios realizados en la ciudad de Santiago de Cali por la compañía GEICOL LTDA, donde se determinó la velocidad real en la ciudad de Cali, 34,7 kilómetros por hora en promedio.

⁹ ArcGis es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGis se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Se utilizó la cartografía de Micro zonificación sísmica de Santiago de Cali generada por el Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente OSSO, con el objetivo de identificar las zonas vulnerables de la ciudad, al igual de estudios de lugares de inundación, que se encuentran en diferentes investigaciones realizadas, además se cruza con la información de la densidad poblacional que determina cuál es la necesidad real en caso de presentarse un evento catastrófico de grandes magnitudes. También se utilizó cartografía de diferentes actores de la ciudad tales como: Policía Metropolitana, Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), Secretaria de Tránsito y Transporte, dependencias de la Alcaldía de Cali, entre otros. Se realizan los cálculos de índices de funcionalidad de malla vial, así como también Indicadores de conectividad en una red, con el fin de generar cartografía y realizar los análisis necesarios. Por último se realiza un análisis de las bases y la cartografía resultante, como son la ubicación de las estaciones de los organismos de socorro, las zonas de cobertura de las estaciones de bomberos de la ciudad y tiempos de desplazamientos de ellos.

3.2.1 Identificación tipo y lugares vulnerables de la ciudad.

En este apartado se hace una relación de los lugares de la ciudad que han sido aquejados o pueden ser afectados por eventos naturales de gran magnitud, lo cual da una idea de la población que puede ser perturbada en caso de ocurrencia de estos eventos en la ciudad y donde los organismos de socorro estarían en disposición de actuar.

A. Amenaza Sísmica.

La microzonificación sísmica permite dividir el territorio de la ciudad en zonas caracterizadas por un comportamiento dinámico específico, definiendo para cada una de ellas el espectro de respuesta, los parámetros espectrales y las condiciones especiales que se deben tener en consideración para el diseño y construcción de obras civiles sismo resistente (INGEOMINAS, 2005)

La ciudad de Santiago de Cali se encuentra ubicada sobre fallas geológicas, como la Cali-Patía, Palmira-Buga, Dagua-Calima, entre otras, además de la actividad tectónica de las placas de Nazca y Suramericana, que estremecen con cierta frecuencia el suroccidente Colombiano, hacen que la ciudad este en constante riesgo de ocurrencia de un evento de grandes magnitudes. El sismo que afectó la ciudad en el año 2012, sismo de 7.1 grados en escala de Richter, aunque no de manera grave

afecto varias edificaciones como: las clínicas Santillana y Rey David, el edificio Conquistadores (en el sur de la ciudad) y algunos apartamentos en Chiminangos (parte Norte). El sismo del 2004 tuvo mayor impacto ya que averió nueve edificaciones: la clínica Farallones, la Santillana, Conquistadores, Marañón, Gemelos de Guadalupe, Géminis, Colseguros, entre otras, todas estas edificaciones ubicadas en el sur de la ciudad.

Según el estudio de microzonificación sísmica de la ciudad realizado por el Instituto Colombiano de Geología y Mineralogía (INGEOMINAS, 2005) se llegó a las siguientes conclusiones:

Generación de 10 micro-zonas de respuesta sísmica similar para la ciudad. Santiago de Cali se caracteriza por presentar diferentes ambientes de formación de depósitos bajo los cuales se ha desarrollado la ciudad, dada la variedad de ambientes de depósitos producidos por la diversidad de afluentes que confluyen en la zona. La zona de llanura Aluvial y Transición son susceptibles de sufrir licuación a una profundidad de máximo 10 metros (ver Figura 9). Es por eso que se plantea la realización de estudios de suelos para proyectos de gran envergadura (edificios de más de 10 pisos).

Establecer los requisitos mínimos que debe cumplir los estudios detallados de respuesta sísmica local que deben realizar para el diseño y construcción de los futuros proyectos civiles, así como el reforzamiento de actuales edificaciones. Inventario de daños en el Jarillón del río Cauca debido a las construcciones ilegales que se han instalado en la cresta (INGEOMINAS, 2005).

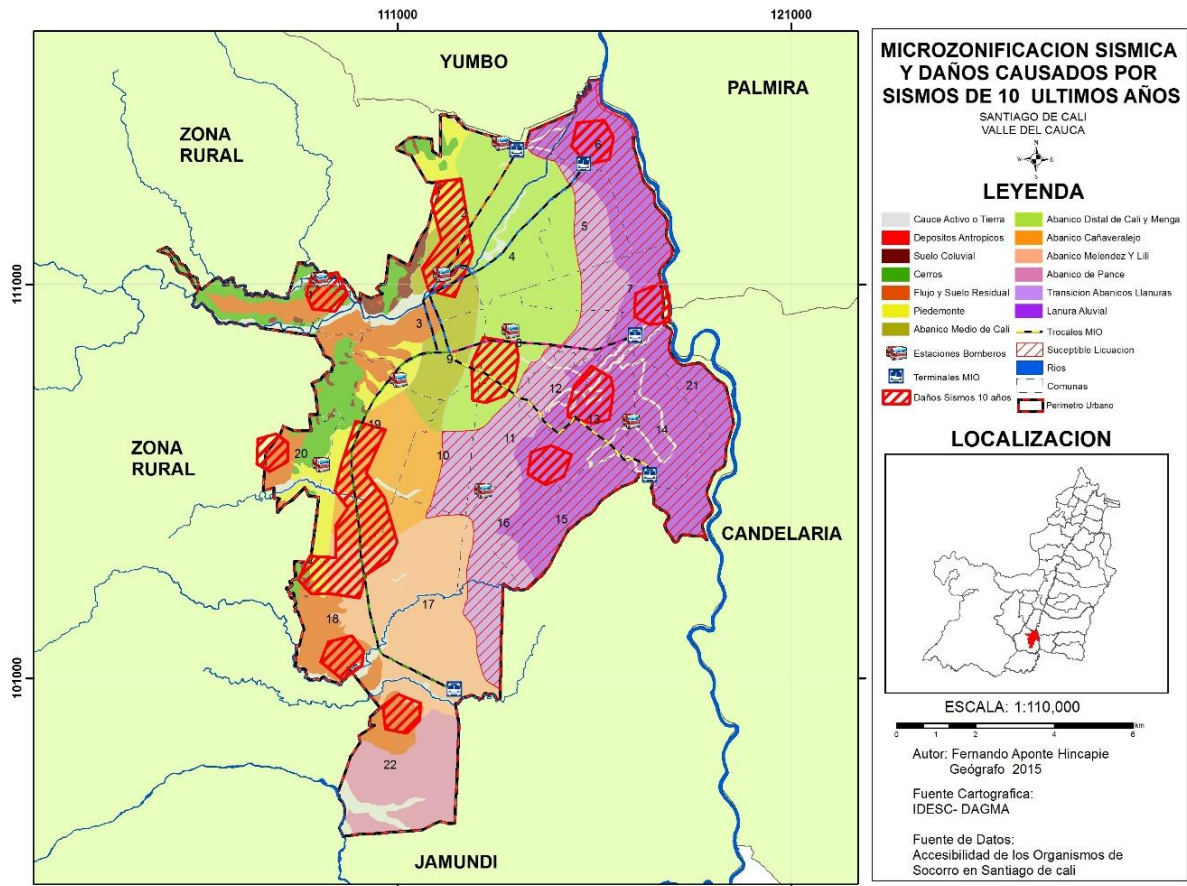


Figura 9. Microzonificación sísmica de Santiago de Cali.
Fuente: Propia de la investigación, estructurado a partir de datos de IDESC.

Una investigación realizada por el periódico El País después del sismo que sacudió a Japón en el año 2011, generó una voz de alerta para que en futuros sismos no presenten daños en las construcciones de la ciudad, dando como resultado el reforzamiento estructural de los 500 edificios de carácter indispensable que existen en Santiago de Cali. La falta de estudios, la gran cantidad de trámites y la escasez de recursos han sido los mayores obstáculos para preparar estas estructuras, vulnerables ante un gran sismo, centros de salud, instituciones educativas, plantas de servicios públicos, estaciones de Policía y edificios gubernamentales aparecen entre las edificaciones vulnerables. Las estaciones de bomberos, por ejemplo, no están diseñadas según las normas de sismo resistencia (El Pais Cali, 2011)

En lo que respecta a la infraestructura de servicios públicos el panorama es similar, según Carlos Mejía, miembro de la Asociación de Arquitectos del Valle, la gran

mayoría de estas construcciones no fue construida bajo los estándares sismo resistente y muchas de ellas datan de más de 30 años (El País Cali, 2011). En la figura 10 se pueden ver algunas estructuras que sufrieron averías por el sismo de 2012.



Figura 10. Edificaciones afectadas causas por sismos en Santiago de Cali
Fuente: www.elpais.com.co

Cabe anotar que en el cono de Cañaveralejo (Comuna 19, sur occidente de la ciudad, zona de ladera) hay una aceleración de onda por su suelo arcilloso y la vibración es mayor, en tanto que hacia el Distrito de Aguablanca (oriente de Cali) el riesgo de licuación o pérdida de firmeza del terreno es mayor, ya que hay altos niveles freáticos (presencia de agua bajo la superficie) con un suelo formado por la alta sedimentación arrastrada por los afluentes que desembocan al río Cauca como el Cañaveralejo, Meléndez y Lili (Melo García, 2008).

B. Amenaza por inundación.

En el año 1950 se presentó una inundación por causa del desbordamiento del río Cauca afectando los municipios de Puerto Tejada, Navarro, Gorgona y otros municipios del Norte del Valle. En Cali y su área de influencia, los barrios periféricos del oriente de la ciudad alcanzaron a ser afectados por las inundaciones que llegaron hasta Villanueva y la base aérea y afectaron con mayor intensidad Puerto Mallarino y Juanchito (Velásquez & Jiménez, 2002).

Las inundaciones por anegación del río Cauca fueron uno de los principales limitantes al desarrollo agrícola de la región, la escasez de agua en épocas de intenso verano, la ausencia de infraestructura y energía y el limitado conocimiento de la agricultura, fueron otros aspectos que se consideraron como importantes obstáculos al desarrollo potencial de la región. Es aquí como surge la idea de realizar obras para mitigar las inundaciones todas estas obras desarrolladas por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC (Velásquez & Jiménez , 2002), que en la definición de su localización apoyan a la investigación.

Los sitios donde se localizan sectores de alta vulnerabilidad en la ciudad y que han requerido la construcción de obras por parte de la CVC se encuentran:

- Quince kilómetros de la margen izquierda del río Cauca, desde Navarro hasta el Paso del Comercio (sector oriental de la ciudad). Dique (Jarillón).
- Intersección del curso de los ríos Cañaveralejo, Meléndez y Lili para llevar las aguas directamente al río Cauca. Canal CVC-Sur, dique.
- Canal interior de drenaje que lleva las aguas hasta la estación de bombeo del Paso del Comercio.
- Laguna de regulación el Pondaje¹⁰.

Con la construcción de estas obras de mitigación en la parte urbana de la ciudad, se logró también la urbanización de la zona oriental, que en la actualidad es una de las zonas con mayor densidad poblacional de Santiago de Cali. En la actualidad se observa inundaciones en las temporadas de lluvias, como por ejemplo las causadas en el año 2014: Inundación del paso a nivel de la carrera 8 con calle 25, en el que quedaron atrapados dos vehículos, y en el túnel de la carrera 5 con calle 25 (ver figura 10).

¹⁰ laguna, creadas desde antes de los Juegos Panamericanos (1971), como espacio de regulación de riegos de cultivos y de las aguas lluvias ubicada en el oriente de la ciudad.



Figura 11. Inundaciones en Santiago Cali.
Fuente: El Pais.com.co 2014

Por su parte, el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali atendió inundaciones durante este año (2014) en los barrios Villa Colombia, Chapinero, El Jardín, Los Laguitos, Centenario, Bretaña, Libertadores, Santa Elena, San Nicolás, Industrial, Los Conquistadores, Porvenir, Alameda, El Trébol, Junín, Las Acacias, Santa Mónica y Belalcázar. También se presentaron inundaciones en parte de la Avenida Sexta y calles del oeste de la ciudad, en la carrera 1 entre calles 20 y 23 entre otros lugares de la ciudad (El Pais Cali, 2014).

Por lo general las emergencias por inundaciones se presentan por el retorno de agua en las alcantarillas de aguas residuales, por el desbordamiento de canales de agua lluvias, debido al mal manejo de las basuras y escombros que se tiran a los canales, y por la crecida de los ríos canalizados urbanos. También se presentan inundaciones en

las áreas de influencia de las estaciones de bombeo de aguas residuales de Puente del Comercio y Calipso debido a la basura que es arrastrada por las lluvias a los canales, las cuales bloquean las rejillas de la estación (El País Cali, 2013).

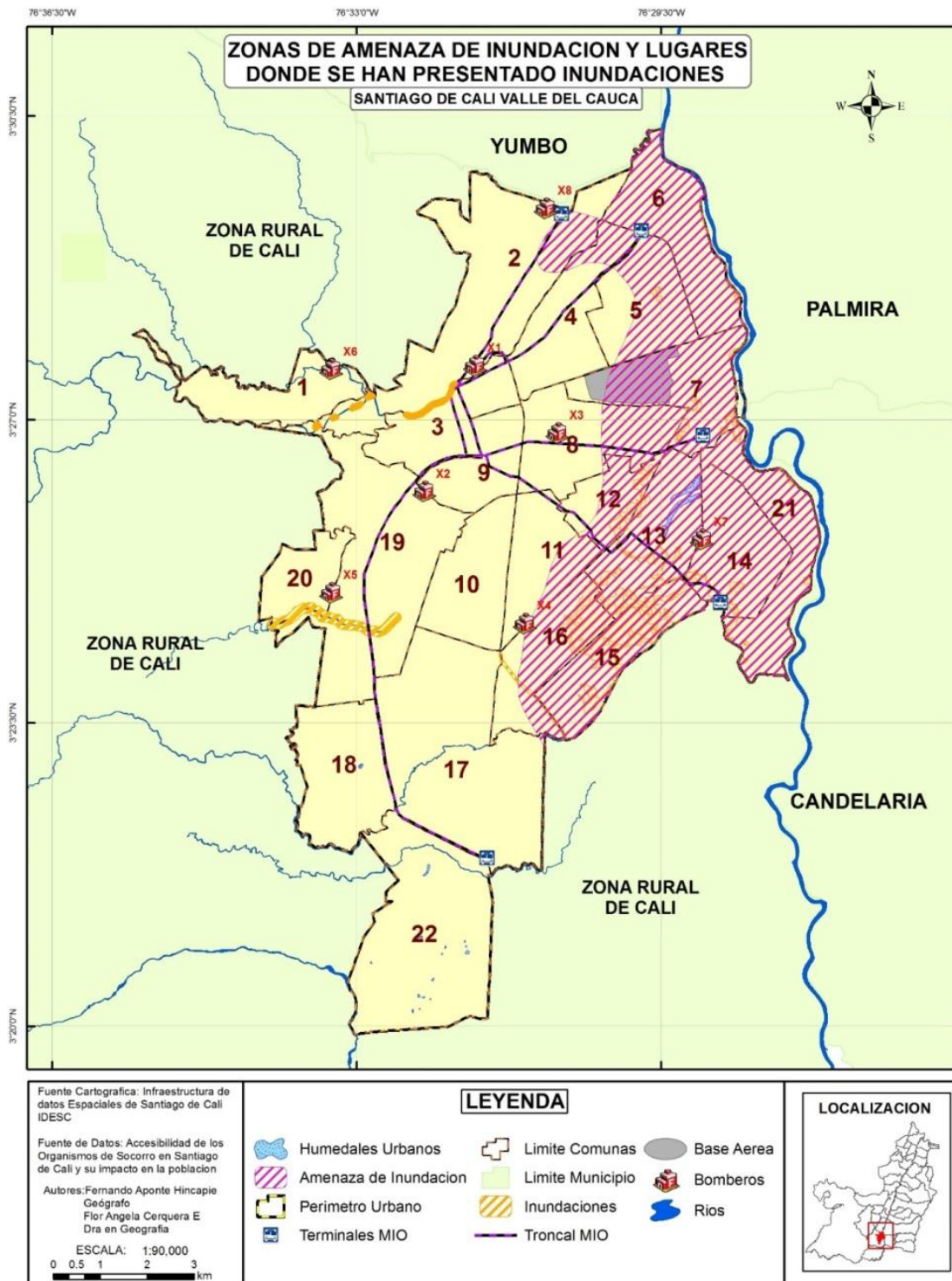


Figura 12. Zonas de amenaza por inundación de la Ciudad de Cali.
Fuente: Propia estructurado a partir de datos del IDESC.

En la Figura 12 se puede observar las áreas inundadas que se presentaron el año 2014 y la zona de inundación que se puede generar por el rompimiento del Jarillón del río Cauca, que actualmente se ve afectado por la invasión de su cresta, la cual desde el año 2014 se están realizando el proceso de desalojo de estas personas y el reforzamiento del Jarillón.

C. Amenaza por remoción en masa.

Es todo movimiento de masa en la superficie terrestre, diferente a erosión superficial, la cual incluye términos como derrumbe, asentamiento, corrimiento, movimiento de masa, reptación, desplazamiento, hundimiento, formación de grietas, colapso de cavernas o minas, caída de rocas, desprendimiento (lento o rápido) sobre vertientes o laderas, de masas de suelo o de rocas (Alcaldía de Barranquilla, 2015).

La respuesta de los suelos de ladera frente a un sismo pueden ser los deslizamientos, porque es un área que han perdido consistencia debido a los asentamientos humanos y la deforestación (Melo García, 2008). Los deslizamientos de tierra también son causados por la saturación de húmeda en los suelos, cabe anotar que existen gran cantidad de edificaciones que se ubican en zonas de ladera de la ciudad y más exactamente en zonas de amenaza de deslizamiento. En la figura 13 se pueden observar los deslizamientos producidos en la ciudad en la temporada invernal 2014, por saturación de los suelos.

En la ciudad, son comunes las emergencias por inundaciones y deslizamientos en cada época de lluvias, relacionadas con diversas problemáticas sociales. Los daños y pérdidas no se hacen esperar y entre los muchos ejemplos se puede nombrar el deslizamiento ocurrido en abril del año 2003 en la Avenida Circunvalar (en esos momentos en construcción), por falencias en las obras de infraestructura que provocó el cierre total de la vía en el sentido Sur - Norte e implicó una inversión de 1500 millones de pesos en las obras de recuperación (Pais, 2004)



Figura 13. Remoción en masa en Santiago de Cali.
Fuente: Elpais.com.co 2015

En la Tabla 14, se puede observar la relación de los deslizamientos ocurridos en el periodo 1950-2000, todos hechos ocurridos en zona de ladera, donde existen asentamientos subnormales (mal llamadas invasiones), estos asentamientos ocupan cerca de 400 hectáreas, según estimaciones de CORPOCERROS, ocupadas por unos 36.000 cambuches (viviendas de esterilla y elementos de reciclaje) o viviendas mal fabricadas en las que habitan aproximadamente 160.000 personas, según las autoridades locales la gente no puede ser desalojada ya que llevan mucho tiempo en estos lugares, además por parte de las empresas municipales de servicios públicos ya son sectores legales por que ellos se encargaron de colocarles servicios básicos como agua y energía eléctrica de manera legal y con pago de recibos.

Tabla 13. Efectos por desastres de deslizamientos, en comunas. Periodo 1950 - 2000.

| COMUNA | MUERTOS | HERIDOS | DAMNIFICADOS | AFECTADOS | EVACUADOS | VIVIENDAS DESTRUIDAS | VIVIENDAS AFECTADAS |
|--------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 8 | 4 | 18 | | 15 | 5 | 1 |
| 2 | | 6 | 70 | 111 | | 2 | 12 |
| 3 | 1 | 1 | | | | | |
| 7 | | | | | | | 2 |
| 8 | | | | | | | |
| 10 | 2 | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 18 | 2 | | 28 | | 5 | 6 | 1 |
| 19 | | | 10 | | | 2 | |
| 20 | 9 | 8 | 799 | 63 | 575 | 45 | 31 |
| TOTAL | 22 | 19 | 925 | 174 | 595 | 60 | 47 |

Fuente: Estructurada a partir de (Jimenez Perez, 2005).

El nuevo Plan de Ordenamiento Territorial del año 2014 (POT) permitió la construcción de algunas franjas de terreno de la ladera, en lo que ha sido denominado como suelo suburbano, o sea las áreas de transición entre lo urbano y lo rural, que tienen regulación hídrica y de producción sostenible, las cuales son destinadas principalmente para la ubicación de vivienda campestre y usos complementarios (Cuervo Plaza, 2013).

Por último hay que hacer referencia a la cantidad de emergencias e incidentes atendidos en los últimos años por los organismos de socorro de la ciudad los cuales se distribuyen en toda la parte urbana de Santiago de Cali, deslizamientos de tierra que se pueden catalogar de baja intensidad ya que solamente se ven afectadas pocas viviendas, todas las zonas vulnerables a deslizamientos de la ciudad se pueden observar en la Figura 14, cabe anotar que todas ellas se ubican en franja de ladera con ocupación humana.

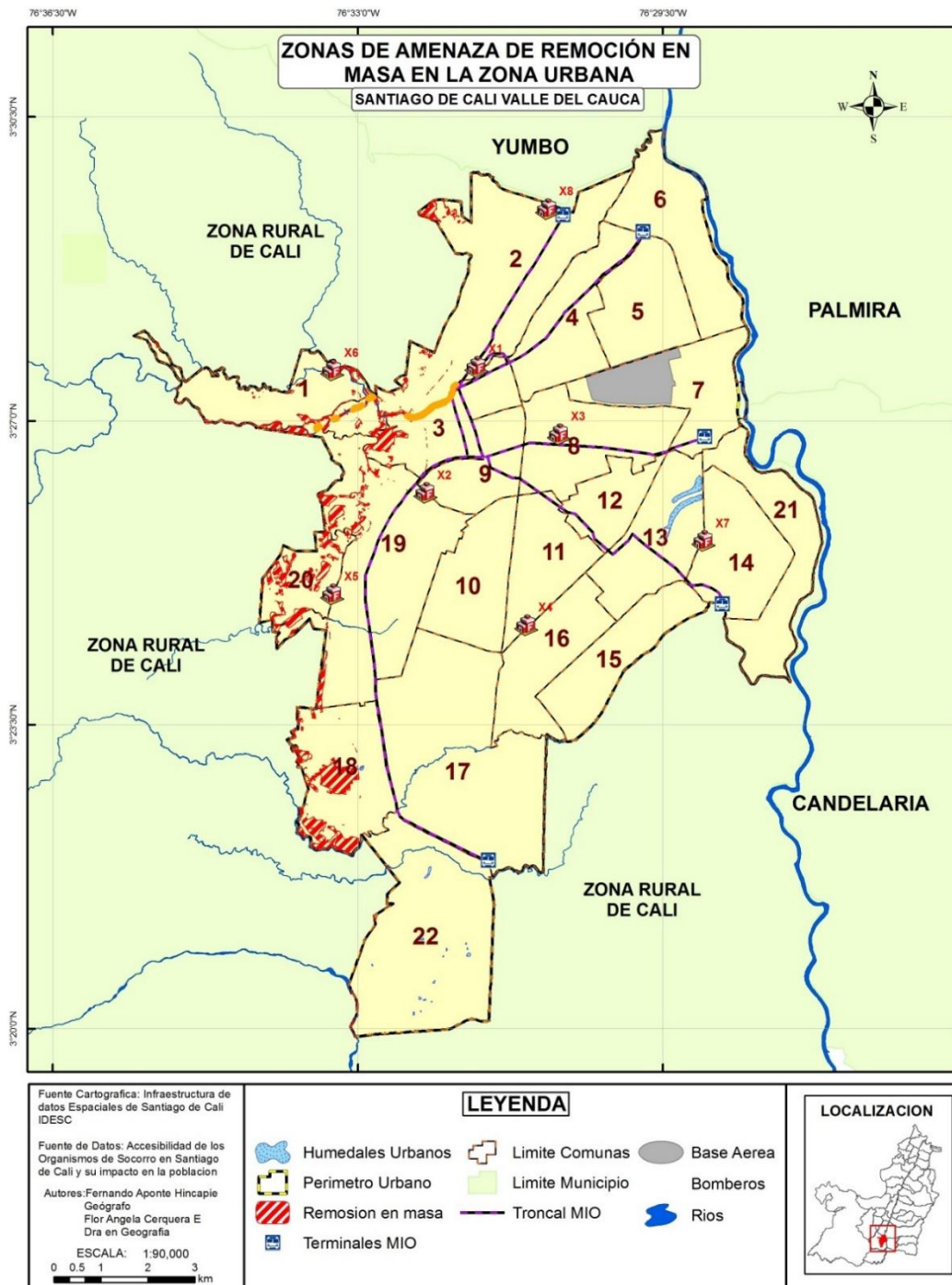


Figura 14. Zonas de remoción en masa de la ciudad.
Fuente: Propia de investigación, elaborada a partir de datos del IDESC.

D. Amenazas antrópicas.

Se trata de las amenazas directamente atribuibles a la acción humana sobre los elementos de la naturaleza (aire, agua y tierra) y sobre la población, que pone en grave peligro la integridad física y la calidad de vida de las comunidades.

Tabla 14. Emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos Cali 2012-2014.

| TIPO DE INCIDENTE | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Caída de árboles, postes, estructuras livianas, sin personas lesionadas | 112 | 110 | 4 |
| Colapso de estructuras sin personas lesionadas | 32 | 28 | 101 |
| Control o incidente con abejas | 408 | 417 | 933 |
| Derrame de líquidos y combustibles en la vía pública | 83 | 17 | 7 |
| Deslizamientos sin personas lesionadas | 19 | 36 | 10 |
| Escape de gas en vehículo, (sin fuego) | 17 | 21 | 8 |
| Escape de gas, (natural o propano) | 110 | 87 | 49 |
| Falsa alarma | 194 | 157 | 102 |
| Incendio de basuras y otros no clasificados en vía pública | 176 | 199 | 93 |
| Incendio de materiales inflamables o HAZ-MAT | 1 | 2 | 2 |
| Incendio eléctrico en vía pública | 100 | 82 | 25 |
| Incendio estructural | 562 | 588 | 308 |
| Incendio forestal | 668 | 416 | 290 |
| Incendio vehicular | 161 | 155 | 88 |
| Incidente HAZ-MAT | 25 | 29 | 8 |
| Inundación sin personas lesionadas | 36 | 23 | 28 |
| Otros no clasificados | 23 | 35 | 27 |
| Rebote de fuego de incendio anterior | 13 | 13 | 2 |
| Rescate de emergencia | 421 | 374 | 208 |
| Rescate de persona por intento de suicidio o suicidio | 17 | 15 | 7 |
| Rescate o recuperación de animales | 295 | 255 | 176 |
| Rescate por accidente de tránsito | 516 | 300 | 142 |
| Rescate por atención de enfermo | 76 | 69 | 42 |
| TOTAL INCIDENTES | 4065 | 3428 | 2660 |

Fuente: Estructurada a partir de datos del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali.

