

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali



Tesista:
Adriana Salinas Guerrero

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Ingeniería Topográfica
Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías GITTV
Santiago de Cali
2022

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Adriana Salinas Guerrero

Trabajo de grado para optar al título de profesional en Ingeniería Topográfica

Director:

Ciro Jaramillo Molina, Dr.

Codirector:

Daniel Goyes, Dr. (c)

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil y Geomática

Ingeniería Topográfica

Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías GITTV

Santiago de Cali

2022

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Dedicatoria

A Dios, a mi familia , profesores y amigos por su apoyo y comprensión a lo largo de todo este
proceso

Agradecimientos

A Dios, primeramente, por todas sus bendiciones y por darme la fortaleza en los momentos de dificultad.

A mi padres y mi hermana, por ser mis motores para culminar esta etapa, infinitas gracias por su amor, apoyo y por inculcar en mí el esfuerzo y la lucha por mis sueños.

A mi director y co-director, quienes me han acompañado en este proceso con su paciencia y orientación para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida.

Al resto de mi familia y amigos, por sus consejos y compañía en este proceso, mil gracias a cada uno de ellos.

1.	Resumen	10
2.	Introducción	12
3.	Planteamiento del problema	15
4.	Objetivos	17
4.1.	Objetivos Generales	17
4.2.	Objetivos Específicos	17
5.	Justificación	18
6.	Marco contextual	20
6.1.	Marco Conceptual	20
6.1.1.	Sistema de transporte	20
6.1.2.	Sistema de transporte de tránsito rápido (BRT)	20
6.1.3.	Capacidad	21
6.1.4.	Frecuencia	21
6.1.5.	Paradas	21
6.1.6.	Movilidad Urbana	22
6.1.7.	Accesibilidad	22
6.1.8.	Indicadores de accesibilidad	22
6.1.9.	Unidades deportivas	23
6.1.10.	Estratificación socioeconómica	23
6.1.11.	Herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG)	23

6.1.12.	Modelo vectorial.....	24
6.1.13.	Modelo Ráster.....	24
6.1.14.	Topologías geoespaciales	24
6.1.15.	Geocodificación.....	24
6.1.16.	Centroides.....	25
6.1.17.	Análisis de datos espaciales.....	25
6.1.18.	Los análisis de distribución espacial.....	25
6.1.19.	Interpolación espacial	26
6.2.	Marco Teórico	26
6.2.1.	Índices de accesibilidad.....	26
6.2.1.1.	Niveles de accesibilidad.....	27
6.2.1.2.	Medidas de accesibilidad.	27
6.2.1.2.1.	Medida de separación espacial.	28
6.2.1.2.2.	Medida de oportunidades acumulativas.....	28
6.2.1.2.3.	Medida de interacción espacial.....	29
6.2.1.2.4.	Medidas de utilidad.	29
6.2.1.2.5.	Medidas espacio temporales.	30
6.2.2.	Método de interpolación espacial IDW.....	30
6.2.3.	Curvas isócronas	31
6.2.4.	Equidad.....	31

6.2.4.1.	Equidad Horizontal.	31
6.2.4.2.	Equidad vertical en cuanto ingresos y clase social	32
6.2.4.3.	Equidad vertical con respecto a la necesidad y capacidad de movilidad.....	32
6.2.4.4.	Medidas de equidad	32
6.2.5.	Indicadores estadísticos	35
6.2.5.1.	Media Aritmética.	35
6.2.5.2.	Cuantiles.	35
6.2.5.3.	Valor de Z.	36
6.2.5.4.	Valor-p.	36
6.2.5.5.	Desviación estándar.	37
6.2.5.6.	Correlación de Pearson.	37
6.2.5.7.	Normalización de máximos y mínimos.	38
6.3.	Marco Referencial	38
7.	Metodología	45
7.1.	Caracterización de la zona de estudio:	45
7.1.1.	Barrios y Población:	46
7.1.2.	Sistema de transporte	47
7.1.3.	Unidades Deportivas	52
7.1.4.	Red vial	56

7.2.	Caracterización espacial de las unidades deportivas y la red de transporte del sistema BRT en el Municipio de Santiago de Cali.....	56
7.3.	Determinación de medidas de accesibilidad y equidad espacial.....	57
7.3.1.	Medidas de Accesibilidad	57
7.3.2.	Variables.....	61
7.3.3.	Medida de equidad	63
7.4.	Evaluación de las medidas de accesibilidad.....	64
7.4.1.	Medida topológica, Factor de Ruta Integral Ri	64
7.4.2.	Medida basada en oportunidades, Isocronas	65
7.4.3.	Medida de gravedad o interacción espacial.....	65
7.5.	Evaluación de niveles de Equidad espacial.....	66
8.	Resultados y Análisis	68
8.1.	Caracterización espacial de las unidades deportivas y la red de transporte del sistema BRT en el Municipio de Santiago de Cali	68
8.2.	Determinación de las medidas de accesibilidad y equidad espacial	72
8.3.	Evaluación de las medidas de accesibilidad y equidad espacial	73
8.3.1.	Medida topológica, Factor de ruta integral	73
8.3.2.	Medida basada en oportunidades, Isócronas	78
8.3.3.	Medida de Gravedad, Hansen	83
8.3.3.1.	Hansen variable de atracción número de servicios.	83

8.3.3.2. Hansen variable de atracción: Área.	87
8.4. Validación de los resultados.....	93
8.4.1. Correlación de Pearson:.....	94
8.5. Indicadores de equidad espacial.....	96
8.5.1. Curva de Lorenz	96
8.5.2. Coeficiente de Gini.....	98
9. Discusiones de los Resultados.....	100
10. Conclusiones	104
11. Bibliografía.....	106
12. Anexos.....	111

Tabla de Figuras

<i>Figura 1: Niveles de accesibilidad</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2: Ejemplo de índice de Gini.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3. Fases metodológicas</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4: Zonificación espacial de las estaciones en la ciudad de Santiago de Cali, Según el SITM-MIO</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5: Red del SITM-MÍO.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 6: Centroides de los barrios de la Ciudad de Santiago de Cali.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 7: Centroides de las Unidades Deportivas en la Ciudad de Santiago de Cali, según su área</i>	<i>70</i>
<i>Figura 8: Distribución espacial de la población por barrios</i>	<i>71</i>
<i>Figura 9: Mapa de Desviación estándar para el indicador Factor de Ruta Integral.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 10: Indicador Factor Ruta Integral</i>	<i>76</i>

<i>Figura 11: Histograma de frecuencias del indicador de accesibilidad factor de ruta integral</i>	<i>77</i>
<i>Figura 12: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Factor de Ruta Integral</i>	<i>78</i>
<i>Figura 13: Mapa de Desviación estándar Índice Isócronas.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 14: Histograma Índice Isócronas.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 15: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Isócronas</i>	<i>81</i>
<i>Figura 16: Tiempos de viaje en minutos, desde los diferentes barrios a las unidades deportivas.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 17: Desviación estándar para el indicador de Hansen, variable de atracción: Número de servicios</i>	<i>84</i>
<i>Figura 18: Histograma Índice de Hansen variable de atracción: Número de servicios</i>	<i>85</i>
<i>Figura 19: Indicador de Hansen evaluado con variable de atracción: número de servicios.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 20: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Hansen con Variable de Atracción Numero de Servicios .</i>	<i>87</i>
<i>Figura 21: Desviación estándar para el indicador de Hansen, variable de atracción: Área</i>	<i>89</i>
<i>Figura 22: Histograma Índice de Hansen variable de atracción: Área</i>	<i>90</i>
<i>Figura 23: Índice de Hansen, variable de atracción: Área</i>	<i>91</i>
<i>Figura 24: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Hansen con Variable de Atracción Área.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 25. Correlación de Pearson.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 26. Curva de Lorenz para los indicadores estadísticos.....</i>	<i>97</i>

Tabla de Tablas

<i>Tabla 1. Descripción de análisis de distribución espacial.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2: Características de la zona de estudio</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 3. Distribución de rutas del MIO.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 4. Características de tránsito por servicio del SIT-MIO.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 5. Características de tránsito por tipología del SITM-MIO</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6: Área y servicios para cada unidad deportiva</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 7. Variables Utilizadas</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 8: Clasificación de valores del indicador factor de ruta.....</i>	<i>60</i>

<i>Tabla 9: Atributos usados para el análisis de red API Google Maps</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 10. Tabla resumen de los gráficos de dispersión (Correlación y Valor P).....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 11. Coeficiente de Gini</i>	<i>99</i>

Tabla de Anexos

<i>Anexo 1. cálculo de indicadores de accesibilidad</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 2. Normalización de los valores de los indicadores de accesibilidad</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 3. Mapa de trazado de velocidad Coropletico</i>	<i>136</i>
<i>Anexo 4. Mapa de trazado de velocidad de superficie de iso-accesibilidad</i>	<i>137</i>
<i>Anexo 5: Mapa coroplético, índice factor de ruta integral</i>	<i>138</i>
<i>Anexo 6: Mapa coroplético, índice Isócronas.....</i>	<i>139</i>
<i>Anexo 7: Mapa coroplético, índice de Hansen evaluado con variable de atracción: número de servicios</i>	<i>140</i>
<i>Anexo 8: Mapa coroplético, índice de Hansen evaluado con variable de atracción: área</i>	<i>141</i>
<i>Anexo 9: Mapa coroplético, índice de provisión de transporte público absoluto</i>	<i>142</i>
<i>Anexo 10: Mapa coroplético, índice de provisión de transporte público relativo</i>	<i>143</i>
<i>Anexo 11: Mapa de curvas de Iso- Accesibilidad, índice de provisión de transporte público absoluto.....</i>	<i>144</i>
<i>Anexo 12: Mapa de curvas de Iso- Accesibilidad, índice de provisión de transporte público relativo</i>	<i>145</i>
<i>Anexo 13: Red vial del SITM-MIO</i>	<i>146</i>

1. Resumen

Santiago de Cali, es un Municipio que tiene en cuenta el deporte como política pública, por lo que cuenta con 4 complejos deportivos llamados “unidades deportivas”, además de diferentes centros que estimulan el deporte, los cuales permiten el desarrollo profesional y deportivo de los diferentes grupos poblacionales de la ciudad y la práctica de diferentes tipos de disciplinas que contribuyen al cuidado de la salud y la actividad física como derecho fundamental. La accesibilidad es una herramienta de planificación espacial, insumo para garantizar la inclusión social y el desarrollo de actividades de la población, lo que contribuye al desarrollo económico; siendo una herramienta de apoyo para la toma de decisiones de políticas públicas. El objetivo de este proyecto de investigación permitió determinar los niveles de equidad espacial a partir de medidas de accesibilidad a unidades deportivas por medio del sistema de transporte SITM-MIO. Con respecto a la metodología utilizada, se implementaron medidas basadas en infraestructura como el indicador factor de ruta integral, que mide la eficiencia y la calidad del trazado de la infraestructura de transporte, Isócronas que miden el tiempo de viaje desde y hacia cada equipamiento, de igual manera medidas basadas en gravedad con la implementación del indicador de Hansen que se basa en la interacción espacial y atraktividad hacia un punto de destino y el índice de provisión de transporte IPTP, el cual evalúa el nivel de servicio del sistema de transporte. Los modelos fueron desarrollados en un entorno SIG a escala de barrio, cuyos resultados fueron representados mediante curvas de iso-accesibilidad. Dentro del análisis de los resultados obtenidos se pudo evidenciar que el Municipio presenta una alta accesibilidad a este tipo de equipamientos en los barrios más cercanos a su ubicación, específicamente la zona centro-sur, en algunos casos también se logra evidenciar un comportamiento favorable en algunos barrios de la zona norte, la zona oriental y zona sur, donde se tuvo en cuenta variables como

tiempos de viaje, atraktividad y provisión de transporte. De igual manera se encontró que barrios del occidente de la ciudad, como por ejemplo los pertenecientes a la comuna 1 cuentan con una baja accesibilidad utilizando el SITM-MIO. Finalmente se realizó un análisis la equidad a partir de los resultados de indicadores anteriormente mencionados, por medio de la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini, además de un análisis de correlación espacial mediante el método de Pearson, donde los resultados evidenciaron una fuerte correlación entre el indicador de factor de ruta integral e isócronas teniendo en cuenta la calidad del trazado y tiempos de viaje, así mismo una correlación negativa con el indicador de Hansen.

Palabras clave: indicadores de accesibilidad, indicadores de equidad, unidades deportivas, sistemas de transporte BRT, Sistemas de información geográfica.

2. Introducción

La accesibilidad se define como la facilidad que tiene cualquier individuo o grupo de personas de alcanzar una oportunidad para llegar a un destino desde múltiples orígenes (Halden et al., 2005), la medida del nivel de accesibilidad se puede usar como indicador de inclusión social y potencial del desarrollo económico; siendo fundamental para el análisis y gestión de proyectos; desafortunadamente, la mayoría de los planes de movilidad de las principales ciudades de América Latina, no miden las condiciones de transporte usando indicadores determinados para el estudio de los niveles de accesibilidad a las oportunidades y las desigualdades sociales, especialmente para las zonas segregadas de la población (Bocarejo S. y Oviedo H., 2012).

El rápido crecimiento de la población trae consigo necesidades como la práctica deportiva y la actividad física, que en general tiene beneficios como la reducción del riesgo de enfermedades y trastornos no transmisibles, por ejemplo: la obesidad, la hipertensión, los accidentes cardiovasculares, diabetes, cáncer, la depresión y la ansiedad, entre otros (OPS, 2019), estas enfermedades tienen una tasa de mortalidad en el continente americano de 436.5 por 100 mil habitantes, donde el país que mayores muertes presenta es Guyana con 831,4 muertes por 100 mil habitantes, rebasando la media de muertes, por otra parte, el país con menores muertes es Canadá con 291.5 muertes por cada 100 mil habitantes, pero la zona más afectada es la subregión caribe con tasas por encima de 583.5 por 100 mil habitantes en donde la población vulnerable es la de menos recursos (OPS, 2019). En Colombia más de 110 mil personas fallecen a causa de enfermedades no transmisibles como las afecciones cardiovasculares, el cáncer, diabetes y afecciones pulmonares en su etapa crónica (OPS, 2020), así mismo para el Departamento del Valle del Cauca una de las principales causa de muerte son las enfermedades circulatorias con una tasa de 151.11 por cada 100 mil habitantes (Gobernación del Valle, 2016). Puntualmente las

muertes para la ciudad de Cali, capital del Valle del Cauca, por este tipo de enfermedades son del 58% (Secretaria de Salud pública Municipal de Cali y Universidad del Valle, 2008); estas tasas se pueden ver reducidas por medio de las actividades físicas y deportivas, que además promueven el desarrollo social y económico de las ciudades, razón por la cual está en la mira de diferentes organizaciones a nivel mundial para garantizar que se generen espacios para la práctica de diferentes disciplinas (OPS, 2021), es por ello que se debe garantizar la accesibilidad de la ciudadanía a equipamientos que mejoren su calidad de vida (Saéz González, 2020).

Santiago de Cali, capital del Valle del Cauca, es una de las ciudades más antiguas de América latina y la tercera ciudad más poblada de Colombia; conforma junto a Bogotá y Medellín el triángulo de Oro en el cual se reúnen los principales centros económicos e industriales del país. Su expansión en múltiples aspectos a lo largo de los últimos años la han posicionado como una ciudad con dinamismo permanente (Fajardo Barragán, 2021), tanto así que es considerada la capital deportiva de América como lo pronunció la Federación ACES (European Capitals and Cities of Sport Federation) en el año 2019, dado que es reconocida por incentivar el deporte a nivel mundial, esta ciudad cuenta con diferentes instalaciones deportivas, siendo las más importantes, cuatro complejos deportivos llamados unidades deportivas, donde se pueden practicar diferentes disciplinas de manera aficionada y profesional de alto rendimiento, además de diferentes infraestructuras que permiten el esparcimiento distribuidos en la ciudad (ACES Europe, 2018).

El sistema de Transporte de Buses Rápidos (BRT), conocido como sistema Masivo Integrado de Occidente (MIO) de Cali, se convirtió en el principal modo de transporte colectivo de la ciudad, y se inspiró en el éxito del Transmilenio de Bogotá, el cual fue implementado en la capital del país, a partir de diciembre del año 2000 en respuesta a una serie de problemas críticos de infraestructura de transporte, como la combinación de un rápido crecimiento de la población con

aumento de sus necesidades de accesibilidad a equipamientos para una calidad de vida digna, una mayor propiedad de automóviles, una flota de tránsito excesiva y obsoleta y una asignación ineficiente del espacio vial, estos problemas crearon una situación de tiempos de viaje muy largos (una velocidad promedio de (10 km / h), altos niveles de contaminación del aire y una alta tasa de accidentes (Hidalgo, 2002), es por ello que en la ciudad de Santiago de Cali, se espera que este sistema pueda contribuir a la mejora de diferentes problemas de movilidad y accesibilidad.

Este estudio permite conocer la accesibilidad y equidad del servicio de transporte SITM-MIO desde los barrios hasta las unidades deportivas, en pro de promover las actividades físicas, el deporte y la buena salud, además del desarrollo económico y social de la ciudad; para ello es necesario tener en cuenta aspectos como la red de transporte disponible, la oferta u oportunidad de la población, la infraestructura, la atracción de estas actividades, el nivel de servicio del transporte, entre otros, lo que permitirá garantizar la accesibilidad a las unidades deportivas. Con estas estimaciones y por medio de un análisis espacial se puede conocer la distribución de la accesibilidad, proceso el cual se lleva a cabo por medio de herramientas de Sistemas de Información Geográficos (SIG) (Asprilla López, 2014), (Goyes Chaves y Díaz Montenegro, 2015) y (Ruiz et al., 2016). Esta información permite generar estrategias de planificación a través de accesibilidad para el Masivo Integrado de Occidente (MIO) a estos equipamientos, lo cual es importante, ya que el deporte es uno de los principales pilares para una sociedad, otorgando beneficios para la salud, el esparcimiento y las competencias deportivas de manera local, que a su vez pueden captar eventos de talla mundial, haciendo que Cali mantenga su posición de capital deportiva de América, y con esto logre incentivar la economía en torno al deporte beneficiando a todos los ciudadanos (Universidad del Valle y Alcaldía de Santiago de Cali, 2017).