En la Tabla 15 se hace referencia a las emergencia o incidentes que tuvieron la presencia del cuerpo de bomberos voluntarios de la ciudad de Santiago de Cali, donde la mayor cantidad de incidentes atendidos es control de abejas la cual no requiere de un desplazamientos rápido por parte de las entidades de socorro, seguido de incendios estructurales, los cuales junto con rescate de emergencia, accidentes de tránsito y todos los incidentes que tengan que ver con la afectación de personas merecen una atención rápida por parte de los organismos de socorro de la ciudad.

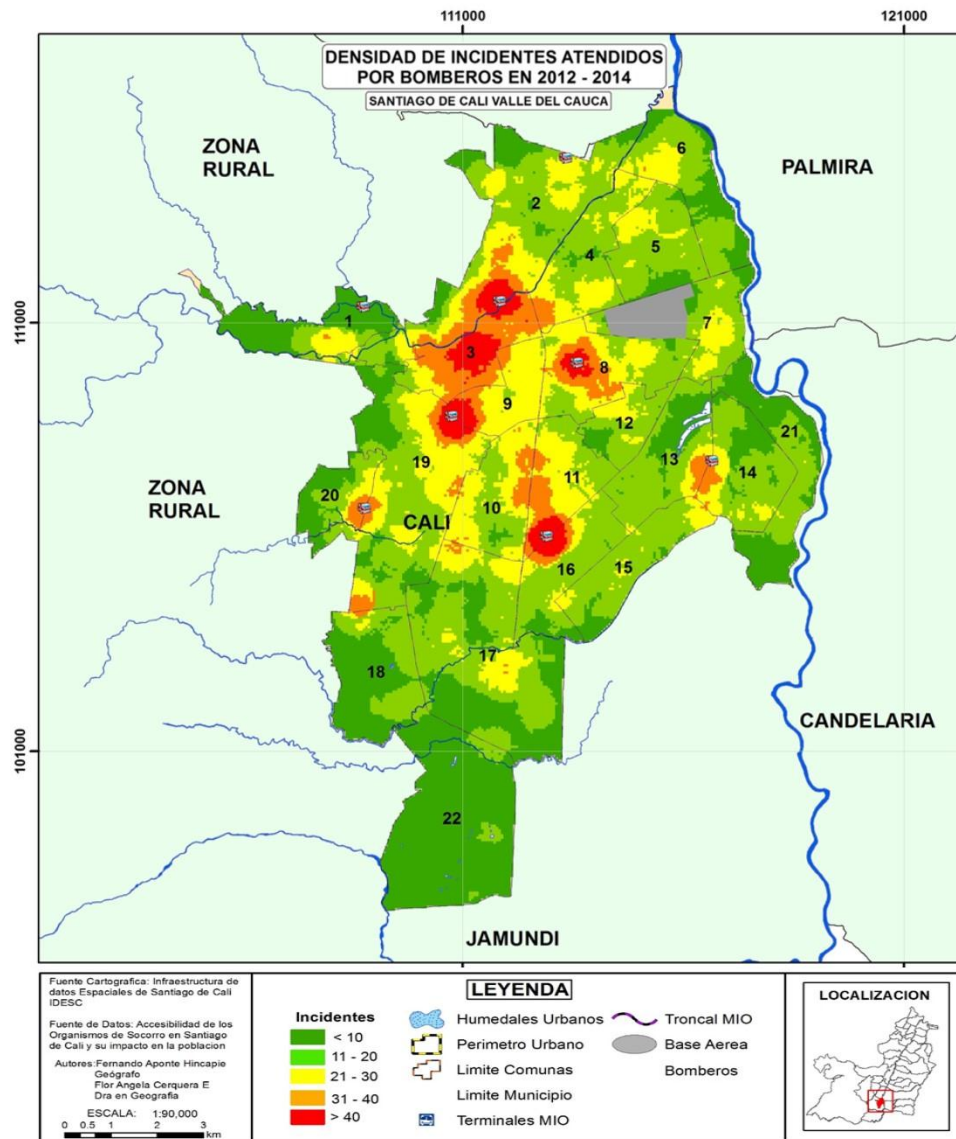


Figura 15. Mapa de incidentes de los últimos tres años en Santiago de Cali.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que existieron incidentes atendidos en todo el territorio urbano de la ciudad (Figura 15, densidad de incidentes atendidos por bomberos), pero existe una mayor concentración dentro del área más cercana a las estaciones de bomberos, esto posiblemente debido a que las personas al momento de ocurrencia de un evento se acercan a las guardias¹¹ de las estaciones para informar y así poder agilizar la atención.

Por otro lado se puede ver una concentración de incidentes o emergencias en la zona central de la ciudad, la cual puede ser atendida por alguna de las estaciones que se encuentra dentro de esta parte del municipio. Existieron emergencias que se presentaron en la zona sur de la ciudad con muy poca concentración de estas. Los eventos de la zona rural que en su mayoría se tratan de incendios forestales no son tratados en el actual documento ya que solo se analizan los sucesos ocurridos dentro de la zona urbana de la ciudad.

3.3 Análisis Funcional de la Red Vial de Santiago de Cali

Al ser una investigación de tipo cuantitativa - explicativa, se analiza la movilidad urbana en la ciudad de Santiago de Cali según el patrón espacial de la red vial; lo que permite la comprensión del comportamiento de los índices de accesibilidad y congestiónamiento del tránsito en el área estudiada, involucrando los puntos de los organismos de socorro junto con los sectores de mayor vulnerabilidad de la ciudad, entendiendo con ello, la dinámica y funcionalidad de ese espacio geográfico. El nivel de análisis se evaluó desde lo más amplio hasta los aspectos en detalle involucrados que conforman la movilidad.

Dentro de los métodos genéricos que permitieron visualizar la funcionalidad de la malla vial en conjunto se tienen los siguientes índices tomados de Quebrada, Cetina y Cirquera (Centina R. & Quebrada R., Patrones Territoriales de Movilidad en la Zona Urbana de Tunja. Aplicación con SIG, 2014).

¹¹ Esta es una garita (Caseta donde se resguarda el vigilante o el centinela) donde se encuentra una persona (auxiliar de estación) atendiendo a personas que buscan información y pendiente se cualquier situación que se pueda presentar las 24 horas del día.

3.3.1 Análisis de Conectividad de la red.

Los datos arrojados por los diferentes procesos analíticos contribuyen a dar explicaciones de aspectos específicos de la red de ciudad de Santiago de Cali, más no explican en su totalidad la complejidad del territorio, pero da una referencia de como es el comportamiento de accesibilidad de los organismos de socorro dentro de la comunas de la ciudad.

En la Tabla 16, se presentan en número de nodos (intersecciones) y arcos (calles), pertenecientes a la infraestructura vial de la ciudad todas ellas discriminadas por comunas, cabe anotar que los datos fueron obtenidos por medio de herramientas SIG. Son las comunas 21, 14, 13, 6 y 17, las de mayor número de arcos (calles), y mayor número de intersecciones (nodos), lo que orientan el análisis sobre que aun siendo sectores de alta conexión puede resultar como los de mayores demoras que van a incidir en la congestión de la zona.

A. Índice Beta (β).

Determina como a medida que se incrementan el número de arcos en la red se eleva la conectividad de esta, los valores varían entre 0 y 3. Los inferiores a 1 indican grafos no conexos, los valores de 1 explicitan una red con único circuito, y entre 1 y 3 una red compleja, de alta conectividad con características de alta movilidad por la relación calles-intersecciones. A continuación en la Tabla 17 se presentan los valores de este índice para cada una de las comunas de la ciudad de Santiago de Cali.

Tabla 15. Índice Beta (β) de las comunas de Santiago de Cali.

| Comunas | Nodos | Arcos | Índice Beta (β) |
|---------|-------|-------|-------------------------|
| | | | $\beta = a/n$ |
| 1 | 500 | 738 | 1.476 |
| 2 | 1421 | 2285 | 1.608 |
| 3 | 552 | 1027 | 1.86 |
| 4 | 884 | 1458 | 1.649 |
| 5 | 1222 | 1940 | 1.587 |
| 6 | 1346 | 2341 | 1.739 |

| Comunas | Nodos | Arcos | índice Beta (β) |
|---------|-------|-------|-------------------------|
| 8 | 1133 | 2048 | 1.807 |
| 9 | 624 | 1102 | 1.766 |
| 10 | 969 | 1656 | 1.708 |
| 11 | 951 | 1655 | 1.74 |
| 12 | 625 | 1157 | 1.851 |
| 13 | 1575 | 2529 | 1.605 |
| 14 | 1668 | 2866 | 1.718 |
| 15 | 1244 | 2034 | 1.635 |
| 16 | 921 | 1623 | 1.762 |
| 17 | 1396 | 2277 | 1.631 |
| 18 | 905 | 1357 | 1.499 |
| 19 | 1410 | 2276 | 1.614 |
| 20 | 873 | 1260 | 1.443 |
| 21 | 1700 | 2962 | 1.742 |
| 22 | 344 | 477 | 1.386 |
| TOTAL | 23106 | 38580 | 1.669 |

(Continuacion tabla 16)

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales la red de la ciudad se encuentran en un rango superior a 1 e inferior a 3, se puede decir que es una red compleja de media a alta movilidad, además podemos observar que cada uno de los nodos se encuentra conectado como mínimo a 2 arcos y máximo a 6 en toda la estructura vial de la ciudad, indicando una adecuada conexión. Existen varias excepciones a esta regla, donde por motivos de fuerza mayor se origina o termina la red, casos que se pueden apreciar en los límites de la ciudad ya que solamente estamos analizando la zona urbana de la red del municipio, lo cual quiere decir que existen conexiones pero por fuera del área de estudio.

Se puede observar que las comunas 22, 18, 20 y 1 cuentan con los menores índice Beta (β), dentro de los índices betas de demás comunas de la ciudad, pero no se acercan demasiado al rango de 1, esto significa que ninguna de las 22 comunas de Cali ciudad tiene una conexión con único circuito dentro de su red vial. Las comunas 8, 7, 12 y 3 son las que presentan los mayores índices Beta, lo cual se puede observar dentro de la cartografía generada (ver Figura 16).

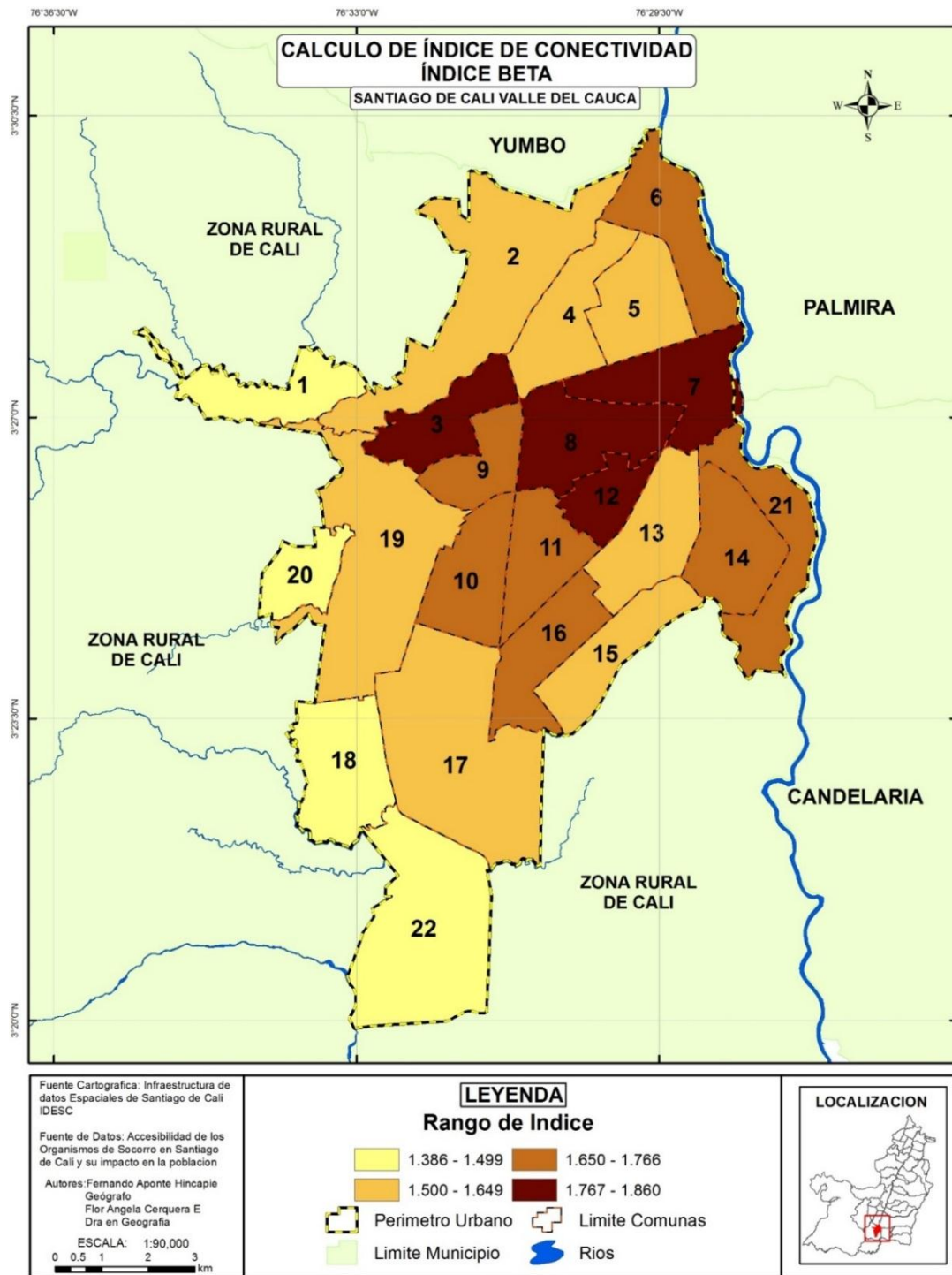


Figura 16. Índice Beta (β) de las comunas de Santiago de Cali.
Fuente: Elaboración propia.

B. Índice Gamma (γ).

Establece la relación del número de arcos que tiene la red del sector y el máximo posible. Frente al indicador anterior (índice Beta), este supone la gran ventaja de efectuar comparaciones entre redes de las diferentes comunas de la ciudad, pues ninguna de ellas poseen igual número de nodos. Entre más grande sea el número de arcos, significa que la red tiene una mayor conexión. Los índices gamma de las comunas de Cali se encuentran en la siguiente Tabla 18.

Tabla 16. Índice Gamma (γ) de las comunas de Santiago de Cali.

| Comunas | Nodos | Arcos | El índice Gamma (γ) | | N° Ideal de Arcos |
|--------------|--------------|--------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
| | | | $\gamma = 2a/n(n-1)$ | $\gamma = a/3(n-2)*100$ | $(n^2-n)/(a*n)/2$ |
| 1 | 500 | 738 | 0.0061 | 49.40% | 65000 |
| 2 | 1421 | 2285 | 0.0023 | 53.68% | 394327.5 |
| 3 | 552 | 1027 | 0.0068 | 62.24% | 20700 |
| 4 | 884 | 1458 | 0.0038 | 55.10% | 136136 |
| 5 | 1222 | 1940 | 0.0026 | 53.01% | 306722 |
| 6 | 1346 | 2341 | 0.0026 | 58.06% | 234877 |
| 7 | 843 | 1512 | 0.0043 | 59.93% | 72498 |
| 8 | 1133 | 2048 | 0.0032 | 60.36% | 122364 |
| 9 | 624 | 1102 | 0.0056 | 59.06% | 44928 |
| 10 | 969 | 1656 | 0.0035 | 57.08% | 135660 |
| 11 | 951 | 1655 | 0.0036 | 58.13% | 116497.5 |
| 12 | 625 | 1157 | 0.0059 | 61.90% | 28437.5 |
| 13 | 1575 | 2529 | 0.0021 | 53.59% | 487462.5 |
| 14 | 1668 | 2866 | 0.0021 | 57.34% | 390312 |
| 15 | 1244 | 2034 | 0.0026 | 54.59% | 281144 |
| 16 | 921 | 1623 | 0.0038 | 58.87% | 99928.5 |
| 17 | 1396 | 2277 | 0.0023 | 54.45% | 358074 |
| 18 | 905 | 1357 | 0.0033 | 50.09% | 204077.5 |
| 19 | 1410 | 2276 | 0.0023 | 53.88% | 382110 |
| 20 | 873 | 1260 | 0.0033 | 48.22% | 211266 |
| 21 | 1700 | 2962 | 0.0021 | 58.15% | 370600 |
| 22 | 344 | 477 | 0.0081 | 46.49% | 35948 |
| TOTAL | 23106 | 38580 | 0.0001 | 55.66% | 88149390 |

Fuente: Elaboración propia

En general se puede observar en la Tabla 17 que la cantidad de arcos que presenta cada una de las comunas de la ciudad está muy alejada de la cantidad de arcos ideal con que se deberían contar. La tercera columna donde se presentan los porcentajes nos indican el porcentaje de arcos que deberían introducirse en cada nodo para obtener una red mucho más integrada. Es así como encontramos que las comunas 2, 5, 6, 13, 14, 15, 17, 19, 21 cuentan con el menor índice gamma, lo cual significa que se cuenta con menor cantidad de vías para el accesos de los organismos de socorro en caso de ser necesarios.

Se puede apreciar en la Figura 17 como la comuna 22 presenta el mayor índice gamma de todas las comunas de la ciudad con 0.0081. Este índice es confirmado por su aplicación en porcentaje, que indica que en cada nodo se podría introducir un 46.49% del total de arcos para obtener un grafo más completo. El segundo menor porcentaje, entre los menores porcentajes encontramos las comunas 1 y 20 con algo menos del 50%. En términos general el índice gamma es de 0.0001, muy bajo con un porcentaje general de 55.66% lo cual confirma que la ciudad tiene muy pocos arcos comparados con los arcos ideales. Lo que indica que falta realizar más inversión municipal en infraestructura vial, con el fin de minimizar la deficiencia de arcos en cada una de las comunas y por consiguiente lograr una mejor movilidad de los organismos de socorro dentro de ellas.

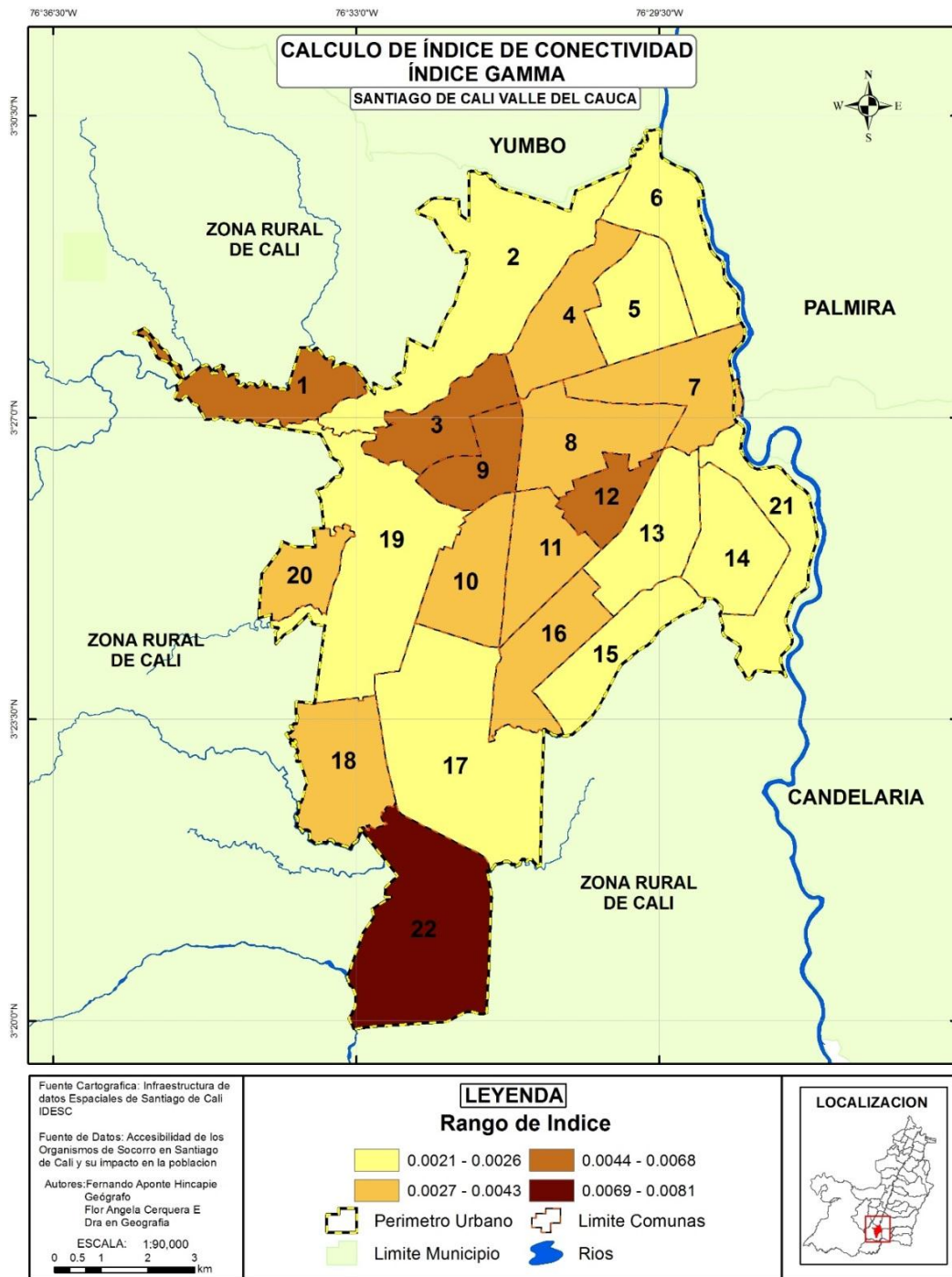


Figura 17. Índice Gamma (γ) de las comunas de Santiago de Cali.
Fuente: Elaboración propia.

C. Número Ciclomático (u) e Índice Alfa (α).

Permite conocer el número de circuitos de las redes, mientras por su lado el índice alfa la relación entre los circuitos reales y el máximo posibles en la Tabla 19 se pueden apreciar los cálculos de este número para cada una de las comunas de la ciudad.

Tabla 17. Número Ciclomático e índice Alfa de las comunas de Santiago de Cali.

| Comunas | Nodos | Arcos | Número Ciclomático (u). | índice Alfa (α) |
|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| | | | $\mu = a - (n - 1)$ | $x = (\mu / 2n - 5)$ |
| 1 | 500 | 738 | 239 | 0.24 |
| 2 | 1421 | 2285 | 865 | 0.304 |
| 3 | 552 | 1027 | 476 | 0.433 |
| 4 | 884 | 1458 | 575 | 0.326 |
| 5 | 1222 | 1940 | 719 | 0.294 |
| 6 | 1346 | 2341 | 996 | 0.37 |
| 7 | 843 | 1512 | 670 | 0.398 |
| 8 | 1133 | 2048 | 916 | 0.405 |
| 9 | 624 | 1102 | 479 | 0.385 |
| 10 | 969 | 1656 | 688 | 0.355 |
| 11 | 951 | 1655 | 705 | 0.371 |
| 12 | 625 | 1157 | 533 | 0.428 |
| 13 | 1575 | 2529 | 955 | 0.303 |
| 14 | 1668 | 2866 | 1199 | 0.359 |
| 15 | 1244 | 2034 | 791 | 0.318 |
| 16 | 921 | 1623 | 703 | 0.382 |
| 17 | 1396 | 2277 | 882 | 0.316 |
| 18 | 905 | 1357 | 453 | 0.25 |
| 19 | 1410 | 2276 | 867 | 0.307 |
| 20 | 873 | 1260 | 388 | 0.222 |
| 21 | 1700 | 2962 | 1263 | 0.372 |
| 22 | 344 | 477 | 134 | 0.196 |
| TOTAL | 23106 | 38580 | 15475 | 0.334 |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver en la Tabla 18, que las comunas con mayor cantidad de circuitos o número Ciclomático son las 14 y 21, esto ocurre posiblemente ya que en estas comunas existe una mayor concentración de habitantes, además no existen edificaciones de altura aumentando la cantidad de vías en este sector, como tampoco existen conjuntos cerrados, lo cual en comunas donde existe gran cantidad de estas edificaciones las vías toman una consistencia de privadas lo cual dificulta la accesibilidad por parte de los organismos de socorro de la ciudad.

En la Figura 18 se puede ver la relación existente, donde con mayor intensidad de color se aprecian las comunas anteriormente mencionadas, entre las comunas que cuentan con menores circuitos en sus vías se encuentran la comuna 1, la cual se caracteriza por encontrarse en zona de ladera y predominación de asentamientos humanos subnormales, lo cual genera mayor atención por parte de los organismos de socorro, por posibles deslizamientos y eventos que se generen en este sector-

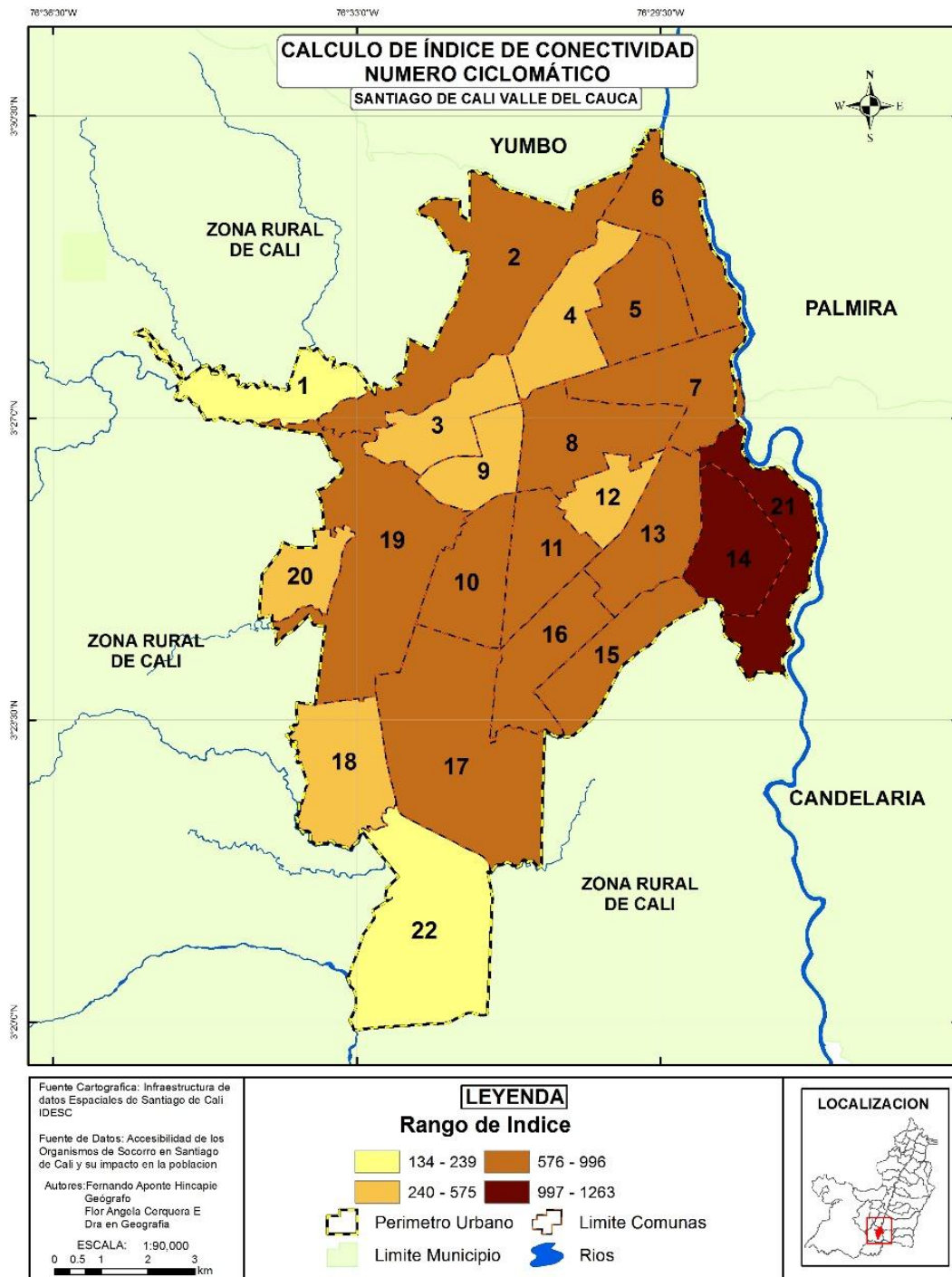


Figura 18. Número Ciclomático de las comunas de Santiago de Cali.
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo se aprecia como la comuna 22 que se encuentra en el sur de la ciudad, conformado con grandes condominios y zonas exclusivas, existen pocas vías de acceso a la comuna y una mala interconexión entre las avenidas y callejones sin pavimentación y andenes, también se está presentando un deterioro de las vías por la ausencia de un sistema de drenaje fluvial eficiente y acorde con los requerimientos técnicos y geográficos de la zona, lo que puede generar retrasos en la atención de incidentes en este sector de la ciudad.

3.3.2 Análisis de la Centralidad.

El concepto de centralidad se refiere a la posición de los nodos en las redes, y la centralización al conjunto de la estructura de una red, este permite identificar nodos de atracción entre las zonas determinadas con el propósito de identificar conductas de movilidad y accesibilidad. Para este estudio se tomó como centralidad las estaciones de bomberos de la ciudad, las cuales representan los nodos de atracción de todas las comunas de la ciudad (ver Tabla 20).

Tabla 18. Puntos centrales estaciones de bomberos de Santiago de Cali.

| ESTACIÓN | CÓDIGO | LATITUD | LONGITUD | DIRECCIÓN |
|------------------------|--------|--------------|---------------|----------------------------|
| Central | X1 | 3°27'37.38"N | 76°31'38.42"O | AV 3 20N 54 |
| Alameda | X2 | 3°26'9.99"N | 76°32'13.67"O | KR 24 7 22 |
| Oriental | X3 | 3°26'50.66"N | 76°30'41.54"O | CL 33A 11 00 |
| Villa del Sur | X4 | 3°24'38.90"N | 76°31'3.82"O | CL 36 44A 00 |
| Occidental | X5 | 3°25'0.11"N | 76°33'17.83"O | KR 52 1 OESTE 00 |
| Forestal | X6 | 3°27'34.71"N | 76°33'17.24"O | CL 10 OESTE 15 00 OESTE |
| Distrito de Aguablanca | X7 | 3°25'35.83"N | 76°29'2.39"O | CL 73 26M 50 |
| Norte | X8 | 3°29'26.03"N | 76°30'50.31"O | CL 62N 3 BIS 00 |

Fuente: Elaboración Propia

Los análisis de estas centralidades nos dicen que las estaciones de bomberos de la ciudad tienen cierta distribución lógica dentro de la urbe, aunque desde los años 90's no se ha construido nuevas estaciones de bomberos en la ciudad, es así como podemos realizar cálculos de las distancias que se tiene desde estos lugares a los centros de las comunas (observadas en la Figura 14) que nos da una idea de la distancia real que se debe recorrer en la ciudad al momento de ocurrir una emergencia en algún lugar de la ciudad. Existen 176 segmentos lógicos para la determinación de

cuál es la estación de bomberos que debe atender las comunas más cercanas a esta dependiendo del tiempo (ver apéndice C).

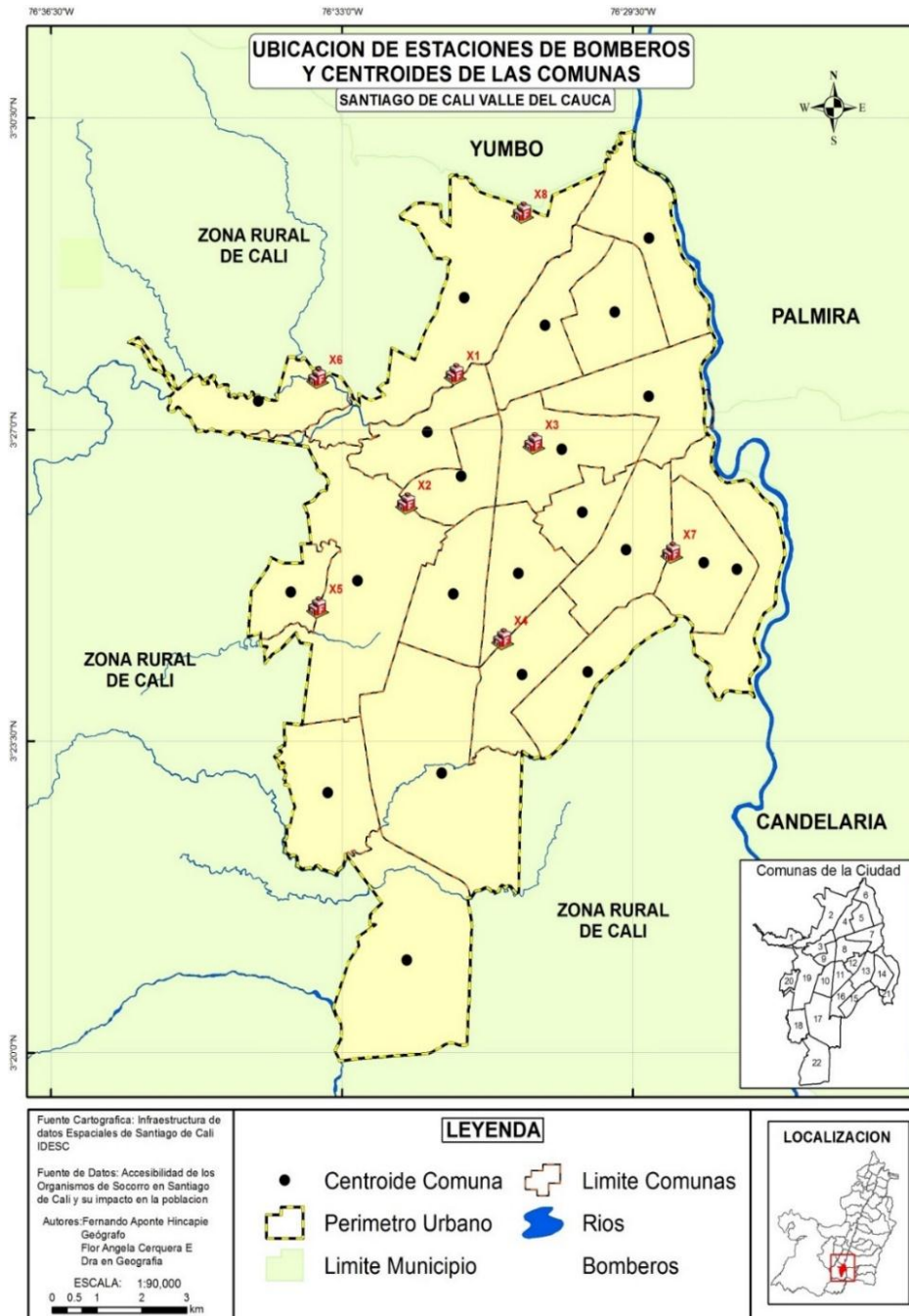


Figura 19. Ubicación se estaciones de Bomberos y Centroides de Comunas
Fuente: Elaboración Propia.

3.3.3 Análisis de la Accesibilidad.

A. Índice de densidad media (IM).

Permite una primera aproximación de la distribución cuantitativa de la red vial. Su relación: $IS = L/S$ Donde L es la longitud en km de la red vial, y S es la superficie (km²) del área en estudio.

Con esta medida se puede inferir el nivel de desarrollo de la configuración vial ya que se asocia un mayor desarrollo en las áreas con más kilómetros de vías (Martínez, 2012).

Tabla 19. Índice de Densidad Media de las comunas de Santiago de Cali.

| Comunas | Superficie km ² | VIAS | Índice de Densidad media (IM) |
|--------------|----------------------------|----------------|-------------------------------|
| 1 | 384.20 | 58.54 | 0.15 |
| 2 | 1131.30 | 220.09 | 0.19 |
| 3 | 370.40 | 87.51 | 0.24 |
| 4 | 452.50 | 113.48 | 0.25 |
| 5 | 419.80 | 117.99 | 0.28 |
| 6 | 501.20 | 154.76 | 0.31 |
| 7 | 498.80 | 114.09 | 0.23 |
| 8 | 526.70 | 153.09 | 0.29 |
| 9 | 289.90 | 82.34 | 0.28 |
| 10 | 429.80 | 120.19 | 0.28 |
| 11 | 370.00 | 114.16 | 0.31 |
| 12 | 232.90 | 79.41 | 0.34 |
| 13 | 473.70 | 149.94 | 0.32 |
| 14 | 454.30 | 174.47 | 0.38 |
| 15 | 406.00 | 124.53 | 0.31 |
| 16 | 427.60 | 123.77 | 0.29 |
| 17 | 1255.60 | 239.36 | 0.19 |
| 18 | 542.90 | 100.61 | 0.19 |
| 19 | 1136.70 | 224.77 | 0.20 |
| 20 | 243.90 | 71.65 | 0.29 |
| 21 | 482.90 | 165.57 | 0.34 |
| 22 | 1058.90 | 89.41 | 0.08 |
| TOTAL | 12090.00 | 2879.73 | 0.24 |

Fuente: Elaboración Propia

Este índice vial representa la relación entre el área servida por kilómetro de vía, es así como los resultados obtenidos en la Tabla 21 nos dan una idea de la longitud de red vial que se encuentran en cada una de las comunas de la ciudad. En términos generales podemos observar que el índice de la ciudad es 0,24, lo cual nos indica que por cada kilómetro cuadrado de área urbana se encuentra 0,24 kilómetros de vías construidas, generando un valor de densidad bajo de longitud de vía por área existente en la ciudad.

Dentro de las comunas que cuentan con menor cantidad de vías construidas estas la uno y la 22, con un índice entre 0,08 a 0,15. La comuna 22 ubicada en la zona sur de la ciudad con gran cantidad de complejos habitacionales cerrados y la comuna uno ubicada en la zona occidental con gran cantidad de asentamientos subnormales, comunas que se posicionan como áreas de baja accesibilidad.

Dentro de las comunas que encontramos con mayor cantidad de vías construidas, mayor carácter de accesibilidad, están las comunas 6, 11, 12, 13, 14, 15, y 21 (que se presentan en la cartografía de la Figura 20 con un color más oscuro), con un rango comprendido entre 0,31 y 0,38 kilómetros de vías, estas comunas cuentan con un área pequeña comparada con las dos comunas anteriormente mencionadas sobre todo la comuna 22. La gran mayoría de estas comunas se encuentran en el oriente de la ciudad, zona caracterizada por la gran densidad poblacional presente, además de la presencia de problemas de índole social, como el de grupos de pandillas, también existen lugares de asentamientos subnormales más exactamente en el Jarillón de protección de inundaciones del río Cauca.

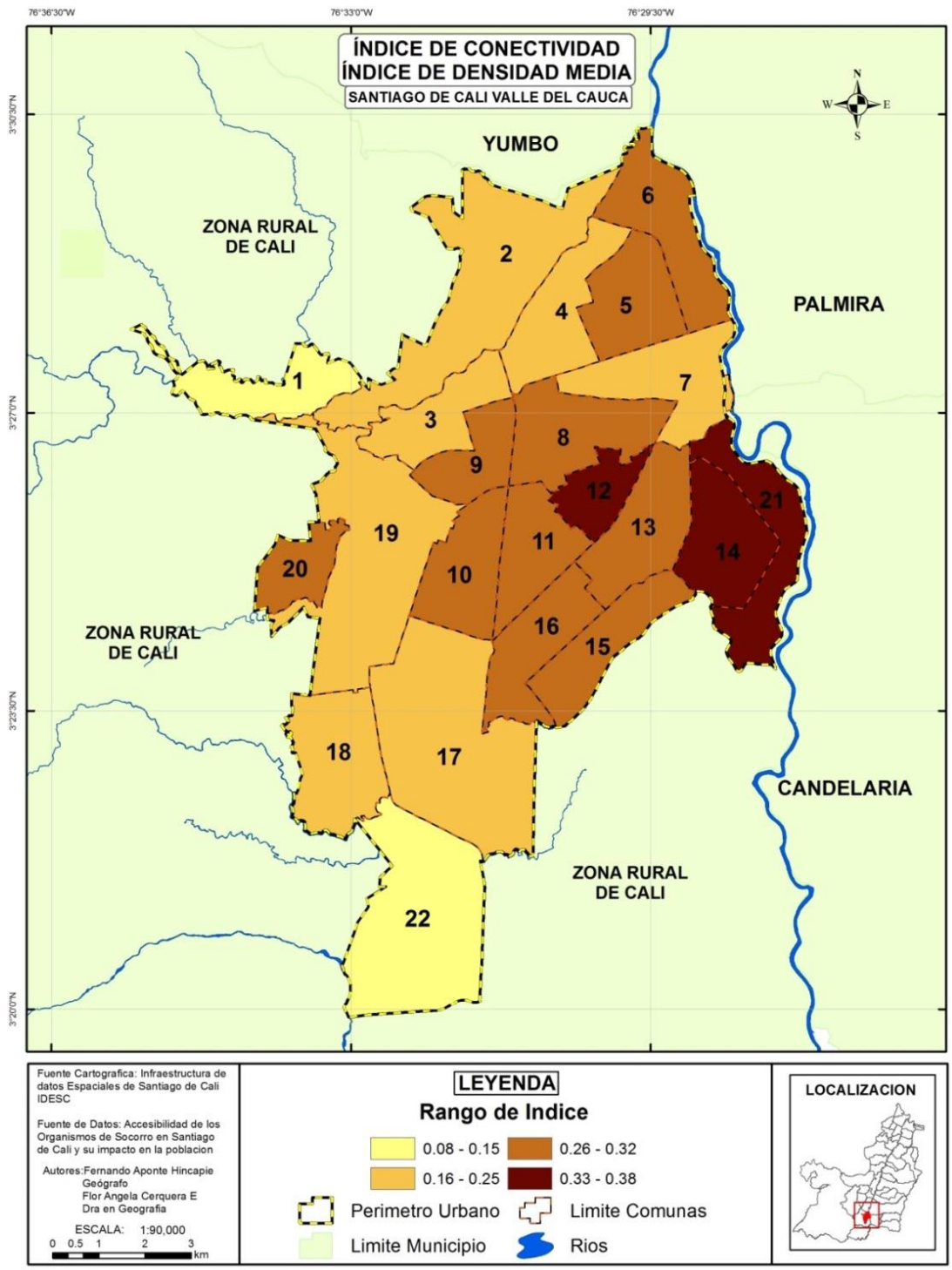


Figura 20. Índice de Densidad Media, IM, de las comunas de Cali.
Fuente: Elaboración Propia.

B. El coeficiente de Engels (IE).

Permite obtener la eficiencia vial a través de la relación de la longitud de las vías, tanto con la superficie del área estudiada como con la población que alberga. Su relación:

$$IE = km\ v * 100 / \sqrt{(S * P)}$$

Donde km v es la longitud de la vialidad, S la superficie (km²) y P el número total de habitantes. Con este cálculo se comprueba la facilidad de circulación de personas e intercambio de bienes y servicios ya que a mayores valores, mayor es la eficiencia vial y viceversa. (Martínez, 2012).

Para los cálculos del coeficiente de Engels se tuvo en cuenta la proyección al 2015 de la población del censo de 2005 realizado por el DANE, dando como resultado a nivel de la ciudad de 1.76, donde se cuenta con una población de 2'215.941 habitantes en la zona urbana de la ciudad (calculado obtenido por la sumatoria de habitantes por comuna), y un área total de 12.090.00 kilómetros cuadrados, y una red vial que cuenta con 2879.73 kilómetros de vías. Donde el 77% de las comunas de la ciudad presentan un rango muy deficiente, el 18 % valor deficiente, y el restante una comuna valor eficiente, no se encuentran comunas con rango de valores mediamente eficientes dentro de la ciudad (ver Tabla 22).

Tabla 20. Coeficiente de Engels, IE, de las comunas de Santiago de Cali.

| COMUNA | SUPERFICIE KM2 | HABITANTES | VÍAS KM | COEFICIENTE DE ENGELS (IE) | RANGO |
|--------|-------------------|------------|------------|-------------------------------|----------------|
| 1 | 384.2 | 85569 | 58.54 | 1.02 | Muy Deficiente |
| 2 | 1131.3 | 112746 | 220.09 | 1.95 | Muy Deficiente |
| 3 | 370.4 | 46283 | 87.51 | 2.11 | Muy Deficiente |
| 4 | 452.5 | 53687 | 113.48 | 2.30 | Deficiente |
| 5 | 419.8 | 111157 | 117.99 | 1.73 | Muy Deficiente |
| 6 | 501.2 | 188124 | 154.76 | 1.59 | Muy Deficiente |
| 7 | 498.8 | 71846 | 114.09 | 1.91 | Muy Deficiente |
| 8 | 526.7 | 102177 | 153.09 | 2.09 | Muy Deficiente |
| 9 | 289.9 | 45349 | 82.34 | 2.27 | Deficiente |
| 10 | 429.8 | 110407 | 120.19 | 1.74 | Muy Deficiente |
| 11 | 370 | 106731 | 114.16 | 1.82 | Muy Deficiente |
| 12 | 232.9 | 67049 | 79.41 | 2.01 | Muy Deficiente |
| 13 | 473.7 | 177228 | 149.94 | 1.64 | Muy Deficiente |

| COMUNA | SUPERFICIE KM2 | HABITANTES | VÍAS KM | COEFICIENTE DE ENGELS (IE) | RANGO |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|
| 14 | 454.3 | 170909 | 174.47 | 1.98 | Muy Deficiente |
| 15 | 406 | 156267 | 124.53 | 1.56 | Muy Deficiente |
| 16 | 427.6 | 106145 | 123.77 | 1.84 | Muy Deficiente |
| 17 | 1255.6 | 136428 | 239.36 | 1.83 | Muy Deficiente |
| 18 | 542.9 | 127752 | 100.61 | 1.21 | Muy Deficiente |
| 19 | 1136.7 | 111989 | 224.77 | 1.99 | Muy Deficiente |
| 20 | 243.9 | 6898 | 71.65 | 5.52 | Eficiente |
| 21 | 482.9 | 110332 | 165.57 | 2.27 | Deficiente |
| 22 | 1058.9 | 10868 | 89.41 | 2.64 | Deficiente |
| TOTAL | 12090 | 2215941 | 2879.73 | 1.76 | Muy Deficiente |

(continua tabla 21)

Fuente: elaboración Propia.

La comuna que presento mayor cantidad de coeficiente de Engels está ubicado en la comuna 20 de la ciudad, 5,52 rango el cual se encuentra en eficiente, comparado con los demás rangos generados, donde encontramos un área total de 243,9 kilómetros cuadrados, 6.898 habitantes la más baja de todas las comunas, y una red vía de 126 kilómetros, esto nos indica que la red vial de la comuna tiene una buena relación con la cantidad de habitantes con que cuenta.

En la Figura 21 se observa los rangos del coeficiente de Engels, donde el color más oscuro nos indica el mayor coeficiente comuna 20, con menos intensidad de color se presentan las comunas de la parte central de la ciudad y la comuna 22 en la parte sur, y las menor rango son la comuna 1 y 18.

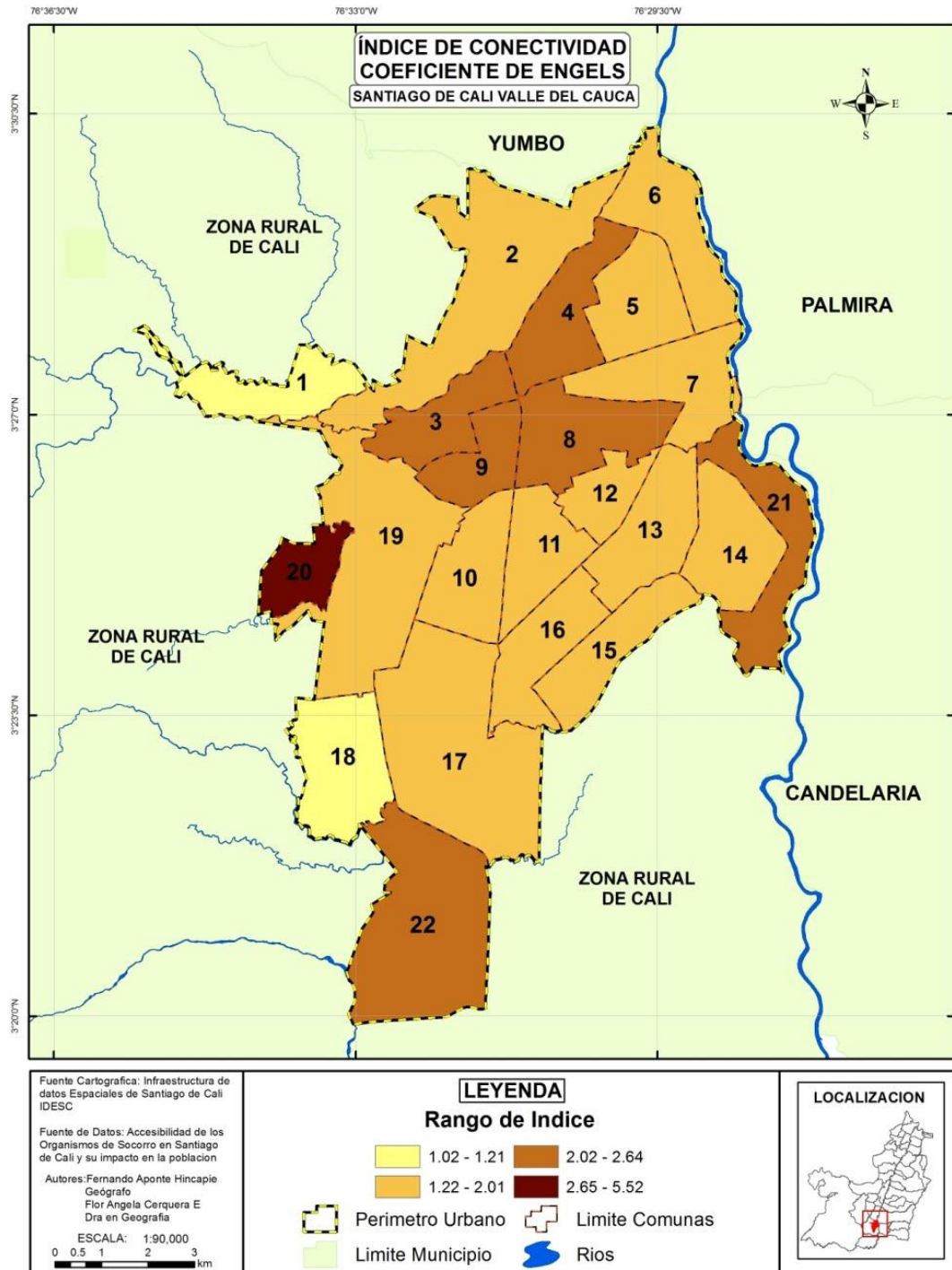


Figura 21. Coeficiente de Engels, IE, de las comunas de Santiago de Cali.
Fuente: elaboración Propia.

C. Análisis de accesibilidad ideal (AI1).

Se calcula a partir de la sumatoria de las distancias lineales entre un punto respecto a otros puntos de interés y permite observar cuan distante está un punto de otro en línea recta. (Martínez, 2012).

$AI1 = \sum di1n$ Donde AI1 es la accesibilidad ideal del punto y $di1n$ es la distancia del punto 1 con respecto a cada punto n del área de estudio.

Tabla 21. Accesibilidad Ideal, AI, de las comunas de Cali.

| Comunas | Estación | Distancia Ideal | | Tipo Accesibilidad |
|---------|----------|-----------------|---------------|--------------------|
| | | Distancia mts | Distancia kms | |
| 1 | X6 | 1309 | 1.31 | Alta |
| 2 | X1 | 1564 | 1.56 | Alta |
| 3 | X1 | 1359 | 1.36 | Alta |
| 4 | X1 | 2286 | 2.29 | Alta |
| 5 | X8 | 2992 | 2.99 | Media |
| 6 | X8 | 2944 | 2.94 | Media |
| 7 | X3 | 2781 | 2.78 | Media |
| 8 | X3 | 710 | 0.71 | Alta |
| 9 | X2 | 1395 | 1.40 | Alta |
| 10 | X4 | 1357 | 1.36 | Alta |
| 11 | X4 | 1378 | 1.38 | Alta |
| 12 | X3 | 1870 | 1.87 | Alta |
| 13 | X7 | 937 | 0.94 | Alta |
| 14 | X7 | 826 | 0.83 | Alta |
| 15 | X4 | 2095 | 2.10 | Alta |
| 16 | X4 | 926 | 0.93 | Alta |
| 17 | X4 | 3101 | 3.10 | Media |
| 18 | X5 | 3895 | 3.90 | Media |
| 19 | X5 | 1081 | 1.08 | Alta |
| 20 | X5 | 592 | 0.59 | Alta |
| 21 | X7 | 1572 | 1.57 | Alta |
| 22 | X4 | 7003 | 7.00 | Baja |

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de este indicador se utilizaron los centroides de la comunas y la ubicación de la estación más cercana a esta, todos los cálculos realizados por medio de herramientas SIG, con resultados expuestos en la Tabla 23. Estos resultados de obtuvieron con distancias entre la estación de Bomberos más cercana al centroide de la comuna. Se utilizó el centroide de la comuna con la intención de relacionar las distancias más equidistante y representativa de la misma comuna hacia el punto de atención del servicio y viceversa (Figura 22).