3. Planteamiento del problema

La población mundial no realiza actividad física en un porcentaje del 60% dada la poca participación en actividades deportivas durante tiempos de esparcimiento, ocasionada por el sedentarismo y actividades laborales intensas (Organización Mundial de la Salud OMS, 2021). En América Latina y el Caribe los niveles de inactividad física aumentaron del 33% al 39% del 2011 al 2016 (Organización Panamericana de la Salud, 2021). Una de las causas de la poca actividad física es la pobreza, este problema se agudiza en poblaciones menos escolarizadas y con mayor desigualdad de cada país (Jaitman y Scartascini, 2017). Las enfermedades no transmisibles aumentan la brecha de pobreza y salud en poblaciones desfavorecidas, estas enfermedades tienden a aumentar principalmente las condiciones negativas de padecimientos cardiovasculares, de problemas en la sangre como diabetes, afecciones como el cáncer y de tipo respiratorias, a causa de los malos hábitos alimenticios y poca actividad física. Esta situación ha causado 35 millones de muertes en el mundo, es decir el 60% de las muertes a nivel mundial. De estas muertes a nivel mundial una cifra de 16 millones de personas de bajos ingresos mueren antes de los 70 años, y se prevé que el total de muertes aumento un 17% en esta década (World Health Organization, 2013). Así mismo, la inactividad física entre los jóvenes y niños es preocupante, ya que más del 80% de la población adolescente mundial no tiene suficiente actividad física, lo que se encamina a que la población sufra enfermedades como la obesidad y se repita la historia de las enfermedades no transmisibles. En países de América la población en riesgo es similar al porcentaje mundial, por ejemplo, en Colombia el 32% de las personas entre 18 y 69 años se encuentra con sobre peso y el 14% tiene obesidad, así mismo la tasa de mortalidad para enfermedades circulatorias fue de 131.03 por cada 100 mil habitantes para año 2014 (Barbosa Granados y Urrea Cuellar, 2018), mientras que en el Valle del Cauca, fue de 159.28 por cada 100

mil habitantes para el año 2017 (Secretaría Departamental De Salud del Valle del Cauca, 2019). Para la ciudad de Cali, las enfermedades no transmisibles generan el 74.5% de las consultas médicas, ya que la tasa de morbilidad es de 747.41 por cada 100 mil habitantes. Las enfermedades circulatorias tienen una tasa de mortalidad de 162.2 por cada 100 mil habitantes y encabezan la lista de las causas de muerte de enfermedades no transmisibles (Secretaria de Salud pública Municipal de Cali, 2018).

Las enfermedades no trasmisibles pueden evitarse y reducirse con una buena alimentación y estilo de vida, por esta razón, es necesario incentivar el deporte de alto rendimiento y de esparcimiento por medio de programas especializados (Organización Mundial de la Salud OMS, 2021). Para ello es indispensable establecer objetivos desde el área administrativa, que permitan promover la participación deportiva, sobre todo en los jóvenes, por lo que debe proporcionar accesibilidad y equidad de transporte a los diferentes escenarios (Jaitman y Scartascini, 2017), ya que una menor accesibilidad significa menores oportunidades, produciendo una mayor exclusión entre las personas que por necesidad deben utilizar el transporte público (Saéz González, 2020).

En el 2016, por medio de políticas públicas en la ciudad de Santiago de Cali, se realizó la reestructuración de las políticas de administración de los escenarios deportivos y unidades deportivas, garantizando que los habitantes de la ciudad se beneficien de los mismos. A partir de esta iniciativa, se generaron espacios gratuitos en horarios específicos, además de ofertar diferentes actividades. Es por ello que surge la necesidad de proyectos que permitan analizar la accesibilidad y equidad a equipamientos para que la ciudadanía tenga las mismas oportunidades. Teniendo en cuenta las políticas públicas y los temas planteados, se llega al cuestionamiento: ¿Cuáles son los niveles de accesibilidad geográfica y equidad espacial a unidades deportivas, en el municipio de Santiago de Cali?

4. Objetivos

4.1. Objetivos Generales

Determinar los niveles de equidad espacial medidos desde la accesibilidad geográfica a las unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en Santiago de Cali.

4.2. Objetivos Específicos

- 1) Caracterizar espacialmente las unidades deportivas y la red de transporte del sistema BRT en el Municipio de Santiago de Cali.
- 2) Determinar medidas de accesibilidad y equidad adecuadas para las unidades deportivas en el Municipio de Santiago de Cali.
- 3) Evaluar las medidas de accesibilidad y equidad implementadas.
- 4) Estimar los niveles de equidad territorial.

5. Justificación

La evaluación de la accesibilidad y la equidad espacial es importante como instrumento para vigilar y monitorear la oportunidad que tienen los ciudadanos para desplazarse de un lugar geográfico a otro, de esta manera, reducir las desigualdades de oportunidades entre los diferentes estratos socioeconómicos, lo que permite disminuir las brechas sociales, a partir de la interacción de diferentes variables (Hansz et al., 2018), (Jurado y Tovar, 2016) y (Gómez Mosquera, 2020).

Cali es reconocida como la capital deportiva de América según la ACES Europa en el 2019, organización que fomenta el deporte a nivel mundial, gracias a que la ciudad posee la mejor infraestructura deportiva de Colombia, con 26 escenarios para la práctica de alto rendimiento que conforman las unidades deportivas; la unidad deportiva Jaime Aparicio, la unidad deportiva San Fernando, la Unidad Deportiva Alberto Galindo, y la unidad deportiva Mariano Ramos (Alcaldía de Cali, 2020). Además, de un excelente rendimiento en las diferentes disciplinas de los deportistas locales y nacionales, lo que le permite recurrentemente ser sede de juegos nacionales y mundiales; como en el año 2013, con lo que se atrajo como espectadores a 2.174 turistas internacionales, 11.250 nacionales y 90.249 residentes de Cali. Este hecho generó 9.619 puestos de empleo en el sector de logística, 2.484 en el sector del comercio y 1.090 en el sector del transporte, en general 571.099 mil millones de pesos, beneficiando a la ciudad en su desarrollo económico (Universidad del Valle y Alcaldía de Santiago de Cali, 2017). En general el deporte tiene un enorme impacto en factores de desarrollo económico, ayuda a mejorar la salud, como la prevención de enfermedades no transmisibles y habilidades cognitivas; tiene excelentes efectos en los resultados laborales y productivos, en el capital social y en la cultura cívica (Jaitman y Scartascini, 2017), por estas razones se debe garantizar a los deportistas y a la población en

general la accesibilidad a los escenarios para sus prácticas en diferentes disciplinas (Alcaldía de Cali, 2019).

Los resultados que se obtienen de este proyecto son útiles como herramienta para la evaluación de la accesibilidad y la equidad espacial del sistema de transporte público de la ciudad a unidades deportivas. Mediante la implementación de este tipo de análisis, se puede generar información útil para los encargados de la toma de decisiones, como METROCALI, Sistema Integrado de Transporte Masivo, Territorios de inclusión y oportunidades (TIO), Secretaria del Deporte y Recreación, Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Cali, y la Alcaldía de Santiago de Cali, lo que permite una mejor planificación de la ciudad, una distribución territorial más equitativa y políticas públicas más eficientes, beneficiando así las oportunidades de desarrollo de los habitantes y mejorando la accesibilidad a las actividades humanas y productivas para mejorar la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

6. Marco contextual

6.1. Marco Conceptual

Para entender las técnicas o procedimientos empleados en el desarrollo del proyecto, es indispensable definir diferentes términos relacionados al transporte como Sistema de Buses de Transito Rápido (BRT), medidas de accesibilidad y equidad, además de herramientas SIG, permitiendo tener una perspectiva amplia de los métodos utilizados para la realización de esta investigación. A continuación, se presentan algunos conceptos para comprender el contenido del proyecto.

6.1.1. Sistema de transporte

Es un conjunto de actividades que facilitan el desplazamiento de personas y bienes, dependiendo del modo de transporte y la actividad que se requiera (Gómez Cárdenas, 2011). Según Zaragoza y Islas (2007), “un sistema de transporte es un conjunto de acciones que se repite constantemente; que tiene por objeto el cambio de posición con respecto al espacio de personas y/o cosas, cuya utilidad es mayor en otro lugar. Además, por esto último, se encuentra íntimamente ligado a eventos económicos y sociales”.

6.1.2. Sistema de transporte de tránsito rápido (BRT)

Un sistema de transporte de tránsito rápido es un conjunto de operaciones de buses que van por carriles preferenciales, aunque no en todo lo largo de su recorrido. El uso de los carriles puede ser abierto o cerrado, con la finalidad de desplazar a un gran número de personas eficientemente a sus destinos con rutas estratégicas dentro de la ciudad. El BRT es un sistema innovador ya que, apuesta a la sostenibilidad por el número de viajes y la capacidad, utilizando la infraestructura caracterizadas por las estaciones, el pago antes de abordar con el uso de tarjetas inteligentes, el personal pendiente de que el servicio se ofrezca de la mejor manera y demás características que

hacen de este modo de transporte una gran apuesta para el acceso a las diferentes actividades humanas (Revista Turbo, 2018).

6.1.3. Capacidad

La capacidad es la oferta determinada por la cantidad máxima de vehículos, personas y bienes según el modo de transporte (Garrocho Rangel y Campos Alanís, 2006). Así mismo, Zaragoza y Islas (2007), afirma que la capacidad se refiere a la cantidad de pasajeros o de bienes que pueden transportarse teniendo en cuenta, la cantidad determinada de plazas o de espacio factible que puede ser ocupado en un momento determinado.

6.1.4. Frecuencia

Según Zaragoza y Islas (2007), la frecuencia es un atributo, que puede identificarse mejor como frecuencia de servicio, porque mide el registro de la cantidad de vehículos que pasan por un punto dado o una sección de la ruta, en cierto periodo o intervalo de tiempo específico. Asimismo, Garrocho Rangel y Campos Alanís (2006), definen la frecuencia en el transporte como la cantidad de veces que pasa un vehículo por un punto o ruta en particular.

6.1.5. Paradas

Una parada en transporte es un punto específico para que los pasajeros esperen el transporte público y facilita el abordaje en sitios estratégicos de la ciudad (Garrocho Rangel y Campos Alanís, 2006). Según Pulla Maldonado (2019), afirma que las paradas de buses en el sistema de transporte es un espacio público, multifuncional de uso social y colectivo. Este mobiliario urbano da alojamiento a pasajeros a la espera del transporte. La parada de bus facilita a los ciudadanos el encuentro entre pasajeros y vehículos de transporte público y su objetivo principal es proporcionar acceso al sistema de transporte de entrada y salida; además, de brindar servicios, rutas y ofrecer las condiciones mínimas para comodidad, eficiencia y protección contra las inclemencias del tiempo al permanecer en espera.

6.1.6. Movilidad Urbana

La movilidad urbana, entendida como el desplazamiento de las mercancías o de las personas entre distintos puntos de una ciudad, va ligada a la accesibilidad de los individuos a bienes, servicios, actividades y destinos que les permiten obtener ingresos o satisfacer sus necesidades (Lizarraga, 2012). Sin embargo, cuando hablamos de movilidad urbana, nos referimos a la manera en la que los habitantes de una ciudad se transportan de un lugar a otro, pero desde el punto de vista de la realidad de los ciudadanos y la problemática que enfrentan ante su entorno más que el transporte o desplazamiento en sí (Patín Sandoval, 2018).

6.1.7. Accesibilidad

La accesibilidad es la oportunidad que tiene cada individuo para moverse de un lugar a otro y acceder a actividades como el empleo, educación, servicios de salud y demás ocupaciones que desee (Hansz, et al., 2018). La accesibilidad puede verse como la relación funcional entre el conjunto de obstáculos a la búsqueda y obtención de la atención (resistencia) y las capacidades correspondientes de la población para superar tales obstáculos (poder de utilización) (Frenk, 1985); por otro lado, Asprilla López (2014), afirma que la accesibilidad es un elemento clave para la geografía del transporte, y la geografía en general, siendo una expresión directa de la movilidad, ya sea en términos de personas o mercancías. Los sistemas de transporte eficientes y bien desarrollados ofrecen altos niveles de accesibilidad, mientras que los menos desarrollados tienen bajos niveles de accesibilidad. Por consiguiente, la accesibilidad está vinculada con una amplia gama de oportunidades económicas y sociales.

6.1.8. Indicadores de accesibilidad

Son todo el conjunto de variables que permiten medir, identificar y describir el acceso que tienen los individuos para llegar a su destino, desde un origen. Estos indicadores pueden clasificarse

según su uso, como de separación espacial, de oportunidades acumulativas, espacio – temporales y de utilidad (Hansz et al., 2018).

6.1.9. Unidades deportivas

Son un conjunto de construcciones y espacios destinados la práctica deportiva ya sea de alto rendimiento, recreativa y de actividad física, propiciando así la salud física en la región. Estas unidades deportivas pueden tener una o varios deportes específicos dentro de sus instalaciones (Universidad del Valle y Alcaldía de Santiago de Cali, 2017).

6.1.10. Estratificación socioeconómica

La estratificación económica es la clasificación de la población por los bienes inmuebles a partir del recibo de servicios públicos propios de cada uno, evaluado por las características de las viviendas y la ubicación de estas, ya sea rural o urbana (Hansz et al., 2018). Para el caso de Colombia, la estratificación socioeconómica es una clasificación en estratos de los inmuebles residenciales que deben recibir servicios públicos. Se realiza principalmente para cobrar de manera diferencial por estratos los servicios públicos domiciliarios permitiendo asignar subsidios y cobrar contribuciones en esta área (DANE, 2021).

6.1.11. Herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica (SIG) representan la realidad a partir de tres fases de modelación; modelos conceptuales, los cuales abstraen la realidad para así estandarizarla en la caracterización de objetos geográficos lógicos. Modelos lógicos que representan la realidad por medio de entidades, relacionando atributos y cualidades espaciales, principalmente por medio de modelos ráster y modelos vectoriales. El primero es matricial y se divide en celdas, conformando imágenes y el segundo hace referencia a objetos geográficos representados por medio de puntos, líneas y polígonos, ambos modelos con información de posición geográfica. Modelo físico, es la representación física del modelo lógico en formas de almacenamiento y software, que permite

almacenar las diferentes representaciones. A partir de estos, se genera cartografía, y sistemas dinámicos con diferentes fuentes de información (Pucha-Cofrep et al., 2017).

6.1.12. Modelo vectorial

Un modelo vectorial es una estructura que tiene atributos geográficos, conformado por líneas, punto y polígonos, los cuales están unidos por arcos y nodos, poseen un inicio y un fin, y guardan una estructura topológica, es decir reglas de traslape, dirección y cercanía (Gárate et al., 2009). Según Frau et al., (2008), este modelo delinea los contornos de los elementos representados, por medio de vectores o polilíneas.

6.1.13. Modelo Ráster

La estructura Ráster se basa en una matriz, conformada por celdas donde se guarda información de una variable determinada, teniendo en cuenta la ubicación geográfica, en una estructura fija con un numero de columnas y filas determinado (Pucha-Cofrep et al., 2017). Frau et al., (2008), afirma que el modelo ráster divide el espacio en una matriz regular de celdillas o píxeles en donde la representación de los elementos se realiza señalando la existencia o no de ellos dentro de cada píxel.

6.1.14. Topologías geoespaciales

Es un conjunto de reglas que define como deben compartir un espacio geográfico las entidades (línea, punto y polígono), como un gráfico subyacente de primitivas topológicas, ya sean nodos, caras y bordes. Estas reglas se emplean por medio de técnicas de edición como un conjunto de relaciones. La importancia de las topologías radica en que garantizan la calidad de los datos y sus relaciones espaciales (ESRI, 2016).

6.1.15. Geocodificación

La geocodificación es el proceso de transformar una descripción de una ubicación (por ejemplo, un par de coordenadas, una dirección o un nombre de un lugar) en una ubicación de la superficie

de la Tierra. Las ubicaciones que se obtienen se transforman en entidades geográficas con atributos, que se pueden utilizar para la representación cartográfica o el para análisis espacial (ESRI, 2021). Esto hace referencia a la asignación de coordenadas a las direcciones postales o de nomenclatura de las calles, es decir, pasar de direcciones locales a coordenadas espaciales (Pucha-Cofrep et al., 2017).

6.1.16. Centroides

Punto central de los vectores (línea y polígono). Se realiza a través de cálculos geométricos teniendo en cuenta las coordenadas espaciales (Pucha-Cofrep et al., 2017). Para Cabrera Loayza (2016), el centroide es la ubicación del centro geométrico del cuerpo y está ligado básicamente a la forma de dicho cuerpo.

6.1.17. Análisis de datos espaciales

Son un conjunto de herramientas que permiten realizar análisis estadísticos, a partir de datos que tienen influencia en las variables que se vayan a medir (Lopez, 2014), teniendo en cuenta su ubicación, adyacencia, distancia, vecindad, entre otros aspectos, para así analizar, por ejemplo, distribuciones espaciales de entidades puntuales, relaciones entre entidades por medio de redes y relaciones entre polígonos.