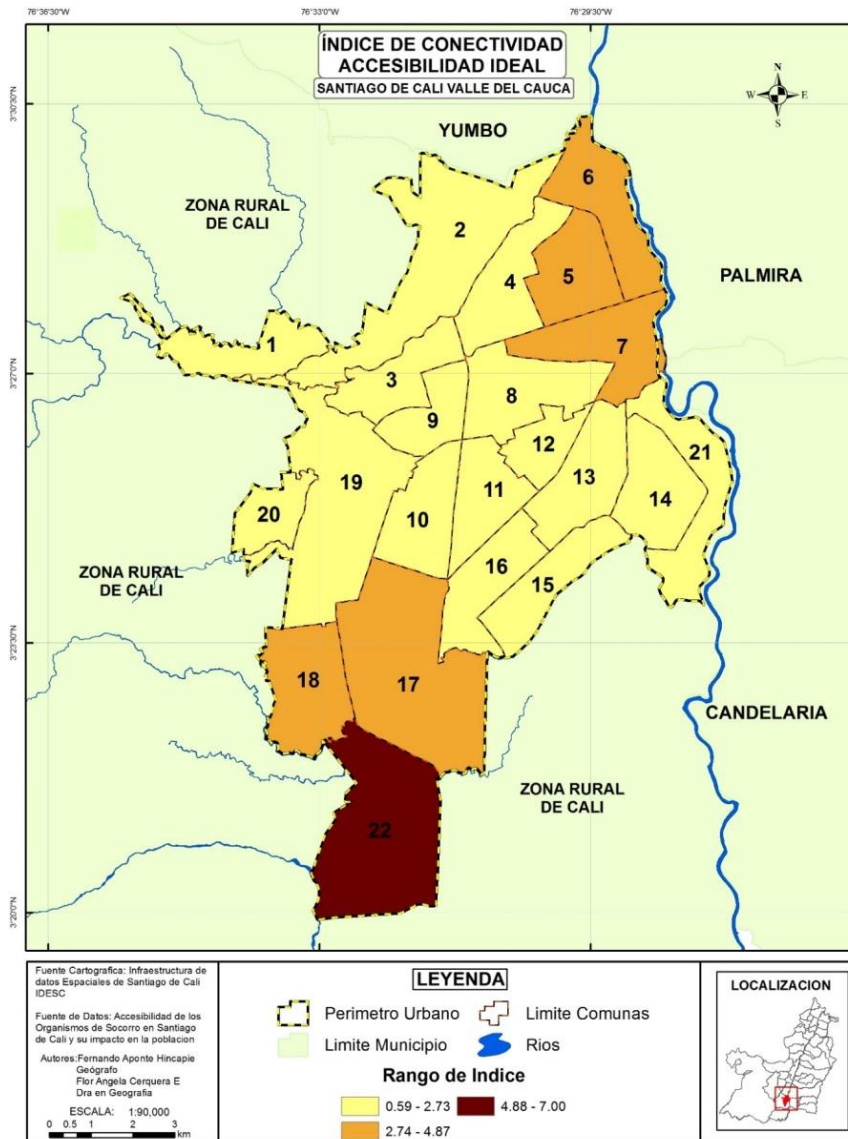


Figura 22. Accesibilidad Ideal, AI, de las comunas de Santiago de Cali.
Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis se desprende que el 72.80 % de las comunas (16 de las 22 comunas de la ciudad) cuenta con una accesibilidad ideal alta, lo que nos indica que la ubicación de las estaciones de bomberos dentro de la ciudad tiene una buena distribución, el 22,72 % de las comunas (5 Comunas) se encuentran en una accesibilidad ideal media y solamente el 4,54 % de las comunas, una de las comuna 22 cuenta con una accesibilidad ideal baja.

La comuna con accesibilidad baja se encuentra en la parte sur de la ciudad (ver Figura), lugar donde la estación de bomberos de encuentra a una distancia lineal de 7 kilómetros desde la estación Villa del Sur (X4) hasta el centroide de la comuna, lo cual nos quiere decir que esta parte de la ciudad existe la necesidad de la construcción de una nueva estación de Bomberos para reducir la distancia a esta comuna.

D. Análisis de Accesibilidad Real (AR1).

Permite precisar la distancia a través de las vías de comunicación, entre un punto del espacio respecto a otros puntos, para calcular la distancia real entre dichos puntos. (Martínez, 2012).

$$AR1 = \sum di1n$$

Donde AR1 es la accesibilidad real del punto y $di1n$ es la distancia del punto 1 con respecto a cada punto n del área de estudio.

Nuevamente los cálculos se realizaron desde los centroides de las comunas con la estación más cerca para así poder determinar la accesibilidad real de las diferentes comunas de la ciudad, el ejercicio arrojó los siguientes resultados 77.27 % (17 comunas) de las comunas de la ciudad cuentan con una accesibilidad real alta, la cual aumenta la cantidad de comunas y por ende el porcentaje comparada con la accesibilidad ideal, el 18%, 20% (4 comunas) cuenta con una accesibilidad real media y nuevamente el porcentaje restante una sola comuna cuenta con una accesibilidad real baja (Tabla 23).

Tabla 22. Accesibilidad Real, *ARI*, de las comunas de Santiago de Cali.

| Comunas | Estación | Distancia Real | | Rango |
|---------|----------|----------------|---------------|-------|
| | | Distancia mts | Distancia kms | |
| 1 | X6 | 1834 | 1.834 | Alta |
| 2 | X1 | 2362 | 2.362 | Alta |
| 3 | X1 | 2109 | 2.109 | Alta |
| 4 | X1 | 2961 | 2.961 | Alta |
| 5 | X8 | 3877 | 3.877 | Media |
| 6 | X8 | 3225 | 3.225 | Alta |
| 7 | X3 | 3411 | 3.411 | Media |
| 8 | X3 | 942 | 0.942 | Alta |
| 9 | X2 | 1630 | 1.63 | Alta |
| 10 | X4 | 2168 | 2.168 | Alta |
| 11 | X4 | 1637 | 1.637 | Alta |
| 12 | X3 | 2686 | 2.686 | Alta |
| 13 | X7 | 1315 | 1.315 | Alta |
| 14 | X7 | 1449 | 1.449 | Alta |
| 15 | X4 | 2934 | 2.934 | Alta |
| 16 | X4 | 1075 | 1.075 | Alta |
| 17 | X4 | 3582 | 3.582 | Media |
| 18 | X5 | 4335 | 4.335 | Media |
| 19 | X5 | 1515 | 1.515 | Alta |
| 20 | X5 | 890 | 0.89 | Alta |
| 21 | X7 | 2442 | 2.442 | Alta |
| 22 | X4 | 7973 | 7.973 | Baja |

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura 23, como nuevamente el sur de la ciudad cuenta con una accesibilidad real en un rango entre medio y bajo y esto es debido a la falta de estaciones de bomberos en este sector de la ciudad, por otro lado las comunas 5 y 7 (accesibilidad real media), ubicados en la parte nororiental de la ciudad podrían mejorar su accesibilidad con respecto a las estaciones de bomberos presentes en

estas zonas, si no existirán unas barreras físicas que imposibilitan la libre movilización de vehículos como lo es la base aérea Marco Fidel Suarez la cual restringe la cantidad de red viaria en la comuna 7 sobretodo. Además de la ubicación de la estación Norte (X8) la cual se encuentra en la parte norte de la ciudad más cerca del municipio de Yumbo.

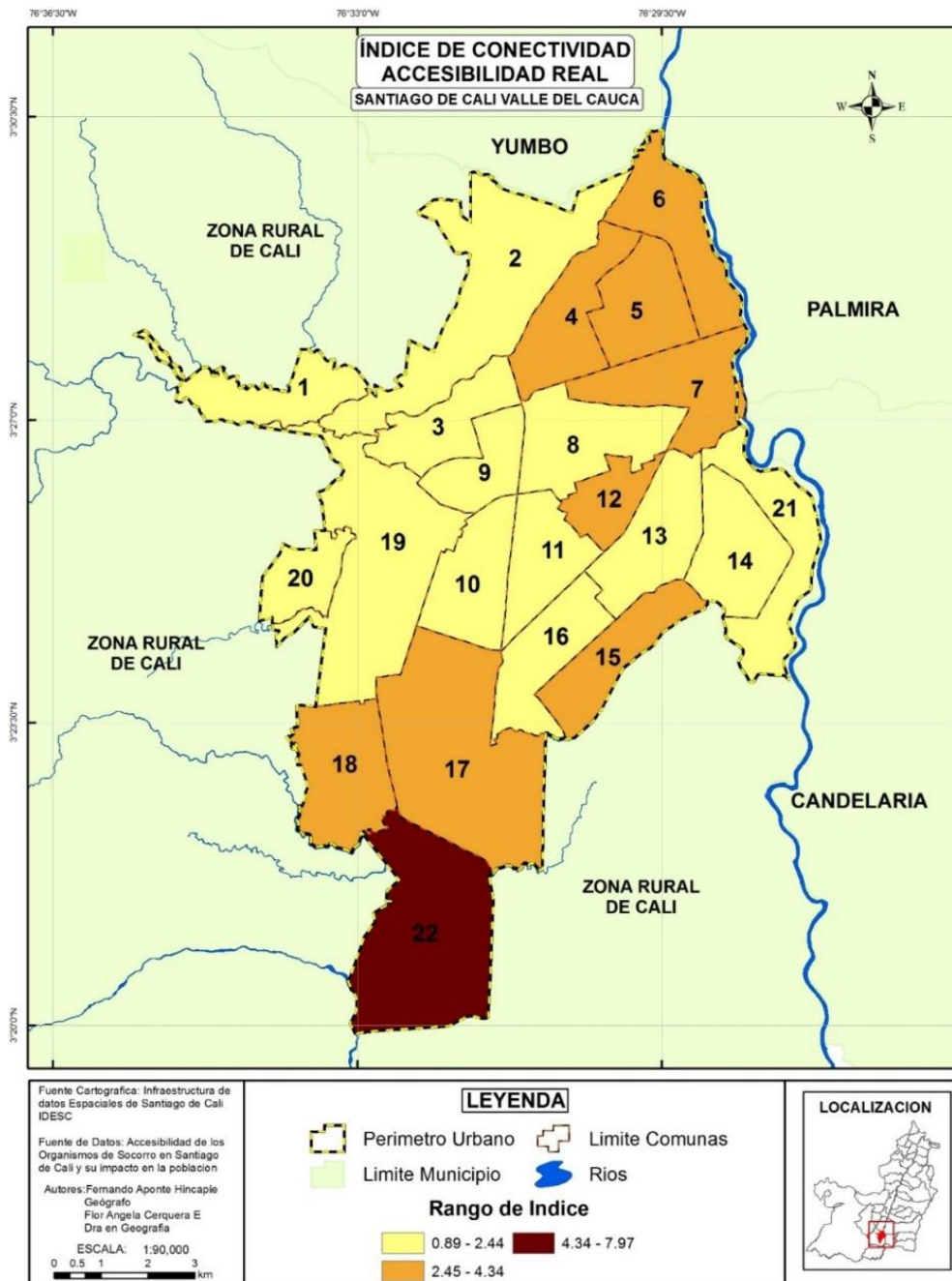


Figura 23. Accesibilidad Real, AR1, de las comunas de Santiago de Cali.
Fuente: elaboración Propia.

E. Índice de la calidad de la comunicación (ICC).

Para el cálculo de este índice se comparan las distancias ideales con las reales a través del cociente de los índices de accesibilidad ideal y real respectivamente, con el fin de comprobar qué tan cercano es lo ideal de lo real. (Martínez, 2012) Su relación es: $ICC1 = AI1/AR1$.

Tabla 23. Índice Calidad de la Comunicación ICC, de comunas Santiago de Cali.

| Comunas | Accesibilidad | Accesibilidad Real (AR1) | Índice de la Calidad de la Comunicación (ICC) |
|---------|---------------|-----------------------------|--|
| | Ideal (AI1) | | |
| 1 | 1.31 | 1.83 | 0.713 |
| 2 | 1.56 | 2.36 | 0.662 |
| 3 | 1.36 | 2.11 | 0.644 |
| 4 | 2.29 | 2.96 | 0.772 |
| 5 | 2.99 | 3.88 | 0.771 |
| 6 | 2.94 | 3.23 | 0.912 |
| 7 | 2.78 | 3.41 | 0.815 |
| 8 | 0.71 | 0.94 | 0.753 |
| 9 | 1.40 | 1.63 | 0.855 |
| 10 | 1.36 | 2.17 | 0.625 |
| 11 | 1.38 | 1.64 | 0.842 |
| 12 | 1.87 | 2.69 | 0.696 |
| 13 | 0.94 | 1.32 | 0.712 |
| 14 | 0.83 | 1.45 | 0.57 |
| 15 | 2.10 | 2.93 | 0.714 |
| 16 | 0.93 | 1.08 | 0.861 |
| 17 | 3.10 | 3.58 | 0.865 |
| 18 | 3.90 | 4.34 | 0.898 |
| 19 | 1.08 | 1.52 | 0.713 |
| 20 | 0.59 | 0.89 | 0.665 |
| 21 | 1.57 | 2.44 | 0.644 |
| 22 | 7.00 | 7.97 | 0.878 |
| TOTAL | 43.97 | 56.35 | 0.781 |

Fuente: Elaboración Propia.

Al ver los resultados de índice de calidad de comunicación en la Tabla 25 en general se verifica que ninguno de los punto analizados tiene coincidencia entre la distancia ideal, que sería la menor distancia posible lineal, y la real, que es la distancia por la ruta más corta, (dato calculado en análisis de redes del ArcGis) ya que ninguno se acerca al valor óptimo (1). Solo se puede hacer referencia al índice de comunicación de la comuna 6 que se aproxima al valor de 1 donde la distancia ideal entre los dos puntos es de 2.94 kilómetros y el valor real es de 3.23 kilómetros de separación.

Dentro de la Figura 24 se puede observar claramente cuales comunas de la ciudad tienen una índice de la calidad de comunicación con diferentes rangos los cuales fueron realizados por medio del cruce de la información en SIG, donde se determinaron tres rangos para tener una constante, de alta, media y baja comunicación entre los centroides de las comunas y las estaciones más cercanas a estos y cuál fue su comportamientos si la distancias ideales y reales se aproximaban a la unidad.

Las comunas 6, 7, 9, 11, 16, 17, 18 y 22 tiene una mayor aproximación a la unidad, estas comunas están en un rango de 0.81 a 0.91, el 36.36 % de las comunas de la ciudad se encuentran dentro del índice de comunicación alto, mientras que las comunas 1, 4, 5, 8, 12, 13, 15, 19 se encuentran en una índice de comunicación medio es decir entre los rangos 0.69 a 0.80, en otras palabras el 36.36 % de las comunas se encuentra en este rango, mientras que el 27.28% de las comunas de la ciudad se sitúan en un rango bajo, esto quiere decir que para llegar de una estación de bomberos (definida como origen) hasta el centroide la comuna, el recorrido real por las vías de la ciudad es casi el doble que su recorrido ideal, tal es el caso de la comuna 14 que tiene una accesibilidad ideal de 0.83 kilómetros y su accesibilidad real es 1.449 kilómetros.

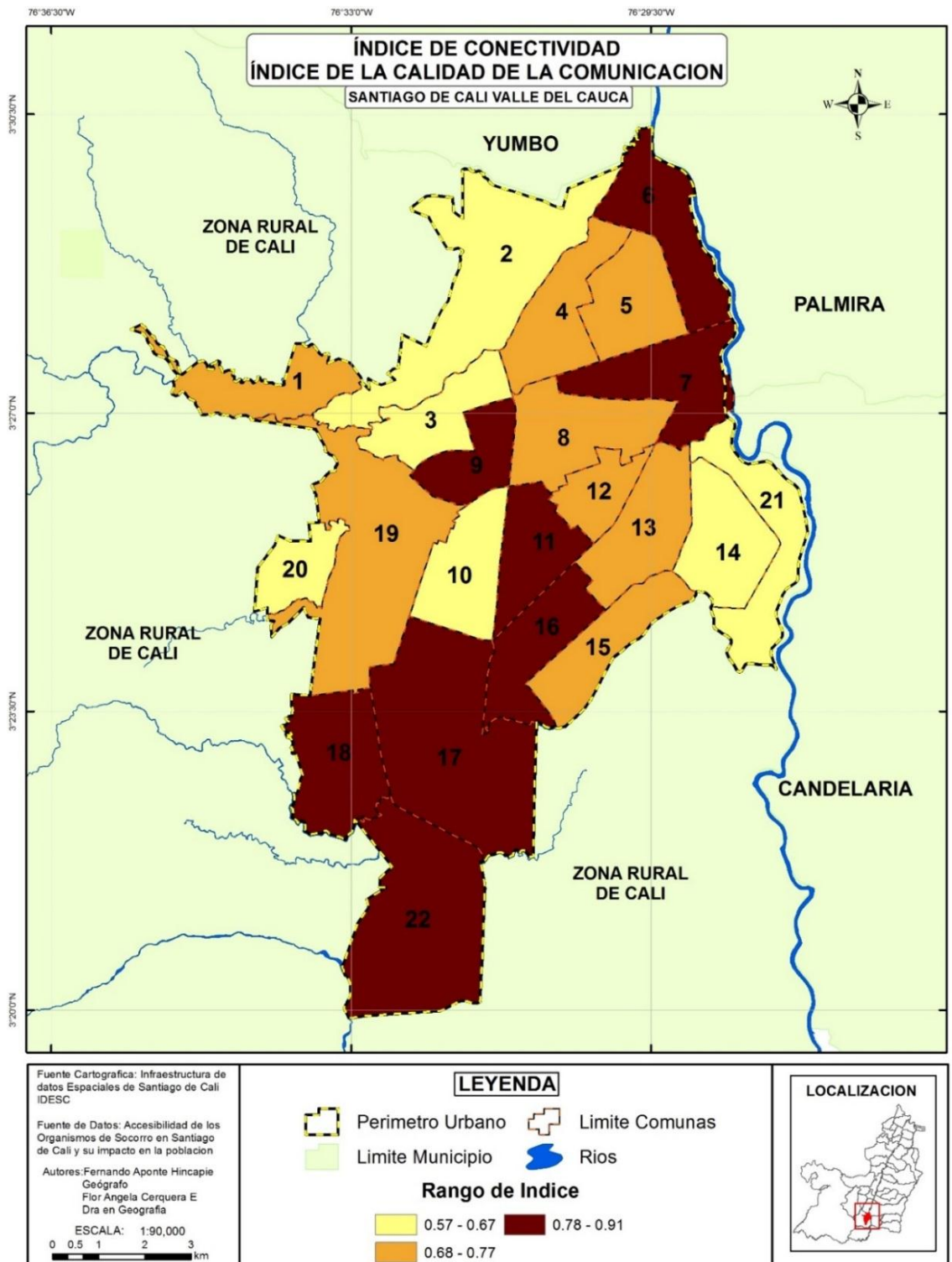


Figura 24. Índice de Calidad de la Comunicación, ICC, de comunas de Santiago de Cali.
Fuente: Elaboración propia.

F. Índice de trayectoria (IT).

Indica el porcentaje de longitud extra que se debe recorrer para llegar de un punto a otro, de no recorrerlo en línea recta. Se calcula mediante el cociente de los índices de accesibilidad real e ideal y se obtienen valores oscilantes al uno (1), indicando que cuanto mayor sea la trayectoria a recorrer, mayores serán los valores. (Martínez, 2012) Su relación es:

$$IT1= AR1/AI1$$

Tabla 24. Índice de Trayectoria, IT, de las comunas de Santiago de Cali.

| Comunas | Accesibilidad Ideal (AI1) | Accesibilidad Real (AR1) | Índice de Trayectoria (IT) |
|--------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | 1.31 | 1.83 | 1.401 |
| 2 | 1.56 | 2.36 | 1.511 |
| 3 | 1.36 | 2.11 | 1.551 |
| 4 | 2.29 | 2.96 | 1.295 |
| 5 | 2.99 | 3.88 | 1.296 |
| 6 | 2.94 | 3.23 | 1.095 |
| 7 | 2.78 | 3.41 | 1.226 |
| 8 | 0.71 | 0.94 | 1.326 |
| 9 | 1.40 | 1.63 | 1.168 |
| 10 | 1.36 | 2.17 | 1.597 |
| 11 | 1.38 | 1.64 | 1.188 |
| 12 | 1.87 | 2.69 | 1.436 |
| 13 | 0.94 | 1.32 | 1.403 |
| 14 | 0.83 | 1.45 | 1.754 |
| 15 | 2.10 | 2.93 | 1.401 |
| 16 | 0.93 | 1.08 | 1.161 |
| 17 | 3.10 | 3.58 | 1.155 |
| 18 | 3.90 | 4.34 | 1.113 |
| 19 | 1.08 | 1.52 | 1.401 |
| 20 | 0.59 | 0.89 | 1.503 |
| 21 | 1.57 | 2.44 | 1.553 |
| 22 | 7.00 | 7.97 | 1.138 |
| TOTAL | 43.97 | 56.35 | 1.281 |

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados correspondientes al índice de trayectoria (IT) los cuales se encuentran en la Tabla 25, se aprecia que todas las unidades superan el valor óptimo (1). Esto indica que mayor será la trayectoria que debe recorrerse de un nodo a otro, mientras los valores se acercan a uno (1), sería un recorrido menor, tal es el caso de la comuna 6 de la ciudad donde su índice es de 1.095, lo cual nos indica que en esta comuna se debe realizar un recorrido menor entre nodos, el índice de trayectoria de la ciudad se encuentra en 1.281, se puede decir que se encuentra próximos a 1 lo cual nos indica que en términos generales la ciudad cuenta con un índice bajo lo cual es un buen resultado ya que se deben realizar recorridos más cortos comparados entre las distancias ideales y las reales para alcanzar un nodo.

En la Figura 25 se muestra como la comuna 10 y 14 a pesar de estar a una distancia relativamente cerca de las estaciones Villa del Sur (X4) y Aguablanca (X7) respectivamente sus índices de trayectoria son sumamente altos, lo cual nos quiere decir que para acceder a estos lugares (centroides de la comunas) se deben realizar unos recorridos demasiados largos. Para el caso de la comuna 10 se presenta una barrera física como lo es la calle 23 que atraviesa la ciudad de sur a norte y solo tiene dos vías por donde ingresar a esta comuna la carrera 39 que tiene sentido oriente occidente en sus 4 carriles y la carrera 56 (avenida Guadalupe) la cual es de doble sentido, ambas vías tiene un alto flujo vehicular.

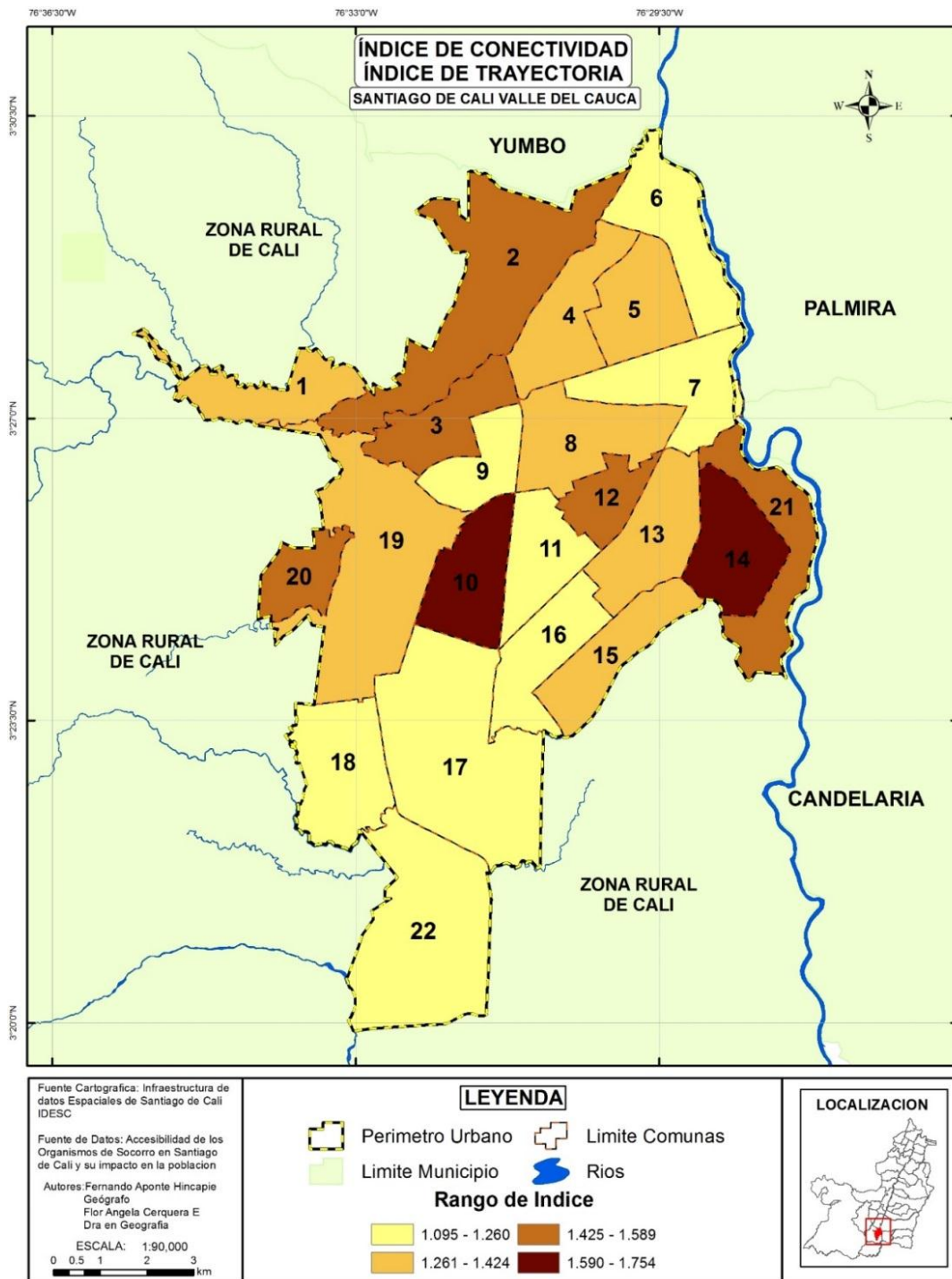


Figura 25. Índice de Trayectoria, IT, de las comunas de Santiago de Cali
Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la comuna 14 la transversal 103 atraviesa toda la comuna de norte a sur, esta avenida consta con un separador central, con limitados acceso que causa la demora en poder cruzar, sumado a esto se encuentran dos canales de aguas negras los cuales atraviesan la comuna de occidente a oriente, el primero ubicado en la transversal 87 cuenta con cinco puentes dentro de la comuna y por su lado el canal de aguas negra ubicado en la transversal 104 cuenta con seis accesos o puentes dentro de la comuna 14.

3.3.4 Accesibilidad bajo índices de recorrido. Análisis con SIG.

Para la realización de los análisis, se cuentan con las velocidades tipos de las vías de acuerdo con las normas de diseño geométrico y del Código Nacional del Tránsito (CNT, 2015), para las zonas urbanas, 60 kilómetros por hora para vías Arterias principales y 30 kilómetros por hora en vías locales), además de los límites de la ciudad para así poder procesar la información por medio de análisis de redes se trabajó con herramientas SIG. Se calcularon los tiempos de respuestas de 4, 7 y 10 minutos para determinar los polígonos de área de respuesta para las necesidades de cada una de las estaciones de Bomberos. En la Tabla 26 se relacionan la cantidad de incidentes atendido por cada una de las estaciones de bomberos en el periodo de 2012 al 2014.

Tabla 25. Incidentes o emergencias atendidos por la estaciones de Bomberos en los últimos años.

| Incidentes Atendidos | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Estación | 2012 | 2013 | 2014 | TOTAL |
| Central | 703 | 458 | 271 | 1432 |
| Alameda | 294 | 288 | 196 | 778 |
| Oriental | 568 | 524 | 280 | 1372 |
| Villa del Sur | 925 | 811 | 663 | 2399 |
| Occidental | 569 | 380 | 394 | 1343 |
| Forestal | 289 | 179 | 175 | 643 |
| Aguablanca | 508 | 455 | 365 | 1328 |
| Norte | 209 | 333 | 316 | 858 |
| TOTAL | 4065 | 3428 | 2660 | 10153 |

Fuente: Elaboración propia.

Un segundo proceso es realizado con las velocidades reales que se obtuvieron de un estudio desarrollado por Metrocali y GEICOL LTDA. INGENIEROS, donde uno de sus aparte dice: *Las velocidades en el sentido sur-norte, oscilan entre los 10 y 63 km /h y en el sentido norte-sur entre 15 y 72 Km/h. En promedio se puede decir que la circulación vehicular en los dos sentidos es muy similar; la velocidad promedio para todos los recorridos en el sentido sur-norte es de 34.40 Km/h y de 34.66 km/h para el sentido norte-sur* (GEICOL LTDA. INGENIEROS, 2012).

Hay que tener en cuenta que según la norma de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (**NFPA** por sus siglas en ingles), norma para la organización y despliegue de operaciones de extinción de incendios, operaciones médicas de emergencia y operaciones especiales para el público llevadas a cabo por departamentos de bomberos profesionales, NFPA 1710, la cual trata del tiempo de respuesta de los Organismos de socorro Tabla 27, tiene la siguiente estructura de tiempos de respuesta:

Tabla 26. Tiempos de respuesta NFPA 1710

| EVENTO | TIEMPO MINUTOS |
|------------------------------|-----------------------|
| Realizar Llamada y Recibirla | 1 |
| Preparación y Salir | 1 |
| Movilización | 4 |
| Total | 6 |

Fuente: Asociación Nacional de Protección contra Incendios NFPA.

Las Normas Internacionales establecen que debe existir 1 bombero por cada 1.000 habitantes. Lo cual en la actualidad no se está cumpliendo en la ciudad de Santiago de Cali y muy posiblemente en el resto de ciudades del país. Los Bomberos de Cali lo conforman 450 miembros, 180 están divididos por turnos de 8 horas permanentemente, en las 8 estaciones urbanas (El pais Cali, 2009), y el resto son voluntarios que esporádicamente se acuartelan en alguna de las estaciones. Existe una carencia de aproximadamente 2000 bomberos dentro de la ciudad de Santiago de Cali, lo cual posiblemente son suplidos por los socorristas de las demás instituciones presentes en la ciudad, Cruz Roja y Defensa Civil.

Para la realización de la siguiente Figura se tuvo como referencias las distancias en kilómetros los cuales tienen sus valores en tiempos así nos da una aproximación a la realidad del tiempo de respuesta y cobertura que se tiene por parte de las estaciones de bomberos de la ciudad. Esta es la homologación que se desarrolló:

1 km = 1 minuto, 2 minutos = 2 km, 3 minutos = 3 km y 4 minutos = 4 km

Dentro de la Figura 26 se puede observar la distancia que se recorre por medio de los bomberos si existiera una fórmula ideal de recorrer 1 km cada minuto pero hay que tener en cuenta otras variables, como lo son el sentido de las vías el horario que ocurre el evento, el tráfico existente entre otras, con la actual Figura en tiempo de 4 minutos se estaría cubriendo el 80% del territorio de la ciudad a los 5 minutos se cubriría el 90% y a los 6 minutos de recorrido se estaría cubriendo la totalidad de la zona urbana de la ciudad de Santiago de Cali.

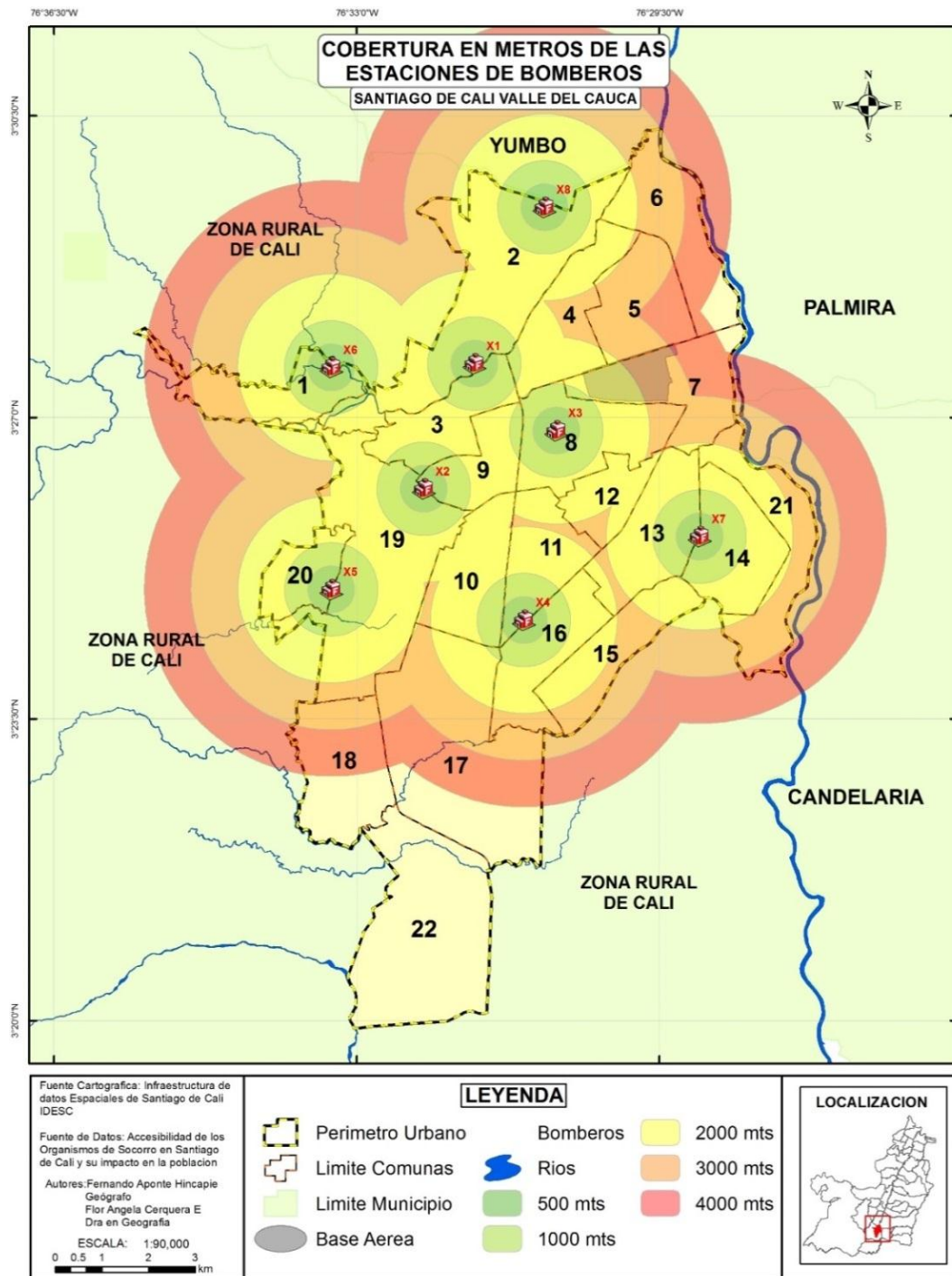


Figura 26. Cobertura de servicio en distancia del Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Cali.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que ninguna cobertura tiene un comportamiento de esta forma, circular, como se dijo anteriormente existen otras variables que afectan la homogeneidad del territorio, por otro lado con un modelo de este tipo sería necesario solamente la construcción de una estación en la parte sur de la ciudad para tener una cobertura del 100% en 4 minutos de recorrido de cualquier vehículo de emergencia.

A. Cobertura en tiempo de las estaciones de Bomberos en la zona urbana.

La cobertura que tiene cada una de las ocho estaciones de Bomberos de la ciudad, en función de los tiempos de respuesta a los diferentes incidentes atendidos, además de las barreras físicas y geográficas presentes en la ciudad, barreras como lo son las vías principales, ríos de la ciudad y la base área que es una de las barreras físicas más representativas de la ciudad.

En la Figura 27 se puede ver claramente la cobertura de cada una de las estaciones de la ciudad definidas por el Cuerpo Voluntario de Bomberos de Cali, donde podemos ver notoriamente las menores áreas de cobertura de algunas estaciones como lo son las pertenecientes a las estaciones Central (X1), Alameda (X2), y Forestal (X6), esta última debido a que cubre mas parte rural que urbana y solamente para esta investigación se tiene en cuenta la zona urbana de la ciudad. Además las estaciones ubicadas al sur de la ciudad Villa del Sur (X4) y Occidental (X5), tienen unas coberturas sumamente grandes aproximadamente el 40 % de la ciudad.

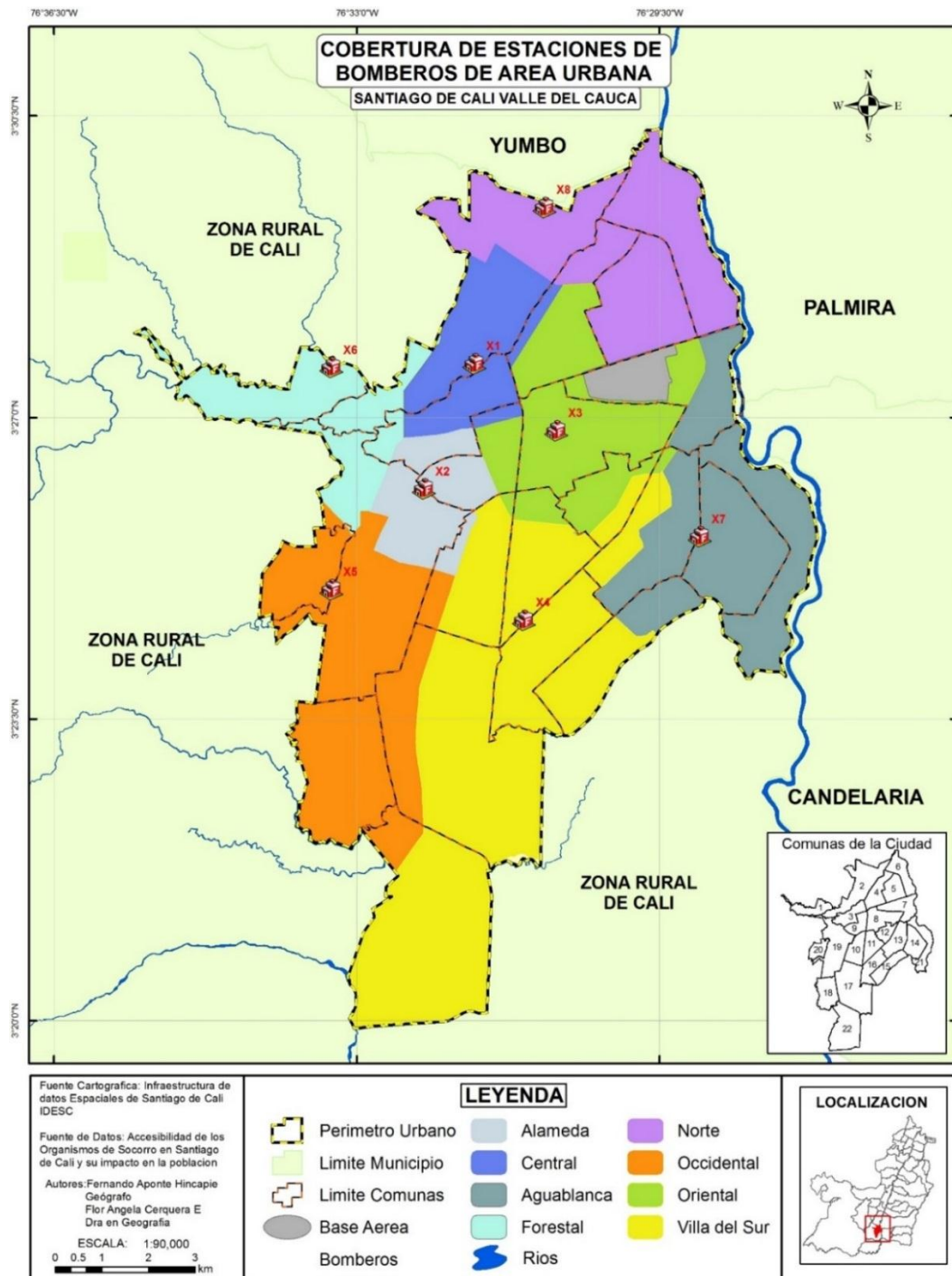


Figura 27. Cobertura de las estaciones de bomberos definida por la institución.
Fuente: Elaboración propia.

B. Zonas de servicio de las estaciones de Bomberos.

Son zonas en las que está dividida la ciudad para la atención de incidentes por parte de los bomberos de Cali, es así como la ciudad por parte de esta entidad está dividida en ocho (8) estaciones, donde cada una de ellas tiene una zona de prestación de servicios. Para dicha división se tuvo en cuenta las barreras físicas y geográficas presentes en la ciudad, barreras como lo son las vías principales, ríos de la ciudad y la base área que una de las barreras físicas más representativas de la ciudad, todo ello con la intención de llegar en el menor tiempo posible para la atención de emergencias e incidentes dentro de dichas zonas.

El análisis de zona de servicios requiere usar insumos como la malla vial, características de esta como tiempos de recorrido, velocidad, estado vial y sentidos de recorrido (Tabla 28), contiene datos determinados de acuerdo con valores tipos de incidencia y sus limitaciones en el recorrido, logrando obtener como resultado un recorrido óptimo de viaje que se enfoca en el recorrido que se de en el menor tiempo. Es así como se obtienen a continuación los tiempos de respuestas por medio de análisis de red.

Tabla 27. Atributos de malla vial de la ciudad.

| Código | # Comuna | Nomenclatura | Clase | KM_ H | Distancia en metros | Tiempo en min | Tiempo Según |
|--------|----------|--------------|---------|-------|---------------------|---------------|--------------|
| 1 | 6 | CL 84 | Calle | 60 | 509.319 | 0.509 | 30.559 |
| 2 | 0 | KR 38 | Carrera | 30 | 235.331 | 0.471 | 28.240 |
| 3 | 2 | CL 10 | Calle | 60 | 221.486 | 0.221 | 13.289 |
| 4 | 0 | CL 10 | Calle | 60 | 97.772 | 0.098 | 5.866 |
| 5 | 6 | CL 83F | Calle | 30 | 146.049 | 0.292 | 17.526 |
| 6 | 6 | CL 83C | Calle | 30 | 118.878 | 0.238 | 14.265 |
| 7 | 6 | KR 5 N | Carrera | 30 | 31.124 | 0.062 | 3.735 |
| 8 | 6 | CL 83E | Calle | 30 | 114.507 | 0.229 | 13.741 |
| 9 | 6 | CL 83D | Calle | 30 | 114.718 | 0.229 | 13.766 |
| 10 | 6 | KR 8 N | Carrera | 30 | 31.435 | 0.063 | 3.772 |
| 11 | 6 | CL 82 | Calle | 30 | 121.229 | 0.242 | 14.547 |
| 12 | 6 | CL 81 | Calle | 30 | 121.304 | 0.243 | 14.556 |
| 13 | 6 | CL 80 | Calle | 30 | 121.380 | 0.243 | 14.566 |

| Código | # Comuna | Nomenclatura | Clase | KM_H | Distancia en metros | Tiempo en min | Tiempo Según |
|--------|----------|--------------|---------|------|---------------------|---------------|--------------|
| 14 | 6 | CL 83A | Calle | 30 | 121.470 | 0.243 | 14.576 |
| 15 | 6 | CL 79 | Calle | 30 | 121.507 | 0.243 | 14.581 |
| 16 | 6 | CL 83 | Calle | 30 | 121.340 | 0.243 | 14.561 |
| 17 | 6 | CL 78 | Calle | 30 | 121.700 | 0.243 | 14.604 |
| 18 | 6 | CL 77 | Calle | 30 | 121.703 | 0.243 | 14.604 |
| 19 | 6 | CL 81 | Calle | 30 | 128.596 | 0.257 | 15.432 |
| 20 | 6 | KR 3B N | Carrera | 30 | 33.098 | 0.066 | 3.972 |
| 21 | 6 | CL 80 | Calle | 30 | 129.695 | 0.259 | 15.563 |
| 22 | 6 | CL 76 | Calle | 30 | 121.903 | 0.244 | 14.628 |
| 23 | 6 | CL 79 | Calle | 30 | 130.828 | 0.262 | 15.699 |
| 24 | 6 | CL 75 | Calle | 30 | 121.767 | 0.244 | 14.612 |
| 25 | 6 | CL 78 | Calle | 30 | 132.246 | 0.264 | 15.870 |
| 26 | 6 | CL 72L | Calle | 30 | 120.155 | 0.240 | 14.419 |
| 27 | 6 | CL 73 | Calle | 30 | 113.713 | 0.227 | 13.646 |
| 28 | 6 | CL 81 | Calle | 30 | 120.377 | 0.241 | 14.445 |
| 29 | 6 | KR 2A N | Carrera | 30 | 39.746 | 0.079 | 4.769 |

Fuente: Elaboración Propia.

C. Tiempo de respuesta de las estaciones de bomberos

Para la realización de las cartografías de tiempos de respuesta se trabajó bajo el Análisis de redes de ArcGis, lo cual da unas áreas de cobertura de los tiempos de respuesta por parte de las estaciones de bomberos. En primer lugar se tiene las velocidades de las normas de tránsito establecidas y seguido las reales desarrolladas por estudios de velocidad de la ciudad.

Hay que tener en cuenta que desde la puesta en marcha del sistema integrado de transporte masivo de pasajeros de la ciudad, los tiempos de respuestas de los servicios de socorro de la ciudad han venido en descenso, por los lugares donde están las troncales exclusivas del sistema, ya que existe un convenio entre Metrocali entidad encargada de la administración del sistema y los diferentes organismos de socorro de la ciudad para utilizar las troncales en caso de ser necesario para atención de emergencias.

Dando como resultado que a 1 minuto de tiempo de recorrido de los vehículos de Bomberos se cubre el 5% del territorio del municipio, a los 2 minutos se puede cubrir el 20%, a los 3 minutos el 40% (la cobertura se puede observar en la Figura 27) y a los 4 minutos solamente se puede cubrir el 60% de la zona urbana de la ciudad de Santiago de Cali (ver Figura 23).

Se puede apreciar que existe una fuerte tendencia de cobertura hacia la parte norte de la ciudad, además encontramos que existen tres estaciones que se interceptan ellas son estación Central (X1), estación Alameda (X2) y estación Oriental (X3), ocurre este cruce de cobertura de estaciones debido al crecimiento de las ciudad se puede apreciar que esta estaciones están cubriendo la parte central de la ciudad o dicho de otra manera cubren el centro de comercio de la ciudad donde se desenvuelve en el día la mayor afluencia de personas (ver Figura 28).

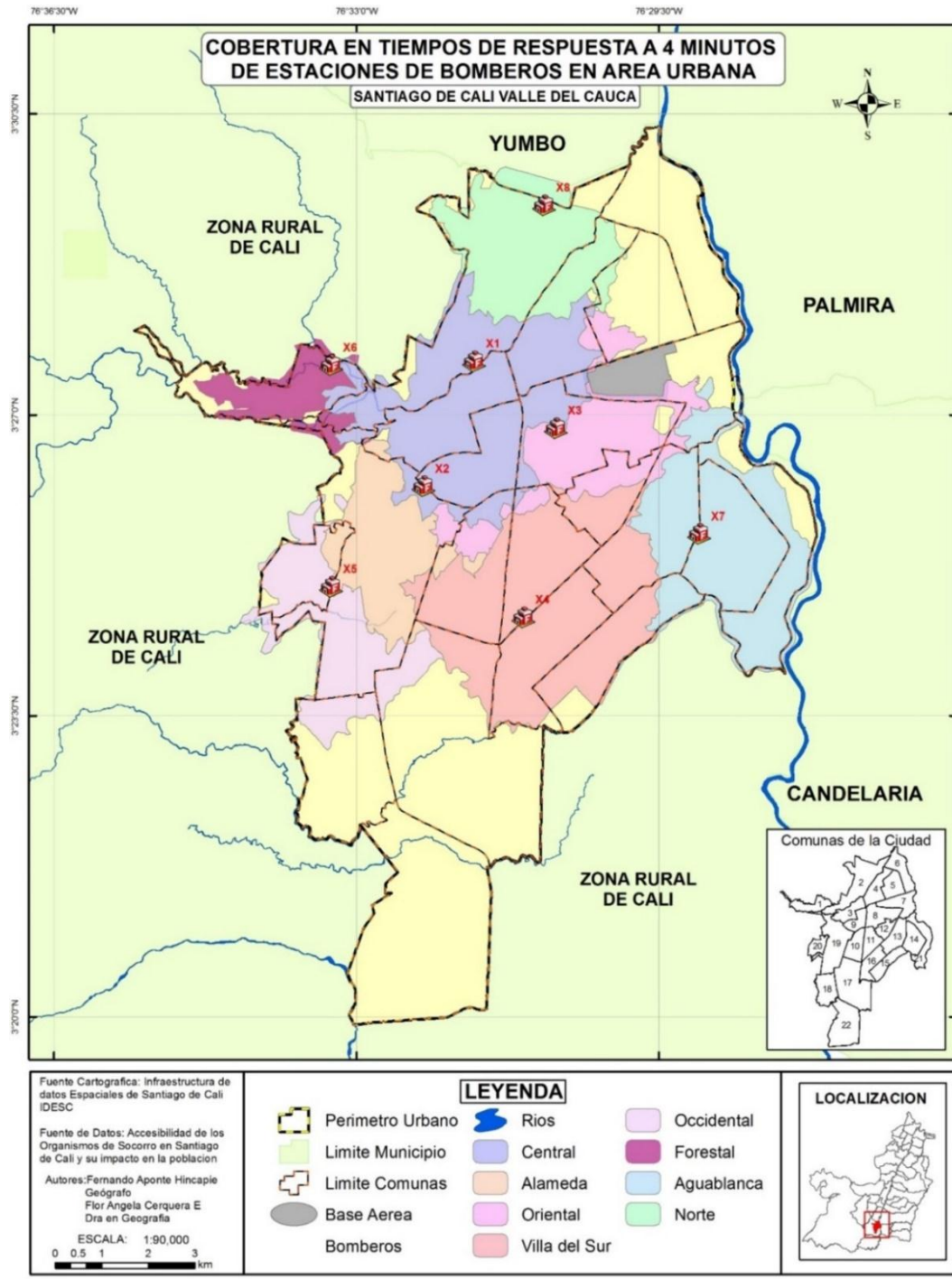


Figura 28. Cobertura de estaciones de bomberos con velocidad ideal.
Fuente: elaboración propia.

Podemos ver como la cobertura de las estaciones de bomberos se reduce con respecto a la velocidad ideal (Figura 28), a pesar de contar con una cobertura relativamente pequeña la estación Forestal (X6), en tiempo de respuesta de 4 minutos no logra cubrir el 100% de su área, esto posiblemente causado por la inclinación de esta zona además de la forma de urbanización ocurrida aquí, ya que se presentan lugares donde hay desarrollo de viviendas subnormales, por otro lado la zona correspondiente al oriente de la ciudad (distrito de Aguablanca) posee una gran área la cual no está cubierta, ya que la complejidad de la infraestructura vial en este sector, que cuenta con vías de poca distancia y vías cerradas, además de conflictos sociales.

En la Figura 29 se observa como disminuye la cobertura del área total de la ciudad de Santiago de Cali, pasando un 60% de la zona urbana de la ciudad, de una velocidad constante de 60 kilómetros por hora a una velocidad real de 34,7 kilómetros por hora donde solamente se puede cubrir el 45% del área total del municipio en su parte urbana. Toda esta área de cobertura desarrollada en un tiempo de cuatro minutos.