6.1.18. Los análisis de distribución espacial

La distribución espacial permite calcular valores que representan las características de distribución de las entidades, lo que permite rastrear cambios de la distribución, ejemplo de estas se consignan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de análisis de distribución espacial

Herramienta	Descripción
Entidad central	Identifica la entidad ubicada más cerca del centro en una clase de entidad de punto, línea o polígono.
Distribución direccional	Crea elipses de desviación estándar para resumir las características espaciales de las entidades geográficas.
Valor medio direccional lineal	Identifica el centro geográfico, la longitud y la dirección media para un grupo de líneas.
Centro medio	Identifica el centro geográfico (o el centro de concentración) de un grupo de entidades.
Centro mediano	Identifica la ubicación que minimiza la distancia euclidiana total a las entidades en una base de datos.
Distancia estándar	Mide el grado en el que se concentran o dispersan las entidades alrededor del centro medio geométrico.

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.19. Interpolación espacial

Hace referencia a puntos o capa ráster que se obtienen a partir del comportamiento de un grupo de puntos. Estas interpolaciones se realizan de diferentes maneras según el método de interpolación un ejemplo de ello es la Distancia Inversa Ponderada (IDW), que se basa en el grado de similitud de las celdas y su distancia inversa ponderada, lo que genera una superficie (Ráster) (Pucha-Cofrep et al., 2017).

6.2.Marco Teórico

En esta sección se presentan conceptos teóricos consultados a lo largo del desarrollo de este trabajo, con el propósito de cumplir los objetivos trazados: Índices de accesibilidad, medidas de accesibilidad, método de interpolación IDW, curvas isócronas, indicadores de equidad territorial y indicadores estadísticos.

6.2.1. Índices de accesibilidad

Se presentan medidas o indicadores de accesibilidad que han sido implementados por diferentes autores:

6.2.1.1.Niveles de accesibilidad. Conforme a García y Escobar (2012), los estudios de accesibilidad que utilizan los niveles de grafos pueden dividirse en estáticos y dinámicos. Los estáticos se describen a través de índices de forma y conexiones, mientras los dinámicos, se encargan de valorar los elementos de conexión de la red con variables reales asociadas con la operación del sistema, como por ejemplo las distancias, velocidades de operación entre nodos, características de superficie de rodadura, costos, flujos que por ellas circulan, etc. Donde, a su vez, independientemente del estudio de accesibilidad (estática o dinámica), existen tres niveles en que se puede categorizar: relativa, integral y global. La accesibilidad relativa está asociada con la calidad de la conexión entre dos puntos situados en un mismo territorio, la accesibilidad integral mide el grado de interconexión de un nodo con los demás de una misma zona; y la accesibilidad global es el promedio de las accesibilidades integrales de todos los nodos de la zona de estudio (es representativa del grado de conexión de toda la red y refleja el efecto sobre ella de cualquier actuación) como se muestra en la Figura 1.

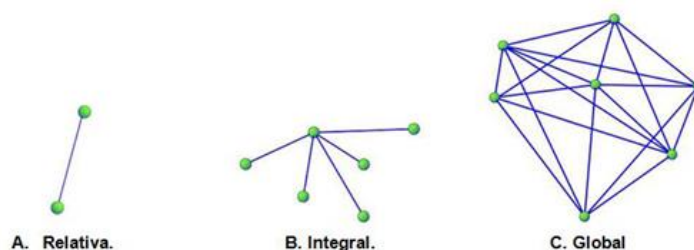


Figura 1: Niveles de accesibilidad

Fuente: (García y Escobar, 2012)

6.2.1.2.Medidas de accesibilidad. Como lo planteó Garrocho y Campo (2006), la estimación de las medidas de accesibilidad de se pueden clasificar en cinco categorías: de separación espacial, de oportunidades acumulativas, de interacción espacial, de utilidad y espacio-temporales.

6.2.1.2.1. Medida de separación espacial. Esta medida de accesibilidad utiliza únicamente la variable de distancia, donde a partir de ello evalúa el promedio de recorridos de todas las zonas de origen a todos los puntos de interés. Una definición general que se ajuste a esta medida de accesibilidad donde agrega un parámetro de fricción (Bhat et al., 2002), expresada en la ecuación (1).

$$A_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{b} \quad (1)$$

Donde:

A_i : Indicador de accesibilidad

d_{ij} : Indicador de costos de transporte

b : Parámetro de la fricción de distancia

6.2.1.2.2. Medida de oportunidades acumulativas. Esta medida tiene en cuenta la distancia y el objetivo de un viaje donde el atractivo de realizar el viaje puede ser en función del número de oportunidades que se encuentran allí con una distancia especificada a partir un origen (Liu y Zhu, 2004). Esta medida de oportunidad acumulativa en termino generales se expresa en la ecuación (2).

$$A_i = \begin{cases} \sum_j M_j, & \text{si } d_y \leq L, \\ 0, & \text{si } d_y > L, \end{cases} \quad (2)$$

Donde:

A_i : Accesibilidad de origen i

M_j : Atractivo en el destino j para un conjunto de oportunidades dado

d_y : Distancia de viaje (tiempo o costo) desde el origen i hasta el destino j

L es un límite de distancia (tiempo o costo) dado

6.2.1.2.3. Medida de interacción espacial. Esta medida incluye la dimensión de la oferta como factor de atracción y los costos el transportes. Esos costos adoptan una medida continua (a diferencia del método de oportunidades acumulativas, que usa un umbral discreto) de tal manera que es sensible a cualquier variación en los costos de transporte (Garrocho Rangel y Campos Alanís, 2006). Expresada de la manera más general en la siguiente ecuación

$$A_i = \sum \frac{O_j}{d_{ij}^b} \quad (3)$$

Donde:

A_i : Accesibilidad de origen i

O_j : Atractividad del servicio

d_{ij}^b : Costo del transporte entre el origen y el destino

b : Fricción de la distancia derivada del comportamiento espacial de los usuarios

6.2.1.2.4. Medidas de utilidad. Según Bhat et al., (2002), este tipo de indicador se basa en la utilidad percibida por una persona para diferentes opciones de destino. Expresada en su forma más general en la siguiente ecuación (4).

$$A_n = E \left[\max_{i \in C} U_{in} \right] = \ln \sum_{i \in C} \exp (V_{in}) \quad (4)$$

Donde:

n : es el individuo, donde esta medida indica el valor esperado máximo de las utilidades del destino espacial general i en el conjunto de opciones C , a lo que conlleva a un modelo de elección discreta.

6.2.1.2.5. Medidas espacio temporales. De acuerdo con Garrocho y Campos (2006), el fundamento de esta medida de accesibilidad es el reconocimiento de que cada individuo tiene periodos limitados para realizar sus actividades, donde si el tiempo del transporte se incrementa, el tiempo para realizar las actividades se reducen. i Pujol (1983), Planteaba tres limitaciones de tiempo como lo son las restricciones por capacidad que son las limitaciones del rendimiento individual del ser humano, las restricciones de acoplamiento donde cada individuo necesita estar en una ubicación y un tiempo específicos, y por ultimo las restricciones de autoridad que inhiben el hacer la actividad.

El indicador espacio - tiempo captura con facilidad las diferencias interpersonales en la accesibilidad de cada individuo a pesar de que vivan en el mismo hogar con el mismo nivel de movilidad del viaje (Kwan, 1998), expresada en la siguiente ecuación

$$A_g = \sum W_i I(i) \text{ Si } I(k) = \{1 \text{ si } k \in FOS \quad (5)$$

Donde:

W_i : Área de ubicación ponderada i , si la suma oportunidades en el conjunto de oportunidades factibles (FOS), si la suma ponderada de oportunidades en $FOS = A_g$, y la longitud de los arcos de red en el área de ruta potencial diaria.

6.2.2. Método de interpolación espacial IDW

Este análisis permite una interpolación por medio de distancias inversas ponderadas IDW linealmente y es dependiente de la ubicación. A mayor distancia de la red o grupo de puntos, disminuye la influencia de la variable que se evalúa. Se expresa con la ecuación (6), (Mitas y Mitsova, 1999). El uso de este algoritmo ha sido empleado en la representación de variables con continuidad espacial, como las isócronas, entre otras.

$$\hat{Z}_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} * z_i \quad (6)$$

Donde:

$\hat{Z}_j$: Valor de un nodo (j)

n : Puntos usados en la interpolación

z_i : Hace referencia al punto i -ésimo (i)

k_{ij} : Hace referencia al peso asociado a la variable (Z_j)

Los valores de i y j varían entre 0 y 1.

6.2.3. Curvas isócronas

Estas se representan por medio de tiempos t desde un de origen i hasta sus destinos j , estas se grafican uniendo los puntos de igual tiempo de viaje formando curvas llamadas isócronas, con lo que se obtiene el tiempo de recorrido sobre la red vial, que finalmente se representa por medio de cartografía (O'Sullivan, et al., 2001).

6.2.4. Equidad

La equidad (también llamada justicia y equidad) se refiere a la distribución de impactos (beneficios y costos) y si esa distribución se considera justa y apropiada. La equidad en el transporte puede clasificarse de tres formas: Equidad horizontal, equidad vertical en cuanto ingresos y clase social y la equidad vertical con respecto a la necesidad y capacidad de movilidad (Litman, 2010).

6.2.4.1. Equidad Horizontal. También llamada equidad e igualitarismo, se refiere a la distribución de los impactos entre individuos y grupos considerados iguales en capacidad y necesidad. De acuerdo con esta definición, los individuos y grupos iguales deben recibir el mismo trato en la distribución de recursos/beneficios y costos. Significa que las políticas públicas deben evitar favorecer a un individuo o grupo sobre otros, y que los consumidores deben

“obtener lo que pagan y pagar por lo que obtienen” de las tasas e impuestos, a menos que los subsidios estén específicamente justificados (Litman, 2010).

6.2.4.2. Equidad vertical en cuanto ingresos y clase social . También llamada justicia social, justicia ambiental e inclusión social) se ocupa de la distribución de impactos entre individuos y grupos que difieren, en este caso, por ingreso o clase social. Según esta definición, las políticas de transporte son equitativas si favorecen a los grupos económica y socialmente desfavorecidos para compensar las desigualdades generales. Las políticas se denominan progresivas si favorecen a los grupos desfavorecidos y regresivas si perjudican a dichos grupos. Esta definición admite el modo asequible mejoras, servicios especiales y descuentos para los colectivos de menores ingresos, y esfuerzos para que los colectivos desfavorecidos no soporten costes externos excesivos (contaminación, riesgo de accidentes, costes financieros, etc.) (Litman, 2010).

6.2.4.3. Equidad vertical con respecto a la necesidad y capacidad de movilidad . Esto se relaciona con la distribución de impactos entre individuos y grupos que difieren en capacidad y necesidad de movilidad y, por lo tanto, el grado en que el sistema de transporte satisface las necesidades de los viajeros con problemas de movilidad. Esta definición se utiliza para respaldar el diseño universal (también llamado diseño accesible e inclusivo), lo que significa que las instalaciones y los servicios de transporte se adaptan a todos los usuarios, incluidos aquellos con necesidades especiales (Litman, 2010).

6.2.4.4. Medidas de equidad. De acuerdo con Ramjerdi (2006), las medidas de equidad a menudo se clasifican como estadísticas, de bienestar o axiomáticas. Las medidas estadísticas examinan la distribución de cualquier variable, como el ingreso en una población dada. Ejemplos

de estas medidas son el rango, la varianza, la medida de variación, la varianza logarítmica, el índice de Gini y el Coeficiente de Theil. Mientras que, las medidas de bienestar se basan en la economía del bienestar e incorporan preocupaciones de equidad en una función de bienestar. Por último, las medidas axiomáticas se obtienen considerando las propiedades que debe tener una medida satisfactoria.

Estas medidas se pueden aplicar a la evaluación de la desigualdad de cualquier vector o distribución de observaciones, incluso a datos no económicos, como la distribución del nivel ambiental de contaminantes o la accesibilidad en un área.

Coeficiente de GINI y curva de Lorenz.

El coeficiente de Gini mide la distribución de rango a lo largo de una línea de equidad de Lorenz lineal, que representa la participación acumulada de la población de un atributo dado (Welch y Mishra, 2013).

La curva de Lorenz se obtiene para plasmar la distribución relativa de una variable, en este caso de la equidad del servicio de transporte en los barrios de la ciudad. Es la curva más famosa de la desigualdad en la literatura donde se explica el comportamiento de una variable X continua, no negativa puede describir la desigualdad (Lorenz, 1905). En la Figura 2, se muestra un gráfico de la línea de equidad perfecta y una curva de Lorenz de muestra. El ángulo de 45 grados es la línea de equidad perfecta, que muestra una distribución equitativa de un atributo acumulativo entre la población. La línea debajo de la línea de equidad es la curva de Lorenz, que representa el nivel de inequidad. El índice de Gini es esencialmente la relación entre el área sombreada oscura (entre las dos líneas) y el área sombreada completa (Welch y Mishra, 2013).

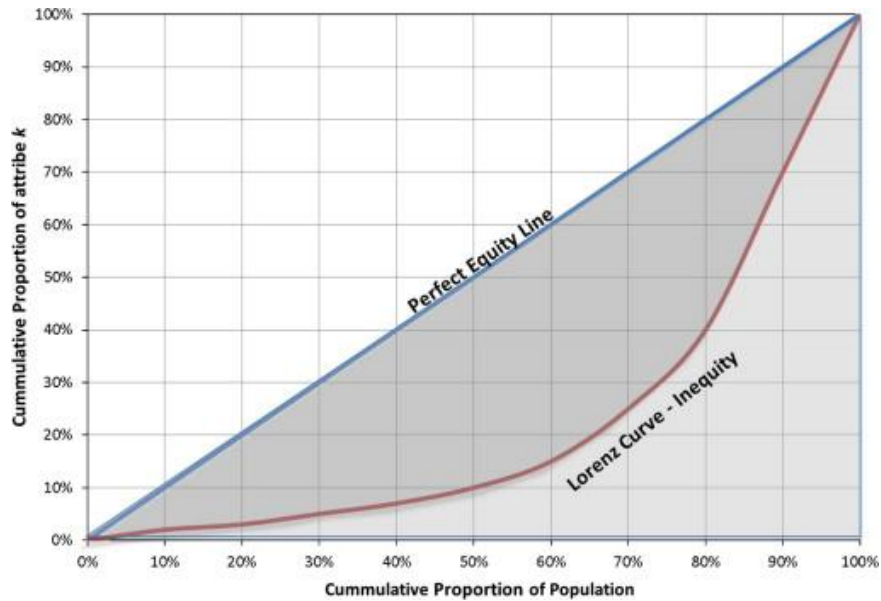


Figura 2: Ejemplo de índice de Gini

Fuente: (Welch y Mishra, 2013)

El coeficiente de Gini se obtiene analizando las proporciones de área de la curva de Lorenz. Con este índice se mide la desigualdad y su valor oscila entre 0 y 1, es decir, 0 hace referencia a una distribución perfecta y 1 hace referencia a una desigualdad absoluta (Ruiz et al., 2016), este se expresa en la ecuación (7) (Rodrigue et al., 2006).

$$G = 1 - \sum_{i=0}^n (\sigma Y_{i-1} + \sigma Y_i) (\sigma X_{i-1} - \sigma X_i) \quad (7)$$

Donde el coeficiente de GINI realiza una sumatoria teniendo en cuenta:

X : Proporción de tráfico

Y : Proporción real de tráfico en cada terminal

σX y σY : Porcentajes acumulativos de X s e Y s en fracciones

n : Número de elementos (observaciones).

6.2.5. Indicadores estadísticos

6.2.5.1. Media Aritmética. Es la variable estadística que mide la distribución agrupada de los datos, siendo una medida de tendencia central, esta se calcula sumando los valores de los datos y dividiéndolos entre el total de datos de la muestra, como se observa en la ecuación (8) (Perez, 2010).

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i F_i \quad (8)$$

Donde:

$\bar{X}$: Media de los datos

X_i : Representa cada dato de la muestra

n , Número de datos de la muestra

F_i : Hace referencia a las frecuencias

6.2.5.2. Cuantiles. Hacen referencia a la distribución en los datos, es una medida de posición que agrupa los valores de acuerdo con la cantidad de estos con un dato similar en 4 partes iguales llamadas cuantiles, teniendo en cuenta un límite L_i , como se ilustra en la ecuación (9) (Perez, 2010).

$$\begin{aligned} Q_r &= L_{i-1} + \frac{\frac{rN}{4} N_{i-1}}{n_i} a_i \\ D_r &= L_{i-1} + \frac{\frac{rN}{10} N_{i-1}}{n_i} a_i \\ C_r &= L_{i-1} + \frac{\frac{rN}{100} N_{i-1}}{n_i} a_i \end{aligned} \quad (9)$$

Donde:

Q_r : Número que divide a la población en Q_r partes, dejando a su izquierda las r cuartas partes.

D_r : Número que divide a la población en D_r partes, dejando a su izquierda las r décimas partes.

C_r : Número que divide a la distribución en C_r partes y deja a su izquierda las r centésimas

6.2.5.3. Valor de Z. Hace referencia al número de desviaciones que arroja una muestra de datos, respecto a la media, por lo que permite la comparación de valores dentro de un conjunto de datos (Perez, 2010), se calcula usando la ecuación (10).

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad (10)$$

Donde:

Z : Puntuación estandarizada

X : Serie o conjunto de datos analizados

$\bar{X}$: Media aritmética

S : Desviación estándar respectivamente.

6.2.5.4. Valor-p. El valor-p es utilizado para comprender la significancia de los datos, es decir estos deben arrojar resultados cercanos al promedio o media, por lo que, si los datos se encuentran alejados de este valor, no tendrían relevancia estadística. Para esto se realizan dos hipótesis, la primera es la hipótesis nula (H_0), aquella que se quiere negar, es decir, la idea de que los datos no tienen significancia estadística, y la hipótesis alternativa (H_1), que es aquella teoría que se quiere probar, es decir, que los datos de la muestra son significativos o cercanos a la realidad, esto ocurre cuando el valor-p es menor a 5%.

El valor-p corrobora el valor de significancia de los datos obtenidos en las mediciones, por lo que determina el grado de variación de la información, según patrones espaciales teniendo en cuenta la reorganización aleatoria de los datos por medio de permutaciones, es el valor que queda después de calcular la región de aceptación de z en una distribución normal (Perez, 2010).

6.2.5.5.Desviación estándar. La desviación estándar hace referencia a que tan cercanos esta una muestra de datos de su media, por lo que si estos son cercanos habrá poca dispersión de los datos, esta se calcula a partir de la raíz cuadrada de la varianza como se indica en la ecuación (11) (Perez, 2010).

$$S = \sqrt{\sum_{1}^n \frac{(X - \bar{X})^2}{N}} \quad (11)$$

Donde:

S : Desviación estándar

X : Serie o conjunto de datos analizados,

$\bar{X}$: Media aritmética

N : Cantidad de datos de la muestra

6.2.5.6.Correlación de Pearson. La correlación de Pearson es una medida de dependencia lineal que se toma a partir de dos medidas aleatorias cuantitativas, es decir, mide la relación entre ambas. basa su análisis en la covariación de X y Y , si esta es directa entonces la correlación es positiva, por lo que los valores tendrán una pendiente positiva, cuando la variación es inversa, la correlación es negativa, al igual que la pendiente de sus valores, por otra parte, cuando la correlación es nula o muy baja los valores se dispersan (Hernández Lalinde et al., 2018), esto se realiza por medio de la ecuación (12).

$$r_{xy} = \frac{(\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y}))}{\sqrt{[(\sum (X - \bar{X})^2)(\sum (Y - \bar{Y})^2)]}} \quad (12)$$

Donde:

X y Y son variables diferentes

$\bar{X}$: Promedio de la variable x

$\bar{Y}$: Promedio de la variable Y

Estos datos se interpretan dependiendo el valor del índice, en un intervalo de [-1 a 1] este intervalo toma valores negativos ya que el signo indica el sentido de la relación:

Si $\gamma=1$, entonces la relación de los datos es directa, es decir que la dependencia entre las variables es total. Hay una correlación perfecta.

Si $0 < \gamma < 1$, entonces la correlación es positiva.

Si $\gamma=0$ entonces no hay relación lineal entre las variables.

Si $-1 < \gamma < 0$, entonces hay una correlación negativa

Si $\gamma = -1$, entonces hay una relación inversa de las variables, es decir, hay una dependencia entre ellas, cuando una aumenta, la otra disminuye.

6.2.5.7.Normalización de máximos y mínimos. Este proceso no resulta en un indicador estadístico, pero es necesario para realizar comparaciones entre indicadores o variables, consiste en estandarizar los datos en un rango de 0 a 1 (Cruz, 2000), esto se realiza por medio de la ecuación (13)

$$X'_i = \frac{X_i - X_i^{min}}{X_i^{max} - X_i^{min}} \quad (13)$$

Donde:

X'_i : Valor estandarizado de la accesibilidad para cada barrio

X_i : Valor calculado para cada barrio i

X_i^{min} y X_i^{max} : Corresponden al valor mínimo y máximo del conjunto de datos respectivamente.

6.3.Marco Referencial

Es importante en el devenir del concepto de accesibilidad, comprender los procesos que han atravesado las ciudades de acuerdo a la planeación a partir de los cambios de expansión urbana y el papel de los sistemas de transporte, los cuales permiten el acceso de la población a diferentes

equipamientos, como en el caso concreto de la presente investigación, para la cual se realizó una búsqueda bibliográfica descrita a continuación, que permite comprender el desarrollo de las investigaciones enfocadas en la estimación de la accesibilidad y equidad del transporte público.

En primer lugar, se menciona la investigación desarrollada conjuntamente por reconocidos investigadores pertenecientes al Departamento de Ciencias Sociales y Políticas de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Católica del Uruguay (ucudal), como contribución al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para el acercamiento de la temática a los planificadores urbanos y de las políticas de transporte público, en esta investigación se menciona como se mide y se definen niveles para la accesibilidad, de acuerdo a diferentes indicadores como las medidas de separación espacial y medidas de gravedad. Una vez se define como calcular la accesibilidad, se procede a construir el indicador de la medida, el cual se construye a partir del tipo de actividad, la población objetivo, modo de transporte y umbrales temporales, en este caso, se analiza la accesibilidad a las fuentes de empleo. La metodología se aborda con indicadores de accesibilidad potencial a las oportunidades de empleo con umbrales de 60 minutos, tomando como fuente de información encuestas realizadas en el transporte público, a partir de esto, se realiza un análisis de la zona por cantidad y modo de transporte, por medio del software Open Planner Analyst (OTPA), con lo que se obtuvo que la zona sur y centro tienen un nivel alto de accesibilidad, mientras el resto de la ciudad niveles más bajos (Hansz et al., 2018).

Otro enfoque en este tema lo presenta una investigación de la accesibilidad a parques infantiles en Barcelona, la cual es calculada con una medida potencial espacial, teniendo en cuenta la distancia mínima y el acceso de la población teniendo en cuenta la correlación espacial. Primero, se calculó la distancia mínima de la red entre los centroides de las secciones censales y los patios de recreo para cada sección censal en el área de estudio con diferentes umbrales de distancia, con esto, se realiza una matriz continua de autocorrelación y un modelo econométrico para analizar la

presencia de inequidades en la accesibilidad; los resultados de las distribuciones se muestran a través de técnicas de mapeo basadas en tabulación cruzada. A partir de este análisis, se evidencio que el ingreso familiar explica el potencial espacial; la accesibilidad es directamente proporcional al ingreso, si se tiene bajos recursos es posible una menor accesibilidad (Martori et al., 2020).

En un estudio realizado en Maryland, Estados Unidos, se reconoce la importancia de medir la accesibilidad para mostrar el efecto de la equidad en el transporte público y las políticas de planeación, con un enfoque en daños por inundación de la red de carreteras; de este modo se construye un indicador de accesibilidad en los condados individuales antes y después de la inundación para analizar los cambios a partir de la distancia y el volumen de tráfico, evaluando los enlaces de la red individualmente. Este indicador se estandariza como una relación de la distancia total de la red de ruta más corta. Por otra parte, el volumen de tráfico se tiene en cuenta para la calibración de las medidas. La accesibilidad se obtuvo para cada segmento de enlace, en este caso 362, dado el número de los condados, con esto, se realizaron mapas de distribución del cambio de la accesibilidad antes y después de la inundación (Sohn, 2006).

Un caso relevante es expuesto por los investigadores, refiriéndose a la evaluación de la equidad del servicio de transporte Público en Palma de Mallorca, se enfatiza en que la equidad es importante para el conocimiento del transporte público y de las características sociales de la zona, por ende, la metodología se basa en el análisis territorial comparado con las necesidades de la población. En primer lugar, se realizó una georreferenciación de las paradas de buses en los barrios y se cuantifico el número de pasajeros, teniendo en cuenta el número de autobuses por parada. con esto, se evalúa el nivel de servicio de parada por barrio y se estima la demanda potencial, posteriormente se calcula el coeficiente de GINI. Es importante destacar que se tuvo en cuenta la densidad poblacional de los habitantes y visitantes de la ciudad (con 9 millones de turistas al año) y la morfología de la red vial (radial en torno al centro). La zona occidental es la

que menor accesibilidad y equidad tiene, en general hay falta de accesibilidad entre barrios y hay transbordos ineficientes. Se estableció que se debe diseñar rutas y paradas más eficientes teniendo en cuenta la frecuencia de los buses, en síntesis, debe haber una mejor planeación del transporte público, el cual es utilizado en su mayoría por mujeres, estudiantes, turistas y población dependiente (Ruiz et al., 2016).

En Cataluña se realizó un estudio por parte del Departamento Geográfico y el Centro de Investigación Ecología y Aplicaciones Forestales (CREAF), para medir la accesibilidad a centros sanitarios. Se utilizó una metodología para el cálculo el desplazamiento entre núcleos poblacionales y las velocidades de recorrido, rutas optimas y correlación de categorías. Por medio de herramientas SIG se realizó un mapeo de curvas isócronas interpolando por el inverso de la distancia a cada núcleo y cruce, esto se llevó a cabo a partir de información de centros poblacionales, de centros sanitarios y censos (Mitas y Mitsova, 1999).

Por otra parte en el Valle del Cauca, Colombia, se realizó un estudio de accesibilidad a centros de servicios de salud de urgencias mediante una metodología la cual tuvo en cuenta: la red de carreteras del Valle del Cauca, las ubicaciones de los centros de urgencias geocodificadas a partir de la nomenclatura o dirección vial de cada una, los centroides de población para establecer concentraciones y facilitar los cálculos realizados y un análisis de redes, con base en esto, se calcularon los índices de accesibilidad de densidad, factor de ruta, índice de trazado de velocidad, e índice de Hansen, estas mediciones se especializaron por medio de herramientas SIG (Goyes Chaves y Díaz Montenegro, 2015).

Se realizó un estudio para la zona del eje cafetero y el norte del valle del cauca, en el cual se analizó la accesibilidad a los aeropuertos, teniendo en cuenta variables socioeconómicas a escala municipal. Esto se llevó a cabo por medio de medidas topológicas y agregadas con indicadores de factor de ruta, Hansen y factor de tiempo, los cuales a su vez tienen en cuenta variables de tráfico,

infraestructura vial y operación de pasajeros. Además de esto, se calculó la varianza de los indicadores para establecer un escenario futuro. Como resultados se obtuvo que no existen cambios significativos en la ventana de tiempo de la investigación, pero se evidencia que el aeropuerto Matecaña cuenta con mayor demanda, por otra parte, se establecieron valores altos en los niveles de relación espacial entre los indicadores por medio del indicador LISA y el índice NBI (Zarama, 2020).

En la ciudad de Cali, se realizó un análisis de accesibilidad a centros educativos públicos, haciendo el uso del transporte público (BRT) de la ciudad, para tener en cuenta la cobertura a diferentes grupos poblacionales. La accesibilidad se calculó por medio del índice de Hansen, y posteriormente se calculó el coeficiente de Gini. Este índice permite conocer el comportamiento favorable o desfavorable del servicio de transporte público, a partir de la interacción de diferentes variables en una zona. Los accesos al sistema de transporte se analizan en relación con el estrato de la población, y por medio de los indicadores de calidad se determina la accesibilidad y se planifica de una mejor manera el servicio desde un lugar origen a un punto de llegada, para evitar zonas con cobertura limitada (Jurado & Tovar, 2016).

Otro caso de investigación en la ciudad de Santiago de Cali se llevó a cabo por medio de un análisis de los niveles de accesibilidad y cobertura de la red de salud pública, a través de un índice de accesibilidad global a la red de salud y un índice de gravedad Hansen 1959, lo que permite medir la accesibilidad desde los diferentes barrios de la ciudad a los servicios de salud. La accesibilidad total de cada barrio correspondió a la sumatoria de los valores de accesibilidad que representan cada punto, que posteriormente son normalizados a través de dos métodos: el primer método es el Z-SCORE, que permite realizar comparaciones con los valores de acceso al transporte y obtener una métrica global de acceso a los servicios de salud. El segundo método es la normalización máximos y mínimos, los valores obtenidos a partir de este método de

normalización son empleados para estimar que tan equitativo es el acceso a los servicios de salud en la ciudad, a través del índice de Gini. Con la metodología planteada por el autor (Asprilla López, 2014), se obtuvo como resultados: el 64.5% de la población del Sisbén cuenta con valores de accesibilidad superior a la media de la ciudad, los barrios ubicados al extremo sur y al norte de la ciudad presentan más baja accesibilidad, los estratos socioeconómicos con baja accesibilidad a la red de salud pública son 1 y 6, y los residentes de los estratos 2 y 3 tienen mejor accesibilidad a los servicios de salud. También se evaluó la accesibilidad al sistema transporte MIO, donde se demostró que los estratos 1,2 y 3 presenta mayor deficiencia de acceso al sistema localizados en la mayoría en la zona del occidente y oriente de Cali.

Así mismo, en la ciudad de Santiago de Cali, se realizó un estudio teniendo en cuenta la dinámica inmobiliaria y la oferta del transporte, para lo que se usaron cuatro indicadores de accesibilidad; los índices de provisión de transporte publico absoluto y relativo, el indicador de Hansen 1959 y el Hansen modificado por Joseph y Bantock en el año 1982, los cuales se explicaron a partir de cartografía y herramientas SIG. Para este análisis se tuvo en cuenta variables como: el valor del suelo por barrio, la infraestructura del SIT-MIO y características del servicio de transporte, con esto se estableció que los indicadores de separación espacial varían de acuerdo a la oferta y modos presentes del SIT-MIO, teniendo en cuenta una distancia origen destino y a la atracción o motivo de viaje. Pese a esto, se estableció la correlación entre el valor del suelo y los indicadores de accesibilidad, lo que por medio de la correlación de Pearson denoto valores entre el 2% y el 9% con significancia mayor al 5%, de igual manera, por medio del índice de moran se mostró que no hay una correlación fuerte entre estas variables (Zapata, 2021)

Dada la relación entre exclusión social y la provisión de transporte y teniendo en cuenta que el transporte contribuye a suplir las necesidades sociales de la población, en la ciudad de Cali, se realizó un estudio de esta disparidad espacial a partir de la accesibilidad de las comunas de la

ciudad a diferentes destinos mediante el transporte público SIT-MIO. Para esto se tuvo en cuenta dos tipos de indicadores; el índice de necesidades sociales del transporte ITSN por sus siglas en inglés, absoluto y relativo, el cual se calcula como la suma ponderada de diferentes factores dentro de una comuna en este caso; ingresos bajos, distancia al centro de la ciudad, nivel de criminalidad, nivel socioeconómico, servicios de salud, educación, actividades de recreación, por lo que se estableció dos grupos de factores, el factor personal de desventajas en el transporte, y el factor de desventaja del transporte específico, teniendo en cuenta lo anterior, para elegir las variables se realizó una matriz de correlación, y se dedujo que la mayor desventaja absoluta es explicada por características socioeconómicas individuales, por otra parte, el índice relativo muestra que las necesidades relativas de equidad vertical dependen de las condiciones de vida en las comunas. El otro indicador es el índice de provisión de transporte público IPTP absoluto y relativo, el cual es un índice de accesibilidad topológica basada en infraestructura. Con base en lo anterior, el índice de disparidad se resume en una resta entre la necesidad social y la provisión de transporte. Como resultado se obtuvo que la mayor necesidad social se encuentra en las periferias de la ciudad y que la oferta de transporte se encuentra cargada al centro de la ciudad dada su actividad económica y comercial, por lo que las comunas con mayor disparidad son aquellas que se encuentran aisladas o alejadas del centro, que a su vez presentan mayores índices de homicidios, analfabetismo, delincuencia, entre otros aspectos sociales que perjudican estas zonas (Jaramillo et al., 2012).

7. Metodología

A continuación, se presenta la metodología propuesta que se llevó a cabo para determinar las medidas de accesibilidad. Las fases metodológicas se muestran a partir de la Figura 3.

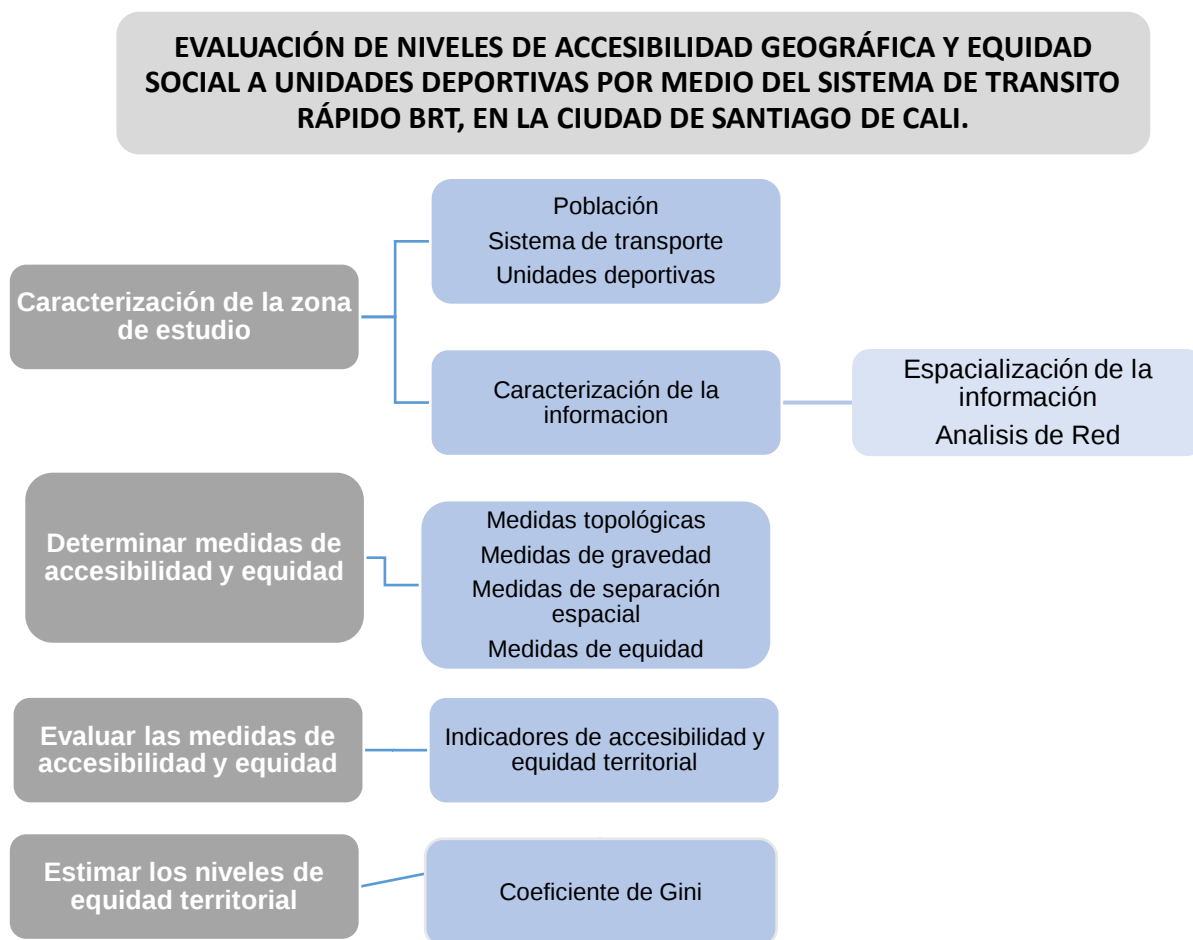


Figura 3. Fases metodológicas

Fuente: Elaboración propia.