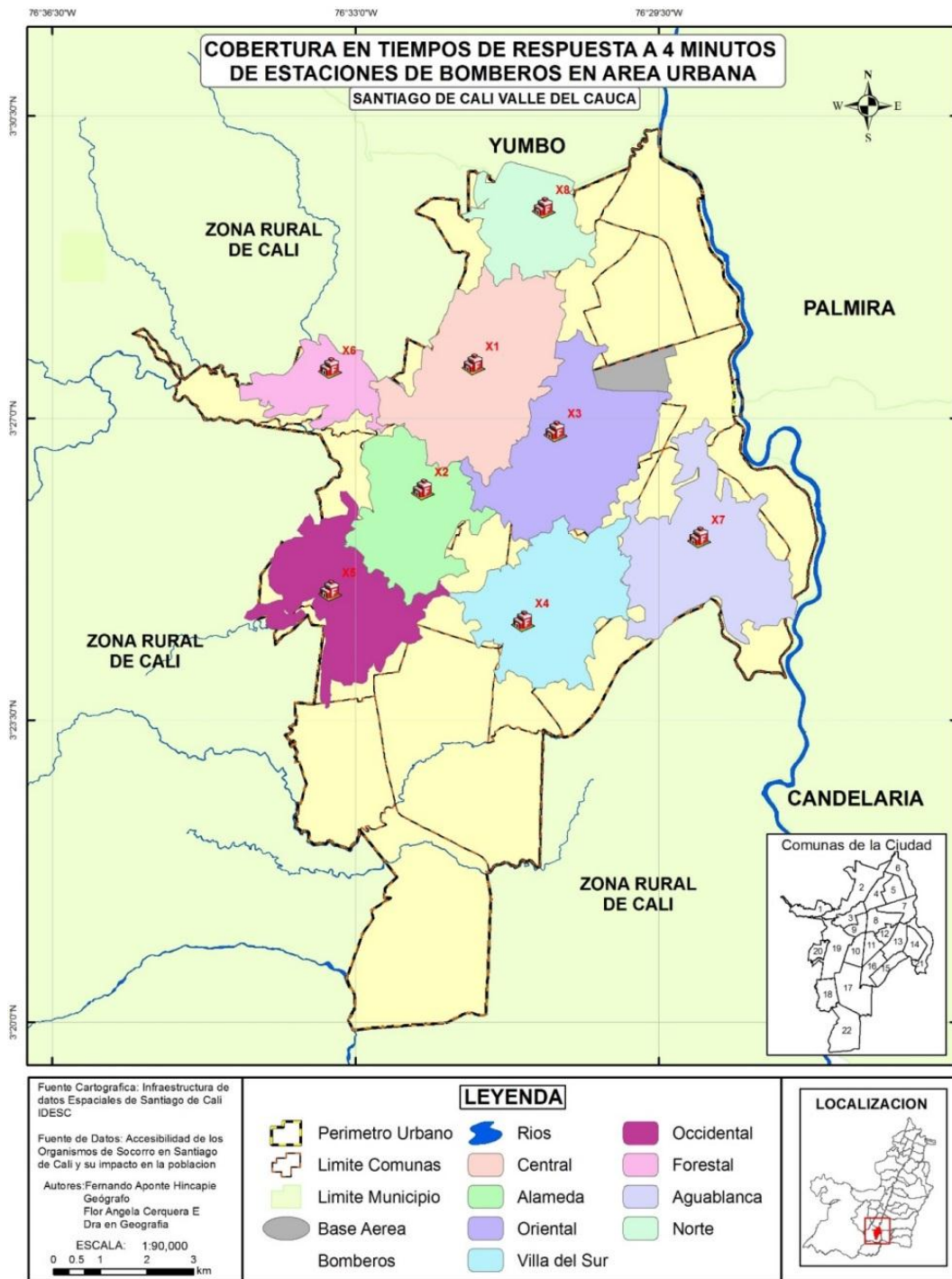


Figura 29. Cobertura de estaciones de bomberos con velocidad real.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la Figura 30 se observan los tiempos de respuesta de las 8 estaciones de bomberos que se encuentran distribuidas dentro del territorio urbano de la ciudad de Santiago de Cali, tiempos de respuestas de 7 minutos generadas desde análisis de redes de programa ArcGis con velocidad real, se puede apreciar que la cobertura se encuentra en un 70% de la extensión total de la ciudad, todas las áreas se sobreponen, lo que nos indica que unas estaciones sirven de apoyo a otras dependiendo de la emergencia y de la magnitud de esta.

Por otro lado se puede ver que en la zona nor-oriental de la ciudad existe una área la cual se encuentra sin cobertura por parte de esta entidad en los tiempos estipulados, primero se encuentra en este lugar una barrera física, la base aérea de las fuerzas militares Marco Fidel Suarez (rectángulo rojo), lo que restringe el paso de los bomberos, además algunas de la vías principales de la ciudad más exactamente la calle 52 la cual tienen su final en la parte sur de la base, además en horas de la noche se cierra un sentido de la vía por cuestiones de seguridad.

La parte sur de la ciudad se aprecia que no tiene la mejor de las coberturas, a pesar de incrementar los tiempos de respuesta de 4 a 7 minutos no existe una cobertura óptima en esta zona del municipio, cabe anotar que existen varios centros comerciales de grandes superficies (Unicentro Cali, centro comercial Jardín Plaza, la 14 del valle del Lili, Makro entre otros), además de grandes complejos habitacionales como Multicentro, y la zona del valle del Lili donde se construyen y existen edificaciones de viviendas de gran altura (más de 5 pisos), también se encuentran complejos universitarios de la ciudad Universidad Javeriana, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Icesi, Universidad del valle entre otras más.

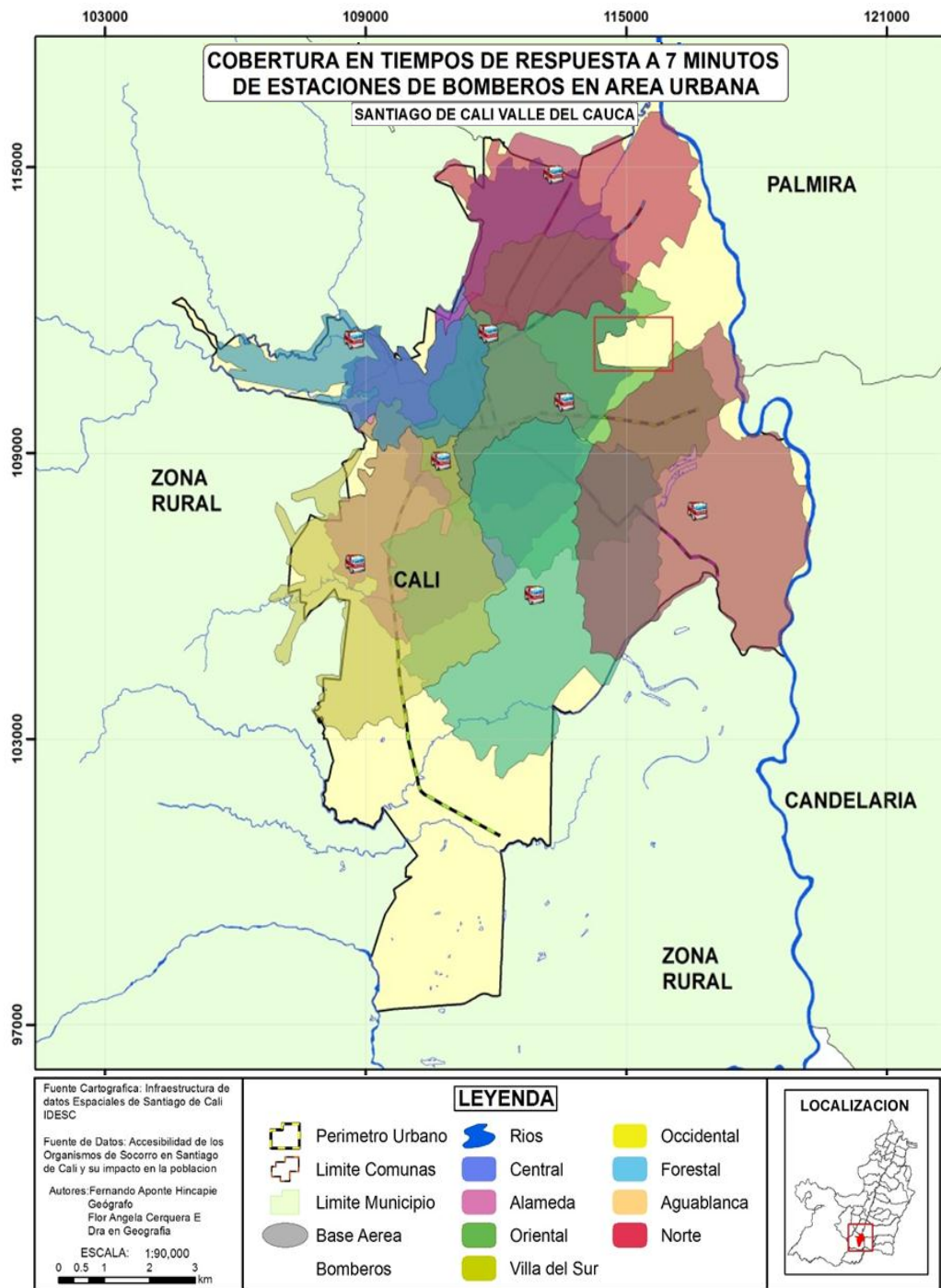


Figura 30. Cobertura de la ciudad en tiempo de respuestas de Estaciones de Bomberos de Cali a 7 minutos velocidad real.

Fuente: Elaboración propia.

La parte sur de la ciudad se caracteriza por un flujo grande de personas durante el día, lo cual ocurre por las universidades presentes y en las noches por la gran cantidad de complejos habitacionales, esto nos indica también que el flujo vehicular en esta parte de la ciudad es denso, además es un corredor estratégico para llegar al sur del país, y su cercanía al municipio de Jamundí, utilizado como residencia por sus bajos costos comparados con la ciudad de Cali, hacen que sea de gran importancia para el municipio.

3.4 Análisis Matriz Costo - Beneficio.

Tabla 28. Costo de los bomberos por cada emergencia.

| CUANTO CUESTA UN BOMBERO | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| MAQUINA | BOMBERO | SUBOFICIAL | OFICIAL | TRAJE | CAPACITACION | COMBUSTIBLE | MAQUINA EQUIPOS | OTROS |
| \$ 1.000.000.000 *5 AÑOS | \$ 2.200.000 *MES | \$ 2.500.000* MES | \$ 4.000.000 *MES | \$ 21.000.000* 5AÑOS | \$ 80.000.000* 25 AÑOS | \$ 7100 *GALON | \$ 200.000.000 *5 AÑOS | 1600.000.000 * AÑO |
| 43.200 HORAS | 720 HORAS | 720 HORAS | 720 HORAS | 43200 HORAS | 215.000 HORAS | | 43.200 HORAS | 720 HORAS |
| \$ 23148 * HORA | \$ 3056 * HORA | \$ 3472 * HORA | \$ 5555 * HORA | 486 * HORA | \$ 372 * HORA | \$ 39050 * HORA | \$ 4630 * HORA | \$222.22 |
| 4.6296 | 18.336 | 6.944 | 11.110 | 4.860 | 3720 | 78.100 | 9.260 | 222.222 |
| TOTAL \$ 400848 | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

En la ciudad de Santiago de Cali, por cada hora que los bomberos tardan en extinguir un incendio se pueden invertir 400.000 pesos, en la tabla 29 se pueden observar los valores discriminados de los costos utilizados en las emergencias por parte de los bomberos. Las cuentas corren no solo por el desplazamiento que incluye el valor del combustible (55 galones por máquina para 10 horas), así como el tiempo laborado de cada equipo conformado por cinco unidades por máquina; a estos números, también se adiciona el mantenimiento por máquina al año que oscila entre 20 y 25 millones de pesos. Claro está que, como lo indica el subteniente Hernández, las máquinas (tres por cada una de las ocho estaciones en toda Cali) están en óptimas condiciones hasta la de altura que data de 1962 y que pronto saldrá de circulación. Cada máquina cuesta alrededor de 1000 millones de pesos (Rueda, 2014). Dotar a cada uno de los

bomberos cuesta 21 millones de pesos, entre todos sus equipos (casco, pasamontañas, botas, chaquetón, pantalón, guantes, equipo de respiración autónoma).

La Tabla 30 se puede apreciar los costos en distancia tanto lineal como la generada por el recorrido en las vías y el tiempo de desplazamientos desde la estación más cercana al centro de la comuna las cuales sirve de referencia, todos datos conseguidos por medio de la extensión de ArcGis, análisis de redes que nos aproximan a la realidad.

Tabla 29. Matriz costo distancia tiempo.

| ESTACIÓN ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓN | COMUNA DESTINO | DISTANCIA EN METROS LINEAL | LONGITUD EN METROS | TIEMPO EN MINUTOS |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Forestal | X6 | 1 | 1.309 | 1841.88 | 1.92 |
| Central | X1 | 2 | 1.564 | 2354.18 | 2.91 |
| Central | X1 | 3 | 1.359 | 2114.5 | 2.14 |
| Central | X1 | 4 | 2.286 | 3000.8 | 3.36 |
| Norte | X8 | 5 | 2.992 | 3875.09 | 5.15 |
| Norte | X8 | 6 | 2.944 | 4596.13 | 5.69 |
| Central | X1 | 7 | 4.375 | 5851.15 | 6.7 |
| Oriental | X3 | 8 | 0.71 | 942.39 | 1.21 |
| Alameda | X2 | 9 | 1.395 | 1628.71 | 3.08 |
| Villa Del Sur | X4 | 10 | 1.357 | 3558.27 | 4.74 |
| Villa Del Sur | X4 | 11 | 1.378 | 2039.97 | 2.79 |
| Oriental | X3 | 12 | 1.87 | 2685.36 | 3.25 |
| Aguablanca | X7 | 13 | 0.937 | 1276.2 | 2.27 |
| Aguablanca | X7 | 14 | 0.826 | 2328.05 | 2.96 |
| Villa Del Sur | X4 | 15 | 2.095 | 3096.03 | 3.14 |
| Villa Del Sur | X4 | 16 | 0.926 | 1301.27 | 1.59 |
| Villa Del Sur | X4 | 17 | 3.101 | 5197.74 | 5.25 |
| Occidental | X5 | 18 | 3.895 | 4399.94 | 4.49 |
| Occidental | X5 | 19 | 1.081 | 1535.13 | 1.66 |
| Occidental | X5 | 20 | 0.592 | 875.74 | 1.75 |
| Aguablanca | X7 | 21 | 1.572 | 3192.86 | 4.65 |

| | | | | | |
|---------------|----|----|--------|---------|------|
| Villa Del Sur | X4 | 22 | 7056.3 | 8858.04 | 9.02 |
|---------------|----|----|--------|---------|------|

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 31 se trazaron las rutas más cercanas que se deben hacer desde la estaciones de bomberos y el centroide de la comuna más cercana toda la información fue adquirida por medio de la extensión del software, se puede ver como la ubicación de las sedes de los organismos de emergencia hacen que los desplazamientos a algunas comunas sean cortos lo cual hace que los tiempos disminuyan para atención algún incidente pero en algunos caso no sucede lo mismo el caso de la atención de alguna situación en la comuna 22 la cual se encuentra al sur de la ciudad y no cuenta con alguna sede cercana de los organismo de socorro.

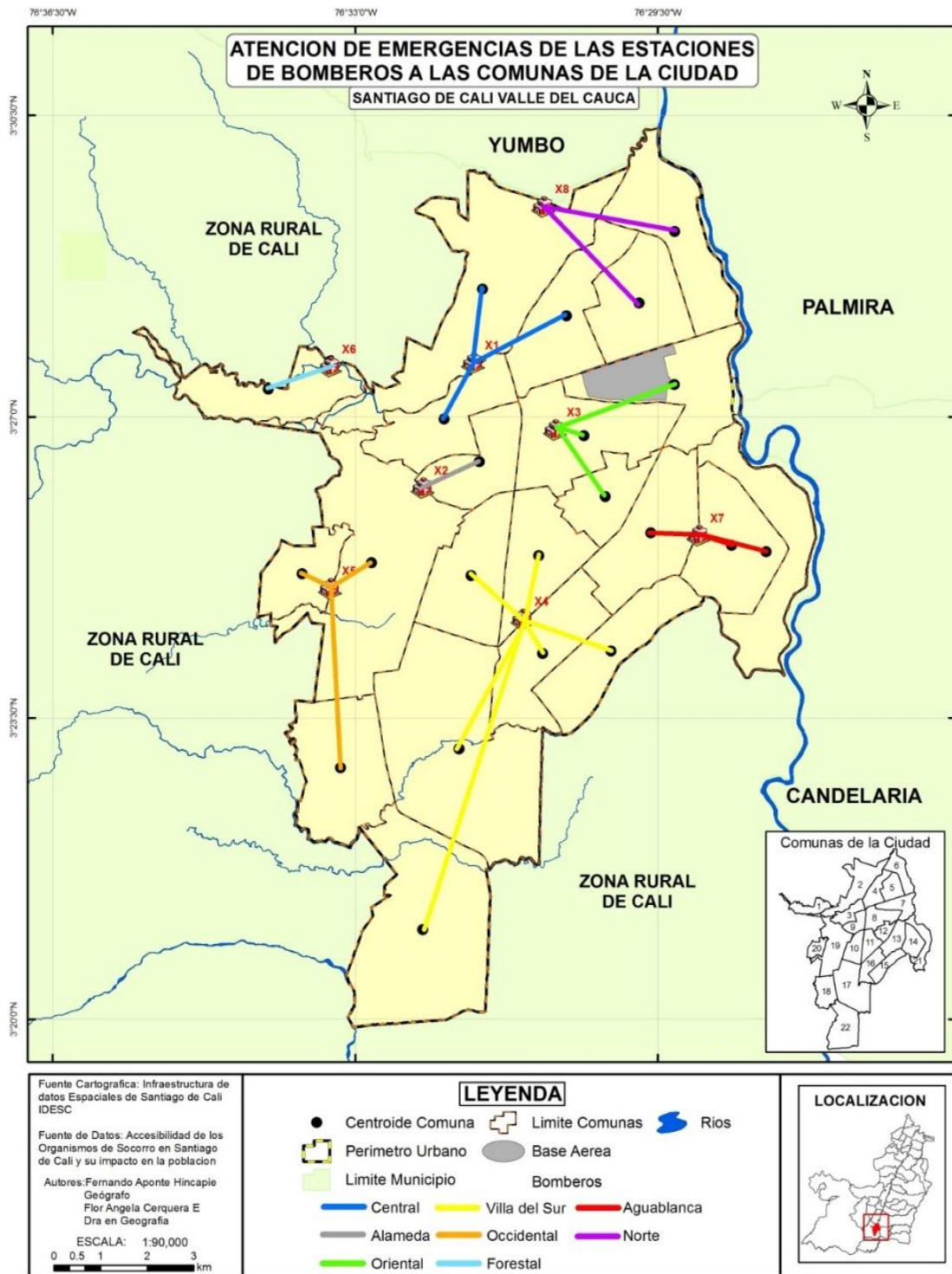


Figura 31. Cobertura de la ciudad de las estaciones de bomberos por comuna correspondiente.
Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES.

En la tabla 31 se puede apreciar los resultados obtenidos de los índices análisis de conectividad y de accesibilidad de las 22 comunas de la ciudad con los cuales se trabajó, con respecto a las estaciones de bomberos de Santiago de Cali.

Tabla 30. Análisis de los Resultados de accesibilidad.

| Comunas | índice Beta (β) | El índice Gamma (γ) | índice Alfa (α) | Accesibilidad Ideal (AII) | Accesibilidad Real (AR1) | Índice de Trayectoria (IT) | Índice de la Calidad de la Comunicación (ICC) | Tipo Accesibilidad | Coefficiente de Engels (IE) |
|---------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| 1 | 1.476 | 0.0061 | 0.24 | 1.31 | 1.83 | 1.401 | 0.713 | Alta | Muy Deficiente |
| 2 | 1.608 | 0.0023 | 0.304 | 1.56 | 2.36 | 1.511 | 0.662 | Alta | Muy Deficiente |
| 3 | 1.86 | 0.0068 | 0.433 | 1.36 | 2.11 | 1.551 | 0.644 | Alta | Muy Deficiente |
| 4 | 1.649 | 0.0038 | 0.326 | 2.29 | 2.96 | 1.295 | 0.772 | Alta | Deficiente |
| 5 | 1.587 | 0.0026 | 0.294 | 2.99 | 3.88 | 1.296 | 0.771 | Media | Muy Deficiente |
| 6 | 1.739 | 0.0026 | 0.37 | 2.94 | 3.23 | 1.095 | 0.912 | Media | Muy Deficiente |
| 7 | 1.793 | 0.0043 | 0.398 | 2.78 | 3.41 | 1.226 | 0.815 | Media | Muy Deficiente |
| 8 | 1.807 | 0.0032 | 0.405 | 0.71 | 0.94 | 1.326 | 0.753 | Alta | Muy Deficiente |
| 9 | 1.766 | 0.0056 | 0.385 | 1.40 | 1.63 | 1.168 | 0.855 | Alta | Deficiente |
| 10 | 1.708 | 0.0035 | 0.355 | 1.36 | 2.17 | 1.597 | 0.625 | Alta | Muy Deficiente |
| 11 | 1.74 | 0.0036 | 0.371 | 1.38 | 1.64 | 1.188 | 0.842 | Alta | Muy Deficiente |
| 12 | 1.851 | 0.0059 | 0.428 | 1.87 | 2.69 | 1.436 | 0.696 | Alta | Muy Deficiente |
| 13 | 1.605 | 0.0021 | 0.303 | 0.94 | 1.32 | 1.403 | 0.712 | Alta | Muy Deficiente |

| Comunas | índice Beta (β) | El índice Gamma (γ) | índice Alfa (α) | Accesibilidad Ideal (AII) | Accesibilidad Real (AR1) | Índice de Trayectoria (IT) | Índice de la Calidad de la Comunicación (ICC) | Tipo Accesibilidad | Coefficiente de Engels (IE) |
|--------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| 14 | 1.718 | 0.0021 | 0.359 | 0.83 | 1.45 | 1.754 | 0.57 | Alta | Muy Deficiente |
| 15 | 1.635 | 0.0026 | 0.318 | 2.10 | 2.93 | 1.401 | 0.714 | Alta | Muy Deficiente |
| 16 | 1.762 | 0.0038 | 0.382 | 0.93 | 1.08 | 1.161 | 0.861 | Alta | Muy Deficiente |
| 17 | 1.631 | 0.0023 | 0.316 | 3.10 | 3.58 | 1.155 | 0.865 | Media | Muy Deficiente |
| 18 | 1.499 | 0.0033 | 0.25 | 3.90 | 4.34 | 1.113 | 0.898 | Media | Muy Deficiente |
| 19 | 1.614 | 0.0023 | 0.307 | 1.08 | 1.52 | 1.401 | 0.713 | Alta | Muy Deficiente |
| 20 | 1.443 | 0.0033 | 0.222 | 0.59 | 0.89 | 1.503 | 0.665 | Alta | Eficiente |
| 21 | 1.742 | 0.0021 | 0.372 | 1.57 | 2.44 | 1.553 | 0.644 | Alta | Deficiente |
| 22 | 1.386 | 0.0081 | 0.196 | 7.00 | 7.97 | 1.138 | 0.878 | Baja | Deficiente |
| TOTAL | 1.669 | 0.0001 | 0.334 | 43.97 | 56.35 | 1.281 | 0.781 | | Muy Deficiente |

Fuente: Elaboración propia.

Existen una menor cantidad de vías (arcos) y cruces (nodos) dentro de las comunas de la ciudad con respecto a los ideales, donde apreciamos que la comuna 22 de la ciudad cuenta el mayor índice gamma lo cual nos indica la relación entre nodos y arcos, también se puede considerar como la comuna 21 es la comuna que cuenta con mayor cantidad de vías de todas las comunas de la ciudad. Esta falta de vías en todos de las comunas de la ciudad causa que exista dificultad de movilidad por parte de las entidades de socorro presentes en la ciudad para la atención de emergencias.

Los índices de accesibilidad según las ubicaciones de las estaciones de bomberos dentro del área urbana nos indican lo siguiente: 16 de las comunas de Santiago de Cali cuentan con una accesibilidad alta, 5 comunas se encuentran con una accesibilidad media y solamente una comuna de las de la 22 existentes en la actualidad cuentan con una accesibilidad baja, lo cual puede ser solucionado con la

construcción de nuevas estaciones de bomberos y en la posible reubicación de una de las estaciones existente (ver Figura 31).

Solo una comuna de las 22 con que cuenta la ciudad (la comuna 20) cuenta con una red eficiente, lo cual nos indica la infraestructura tan deficiente que cuenta la ciudad, el coeficiente de Engels es el indicador que nos genera esta información, esto nos indica que la red vial de la comuna tiene una buena relación con la cantidad de habitantes con la cuenta en la comuna en la actualidad.

La red vial de la ciudad no es la mejor ya que cuenta primero con un atraso de 20 años, además con los análisis desarrollados se observa que la red de Santiago de Cali es compleja, pero que en algunas comunas de la ciudad este factor no causa traumatismos para la atención de emergencias, tal es el caso a las ubicadas cerca a las sedes de los organismo de socorro. Algo que se debe resaltar es que existen un número inferior de vías al que debería existir con respecto al área de cada comuna de la ciudad (índice de densidad media) a pesar de la puesta en marcha de la actualización de la infraestructura de la ciudad por medio de las Megaobras desde años anteriores.

En los últimos años se ha hecho un esfuerzo por mejorar la infraestructura Vial de la ciudad, es así como desde el año 2008 se empieza con una campaña agresiva por parte de la alcaldía de la ciudad dando como resultado la construcción de las 21 Megaobras de la ciudad, obras de infraestructura, que servirán para mejorar la movilidad y darle un nuevo aire a Santiago de Cali, la cual comprenderán la construcción de parques, ciudadelas educativas, ampliación de espacios públicos y prolongación de importantes avenidas, entre las cuales se encuentran las mejora de infraestructura vial donde el 90% del presupuesto es para el mejoramiento de las vías de la ciudad (ver Apéndice D).

Esto trae consigo que la red vial de la ciudad mejore en cuanto a la calidad y a las condiciones en que se encuentran en la actualidad, por consiguiente mejora los tiempos de respuestas de los organismos de socorro de la ciudad. Los cuales fueron disminuidos con la puesta en marcha de la construcción del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros MIO, la cual cuenta con troncales de uso exclusivo de los buses del sistema y actualmente utilizado también por parte de estas entidades en el momento de desplazarse hacia las emergencias.

La cantidad de kilómetros de vías construidas en la ciudad es muy bajo y los mayores cantidad de vías se ubican en la zona oriental de la ciudad donde está la mayor densidad de población, lo cual se puede considerar como algo bueno para la atención de eventos catastróficos y de emergencias por parte de los organismos de socorro de la ciudad. Ya que es en este sector de la ciudad donde se encuentra la mayor cantidad de personas y de viviendas construidas con materiales no adecuados, los cuales causan las mayores emergencias de conflagraciones de Santiago de Cali.

La cobertura de las estaciones de bomberos no es la más equitativa esto debido a las barreras físicas que se encuentran en la ciudad además por la falta de construcción de nuevas estaciones ya que desde 1993¹² no se construyen estaciones de bomberos, por falta de recursos, lo cual ha generado que en algunos sectores de la ciudad no se cuente con la cobertura más adecuada por parte de los organismo de socorro de la ciudad. Tal el caso de la falta de existencia de estaciones de bomberos en la parte sur de la ciudad la cual causa demora en la atención de emergencias en este sector, ya que la estación más cercana a esta zona se encuentra a más de 7 kilómetros de distancia lineal.

Las estaciones de Bomberos a pesar de contar en su mayoría con una adecuada ubicación para la atención de emergencias en un tiempo corto, en algunos sectores no se presenta esta generalidad tal es el caso de la estación norte (X-8), donde su ubicación en la parte norte de la ciudad contigua al municipio vecino de Yumbo, se construyó esta estación ya que es donde se ubican una gran cantidad de industrias donde trabajan tanto personas del municipio de Santiago de Cali como de Yumbo. Además de la ubicación, esta estación presenta barreras físicas que impiden el acceso a determinados lugares como lo son zona oriental de la ciudad base aérea Marco Fidel Suarez, cantón militar que privatiza y cierra vías alrededor de su ubicación.

¹² A medida que la ciudad fue expandiéndose fueron fundadas la estaciones de bomberos, es así como en la década del noventa son fundadas 4 estaciones de la 8 existentes dentro del perímetro urbano de la ciudad, la forestal para cubrir los nuevo asentamientos subnormales que aparecen al lado de la vía al mar, la estación norte con la función de cubrir la zona industrial de yumbo y el sector norte de Santiago de Cali, la estación occidental para atender la zona de ladera y la estación Aguablanca donde surge el mayor crecimiento de expansión de la ciudad en la década de los noventas.

La parte noroccidental de la ciudad cuenta con una cobertura en tiempos de respuesta aceptable, lo cual no ocurre en la parte de ladera, nuevamente queda en evidencia la escasa cobertura que se presenta en la zona sur de la ciudad, con tiempos de respuesta demasiado altos en caso de presentarse un evento de grandes magnitudes con muchas pérdidas humanas. Esta parte de la ciudad es la de mayor crecimiento de la ciudad, en este sector debería estar en la actualidad ubicada una estación para suplir las necesidades del sector.

Las amenazas que afectan la ciudad como lo son las amenazas sísmicas, inundaciones y de remoción en masa, al igual que las de índole antrópica causan que los organismos de socorro se preparan para la atención de dichas emergencias en caso de estas ocurran donde ya se han identificado estos lugares. En la actualidad la ciudad cuenta con normas de sismo resistencia, lo que lleva consigo la adecuación de estructuras existentes con muchos años de antigüedad para que no se ven afectadas en caso de ocurrencia de un sismo de grandes magnitudes.

Es así como la hipótesis no se demuestra ya que la ubicación de las sedes de los organismos de socorro presenta una accesibilidad buena en el lugar donde se ubica, pero en sectores de la ciudad que no se cuentan con estas entidades existe una accesibilidad regular y mala en algunos casos, además la red vial existente en la actualidad no suple las necesidades reales de desplazamientos de estas entidades en caso de ocurrencia de alguna circunstancia fortuita la cual no minimizan los impactos negativos sobre los puntos críticos más vulnerables de la población.

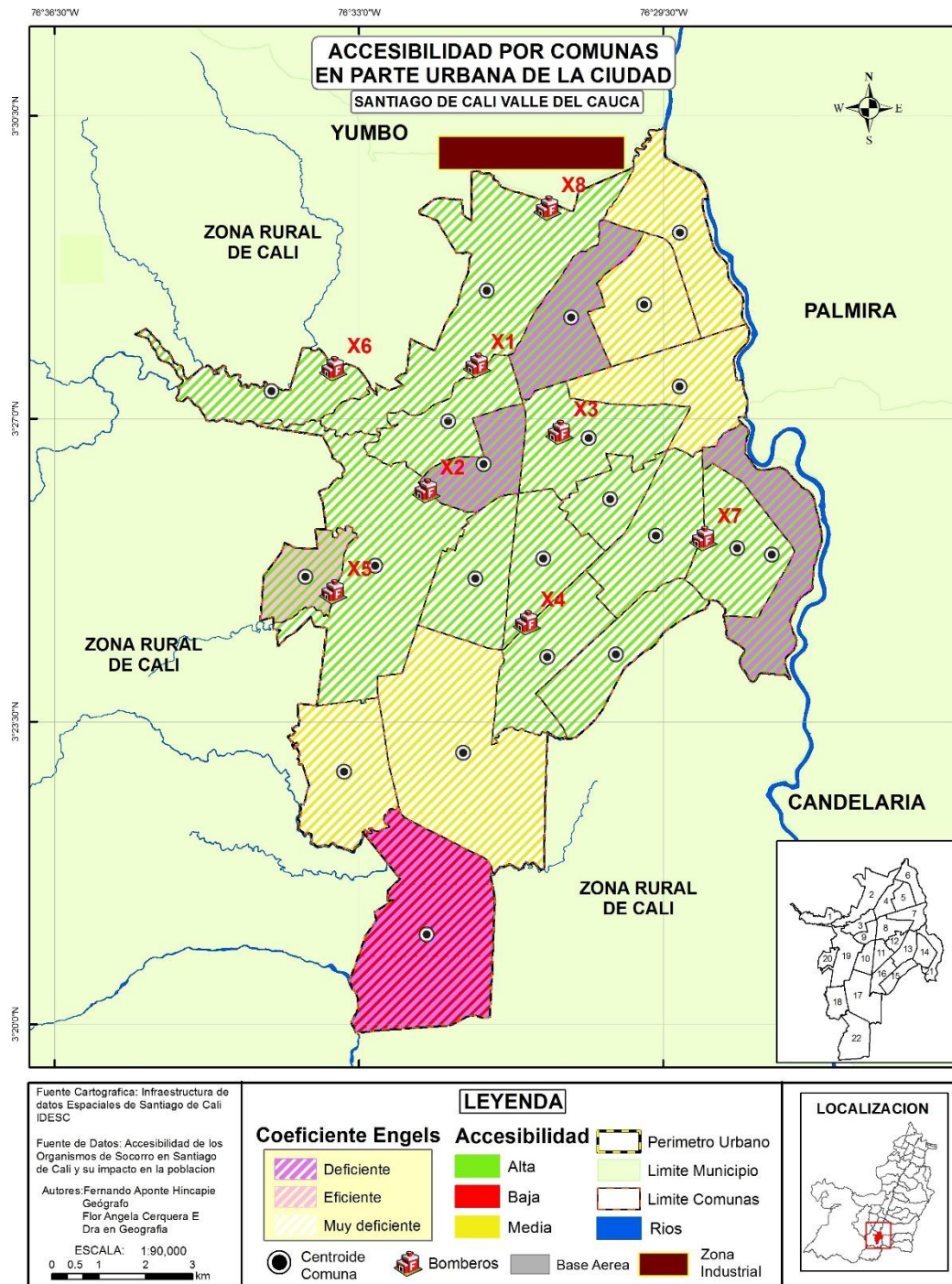


Figura 32. Accesibilidad por comunas en parte urbana de la ciudad.
Fuente: Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Barranquilla. (12 de marzo de 2015). www.barranquilla.gov.co. Obtenido de [www.barranquilla.gov.co: http://www.barranquilla.gov.co/documentos/pot/anexos/Anexo%20-%20Glosario%20Prevencion,%20Reduccion%20de%20Riesgo.pdf](http://www.barranquilla.gov.co:202-20Glosario%20Prevencion,%20Reduccion%20de%20Riesgo.pdf)
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2013). Cali en cifras 2013. Cali: Departamento Administrativo de Planeación.
- Alonso C, J. C., Arcos, M. A., Solano, J. A., Vera Llanos, R., & Gallego, A. I. (2007). Una mirada descriptiva a las comunas de Cali. Cali: FERIVA.
- Arteaga Vallejo, J. L., & Calpa, M. D. (2013). Diseño y aplicación de un SIG para el monitoreo de los accidentes y emergencias registrados por la DPAED, San Juan de Pasto- Nariño 2004 - 2011. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.
- Backhoff Pohls, M. A. (2005). Transporte y espacio geográfico: una aproximación geoinformática. Mexico DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barbero, J. A., & Quinn, E. (1986). El Transporte en el Espacio Económico. En: Aportes para el Estudio del Espacio. Buenos Aires: EL COLOQUIO.
- Bello, C. (12 de Marzo de 2012). Impacto de las Megaobras en Cali. Obtenido de Impacto de las Megaobras en Cali: <http://megaobrasencali.blogspot.com.co/>
- Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali. (05 de 11 de 2014). Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali. Obtenido de Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Cali: <http://www.bomberoscali.org/#!infraestructura/c9k8>
- Blanco, J. O., San Cristóbal, D., & Apaolaza, R. A. (2014). Geografía de las redes: Transporte, Movilidad y Comunicaciones en el análisis territorial. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Bonomo, F. (2009). Teoría de Grafos. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Camara Colombiana de Infraestructura. (2007). Soluciones Viabes para la Infraestructura. Soluciones Viable 2007, 1-15. Obtenido de [http://www.infraestructura.org.co/seguimientoproyectos/REVISTASOLUCIONESVIABLES2007_\(2\).pdf](http://www.infraestructura.org.co/seguimientoproyectos/REVISTASOLUCIONESVIABLES2007_(2).pdf)

Cardozo, O. D., Gomez, E. L., & Parras, M. A. (2009). Teoria de Grafos y sistemas de informacion geografica aplicados al transporte publico de pasajeros en resistencia. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Centina R., J. L., & Quebrada R., J. A. (2014). Patrones Territoriales de Movilidad en la Zona Urbana de Tunja. Aplicación con SIG. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Chapelon, L. (5 de 11 de 2014). Hypergeo. Obtenido de Hypergeo: <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article128>

comunidadism. (24 de Agosto de 2015). www.comunidadism.es. Obtenido de [www.comunidadism.es: http://www.comunidadism.es/herramientas/manual-y-tutorial-network-analyst-10](http://www.comunidadism.es/herramientas/manual-y-tutorial-network-analyst-10)

Cruz Roja Colombiana. (05 de 11 de 2014). Cruz Roja Colombiana. Obtenido de Cruz Roja Colombiana: <http://www.cruzrojacolombiana.org/conozca-la-cruz-roja>

Cuervo Plaza, Z. L. (18 de Agosto de 2013). Pese a prohibición, invasiones ya abarcan 400 hectáreas de la ladera de Cali. El Pais Cali, pág. A7.

Defensa Civil Colombiana. (01 de 11 de 2014). Obtenido de Defensa Civil Colombiana: http://www.defensacivil.gov.co/publicaciones/objeto_y_funciones_pub

Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Municipio de Santiago de Cali . (2000). Plan de Ordenamiento Territorial. Santiago de Cali: Departamento Administrativo de Planeación Municipal .

- El País. (3 de Noviembre de 2013). Panorama vial: Cali, con líos de movilidad por mal estado de sus calles. El País Cali, pág. A4.
- El pais Cali. (04 de agosto de 2009). "Todos los incendios forestales son causados por el hombre": Bomberos . El Pais Cali, pág. A6.
- El Pais Cali. (Martes de Marzo de 2011). Por lo menos 500 edificios de Cali son de alto riesgo sísmico. El Pais Cali, págs. 2-3.
- El Pais Cali. (23 de Diciembre de 2013). Oeste de Cali, el sector más afectado por las lluvias de las últimas horas. El Pais Cali, pág. A2. El pais Cali., pág. A2.
- El Pais Cali. (Miercoles de Marzo de 2014). Emergencia por fuerte aguacero en Cali dejó una mujer muerta. El Pais Cali, pág. A5.
- El pais.com.co. (1 de Octubre de 2014). La mitad de las vías en mal estado de Cali han sido reparadas, según Alcaldía. El Pais, pág. A3.
- ESRI. (15 de 7 de 2015). ArcGIS Resource Center. Obtenido de ArcGIS Resource Center:
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//007z00000002000000>
- Franco , I. C., & Monroy, H. M. (2006). La ciudad como propuesta cultural. Bogotá D.C: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Galacho Jimenez, F. B., & Merida Rodriguez, M. (1992). Estudios de Niveles de Accesibilidad a Través de SIG en la Costa Oriental de la Provincia de Málaga. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Garrido Palacios, J. (1995). La Organización Espacial de la Red de Carretera en Aragón. Aplicación de la metodología de la Teoría de Grafos. Zaragoza: Geographicalia.
- GEICOL LTDA. INGENIEROS. (2012). Estudio de Tansito. Cali: MetroCali.

geohistoriaymas. (12 de 11 de 2014). GEOHISTORIAYMAS. Obtenido de GEOHISTORIAYMAS:

<https://geohistoriaymas.wordpress.com/category/geografia/>

Haggett, P. (1976). Análisis Locacional en Geografía Humana. Barcelona: Gustavo Gili.

Hernández Rea, I. A., & Villa Morales, M. R. (2013). Analisis del grado de responsabilidad social del sistema de movilidad del transporte urbano del cantón Gualacea caso: Gualacea flota bus S.A. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Howerton, C. (2006). GIS Network Analysis of Fire Department Response Time . Dallas: University of North Texas.

INGEOMINAS. (2005). Estudio de Microzonificación Sísmica de Santiago de Cali. Bogotá: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente.

Jimenez Perez, N. (2005). Elementos Históricos y Urbanos en la Generación de Desastres por Inundaciones y Deslizamientos en Cali, 1950 – 2000. Cali: Universidad del Valle.

Lira, R. O., & Vidal G, C. (2009). Evaluación de un instrumento para medir el acceso a equipamientos y servicios urbanos: el caso de Concepción. Concepción: Universidad de Bio Bio.

Maderuelo, J. (18 de febrero de 2010). estudiosgeograficos. Obtenido de estudiosgeograficos:

<http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/articulo/view/322>

Martínez, A. (2012). Patrón espacial de la cobertura vial como factor integrador y dinamizador de de la movilidad urbana en el municipio de Chacao, estado Miranda. Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). , 137-168 .

- Melhorado Condeço, A. M. (2011). Spatial spillovers of transport infrastructure. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá .
- Melo García, L. (Lunes de Octubre de 2008). Edificaciones no están preparadas para el riesgo sísmico que amenaza a Cali. El País Cali, pág. A3.
- Ordoñez, A. (24 de Febrero de 2015). Investigación de Operaciones. Obtenido de Investigación de Operaciones: <https://investigaciondeoperaciones.wordpress.com/>
- Padilla, O., Cruz d` Howitt, M. A., & Alvear Brito, G. J. (2010). Elaboracion del mapa de accesibilidad y modelamiento de evacuacion ante una eventual ocurrencia de Tsunami en las ciudades de Salinas y Bahia de Caraquez, mediante herramientas Geoinformaticas. Pichincha: Escuela Politecnico del Ejercito. Obtenido de http://geogra.uah.es/1_cong_honduras/docs/ponencias_pdf/ponen3_pdf/P3_4/P3_4-ELAB_MAPA_ACCESIBILIDAD.pdf
- Pais, R. d. (2004 de Abril de 2004). Deslizamientos e Inundaciones por Lluvias . El País Cali, pág. A5.
- Pumain, D. (10 de 1 de 2015). Hypergeo. Obtenido de Hypergeo: <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article265>
- Ramos, O. G. (2001). Cali entre fuegos historia del Cuerpo de Bomberos. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Reques Velasco, P. (2007). Paradigmas en geografía. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Rosales Sánchez, U. B., & Centeno Álvarez, Y. d. (2009). Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Rueda, J. P. (10 de Agosto de 2014). Los altos costos de apagar los incendios forestales en Cali. EL TIEMPO, pág. A4.

Sánchez , D. C. (2007). Contribución del Análisis Espacial a la ciencia y a la geografía: El Caso de los Método Clasificatorios. Buenos Aires: Universidad del Salvador.

Secretaria de Cultura y Turismo Alcaldia de Cali. (15 de febrero de 2015). Cali.gov.co. Obtenido de Cali.gov.co: http://www.cali.gov.co/publicaciones/datos_de_cali_y_el_valle_del_cauca_publicaciones

Seguí Pons, A. M., & Petrus Bey, J. M. (1999). Geografía de redes y sistemas de transporte. Madrid: Síntesis.

Servicio Geológico Colombia. (10 de nov de 2014). www.sgc.gov.co. Obtenido de www.sgc.gov.co: <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/amenaza-sismica/microcali>

Somarribas Chavarría, L. (2012). Hacia una geografía de redes: Un nuevo paradigma de análisis espacial Alternativoal enfoque regional. San José: Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica (UNA).

Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial Bomberos Bogota. (11 de Noviembre de 2014). <http://www.bomberosbogota.gov.co/>. Obtenido de <http://www.bomberosbogota.gov.co/>: <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/1107/1/>

Vásquez Benítez, E. (2001). Historia de Cali en el siglo 20: sociedad, economía, cultura y espacio. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

Velásquez, A., & Jiménez , N. (2002). La Gestión de Riesgos en el OrdenamientoTerritorial: Inundaciones en Cali, la C.V.C y el fenómeno ENSO. Santiago de Cali: niversidad del Valle.

Verdugo, W. (24 de julio de 2008). <http://es.slideshare.net/>. Obtenido de <http://es.slideshare.net/>: <http://es.slideshare.net/wenceslao/conceptos-generales-de-geografa>

Yupanqui Villalobos, J. E. (2011). Manual de geografía escolar para docentes de EBR. Mollepata Ayacucho: Nueva Democracia.

APÉNDICES

APÉNDICES A

CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DEL SISTEMA VIAL URBANA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI.

Vías Inter-regionales: Corresponde a las vías de enlace inter-regional en el Municipio.

Vías Arterias: Son las que conforman la red vial básica primordial de la ciudad y por lo tanto, son determinantes de la estructura y forma urbanas. El tránsito que canalizan corresponde fundamentalmente a desplazamientos entre sectores municipales distantes.

Vías Arterias Principales - (VAP): por la amplia dimensión de su sección transversal alojan intensos flujos de tránsito de vehículos livianos y son preferidas para la operación del servicio público de transporte colectivo de alta frecuencia y paradas distantes reguladas.

Vías Arterias Secundarias - (VAS): Permiten un alto porcentaje de vehículos convencionales de transporte público colectivo con baja velocidad de operación y alta rotación de demanda. Actúan como ejes distribuidores de tráfico.

Vías Colectoras- (VC): Es el conjunto de vías urbanas que a partir de las vías arterias secundarias penetran a sectores urbanos homogéneos, preferiblemente residenciales, distribuyendo el tránsito por las vías locales al interior de estos sectores. Son utilizadas para operación del servicio público de transporte colectivo a escala local; es decir, como último elemento vial para la accesibilidad de este sistema.

Vías Locales - (VL): Tiene como función principal el acceso directo a la propiedad individual, a partir de las vías colectoras y ocasionalmente de las vías arterias. Soportan fundamentalmente el tránsito de vehículos particulares livianos y permiten el estacionamiento en la vía, preferencialmente en zonas diseñadas y reguladas para tal fin.

Vías Peatonales - (VP): Se define como aquellas vías exclusivas para la circulación de los peatones.

Ciclovías- (C): Vías destinadas únicamente a la circulación de bicicletas, las cuales conforman un sistema integral como modo de transporte.

Vías Paisajísticas: Son aquellas que hacen parte del Sistema Vial del Municipio de Cali y que por su localización y características topográficas y de ocupación de sus zonas colindantes, deben tener un tratamiento especial. Incluye además las vías marginales.

Vías Marginales: Conjunto de vías paralelas y a lo largo de los ríos, canales y lagunas contiguas a las áreas forestales protectoras de los mismos, determinadas éstas en el artículo 83 del Código Nacional de Recursos Naturales y Preservación del Medio Ambiente con 30 metros de ancho, como mínimo, que delimitan las áreas forestales protectoras de los mismos.

Subsistema de Integración Rural: Compuesto por las vías que comunican el área urbana con las cabeceras de los Corregimientos, sus veredas y de ellos entre sí, y son: las vías colectoras rurales, las vías de integración veredal y las vías locales rurales.

Vías Colectoras Rurales (VCR). Vías que comunican el área urbana con las cabeceras de los Corregimientos y de ellos entre sí. Soportan básicamente el tránsito de vehículos livianos y su flujo es bajo.

Vías de Integración Veredal (VIV): Vías que comunican las veredas con los Corregimientos y las veredas entre sí, soportan tráfico vehicular bajo y liviano.

Vías Locales Rurales (VLR): Vías internas de las veredas o de los Corregimientos (núcleos concentrados), soportan tráfico liviano y de muy baja frecuencia.

APÉNDICES B

Tabla 31. Matriz de indicadores de los organismos de socorro de la ciudad.

| TABLA PARA RECOLECCION DE EMERGENCIAS ATENDIDAS POR LOS ORGANISMOS DE SOCORRO | | | | | | |
|--|-----------------------|--|------------|--|------------|----|
| CATEGORIA | DIMENSION | VARIABLE | INDICADOR | | PONDERADOR | |
| | | | CUALES SON | FORMAS DE MEDIR | SI | NO |
| ATENCION DE EMERGENCIAS | Organismos de Socorro | Bomberos | Estaciones | Apoyo a Otros Cuerpos de Bomberos | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | | Defensa Civil | Juntas | | X | |
| | | Bomberos | Estaciones | Caída de Árboles, Postes, Estructuras Livianas, Sin Personas Lesionada | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Colapso de Estructuras Sin Personas Lesionadas | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | | Defensa Civil | Juntas | | X | |
| | | Bomberos | Estaciones | Control o Incidente con Abejas | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Derrame de Líquidos y Combustibles en la Vía Pública | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Deslizamientos Sin Personas Lesionadas | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | | Defensa Civil | Juntas | | X | |
| | | Bomberos | Estaciones | Escape de Gas En Vehículo, (Sin Fuego) | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Escape de Gas, (Natural O Propano) | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Falsa Alarma | X | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | | Defensa Civil | Juntas | | X | |
| Bomberos | Estaciones | Incendio de Basuras y Otros No Clasificados en Vía Pública | X | | | |
| Cruz Roja | Sedes | | | X | | |
| Defensa Civil | Juntas | | | X | | |

| | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|---------------|------------|--|---|--|---|
| | | Bomberos | Estaciones | Incendio de Materiales Inflamables o HAZ-MAT | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Incendio Eléctrico en Vía Pública | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Incendio Estructural | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| ATENCION DE EMERGENCIAS | Organismos de Socorro | Bomberos | Estaciones | Incendio Forestal | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Incidente HAZ-MAT | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Inundación Sin Personas Lesionadas | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Otros No Clasificados | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Derrame de Líquidos y Combustibles en la Vía Pública | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Rebote de Fuego de Incendio Anterior | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Rescate de Emergencia | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Rescate de Persona por Intento de Suicidio o Suicidio | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Rescate o Recuperación De Animales | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |
| | | Bomberos | Estaciones | Incendio de Basuras y Otros No Clasificados en Vía Pública | X | | |
| | | Cruz Roja | Sedes | | | | X |
| | | Defensa Civil | Juntas | | | | X |

| | | | | | |
|--|---------------|------------|---|----------|----------|
| | Bomberos | Estaciones | Rescate por Accidente de Tránsito | X | |
| | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | Bomberos | Estaciones | Rescate por Atención de Enfermo | X | |
| | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | Defensa Civil | Juntas | | | X |
| | Bomberos | Estaciones | Catástrofes | X | |
| | Cruz Roja | Sedes | | X | |
| | Defensa Civil | Juntas | | X | |

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICES C

Tabla 32. Matriz de rutas entre las sedes de bomberos y los centroides de las comunas.