7.1. Caracterización de la zona de estudio:

Para caracterizar la zona de estudio se recopiló información de diferentes tipos, las cuales se encuentran disponibles en diferentes plataformas, como la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC), METROCALI S.A., Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y

Vías (GITTV) de la Universidad del Valle y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La distribución de esta información se ilustra en la Tabla 2.

Tabla 2: Características de la zona de estudio

Datos	Fuente
• Población • Características socioeconómicas	DANE 2018
• Red de infraestructura del SITMIO • Eje vial de la ciudad	POT 2014 - IDESC
• Vehículos • Frecuencia de las rutas • Buses articulados • Buses petroncales • Buses Alimentadores • Red de rutas • Puntos de parada • Tiempos • Velocidades de ruta	METROCALI 2019

Fuente: Elaboración propia.

7.1.1. Barrios y Población:

La ciudad de Santiago de Cali es la capital del departamento del Valle del Cauca, ubicada al suroccidente colombiano, la cual cuenta con una población de 2,470,852 de acuerdo con el censo realizado en el año 2018, por parte del departamento administrativo nacional de estadística DANE. Esta ciudad se localiza a una altura promedio sobre el nivel del mar de 1070 m.s.n.m, con

una temperatura promedio de 25.5°C, con precipitaciones anuales acumuladas de 679.8 mm, y con una humedad relativa media anual de 66.6%.

En cuanto a su área se caracteriza por tener una extensión municipal de 561.7 km² y una expansión urbana o suelo de expansión de 16.3 km². Por otra parte, la división del territorio en la ciudad de Santiago de Cali está dada por comunas en la zona urbana y corregimientos en la zona rural, que a su vez se dividen respectivamente en barrios y veredas. Se establecieron 22 comunas y 249 barrios, a partir del Acuerdo 134 de agosto 10 del 2004, así mismo, mediante el Acuerdo 373, de diciembre de 2014, se delimitó y se clasificó el suelo en urbano, de expansión urbana, y rural (suburbano y de protección) (Cali en Cifras, 2017).

7.1.2. Sistema de transporte

El sistema de Transporte Masivo Integrado de Occidente (MIO) de la ciudad de Santiago de Cali, se basa en un esquema de Bus de Transito Rápido (BRT). Surge como la necesidad de integrar la flota de transporte colectivo de la ciudad, para ello, se articula con otros medios de transporte a nivel administrativo, para ofrecer así a la ciudad una movilidad sostenible, reduciendo las emisiones de gases y promoviendo el transporte colectivo. Para hacer viable este proyecto, se tuvo en cuenta la red de infraestructura necesaria para la adecuación del sistema como se evidencia en la Figura 5, cuya construcción estuvo a cargo de Metro Cali S.A en el año 2013; se proyectó la construcción de 49 kilómetros de corredor troncal con carril exclusivo y 248 kilómetros de corredor petroncal sin separación física, además de puntos de parada los cuales llegan a 1616, para los cuales hay 55 estaciones de parada dentro del corredor troncal, con 5 terminales principales y 4 intermedias.

Este sistema de transporte cuenta con diferentes tipos de buses: articulados, que transitan por el carril solo bus y tiene una capacidad de 160 pasajeros, buses padrones que cuentan con una

plataforma alta y una a nivel, por lo que presta un servicio mixto, con una capacidad de 80 pasajeros, y buses complementarios los cuales circulan en espacio público con una plataforma a nivel y con una capacidad de 48 pasajeros.

➤ **Terminales del SITM MIO**

Las terminales son estaciones con una gran infraestructura, las cuales permiten la integración al sistema de los usuarios, que posteriormente se distribuyen en rutas al interior de la ciudad. Las terminales de cabecera se ubican a los extremos de la ciudad, que permiten hacer transbordos entre rutas troncales y complementarias, en las cuales existen rutas que van hacia sectores suburbanos, por otra parte, las terminales intermedias se ubican a lo largo de la ciudad, en sitios cercanos a vías importantes de gran demanda, lo cual, a su vez, permite realizar transbordos entre servicios de buses de corredores troncales, expresos, troncales y complementarias.

➤ **Estaciones de parada**

Estas se ubican en los lugares de detención de los vehículos del SITM MIO, en los separadores centrales de los corredores troncales, con una plataforma de altura de 90 cm para los embarques a los buses, circulan rutas troncales, troncales y expresas, estas estaciones tienen una separación mínima de 500 metros una de otra.

➤ **Puntos de parada**

Los puntos se ubican en el espacio público para el abordaje y descenso de pasajeros, estas áreas consisten en un espacio de andén de 20 cm a la altura de la vía, con mobiliario urbano, señales informativas, bancas de concreto, bolardos, entre otros, los cuales contribuyen a la espera del servicio y una señalización sobre la vía de 20 metros para que el bus complementario haga la parada.

El sistema MIO divide la ciudad en 8 zonas: Centro, Universidades, Menga, Paso del Comercio, Andrés Sanín, Nuevo Latir, Cañaveralejo y Calipso, como se muestra en la Figura 4.

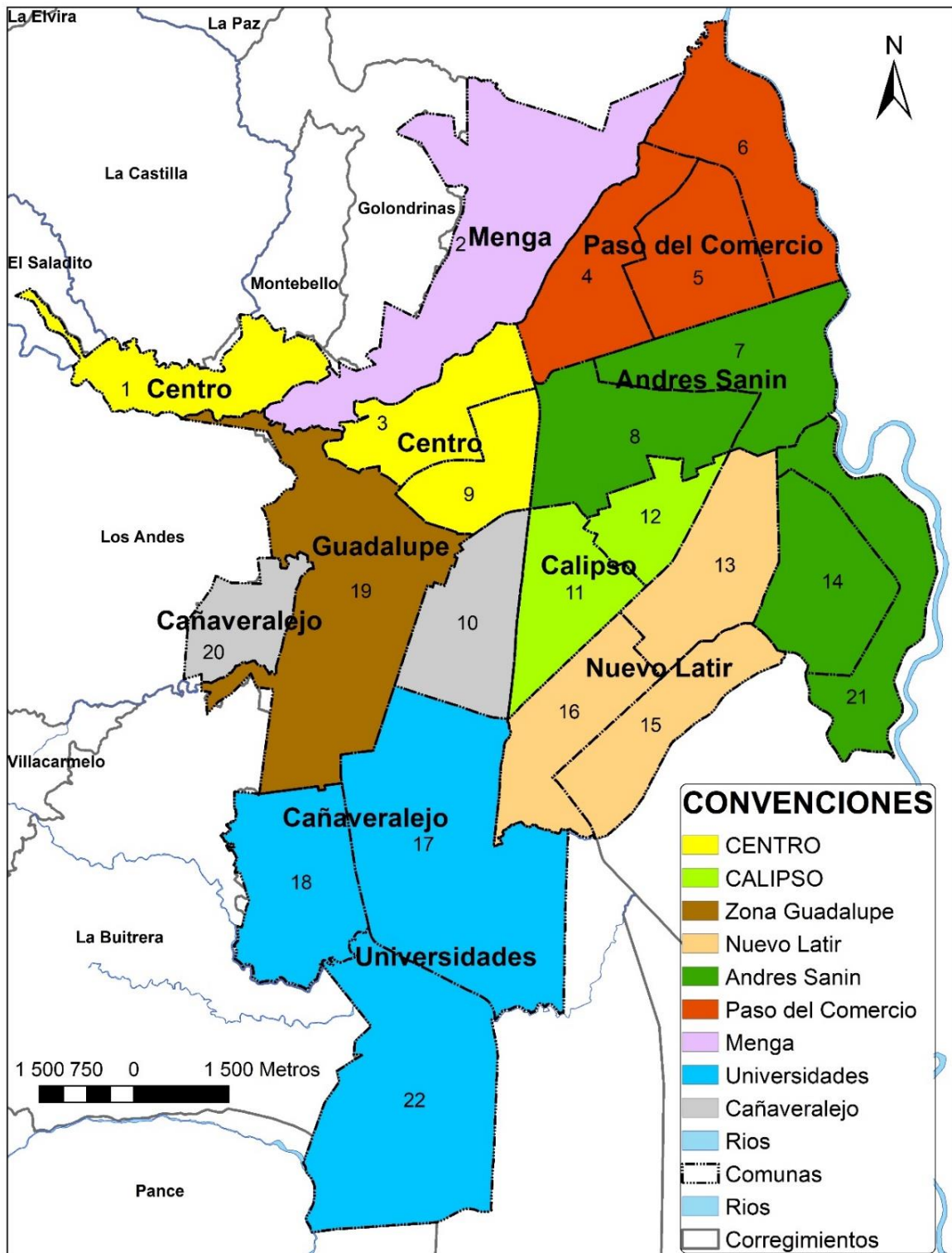


Figura 4: Zonificación espacial de las estaciones en la ciudad de Santiago de Cali, Según el SITM-MIO

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4 se puede observar la distribución del SITM-MIO, de acuerdo a la zonificación espacial de las comunas en la ciudad.

➤ Rutas del MIO

Las rutas son realizadas por 776 vehículos en 96 rutas que recorren 1500 kilómetros de la red vial de Cali, estas rutas se dividen en 7 rutas expresas, 6 troncales, 26 petroncales y 57 alimentadoras como se muestran en la Tabla 3, las cuales transitan por la infraestructura vial dedicada para cada una de estas, como se observa en la Figura 5.

Tabla 3. Distribución de rutas del MIO

Distribución de rutas del SITM-MIO	
Expresas	E21, E27, E27B, E31, E37, E41 y E52
Troncales	T31, T40, T42, T47B, T50, T57A y P21A
Petroncales	P10A, P10B, P10D, P12A, P14A, P17, P30A, P21B, P24A, P24B, P24C, P27C, P27D, P52A, P40A, P40B, P47A, P47B, P47C, P51, P52A, P52D, P71, P72. P80A y P82
Complementarias	A01A, A32, A02, A33, A03, A34, A04, A35A, A05, A35B, A06, A36, A11, A37A, A12A, A37B, A12B, A41A, A12C, A41B, A12D, A42A, A13A, A42B, A13B, A44A, A13C, A44B, A14A, A45B, A14B, A47, A17A, A52, A17B, A53, A17C, A55, A18, A56, A19A, A57, A19B, A70, A21, A71, A22, A72A, A23, A72B, A24, A73, A75, A76, A77, A78A y A85

Fuente: Sistema Masivo de Occidente MIO

Las características de tránsito y disponibilidad de las rutas del SIT-MIO, dependen del horario y de la jerarquía vial, así como de la tipología de la ruta y el servicio que preste. En la Tabla 4 se muestran estas características en horas pico, es decir entre 6 y 7 de la mañana y en la Tabla 5 se observan las características por tipología del sistema de transporte.

Tabla 4. Características de tránsito por servicio del SIT-MIO

Servicio	Longitud Promedio [km]	Velocidad Promedio [km/h]	Intervalo Mínimo Promedio [min]	Frecuencia Promedio [veh/h]	Flota [veh]
Expresa	26,69	19,53	5,19	12,03	119
Troncal	22,75	16,90	4,53	13,81	110
Pretroncal	26,82	16,02	9,15	6,98	306
Alimentador	8,90	17,29	9,39	8,03	241

Fuente: Sistema Masivo de Occidente MIO

Tabla 5. Características de tránsito por tipología del SITM-MIO

Tipología	Longitud Promedio [km]	Velocidad Promedio [km/H]	Intervalo Mínimo Promedio [min]	Frecuencia Promedio [veh/h]	Flota [veh]
Articulado	25,90	18,23	4,53	13,85	176
Padrón	20,25	16,48	7,92	8,32	456
Complementario	9,08	7,48	10,69	6,93	144

Fuente: Sistema Masivo de Occidente MIO

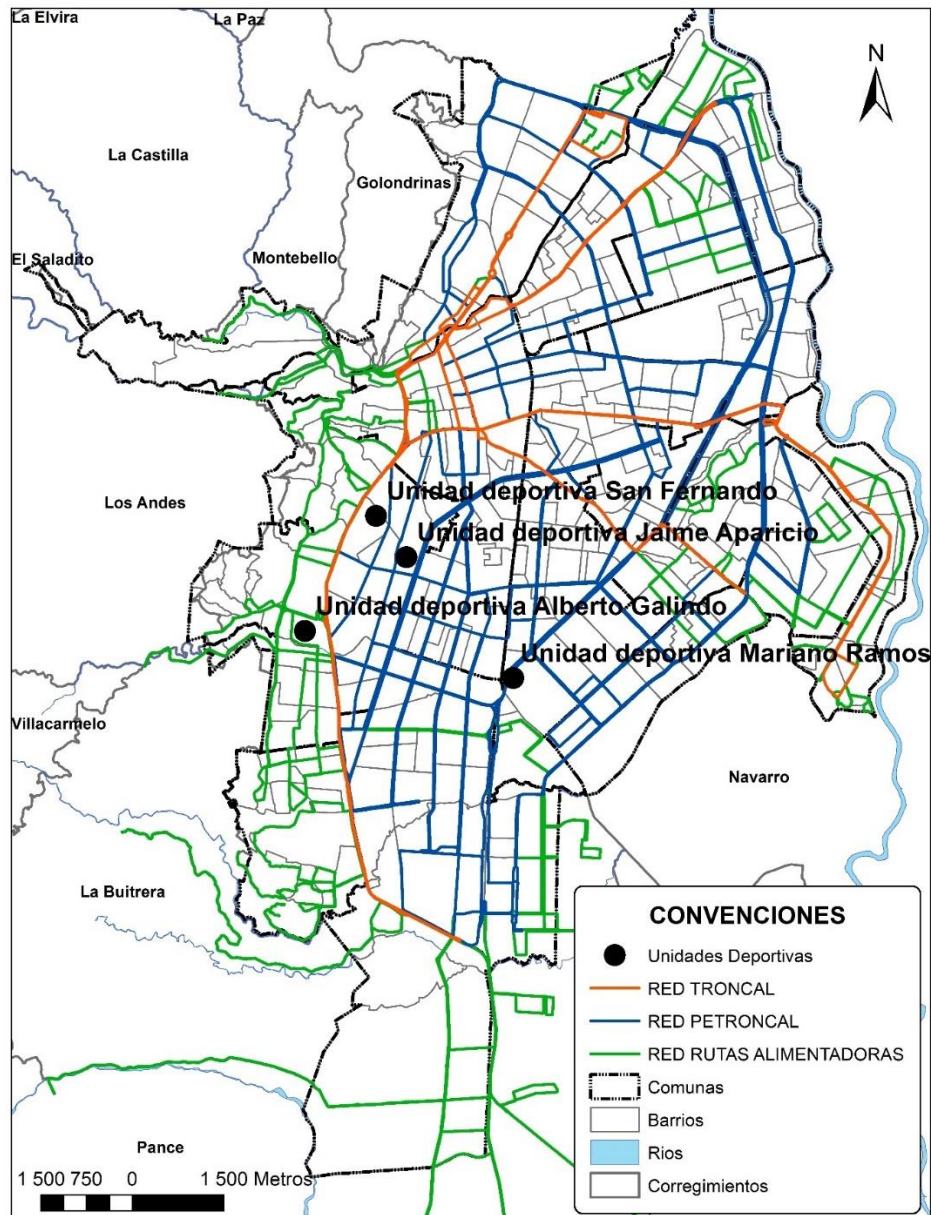


Figura 5: Red del SITM-MÍO

Fuente: Elaboración Propia

7.1.3. Unidades Deportivas

En la ciudad de Santiago de Cali, hay 4 unidades deportivas las cuales son: Unidad Deportiva Jaime Aparicio, Unidad Deportiva San Fernando, Unidad Deportiva Alberto Galindo y la Unidad Deportiva Mariano Ramos (Alcaldía de Cali, 2019).

➤ **Unidad Deportiva Panamericana Jaime Aparicio**

Esta unidad deportiva se encuentra localizada entre la calle 9 y Autopista Suroriental y las carreras 31 y 39, cuenta con un área de 192924.07 m². En esta unidad deportiva se ofrecen 27 disciplinas divididas en deportes y actividades como: Skate, BMX, Freestyle, escalada, danza aérea, tejo, fútbol, voleibol, voleibol sentado, natación de carreras, natación artística, polo acuático, clavados, atletismo, levantamiento de pesas, para powerlifting, baloncesto, vóley playa, tenis de campo, ajedrez, ajedrez Paralímpico, beisbol, softbol, patinaje, patinaje artístico, hockey sobre patines y karate.

Esta unidad deportiva consta de escenarios como: Piscinas Hernando Botero O'byrne, el estadio de atletismo Pedro Grajales, canchas de tenis, coliseo de hockey en línea Miguel Calero, el Diamante de Béisbol, el escenario de ajedrez, la arena mundialista: futbol playa y canchas de baloncesto (Alcaldía de Santiago de Cali, 2017, 2021)

La ruta P27D del MIO es la ruta que pasa más cercana a la unidad deportiva, otras rutas pueden ser P10A, P47A, P27C y las paradas más cercanas son:

- ✓ Cl 9 Entre Kr 39 Y 38 está a 190 m de distancia, 4 minutos caminando.
- ✓ Kr 39 Entre Cl 9a Y 9 está a 377 m de distancia, 6 minutos caminando.
- ✓ Cl 10 Entre Kr 39 Y 41 está a 688 m de distancia, 10 minutos caminando.
- ✓ Estación Mio Cable - Terminal Cañaveralajejo está a 2199 m de distancia, 30 minutos caminando

➤ **Unidad Deportiva San Fernando**

Esta unidad deportiva se encuentra localizada entre las carreras 34 y 36 con calle 5B, y tiene un área de 52268.50 m². Es un complejo deportivo donde se pueden practicar 17 disciplinas, en escenarios abiertos y cerrados, el principal de estos es el estadio Olímpico Pascual Guerrero, donde se practica futbol y es casa de los equipos de la liga profesional del futbol colombiano;

Deportivo Cali y América de Cali, otro escenario es el coliseo Evangelista Mora, donde se practica tenis de mesa, baloncesto, voleibol y futbol sala, sin dejar a un lado que se usa para la difusión de actividades musicales y culturales.

En general se ofrecen deportes y actividades como: Baile deportivo, rugby acuático, hockey acuático, buceo, apnea, natación con aletas, baloncesto, fútbol, fútbol sala, fútbol de salón, hockey, balonmano, natación, hapkido, triatlón, futbol sonoro y baloncesto en silla de ruedas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2017, 2021).

Las rutas del SIT-MIO que circulan cerca son:

- ✓ Rutas expresas E21-E27-E27B-E37
- ✓ Rutas Troncales T31-T47B-T57A
- ✓ Rutas Alimentadoras A70-A76

➤ **Unidad Deportiva Alberto Galindo**

Esta unidad deportiva se encuentra ubicada entre las carreras 52 y 55 con calle 5 y tiene un área de 183151.79 m². Posee 6 escenarios en los cuales se pueden practicar 28 disciplinas deportivas, el más antiguo de estos es el coliseo del pueblo, con una capacidad para 17.000 personas espectadoras, en el cual, se practican 19 disciplinas como el judo, la lucha Olímpica, futbol sala, baloncesto, boxeo y esgrima, entre otros. Por otra parte, se encuentra en esta unidad deportiva el velódromo Alcides Nieto Patiño, el cual ha sido parada mundial en ocho oportunidades y es considerada una de las pistas más veloces del mundo. En este espacio se encuentra además el Patinódromo mundialista con una capacidad para 6500 espectadores, otro complemento de esto es la pista de Bicicross con una gradería para 500 aficionados, unido a esto, está el coliseo de Bolo y Billar, la pista de Skate Park, Parkour, la cancha de baloncesto, chaza y canchas de futbol (Alcaldía de Santiago de Cali, 2017, 2021).

Un aspecto para resaltar es que en este complejo se celebran múltiples actividades culturales, una de ellas es el Petronio Álvarez, donde se ofrecen muestras gastronómicas, actividades musicales, artesanales y educativas del pacifico colombiano.

Posee un fácil acceso ya que se encuentra cerca de una estación del SIT-MIO, en la cual hacen parada diversas rutas de transporte luego de esto se encuentra a 5 minutos caminando o se puede hacer uso de la ruta complementaria A72 o A76.

- ✓ Desde el Norte y Sur Rutas: E21, E27, E27B, E31, E37, P17, P71 y T31.
- ✓ Desde el Oriente Rutas: P47A, P47B, T47B, E41 y T57A hasta la estación unidad deportiva.
- ✓ Desde el occidente Rutas: A71, A72, A72B, A73, A75, A76 hasta la Terminal Cañaveralejo.

➤ **Unidad Deportiva Mariano Ramos**

Esta unidad deportiva se encuentra ubicada en la calle 36 con carrera 48 y cuenta con un área de 20789.77 m². Este complejo deportivo se centra en deportes de combate, en un sector del oriente de la ciudad de fácil acceso y donde hay un gran potencial de deportistas, este consta del coliseo principal Mariano Ramos en el lado sur y seis alternos en el lado norte, en general se ofertan 10 deportes como: Lucha, Boxeo, Wushu, Jiu-jitsu, Judo, Fútbol sala, Fútbol Sala Paralímpico, levantamiento de pesas, Fútbol y patinaje (Alcaldía de Santiago de Cali, 2017, 2021).

Las rutas que transitan cerca de esta unidad deportiva son P10D desde el occidente, P47C desde el sur, P21A y P52D desde el norte, con paradas cercanas:

- ✓ Cl 25 Entre Cl 41 Y 40b 8 minutos caminando
- ✓ Kr 56 Entre Cl 18a Y 18 12 minutos caminando
- ✓ Cl 16 Entre Kr 49a Y 49 13 minutos caminado

A continuación, se presenta una tabla resumen del área y el número de servicios ofertados en cada Unidad Deportiva.

Tabla 6: Área y servicios para cada unidad deportiva

Nombre de la Unidad Deportiva	Área (m²)	Número de Servicios
Alberto Galindo	183151.79	28
Jaime Aparicio	192924.07	27
Mariano Ramos	20789.77	10
San Fernando	52268.50	17

Fuente: (Alcaldía de Santiago de Cali, 2018)

7.1.4. Red vial

Según Ferney Camacho secretario de Infraestructura Vial y Valorización (Concejo de Cali, 2019), en las vías locales de Cali se encuentran en el siguiente estado: En vías locales 419 kilómetros están en buen estado, 938 kilómetros en regular estado y en mal estado 439 kilómetros, para un total de 1796 kilómetros de malla vial.

7.2. Caracterización espacial de las unidades deportivas y la red de transporte del sistema BRT en el Municipio de Santiago de Cali

Para llevar a cabo el análisis de accesibilidad de los 337 barrios hacia las unidades deportivas y estimar los niveles de equidad territorial, fue necesario geoespacializar las unidades deportivas, mediante el proceso de geocodificación y georreferenciación con la información pública de la Alcaldía de Cali. Posteriormente se definieron los centroides correspondiente a las unidades deportivas y a los barrios que conforman la ciudad, para lo cual se generó una capa o vector tipo punto con sus respectivos atributos. Este proceso se realizó utilizando el Software ArcGIS 10.6,

mediante una herramienta de geoprocusamiento, que permite generar el centroide o centro de masa de la entidad polígono.

Con la información numérica referente a la población para cada barrio obtenida del censo nacional de población y vivienda 2018 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), se llevó esta información al respectivo Shapefile de los barrios y así generar un nuevo atributo de población.

Por otra parte, se tuvo en cuenta la red vial del SITM-MÍO que fue suministrada por METROCALI S.A. que es la entidad que se encargó de la construcción y operación del sistema MIO, para este estudio no se consideró el sistema del MIO Cable. Para caracterizar las unidades deportivas se consultó la información pública de la IDESC, que se encuentra en formato Shapefile, con información como nombre, dirección, área y número de servicios ofertados.

7.3.Determinación de medidas de accesibilidad y equidad espacial

En la búsqueda bibliográfica realizada se consultaron diferentes autores, lo que permitió incluir diversidad de indicadores de accesibilidad pertenecientes a diferentes grupos de medidas, esto permite analizar los diferentes niveles de accesibilidad que se presentan desde los barrios de la ciudad a las unidades deportivas, en este caso haciendo uso del sistema de transporte SITM-MÍO, y la determinación de los niveles de equidad territorial; por lo cual, fue necesario realizar preliminarmente cálculos y procedimientos que se describen a continuación:

7.3.1. Medidas de Accesibilidad

Para esto se seleccionaron diferentes grupos de medidas de accesibilidad, como medidas topológicas, en donde se incluyó el Factor de ruta integral, el cual tiene en cuenta la calidad de la red de transporte y la infraestructura, así mismo, medidas de gravedad como Hansen con

variables atractoras como el número de servicio y el área para cada equipamiento, que permiten una interacción espacial teniendo en cuenta la atracción a ciertos lugares y la disponibilidad de las áreas. Otra medida de accesibilidad utilizada fue la medida basada en oportunidades son las curvas isócronas que denotan los tiempos de viaje y explica el servicio de accesibilidad respecto a esta variable. Con base en lo anterior, en la Tabla 7, se describen las variables utilizadas para este estudio, teniendo en cuenta los indicadores establecidos.

Tabla 7. Variables Utilizadas

Variable	Descripción
Atractividad	Describe la necesidad del desplazamiento de acuerdo con las actividades que se quieran realizar, en este caso el desplazamiento de los barrios, hacia las unidades deportivas.
Población	Describe la cantidad de habitantes por cada barrio de la ciudad.
Área de Barrio	Describe el área de cada barrio en metros cuadrados.
Frecuencia de buses por parada	Describe la cantidad de rutas que se abordan en las estaciones o puntos de parada del SITM-MIO.
Costo de viaje	Describe el costo de la oferta del servicio en distancia o tiempo de viaje del SITM-MIO.
Tiempo de viaje	Describe el tiempo de un origen a un destino.
Distancia origen destino	Describe la distancia en línea recta o sobre la red vial entre un origen y un destino.

Fuente: Elaboración propia

Para abordar en gran medida lo anterior, se seleccionó el indicador de factor de ruta integral, ya que nos permite evaluar desde un enfoque de la infraestructura, como indica Morales (2019), en términos de efectividad del servicio ofrecido a la población residente en el área de estudio, como la morfología de las redes, la conectividad e infraestructura física, donde así, se puede inferir el

grado de articulación del sistema para responder a la distribución espacial de los flujos en el territorio; además, que este indicador nos permite medir la calidad en el trazado de una red de transporte, cuanto más se asemeje a la línea recta, mejor será el índice (Ramírez Cajigas, 2018) citando a (Monzón de Cáceres, 1988).

$$R_i = \frac{1}{n-1} * \sum_1^n \frac{d_{ij}}{d_{ij}^0} \quad (14)$$

Donde,

R_i : Factor de ruta integral del punto i

n : Número de nodos

d_{ij} : Distancia mínima por la red entre los nodos i y j

d_{ij}^0 : Distancia geográfica o en línea recta entre los nodos i a j

Posteriormente, se determina que entre más cercanos se encuentren la distancia en la red de la distancia euclidiana o distancia en línea recta como resultado se obtendría valores cercanos a 1, esto quiere decir que presenta un mejor trazado, por ende, una mejor accesibilidad, mientras que los valores iguales o superiores a 1.5 indicarían bajos niveles de accesibilidad por déficit de infraestructura vial, áreas o zonas escarpadas con un trazado vial tortuoso (Goyes Chaves y Díaz Montenegro, 2015) citando a (Rodrigue et al., 2006), como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Clasificación de valores del indicador factor de ruta

Factor De Ruta	
Rango	Clasificación
=1	Red Lineal
>1 y <1.5	Red Regular
>1.5 y <2	Red Irregular
2	Red Tortuosa

Fuente: (Bosques,2012) citado por (Verjan Sierra, 2015).

Para la investigación otra de las medidas de accesibilidad seleccionadas fue la medida basada en oportunidades, como los isócronas que es referido al conjunto de todos los puntos contenido en un mismo tiempo de viaje, donde en este conjunto de puntos estima la accesibilidad en término de las oportunidades que se pueden alcanzar dentro de un área limitada, calculando así el tiempo de viaje para llevar a cabo un desplazamiento accesible desde i dentro del tiempo t (Zuluaga et al., 2017), como se expresa en la Ecuación (15):

$$\overline{T_{vij}} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{vij}}{n - 1} \quad (15)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n ; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde,

$\overline{T_{vij}}$: Vector de tiempo medio de viaje

t_{vij} : Tiempo de viaje mínimo promedio entre el nodo i y los demás nodos de la red

Las medidas basadas en gravedad que se determinaron para la investigación, fue el indicador de Hansen, ya que, este indicador permite estimar la interacción que existe entre dos lugares por el atractivo potencial de los destinos, este indicador utiliza un peso de atributo además de su distancia de separación; además, de combinar dos elementos esenciales del uso del suelo y el

transporte (Delmelle y Casas, 2012). Este indicador se expresa bajo la siguiente formulación matemática (Hansen, 1959):

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{d_{ij}^{\beta}} \quad (16)$$

Donde,

A_i : Accesibilidad potencial de la zona

S_j : Atracción de la actividad localizada en j

d_{ij} : Costo, tiempo de viaje o distancia entre las locaciones

n : Número de destinos

β : Parámetro de decaimiento de la distancia

Para este estudio se utilizó como parámetro de decaimiento de la distancia el valor 1, porque de acuerdo a la consulta bibliográfica en el estudio realizado por (Delmelle y Casas, 2012) determinaron un análisis de 49 parámetros de decaimiento, con un rango de 0.5 y 2.0 para resultados de accesibilidad estandarizados, los cuales analizando la muestra solo se obtuvieron variaciones en el tercer decimal, concluyendo así que utilizar el valor 1 era lo más apropiado.

7.3.2. Variables

Se procedió a calcular las distancias euclidianas y la creación de la matriz Origen – Destino necesarios para el cálculo de los indicadores de accesibilidad.

Cálculo de distancias Euclidianas

Para realizar el cálculo de la distancia geográfica o en línea recta, la cual se mide linealmente desde los centroides de los barrios hasta las ubicaciones de las unidades deportivas, donde este cálculo se realizó por medio del Software R Project donde se cargan las librerías necesarias que

permiten el uso y manejo de datos espaciales, como lo son las librerías *rgeos*, *rgdal*, y *sp*, obteniendo así la matriz de distancia euclidiana para cada Origen – Destino en unidades de metros (m) .

Creación de la matriz Origen – Destino

Para la construcción de la matriz Origen – Destino se utilizó la aplicación de direcciones de Google MAPS, por medio de una tabla asociada, que permite calcular las distancias mínimas de la red entre los centroides de los barrios y las unidades deportivas, usando la malla vial y la red del SITM-MÍO, que toma en cuenta la velocidad media (dependiendo la jerarquía de la vía), el sentido de la vía, el tiempo, la semaforización y la hora pico, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Atributos usados para el análisis de red API Google Maps

Atributo	Característica	Característica
Conexiones	Nodo Inicial (Barrios – Unidades deportivas)	Nodo Final (Barrios – Unidades deportivas)
Red del Mio		
Malla Vial	Eje vial de Cali	
Semaforización		
Distancia	Metros	
Sentido de la Vía	FT, TF, BI	
Jerarquía de la Vía	Principal, Arterial, secundaria, colectora, local	
Velocidad	60,60,30,30,30	Km/h
Tiempo	hora	

Fuente: (Datos tomados de GITTIV, IDESC y METRO CALI)

El resultado fue una matriz en unidades de metros (m) para la distancia y otra matriz en función del tiempo expresada en unidades de segundos (s).

7.3.3. Medida de equidad

Para determinar la medida de equidad se seleccionó el Coeficiente de Gini, que según (Delbosc y Currie, 2011) proporciona un valor único de la equidad general del sistema, además, de ser una métrica simple y única para representar el grado general de desigualdad y también el área de concentración entre la curva de Lorenz y la línea de igualdad perfecta, ya que expresa una proporción del área encerrada por el triángulo definido por la línea diagonal de igualdad perfecta y la línea curva de desigualdad perfecta. Cuanto más cercano sea el coeficiente a 1, más desigual será la distribución (Astudillo et al., 2021). Para ello, se tuvo en cuenta la Ecuación (4) según (Rodrigue et al., 2006)

$$G = 1 - \sum_{i=0}^n (\sigma Y_i + \sigma Y_{i-1}) + (\sigma X_i - \sigma X_{i-1}) \quad (17)$$

Donde,

G : Valor del índice de Gini

σY_i : Proporción real acumulada de la población dotada del indicador de accesibilidad

σX_i : Proporción real acumulada de la población dotada del indicador de accesibilidad

n : Número total de zonas

Esta medida se seleccionó porque permite estimar la equidad en la distribución de la accesibilidad de la población al acceso a las Unidades Deportivas. Donde a través, de la curva de Lorenz se obtiene el coeficiente de Gini, referida en economía la curva de Lorenz como una representación gráfica de la función de distribución acumulativa de la riqueza entre la población (Delbosc y Currie, 2011).

7.4.Evaluación de las medidas de accesibilidad

Con el fin de abordar el objetivo general del proyecto de investigación, que es la determinación de los niveles de equidad espacial medidos desde la accesibilidad geográfica a las unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, se obtuvo información geográfica con el fin de analizar y determinar las variables que inciden en el contexto de la accesibilidad y así en base a la bibliografía consultada poder recopilar los indicadores de accesibilidad con mayor aporte, para entender el comportamiento de los mismos a través de la cartografía y de la estadística descriptiva. Se presentan a continuación los indicadores de accesibilidad, de acuerdo, a las necesidades del presente proyecto, en base a las metodologías consultadas a los diferentes autores.

7.4.1. Medida topológica, Factor de Ruta Integral R_i

El cálculo de este indicador permite determinar el grado aproximación de las redes a un trayecto ideal evaluado en distancias, para esto se utilizó la Ecuación (14), que se construye a partir de dos matrices de distancia, que corresponden a la matriz de distancia mínima de la red que fue el resultado del API's de Google Maps y la matriz de distancia geográfica o en línea recta, la cual une al centroide de cada barrio con el centroide de cada unidad deportiva en línea recta. Posteriormente se procedió con el cálculo donde se realiza primero el cociente entre la distancia mínima sobre la red y la distancia geográfica, luego se sigue con la sumatoria de los resultados de cada uno de los barrios y se dividió entre el número de unidades deportivas menos uno, teniendo como resultado una tercera matriz de cada origen a su respectivo destino. Después de tener estos resultados, se procedió a la ponderación del indicador para poder así categorizar los niveles de accesibilidad y determinar la calidad del trazado vial que conectan los nodos de la ciudad.