| Nº RUTAS | ESTACIÓN ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓN | COMUNA DESTINO | GRADO DISTANCIA | LONGITUD EN METROS | GRADO TIEMPO | TIEMPO EN MINUTOS |
|----------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------|-------------------|
| 1 | Villa Del Sur | X4 | 16 | 1 | 1301.26796 | 1 | 1.58614752 |
| 2 | Villa Del Sur | X4 | 11 | 2 | 2039.97035 | 2 | 2.78819106 |
| 3 | Villa Del Sur | X4 | 15 | 3 | 3096.02727 | 3 | 3.13689006 |
| 4 | Villa Del Sur | X4 | 12 | 5 | 3970.68863 | 4 | 4.2319102 |
| 5 | Villa Del Sur | X4 | 13 | 6 | 4015.92076 | 5 | 4.46519252 |
| 6 | Villa Del Sur | X4 | 10 | 4 | 3558.26671 | 6 | 4.74361106 |
| 7 | Villa Del Sur | X4 | 17 | 9 | 5197.74306 | 7 | 5.25135434 |
| 8 | Villa Del Sur | X4 | 19 | 7 | 4525.96989 | 8 | 5.29414286 |
| 9 | Villa Del Sur | X4 | 9 | 8 | 5149.45478 | 9 | 6.08824945 |
| 10 | Villa Del Sur | X4 | 8 | 10 | 5845.53393 | 10 | 6.40835412 |
| 11 | Villa Del Sur | X4 | 18 | 14 | 7007.03168 | 11 | 7.04144193 |
| 12 | Villa Del Sur | X4 | 14 | 13 | 6960.3435 | 12 | 7.19677242 |
| 13 | Villa Del Sur | X4 | 3 | 12 | 6460.27235 | 13 | 7.44661894 |
| 14 | Villa Del Sur | X4 | 20 | 11 | 6184.09433 | 14 | 7.75934014 |
| 15 | Villa Del Sur | X4 | 7 | 15 | 7405.40031 | 15 | 8.26894622 |
| 16 | Villa Del Sur | X4 | 4 | 17 | 8478.39147 | 16 | 8.8381374 |
| 17 | Villa Del Sur | X4 | 21 | 16 | 7601.64637 | 17 | 8.88405442 |
| 18 | Villa Del Sur | X4 | 22 | 18 | 8858.04132 | 18 | 9.02438054 |
| 19 | Villa Del Sur | X4 | 5 | 20 | 9575.73591 | 19 | 10.2698377 |
| 20 | Villa Del Sur | X4 | 2 | 19 | 9102.04556 | 20 | 10.4947786 |
| 21 | Villa Del Sur | X4 | 6 | 21 | 10668.2373 | 21 | 10.9442884 |

| N° RUTAS | ESTACIÓ N ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓ N | COMUN A DESTIN O | GRADO DISTANCI A | LONGITU D EN METROS | GRAD O TIEM PO | TIEMPO EN MINUTOS |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 22 | Villa Del Sur | X4 | 1 | 22 | 10906.3205 | 22 | 13.0908105 |
| 23 | Occidental | X5 | 19 | 2 | 1535.13275 | 1 | 1.65685351 |
| 24 | Occidental | X5 | 20 | 1 | 875.743288 | 2 | 1.75148658 |
| 25 | Occidental | X5 | 18 | 4 | 4399.94194 | 3 | 4.48882356 |
| 26 | Occidental | X5 | 10 | 3 | 4133.91997 | 4 | 4.50443527 |
| 27 | Occidental | X5 | 16 | 8 | 5934.61872 | 5 | 6.23164201 |
| 28 | Occidental | X5 | 11 | 7 | 5754.30908 | 6 | 6.31460615 |
| 29 | Occidental | X5 | 9 | 5 | 5307.84977 | 7 | 6.34100502 |
| 30 | Occidental | X5 | 3 | 6 | 5526.62854 | 8 | 6.35587212 |
| 31 | Occidental | X5 | 17 | 9 | 6176.41031 | 9 | 6.40980968 |
| 32 | Occidental | X5 | 15 | 10 | 7729.37802 | 10 | 7.78238454 |
| 33 | Occidental | X5 | 12 | 11 | 7761.97149 | 11 | 8.14098984 |
| 34 | Occidental | X5 | 13 | 14 | 8450.55132 | 12 | 8.91670782 |
| 35 | Occidental | X5 | 8 | 12 | 8267.98319 | 13 | 8.9770773 |
| 36 | Occidental | X5 | 1 | 13 | 8384.80247 | 14 | 9.96825053 |
| 37 | Occidental | X5 | 4 | 16 | 9173.21166 | 15 | 10.0497636 |
| 38 | Occidental | X5 | 22 | 17 | 9621.41989 | 16 | 10.0766594 |
| 39 | Occidental | X5 | 2 | 15 | 9118.76113 | 17 | 10.4776148 |
| 40 | Occidental | X5 | 7 | 18 | 10528.5091 | 18 | 11.2600634 |
| 41 | Occidental | X5 | 14 | 20 | 11394.9741 | 19 | 11.6482877 |
| 42 | Occidental | X5 | 5 | 19 | 10911.5387 | 20 | 12.1896889 |
| 43 | Occidental | X5 | 21 | 21 | 12036.2769 | 21 | 13.3355697 |
| 44 | Occidental | X5 | 6 | 22 | 12290.5518 | 22 | 13.4584254 |
| 45 | Aguablanca | X7 | 13 | 1 | 1276.19874 | 1 | 2.26958674 |
| 46 | Aguablanca | X7 | 14 | 2 | 2328.05172 | 2 | 2.9586342 |
| 47 | Aguablanca | X7 | 12 | 3 | 3039.47174 | 3 | 3.68436588 |
| 48 | Aguablanca | X7 | 15 | 5 | 3854.30723 | 4 | 4.17823058 |
| 49 | Aguablanca | X7 | 21 | 4 | 3192.85782 | 5 | 4.64591619 |
| 50 | Aguablanca | X7 | 8 | 7 | 4550.21027 | 6 | 4.87435902 |
| 51 | Aguablanca | X7 | 7 | 6 | 4156.16638 | 7 | 4.94971513 |
| 52 | Aguablanca | X7 | 16 | 9 | 5003.70904 | 8 | 5.8010715 |
| 53 | Aguablanca | X7 | 11 | 8 | 4866.97194 | 9 | 5.98865085 |
| 54 | Aguablanca | X7 | 9 | 10 | 6174.0627 | 10 | 6.74524374 |

| N° RUTAS | ESTACIÓ N ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓ N | COMUN A DESTIN O | GRADO DISTANCI A | LONGITU D EN METROS | GRAD O TIEM PO | TIEMPO EN MINUTOS |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 55 | Aguablanca | X7 | 5 | 11 | 6599.65329 | 11 | 7.13617131 |
| 56 | Aguablanca | X7 | 6 | 13 | 6996.05546 | 12 | 7.26116934 |
| 57 | Aguablanca | X7 | 4 | 14 | 7183.0678 | 13 | 7.3041423 |
| 58 | Aguablanca | X7 | 10 | 12 | 6951.35471 | 14 | 8.027699 |
| 59 | Aguablanca | X7 | 3 | 15 | 7480.5532 | 15 | 8.10361323 |
| 60 | Aguablanca | X7 | 19 | 16 | 8967.69301 | 16 | 9.7505667 |
| 61 | Aguablanca | X7 | 17 | 17 | 9333.4989 | 17 | 9.91937113 |
| 62 | Aguablanca | X7 | 2 | 18 | 9747.01871 | 18 | 10.0751751 |
| 63 | Aguablanca | X7 | 18 | 20 | 11142.7875 | 19 | 11.7094587 |
| 64 | Aguablanca | X7 | 20 | 19 | 10625.8175 | 20 | 12.215764 |
| 65 | Aguablanca | X7 | 22 | 22 | 12993.7972 | 21 | 13.6923973 |
| 66 | Aguablanca | X7 | 1 | 21 | 12039.7989 | 22 | 13.7478048 |
| 67 | Alameda | X2 | 19 | 3 | 2377.49794 | 1 | 2.61907126 |
| 68 | Alameda | X2 | 3 | 2 | 1847.49343 | 2 | 2.72059686 |
| 69 | Alameda | X2 | 9 | 1 | 1628.71466 | 3 | 3.08050212 |
| 70 | Alameda | X2 | 10 | 4 | 2902.63792 | 4 | 3.87522506 |
| 71 | Alameda | X2 | 11 | 5 | 3583.06303 | 5 | 4.89078694 |
| 72 | Alameda | X2 | 20 | 6 | 3965.04507 | 6 | 5.25878289 |
| 73 | Alameda | X2 | 12 | 7 | 4730.68796 | 7 | 5.81916142 |
| 74 | Alameda | X2 | 8 | 8 | 5037.91624 | 8 | 6.50956701 |
| 75 | Alameda | X2 | 4 | 12 | 5730.87169 | 9 | 6.59584921 |
| 76 | Alameda | X2 | 16 | 11 | 5709.01402 | 10 | 6.61137237 |
| 77 | Alameda | X2 | 2 | 10 | 5676.42116 | 11 | 7.02370044 |
| 78 | Alameda | X2 | 1 | 9 | 5428.98419 | 12 | 7.07373987 |
| 79 | Alameda | X2 | 18 | 15 | 7010.02862 | 13 | 7.51654203 |
| 80 | Alameda | X2 | 17 | 17 | 7170.90818 | 14 | 7.56208324 |
| 81 | Alameda | X2 | 15 | 14 | 6930.89383 | 15 | 7.85317 |
| 82 | Alameda | X2 | 13 | 13 | 6184.09726 | 16 | 7.93712955 |
| 83 | Alameda | X2 | 7 | 16 | 7128.00802 | 17 | 8.43578517 |
| 84 | Alameda | X2 | 5 | 18 | 7412.30742 | 18 | 8.63620503 |
| 85 | Alameda | X2 | 6 | 19 | 8848.21187 | 19 | 10.004511 |
| 86 | Alameda | X2 | 14 | 20 | 8996.69964 | 20 | 10.7050062 |
| 87 | Alameda | X2 | 21 | 21 | 9776.07246 | 21 | 11.1930788 |

| N° RUTAS | ESTACIÓ N ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓ N | COMUN A DESTIN O | GRADO DISTANCI A | LONGITU D EN METROS | GRAD O TIEM PO | TIEMPO EN MINUTOS |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 88 | Alameda | X2 | 22 | 22 | 11344.9942 | 22 | 11.8776416 |
| 89 | Oriental | X3 | 8 | 1 | 942.388832 | 1 | 1.21038015 |
| 90 | Oriental | X3 | 9 | 2 | 1998.61737 | 2 | 2.23665892 |
| 91 | Oriental | X3 | 12 | 3 | 2685.36486 | 3 | 3.24617303 |
| 92 | Oriental | X3 | 4 | 4 | 3036.69187 | 4 | 3.50731671 |
| 93 | Oriental | X3 | 11 | 6 | 3285.21122 | 5 | 3.56741521 |
| 94 | Oriental | X3 | 3 | 5 | 3220.94443 | 6 | 3.57734175 |
| 95 | Oriental | X3 | 7 | 7 | 3409.23971 | 7 | 4.18666413 |
| 96 | Oriental | X3 | 10 | 8 | 4337.93799 | 8 | 4.42302602 |
| 97 | Oriental | X3 | 5 | 9 | 4388.48977 | 9 | 5.24818085 |
| 98 | Oriental | X3 | 13 | 10 | 4645.39651 | 10 | 5.45581765 |
| 99 | Oriental | X3 | 19 | 12 | 5528.90945 | 11 | 5.78594726 |
| 100 | Oriental | X3 | 2 | 11 | 4802.26097 | 12 | 5.8081603 |
| 101 | Oriental | X3 | 16 | 13 | 5637.33613 | 13 | 5.97149692 |
| 102 | Oriental | X3 | 15 | 14 | 5987.85737 | 14 | 6.12599549 |
| 103 | Oriental | X3 | 6 | 16 | 6162.13271 | 15 | 6.92407914 |
| 104 | Oriental | X3 | 14 | 15 | 6150.16169 | 16 | 7.88251923 |
| 105 | Oriental | X3 | 21 | 17 | 7014.96778 | 17 | 8.08655735 |
| 106 | Oriental | X3 | 20 | 18 | 7116.45657 | 18 | 8.42565889 |
| 107 | Oriental | X3 | 17 | 20 | 8606.20825 | 19 | 8.71049731 |
| 108 | Oriental | X3 | 1 | 19 | 7780.19013 | 20 | 9.22153335 |
| 109 | Oriental | X3 | 18 | 21 | 9643.43533 | 21 | 9.7213043 |
| 110 | Oriental | X3 | 22 | 22 | 12457.7665 | 22 | 12.6892458 |
| 111 | Forestal | X6 | 1 | 1 | 1841.87798 | 1 | 1.91939827 |
| 112 | Forestal | X6 | 3 | 2 | 3945.95307 | 2 | 4.00672511 |
| 113 | Forestal | X6 | 9 | 3 | 5191.08845 | 3 | 5.28593131 |
| 114 | Forestal | X6 | 19 | 4 | 6492.76325 | 4 | 6.71667445 |
| 115 | Forestal | X6 | 4 | 6 | 7019.54228 | 5 | 7.01954228 |
| 116 | Forestal | X6 | 2 | 5 | 6965.09176 | 6 | 7.44739352 |
| 117 | Forestal | X6 | 10 | 7 | 7383.84156 | 7 | 7.55952657 |
| 118 | Forestal | X6 | 8 | 9 | 7629.30249 | 8 | 7.79569526 |
| 119 | Forestal | X6 | 11 | 10 | 8032.9404 | 9 | 8.41428293 |
| 120 | Forestal | X6 | 12 | 11 | 8621.7689 | 10 | 8.86761058 |

| N° RUTAS | ESTACIÓ N ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓ N | COMUN A DESTIN O | GRADO DISTANCI A | LONGITU D EN METROS | GRAD O TIEM PO | TIEMPO EN MINUTOS |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 121 | Forestal | X6 | 20 | 8 | 7398.16742 | 11 | 9.00701801 |
| 122 | Forestal | X6 | 5 | 12 | 8757.86933 | 12 | 9.15946756 |
| 123 | Forestal | X6 | 7 | 13 | 9226.46766 | 13 | 9.72191343 |
| 124 | Forestal | X6 | 6 | 14 | 10136.8825 | 14 | 10.4282041 |
| 125 | Forestal | X6 | 16 | 15 | 10185.3876 | 15 | 10.618687 |
| 126 | Forestal | X6 | 13 | 16 | 10272.6 | 16 | 10.9855787 |
| 127 | Forestal | X6 | 15 | 18 | 11380.4258 | 17 | 11.6329388 |
| 128 | Forestal | X6 | 18 | 17 | 11037.0418 | 18 | 11.6334412 |
| 129 | Forestal | X6 | 17 | 19 | 11652.1118 | 19 | 11.8469979 |
| 130 | Forestal | X6 | 14 | 20 | 12887.7806 | 20 | 13.7534553 |
| 131 | Forestal | X6 | 21 | 21 | 13536.6326 | 21 | 13.8671803 |
| 132 | Forestal | X6 | 22 | 22 | 15720.2884 | 22 | 16.1587961 |
| 133 | Central | X1 | 3 | 1 | 2114.50301 | 1 | 2.14459287 |
| 134 | Central | X1 | 9 | 3 | 2588.66071 | 2 | 2.68543581 |
| 135 | Central | X1 | 2 | 2 | 2354.17774 | 3 | 2.90968014 |
| 136 | Central | X1 | 4 | 4 | 3000.79822 | 4 | 3.36099232 |
| 137 | Central | X1 | 8 | 5 | 4253.98621 | 5 | 4.77261751 |
| 138 | Central | X1 | 10 | 7 | 5207.55267 | 6 | 5.30197642 |
| 139 | Central | X1 | 19 | 9 | 5329.25333 | 7 | 5.36096196 |
| 140 | Central | X1 | 5 | 6 | 4739.12527 | 8 | 5.50091759 |
| 141 | Central | X1 | 11 | 10 | 5523.94294 | 9 | 5.81378744 |
| 142 | Central | X1 | 1 | 8 | 5328.06807 | 10 | 5.82390187 |
| 143 | Central | X1 | 12 | 12 | 5962.86037 | 11 | 6.26711509 |
| 144 | Central | X1 | 7 | 11 | 5851.15139 | 12 | 6.69883567 |
| 145 | Central | X1 | 6 | 13 | 6118.1384 | 13 | 6.76426924 |
| 146 | Central | X1 | 20 | 14 | 6916.80045 | 14 | 8.00067359 |
| 147 | Central | X1 | 16 | 16 | 7676.39019 | 15 | 8.01819149 |
| 148 | Central | X1 | 13 | 15 | 7613.69148 | 16 | 8.38508322 |
| 149 | Central | X1 | 15 | 17 | 8862.84106 | 17 | 9.03244333 |
| 150 | Central | X1 | 17 | 18 | 9475.82293 | 18 | 9.58944772 |
| 151 | Central | X1 | 18 | 20 | 10088.8236 | 19 | 10.3505687 |
| 152 | Central | X1 | 14 | 19 | 9526.3307 | 20 | 10.7609394 |
| 153 | Central | X1 | 21 | 21 | 10161.3163 | 21 | 10.8441026 |

| N° RUTAS | ESTACIÓN ORIGEN | CÓDIGO ESTACIÓN | COMUN A DESTINO | GRADO DISTANCIA | LONGITUD EN METROS | GRADO TIEMPO | TIEMPO EN MINUTOS |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|-------------------|
| 154 | Central | X1 | 22 | 22 | 13641.7623 | 22 | 14.0309065 |
| 155 | Norte | X8 | 2 | 1 | 2698.59977 | 1 | 3.21946314 |
| 156 | Norte | X8 | 4 | 2 | 3155.23969 | 2 | 3.86434881 |
| 157 | Norte | X8 | 5 | 3 | 3875.08784 | 3 | 5.1492993 |
| 158 | Norte | X8 | 6 | 4 | 4596.1277 | 4 | 5.68800854 |
| 159 | Norte | X8 | 3 | 6 | 6148.18967 | 5 | 6.73278357 |
| 160 | Norte | X8 | 8 | 5 | 5969.83963 | 6 | 7.0314279 |
| 161 | Norte | X8 | 9 | 7 | 6517.08718 | 7 | 7.05835711 |
| 162 | Norte | X8 | 7 | 8 | 7143.52845 | 8 | 8.33593034 |
| 163 | Norte | X8 | 12 | 9 | 7517.07791 | 9 | 8.73740982 |
| 164 | Norte | X8 | 10 | 11 | 9135.97913 | 10 | 9.67489772 |
| 165 | Norte | X8 | 11 | 10 | 8900.16765 | 11 | 9.73400098 |
| 166 | Norte | X8 | 19 | 13 | 9424.63628 | 12 | 9.94915266 |
| 167 | Norte | X8 | 1 | 12 | 9314.14705 | 13 | 10.2160039 |
| 168 | Norte | X8 | 13 | 14 | 9490.58138 | 14 | 11.3106188 |
| 169 | Norte | X8 | 16 | 17 | 11213.7684 | 15 | 12.0084222 |
| 170 | Norte | X8 | 15 | 19 | 11547.4611 | 16 | 12.3168967 |
| 171 | Norte | X8 | 14 | 15 | 10857.2581 | 17 | 12.398034 |
| 172 | Norte | X8 | 21 | 18 | 11453.6934 | 18 | 12.4811972 |
| 173 | Norte | X8 | 20 | 16 | 11012.1834 | 19 | 12.5888643 |
| 174 | Norte | X8 | 17 | 20 | 13404.2494 | 20 | 13.962369 |
| 175 | Norte | X8 | 18 | 21 | 14184.2065 | 21 | 14.9387594 |
| 176 | Norte | X8 | 22 | 22 | 17570.1888 | 22 | 18.3268285 |

Fuente: Elaboración propia, integrando herramienta SIG.

APÉNDICES D

Tabla 33. Megaobras de la ciudad de Cali.

| N° MEGAOBRA | NOMBRE | UBICACIÓN | TIPO OBRA | TIPO |
|--------------------|---|---|------------------|-------------|
| 1 | Prolongación avenida Circunvalar | Avenida Circunvalar entre calles 70 y 122 | Ampliación vial | Lineal |
| 2 | Ampliación vía al Mar | Vial al Mar | Ampliación vial | Lineal |
| 3 | Ampliación vía a Pance | Vía Pance hasta la Vorágine | Ampliación vial | Lineal |
| 4 | Ampliación Carrera 80 calle 2 oeste y calle 5 | Carrera 80 entre Calle 1 y 15 | Ampliación vial | Lineal |
| 5 | 250 Km de vías de la ciudad | Toda la ciudad | Espacio publico | Lineal |
| 6 | Construcción y rehabilitación calle 16 entre carrera 50 y 105 | Calle 16 entre carrera 50 y 105 | Ampliación vial | Lineal |
| 6 | Construcción y rehabilitación carrera 1D entre calles 73A y 84 | Carrera 1D entre calles 73A y 84 | Ampliación vial | Lineal |
| 7 | Construcción y rehabilitación carrera 28D entre calles 44 y 54 | Carrera 28D entre calles 44 y 54 | Ampliación vial | Lineal |
| 7 | Construcción y rehabilitación carrera 29 entre calles 34A y Diagonal 30 | Carrera 29 entre calles 34A y Diagonal 30 | Ampliación vial | Lineal |

| N° MEGA OBRA | NOMBRE | UBICACIÓN | TIPO OBRA | TIPO |
|---------------------|--|---|-------------------|-------------|
| 8 | Prolongación avenida Ciudad de Cali | Avenida Ciudad de Cali entre carrera 50 y 168 | Ampliación vial | Lineal |
| 9 | Intersección vial a desnivel Autopista Sur con carrera 44 | Autopista Sur con carrera 44 | Intersección vial | Puntual |
| 10 | Intersección vial a desnivel Autopista Sur con carrera 66 | Autopista Sur con carrera 66 | Intersección vial | Puntual |
| 10 | Intersección vial a desnivel Autopista Sur con carrera 70 | Autopista Sur con carrera 70 | Intersección vial | Puntual |
| 11 | Intersección vial a desnivel carrera 8 con calle 70 | Carrera 8 con calle 70 | Intersección vial | Puntual |
| 12 | Intersección vial a desnivel Autopista Simón Bolívar con carrera 100 | Autopista Simón Bolívar con carrera 100 | Intersección vial | Puntual |
| 13 | Solución vial Chipichape calle 36 Norte | Calle 36 Norte avenida 4 y 6B | Intersección vial | Lineal |
| 13 | Puente calle 36 Norte entre avenida 4 y 6B | Calle 36 Norte entre avenida 4 y 6B | Intersección vial | Puntual |
| 14 | Anillo vial a desnivel Avenida Ciudad de Cali con carrera 1 | Avenida Ciudad de Cali con carrera 1 | Intersección vial | Puntual |
| 15 | Pavimentación parque Longitudinal 72W | Calle 72W entre carrera 27G y 28 J | Espacio publico | Lineal |
| 16 | Hundimiento Avenida Colombia | Avenida Colombia entre calles 10 y 13 | Espacio publico | Lineal |

| N° MEGA OBRA | NOMBRE | UBICACIÓN | TIPO OBRA | TIPO |
|---------------------|---|--|------------------|-------------|
| 17 | Solución peatonal a desnivel Autopista Simón Bolívar con Carrera 26 | Autopista Simón Bolívar con Carrera 26 | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a desnivel Carrera 23 con calle 57 | Carrera 23 con calle 57 | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a nivel Carrera 23 con calle 52 | Carrera 23 con calle 52 | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a nivel Carrera 23 con calle 39 | Carrera 23 con calle 39 | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a nivel Carrera 23 con calle 33C | Carrera 23 con calle 33C | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a desnivel Autopista Sur con Carrera 33 | Autopista Sur con Carrera 33 | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a desnivel Autopista Sur con Carrera 63B | Autopista Sur con Carrera 63B | Espacio publico | Puntual |
| 17 | Solución peatonal a desnivel Autopista Sur con Carrera 68 | Autopista Sur con Carrera 68 | Espacio publico | Puntual |
| 18 | Parque Rio Cali | Margen rio Cali entre calle 13 y 26 | Espacio publico | Polinomial |
| 19 | Parque Alameda avenida Roosevelt entre calle 5 y carrera 34 | Avenida Roosevelt entre calle 5 y carrera 34 | Espacio publico | Lineal |
| 19 | Parque Alameda carrera 34 entre calles 9 y 5 | Carrera 34 entre calles 9 y 5 | Espacio publico | Lineal |

| N° MEGA OBRA | NOMBRE | UBICACIÓN | TIPO OBRA | TIPO |
|---------------------|---|--|---------------------|-------------|
| 20 | Plazoletas de la Caleñidad Granada | Avenida 9 Norte entre calles 10 Norte y 21 Norte | Espacio publico | Lineal |
| 20 | Plazoletas de la Caleñidad Granada | | Espacio publico | Polinomial |
| 21 | Ciudadela educativa Isaías Duarte Cancino | Hospital Isaías Duarte Cancino | Ciudadela educativa | Puntual |
| 21 | Ciudadela educativa Nuevo Latir | Troncal Aguablanca con Avenida Ciudad de Cali | Ciudadela educativa | Puntual |
| 21 | Ciudadela educativa Eustaquio Palacio | Carrera 52 con Calle 2 | Ciudadela educativa | Puntual |
| 21 | Autopista Bicentenario | | Construcción Vial | Polinomial |

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICES E

Tabla 34. Matriz de distancia de la red vial por comunas de la ciudad.

| COMUNA | ARCOS | DISTANCIA ARCOS M | KM |
|--------------|-------|----------------------|---------|
| 1 | 738 | 58538.02 | 58.54 |
| 2 | 2285 | 220090.74 | 220.09 |
| 3 | 1027 | 87504.15 | 87.51 |
| 4 | 1458 | 113478.25 | 113.48 |
| 5 | 1940 | 117988.96 | 117.99 |
| 6 | 2341 | 154766.97 | 154.76 |
| 7 | 1512 | 114092.25 | 114.09 |
| 8 | 2048 | 153091.6 | 153.09 |
| 9 | 1102 | 82338.03 | 82.34 |
| 10 | 1656 | 120190.21 | 120.19 |
| 11 | 1655 | 114157.17 | 114.16 |
| 12 | 1157 | 79399.57 | 79.41 |
| 13 | 2529 | 149941.99 | 149.94 |
| 14 | 2866 | 174476.69 | 174.47 |
| 15 | 2034 | 124530.11 | 124.53 |
| 16 | 1623 | 123768.21 | 123.77 |
| 17 | 2277 | 239359.64 | 239.36 |
| 18 | 1357 | 100604.91 | 100.61 |
| 19 | 2276 | 224774.28 | 224.77 |
| 20 | 1260 | 71649.51 | 71.65 |
| 21 | 2962 | 165569.41 | 165.57 |
| 22 | 477 | 89404.16 | 89.41 |
| TOTAL | 38580 | 2879714.83 | 2879.73 |

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICES F

Tabla 35. Matriz de distancia entre centroides de comuna y estaciones de bomberos.

| COMUNA | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 |
|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 4.402 | 3.827 | 6.154 | 7.257 | 4.398 | 1.309 | 9.649 | 7.042 |
| 2 | 1.564 | 4.449 | 3.328 | 7.07 | 7.164 | 3.774 | 6.956 | 2.192 |
| 3 | 1.359 | 1.516 | 2.283 | 4.521 | 4.38 | 2.796 | 5.888 | 5.029 |
| 4 | 2.286 | 4.803 | 2.389 | 6.515 | 7.717 | 5.256 | 5.457 | 2.424 |
| 5 | 3.828 | 6.142 | 3.233 | 7.201 | 9.035 | 6.862 | 5.075 | 2.992 |
| 6 | 5.181 | 7.727 | 4.921 | 8.909 | 10.654 | 8.033 | 6.503 | 2.944 |
| 7 | 4.375 | 5.88 | 2.781 | 5.975 | 8.578 | 7.486 | 3.26 | 4.782 |
| 8 | 2.896 | 3.676 | 0.71 | 4.108 | 6.386 | 5.724 | 3.213 | 5.036 |
| 9 | 2.175 | 1.395 | 1.741 | 3.451 | 4.177 | 3.852 | 4.924 | 5.675 |
| 10 | 4.604 | 2.229 | 3.633 | 1.357 | 3.067 | 5.415 | 4.904 | 8.057 |
| 11 | 4.423 | 2.909 | 2.79 | 1.378 | 4.597 | 6.111 | 3.434 | 7.507 |
| 12 | 4.087 | 4.007 | 1.87 | 3.178 | 6.273 | 6.595 | 2.052 | 6.409 |
| 13 | 5.327 | 5.044 | 3.117 | 3.373 | 7.027 | 7.78 | 0.937 | 7.428 |
| 14 | 6.849 | 6.841 | 4.622 | 4.795 | 8.716 | 9.526 | 0.826 | 8.379 |
| 15 | 6.896 | 5.424 | 4.987 | 2.095 | 6.239 | 8.627 | 3.103 | 9.717 |
| 16 | 6.44 | 4.45 | 4.849 | 0.926 | 4.831 | 7.713 | 4.143 | 9.656 |
| 17 | 8.308 | 5.706 | 7.188 | 3.101 | 4.465 | 8.67 | 6.827 | 11.861 |
| 18 | 9.18 | 6.305 | 8.582 | 5.073 | 3.895 | 8.602 | 9.1 | 12.774 |
| 19 | 4.838 | 1.938 | 4.851 | 3.379 | 1.081 | 4.328 | 6.944 | 8.503 |
| 20 | 5.854 | 3.109 | 6.187 | 4.752 | 0.592 | 4.449 | 8.466 | 9.431 |
| 21 | 7.517 | 7.558 | 5.302 | 5.493 | 9.446 | 10.223 | 1.572 | 8.912 |
| 22 | 12.313 | 9.474 | 11.133 | 7.003 | 7.622 | 12.262 | 10.272 | 15.726 |

Fuente: Elaboración propia.