7.4.2. Medida basada en oportunidades, Isocronas

Según (O’Sullivan et al., 2000), este indicador permite estimar la accesibilidad en termino de oportunidades, que se pueden alcanzar dentro un área limitada, para ello se calcula el tiempo de viaje que se requiere haciendo uso de la infraestructura del sistema de transporte disponible.

Este indicador se calculó utilizando la matriz Origen – Destino (OD) obtenida con el API’s de Google Maps que mediante herramientas de ruteo permite calcular el tiempo de viaje de acuerdo con la ruta más optima entre cada barrio y cada unidad deportiva, donde a partir de la matriz de tiempo en la red usando el SITM- MÍO, respecto a cada nodo i (Centroides de los barrios) hasta cada nodo j (Centroides de las Unidades Deportivas) se obtiene el tiempo promedio de viaje mínimo para cada barrio, el resultado fue una matriz de tiempo en minutos (Anexo 1). Es decir, se generó la distribución de la accesibilidad sobre el territorio por medio de curvas isócronas para así estudiar el comportamiento y tiempos de viajes usando la red de transporte del SITM-MÍO.

Posteriormente, se normalizan los datos por el método de Máximos y Mínimos para que el conjunto de datos quede entre un rango de cero (0) a uno (1) y poder emplear estos resultados en la evaluación de los niveles de equidad espacial a las unidades deportivas (Anexo 2).

7.4.3. Medida de gravedad o interacción espacial

Este indicador permite estimar la interacción que existe entre dos lugares por el atractivo potencial de los destinos. Para el cálculo de este indicador se utilizó la Ecuación (16), que se calcula como el cociente entre la atracción del lugar sobre el costo o impedancia de viajar o desplazarse entre el punto de la oferta y la demanda elevado a un parámetro de decaimiento de la distancia. Para este estudio, el atractivo del lugar correspondió a el área del equipamiento y el número de servicios ofertados en cada uno de ellos como se ilustra en la Tabla 6, donde estas cifras fueron consultadas en la página oficial de la (Alcaldía de Santiago de Cali, 2018). El coste

o impedancia de viajar entre el punto de la oferta y la demanda fue la distancia mínima en la red utilizando el SITM-MÍO, elevado a un parámetro de decaimiento de la distancia que para este estudio correspondió a 1, porque de acuerdo a la consulta bibliográfica en el estudio realizado por (Delmelle y Casas, 2012) determinaron un análisis de 49 parámetros de decaimiento, con un rango de 0.5 y 2.0 para resultados de accesibilidad estandarizados, los cuales analizando la muestra solo se obtuvieron variaciones en el tercer decimal, concluyendo así que utilizar el valor 1 era lo más apropiado.

Por último, se realiza una sumatoria de la accesibilidad de cada barrio a las diferentes unidades deportivas para tener un valor de accesibilidad por cada barrio y estos resultados son normalizados por el método de Máximos y Mínimos (Anexo 2).

7.5.Evaluación de niveles de Equidad espacial

De acuerdo con las fuentes consultadas para desarrollar los objetivos del proyecto de investigación, se utilizó el coeficiente de Gini que permite estimar que tan equitativo es el acceso a las unidades deportivas en la ciudad de Santiago de Cali. Este indicador se calculó por medio de las herramientas estadísticas del software R Project el cual emplea la Ecuación (17), donde los valores que se utilizaron fueron los resultados obtenidos a través de la estimación de los indicadores de accesibilidad, como el indicador factor de ruta integral, Isocronas y Hansen; donde es importante que estos valores estén normalizados.

La variable socioeconómica para la confrontación con los indicadores de accesibilidad calculados fue la variable social, que es la población de cada barrio. Donde se utilizó la curva de Lorenz, ya que integra la población con las medidas de accesibilidad, permitiendo analizar en la gráfica el comportamiento de los indicadores, cuanto más cerca estén de la línea perfecta de equidad,

equivaldrá a un indicador equitativo, contrario a esto, cuanto más alejados de la línea de equidad estén, presentaran condiciones de desigualdad.

El coeficiente de Gini permite analizar qué tan equitativo es la distribución de los indicadores abordados frente a la variable social seleccionada, siendo los valores cercanos a cero (0), referentes a tendencias a distribuciones igualitarias, ósea, una línea de equidad perfecta, contrario a esto sucede si los valores están alrededor o próximos a uno (1), lo cual hace referencia a una curva lejos de línea de equidad perfecta, lo que significaría condiciones de desigualdad.

8. Resultados y Análisis

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de la metodología empleada, descritos en el capítulo anterior. Basados en la revisión bibliográfica que permitió observar, analizar y evaluar los niveles de equidad espacial medidos desde la accesibilidad geográfica a las unidades deportivas, por medio del sistema de tránsito rápido BRT, exceptuando el sistema del MIO Cable y así mismo trabajar en los objetivos específicos planteados en el proyecto de investigación.

8.1. Caracterización espacial de las unidades deportivas y la red de transporte del sistema BRT en el Municipio de Santiago de Cali

Una vez recolectados los Shapefiles correspondientes a los barrios y a las unidades deportivas recopilados del Geovisor de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC), los cuales se encontraron en formato vectorial tipo polígono, fue necesario convertirlo a tipo punto, calculando el centroide para el posterior análisis en el cálculo de las medidas de accesibilidad. Este proceso se realizó utilizando el Software ArcGIS 10.6, mediante la utilización de herramientas de geoprocésamiento, que permiten convertir una entidad tipo polígono en tipo punto, obteniendo como resultado los centroides de los barrios Figura 6, así mismo se contó con la ubicación geográfica de las unidades deportivas Figura 7.

La ciudad de Santiago de Cali para su área urbana cuenta con una población de 2'508,653 habitantes. En la Figura 8 se puede observar la distribución espacial de la población, donde se aprecia que hay una mayor densidad poblacional en las zonas del norte, noroccidental, nororiental y suroriental de la ciudad. A partir de esta distribución poblacional se evidenció la inequidad al acceso a las unidades deportivas y las zonas que no hay presencias de estos equipamientos deportivos. Por otro lado, el valor de la media de la población por barrios es de 5112.72, un valor máximo de 33426 habitantes, un valor mínimo de 222 habitantes y una desviación estándar de 5008.56 habitantes.

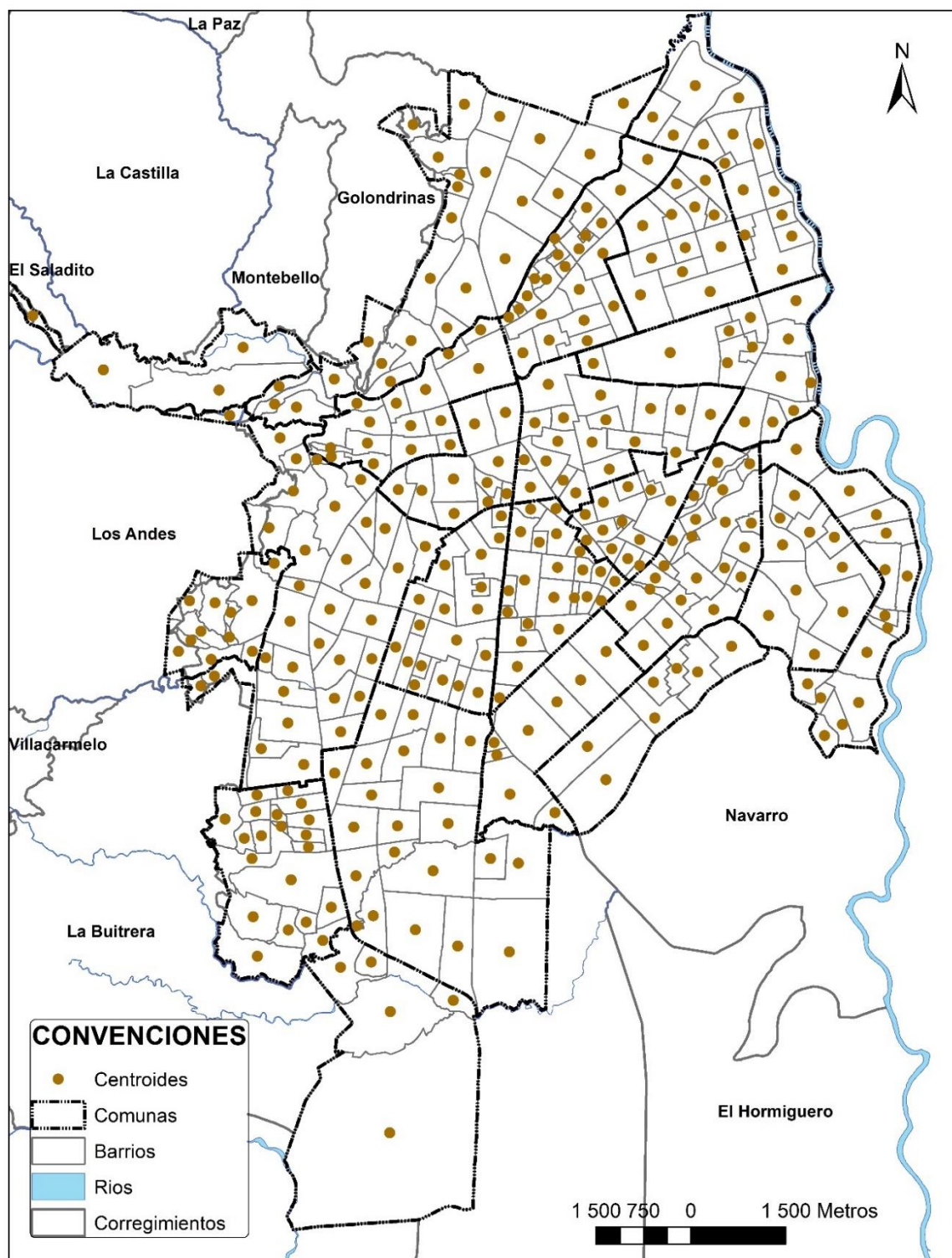


Figura 6: Centroides de los barrios de la Ciudad de Santiago de Cali

Fuente: Elaboración propia

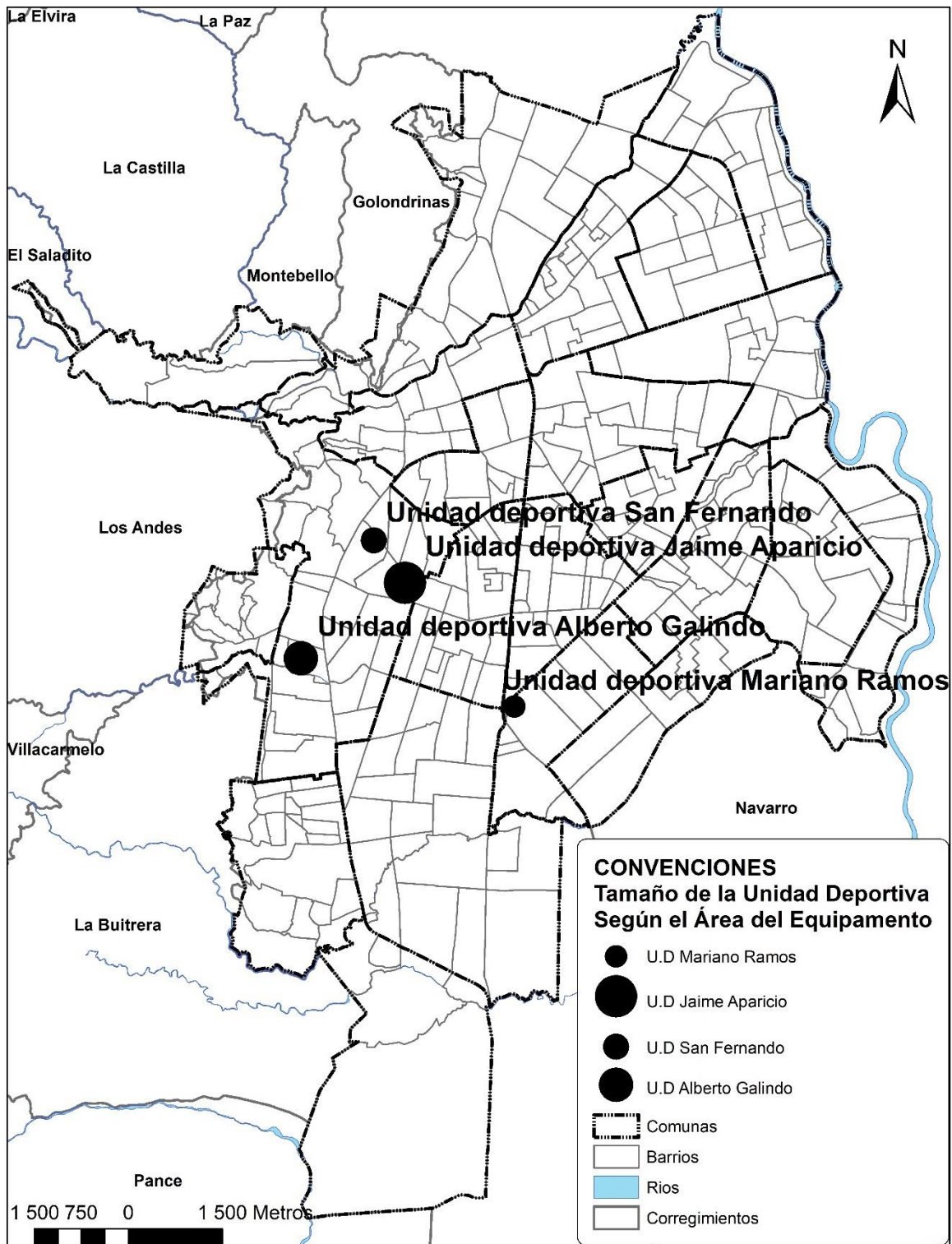


Figura 7: Centroides de las Unidades Deportivas en la Ciudad de Santiago de Cali, según su área

Fuente: Elaboración propia

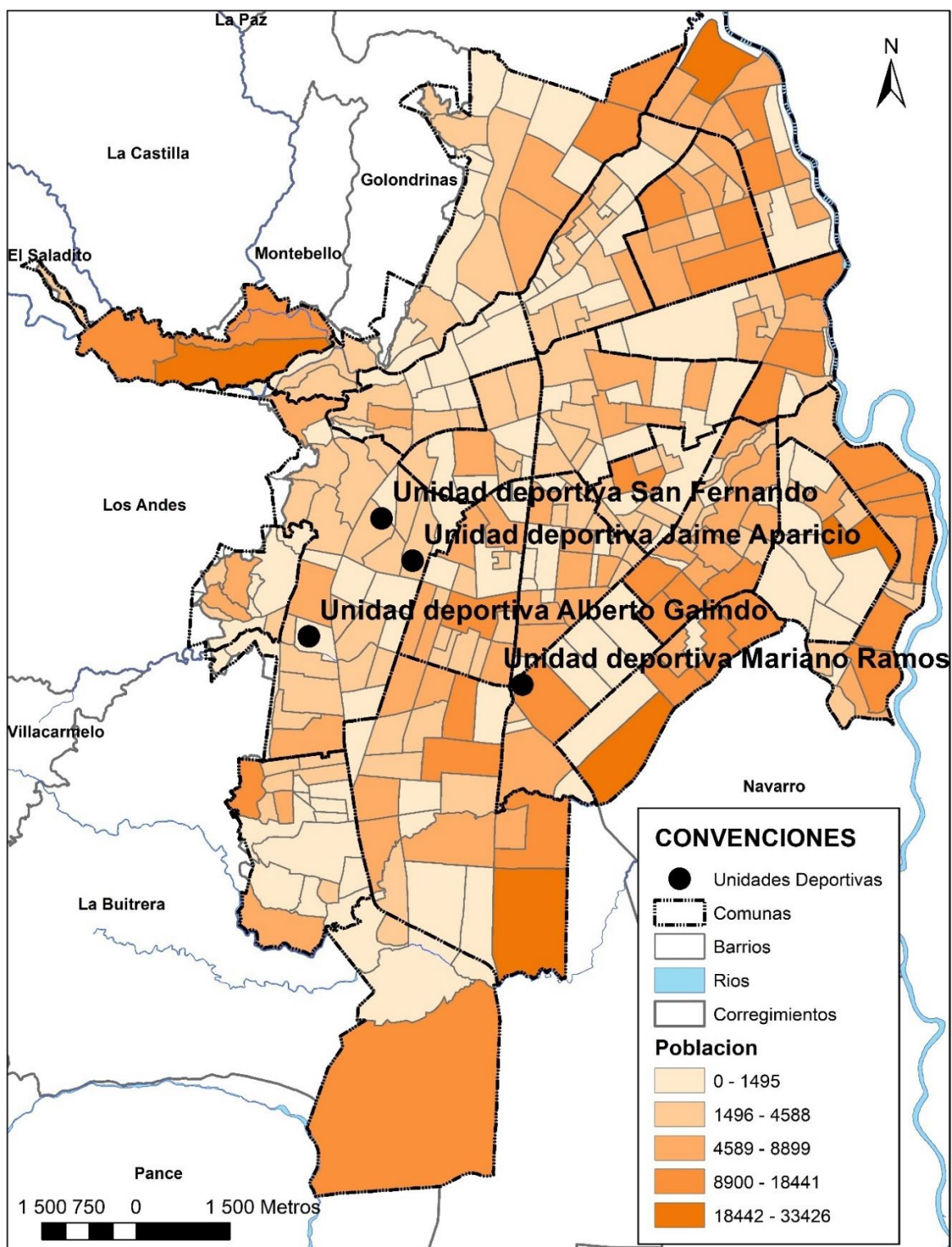


Figura 8: Distribución espacial de la población por barrios

Fuente: Elaboración propia

8.2.Determinación de las medidas de accesibilidad y equidad espacial

A partir de la consulta bibliográfica y la recolección de la información necesaria para evaluar los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del BRT, se seleccionaron tres (3) medidas de accesibilidad para la estimación de esta, entre los cuales están medidas topológicas, medidas basadas en oportunidades y medida de gravedad.

Para el primer indicador de accesibilidad seleccionado fue la medida topológica, factor de ruta integral, el cual se basa en la infraestructura y analiza la capacidad de acceso a los nodos, la distribución y conectividad de los arcos. Este indicador permite determinar la calidad del trazado de los arcos que conectan el origen con el destino a través del grado de aproximación de las redes a un trayecto ideal, teniendo en cuenta la distancia (Morales, 2019) y (Arana Holguín y Delgado Salgado, 2014); por ende, entre más similares se encuentre la distancia sobre la red a la distancia euclidiana presentara un mejor trazado vial (Goyes Chaves y Díaz Montenegro, 2015), lo que conlleva a mejores condiciones de accesibilidad.

Por consiguiente, se seleccionó la medida basada en oportunidades en este caso fue los isócronas, ya que permiten estimar el tiempo de viaje que se requiere para alcanzar una oportunidad dentro de un área limitada (O'Sullivan et al., 2000). Otro indicador de accesibilidad seleccionado, fue la medida de gravedad Hansen, que permite relacionar positivamente con el tamaño del lugar de atracción o destino, y negativamente con la distancia que separa la demanda con la oferta, permitiendo así evaluar la accesibilidad en el origen (Jurado y Tovar, 2016).

Para la determinación de las medidas de equidad espacial, se seleccionó el Índice de Gini, que es muy común en los estudios sobre inequidad, donde tradicionalmente se ha utilizado para calcular la distribución de la riqueza entre una población. La medida del índice es la diferencia entre una línea de equidad perfecta y una curva de Lorenz, que mide la distribución real. Cuando no hay diferencia entre la línea de equidad perfecta y la curva de Lorenz, el valor del índice es 1, lo que

representa la equidad perfecta (Welch y Mishra, 2013). Para la investigación se usó para estimar la desigualdad en los niveles de accesibilidad hacia las unidades deportivas.

8.3.Evaluación de las medidas de accesibilidad y equidad espacial

Los resultados esperados de esta investigación permitieron mostrar los niveles de equidad espacial en el transporte urbano, a partir de un análisis de accesibilidad por medio de índices que permiten su estimación. Se espera contribuir a las posteriores investigaciones, ya que en Latinoamérica hay escasos trabajos de investigación científica especializada en la medición de la accesibilidad, en zonas con características propias (Hansz et al., 2018), en este caso a Unidades deportivas. Los resultados fueron representados mediante mapas de superficie continua, con la utilización del proceso de distancia inversa ponderada IDW, ya que esta herramienta permite considerar a mayor escala los datos cuantitativos que estén más cerca y disminuyen proporcionalmente con la distancia (Jurado y Tovar, 2016).

Los valores obtenidos en los mapas de superficie fueron divididos en 5 clases para evidenciar el comportamiento de la accesibilidad en los barrios de una manera clara y así reducir la mínima variación entre los datos, por lo que se buscaron patrones para reducir la variación de los datos, estos rangos se obtuvieron por medio de la clasificación Natural Break por el método de Jenks, haciendo uso del software ArcGIS.

8.3.1. Medida topológica, Factor de ruta integral

Para el cálculo de este indicador se realizó de acuerdo con la metodología planteada en la sección 7.4.1, y con los resultados obtenidos se generó unas curvas de iso-accesibilidad mediante el método de distancia inversa ponderada IDW, que a su vez sirvieron de insumo para la representación coroplética de los niveles de accesibilidad del indicador para cada uno de los

barrios (Anexo 5) y así mismo fue para cada uno de los indicadores evaluados (Anexo 6, Anexo 7, Anexo 8, Anexo 9 y Anexo 10).

El mapa del factor de ruta integral muestra el comportamiento de la accesibilidad en los barrios de Cali, en cuanto a la calidad y eficiencia del trazado de la red de transporte, como se ilustra en la Figura 10. Los barrios con una accesibilidad baja se encuentran en la comuna 1 al este y la comuna 20 al occidente de la ciudad, además de la zona sur y al oriente, sobre los costados de la ciudad, de igual manera, se presentaron casos de baja accesibilidad en barrios cercanos a las unidades deportivas Alberto Galindo, por lo que se entiende que la configuración de las redes viales que comunican estos sectores con los complejos deportivos, son redes irregulares y tortuosas, esto se puede evidenciar en tonos rojos y naranjas. Por otra parte, en la zona norte y centro de la ciudad se presentan valores de accesibilidad alta lo que se puede evidenciar en tonos verdes y amarillos.

En la Figura 10 también se puede evidenciar que las zonas del noroccidente y suroccidente de la ciudad, que aparecen de color rojo son las zonas con una accesibilidad muy baja; ya que, en estas zonas no hay presencia de estaciones del SITM-MIO, arrojando así los valores más críticos para el área de estudio .

Por medio de la clasificación de valores del indicador factor de ruta (Tabla 8), se observó que el 1.43%, que equivale 24,557 habitantes viven en barrios con una red vial regular, esto quiere decir que tienen una buena accesibilidad, por otro lado, el 52.74% (908,687) habitantes viven en barrios con una red vial irregular, que corresponde a una accesibilidad media desde los barrios hacia las unidades deportivas y el 45.84% (789,743) viven en barrios con una red tortuosa, lo cual corresponde a una mala accesibilidad hacia las unidades deportivas.

Empleando el análisis estadístico para este indicador, obtenido a través del software estadístico GeoDa, se analizó que la media de los datos es 1.982 y para valores normalizados es 0.66 que

corresponde a un rango de red vial irregular, con un valor máximo de 2.987, un valor mínimo de 0 y una desviación estándar de 0.087, que según la Figura 9 se observa que los datos más alejados de la media se encuentran en el oriente zona del distrito, al occidente en la comuna 1, y en algunos barrios de sur, por otra parte, los valores cercanos a la media se encuentran distribuidos en diferentes barrios de la ciudad, por lo que esto denota que estos barrios están en el rango de una red vial irregular, que equivale al 52.74%.

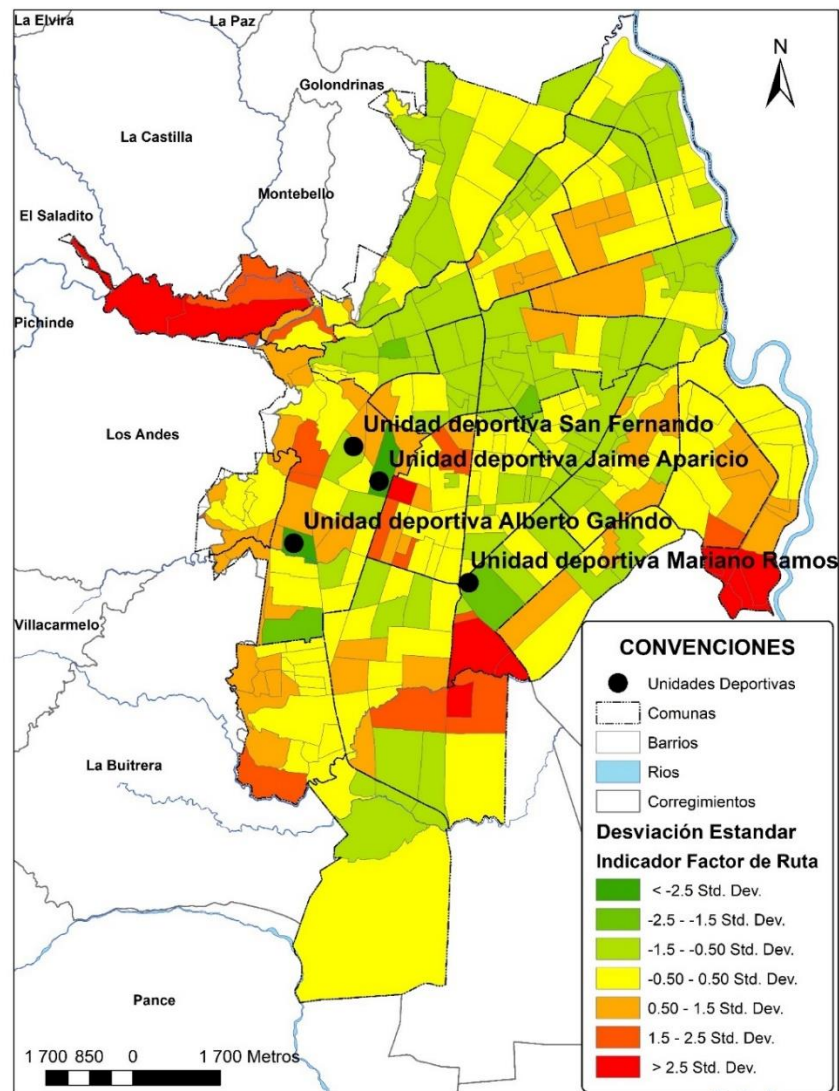


Figura 9: Mapa de Desviación estándar para el indicador Factor de Ruta Integral

Fuente: Elaboración propia

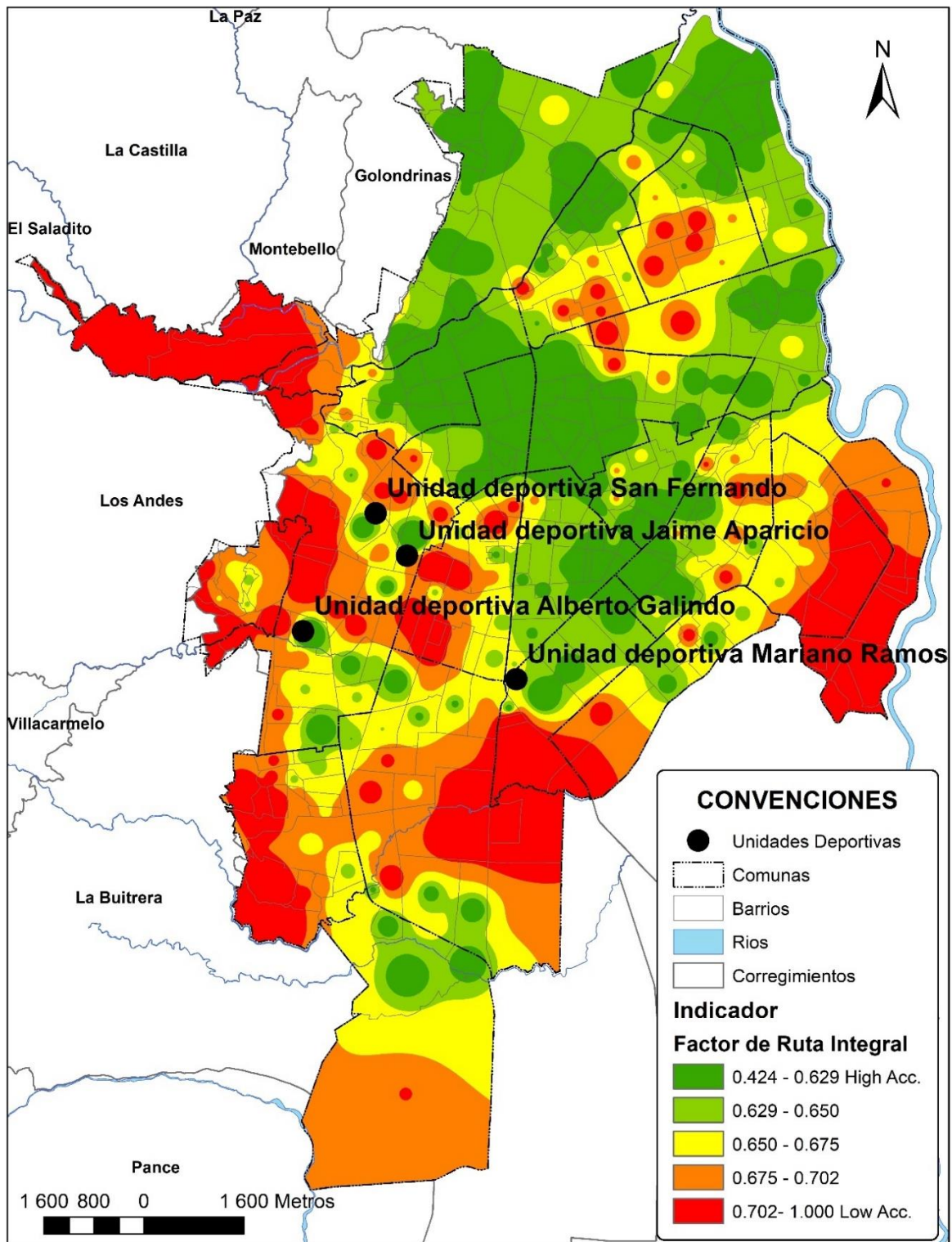


Figura 10: Indicador Factor Ruta Integral

Fuente: Elaboración propia

Para el indicador de factor de ruta integral de acuerdo con los cuartiles, el 25% son valores menores o iguales a 0.61, el 50% valores menores o iguales a 0.64 y el 75% menores o iguales a 0.71, para valores normalizados. Por otra parte, el 98.58% de los datos obtenidos están por encima de 1.5, lo que significa que la red de trazado es irregular o tortuosa para llegar de los barrios a las unidades deportivas.

Como el sesgo (coeficiente de asimetría) para el indicador de factor de ruta integral es de -0.27, la distribución de los datos se encuentra hacia la derecha de la media con una asimetría sesgada hacia la izquierda, como se ilustra en la Figura 11. Se debe tener en cuenta que su curtosis o apuntamiento es de 8.48, de forma leptocúrtica, existiendo así una gran concentración de los datos cerca a la media de 0.66. En general se entiende que la forma leptocúrtica de los datos se debe a que se registran valores atípicos y un sesgo determinado a la derecha o izquierda de la media.

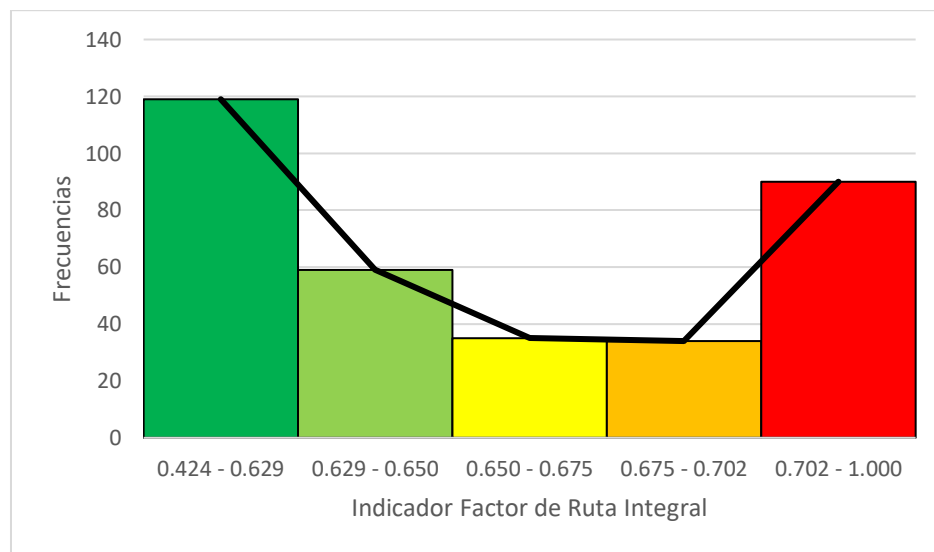


Figura 11: Histograma de frecuencias del indicador de accesibilidad factor de ruta integral

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 12, la concentración de los datos está por encima de la media; donde, se encuentran 11 datos atípicos que son los barrios que tienen un valor mayor en el

trazado vial irregular o tortuosa entre ellos encontramos los barrios ubicados al occidente, sur occidente, oriente y sur oriente, pertenecientes a las comunas 1, 16, 17 y 21. Los datos atípicos por debajo de la media corresponden a los barrios ubicados al occidente de la ciudad pertenecientes a las comunas 19 y 20.

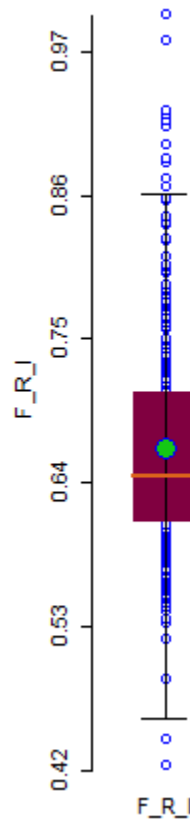


Figura 12: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Factor de Ruta Integral

Fuente: Elaboración propia

8.3.2. Medida basada en oportunidades, Isócronas

El mapa del indicador de curvas isócronas, a través de la representación por curvas de iso-accesibilidad, muestra la distribución de la accesibilidad dado los tiempos de viaje invertidos desde los diferentes barrios hasta las unidades deportivas. En la Figura 16, se evidencia que los viajes con mayor tiempo de recorrido se desarrollan al occidente desde la comuna 1, al norte, y al

oriente colindando con el corregimiento de Navarro en tonos rojos y naranjas, con tiempos entre 48 y 67 minutos; en el costado sur en la comuna 22 se presentan tiempos de viaje entre 43 y 48 minutos en tonos naranja. Por otra parte, los tiempos de viaje óptimos o menores en los rangos obtenidos se denotan en tonos verdes, sobre los barrios aledaños a las unidades deportivas, la zona occidente, centro y algunas al oriente de la ciudad, siendo estos menores a 40 minutos.

Los viajes entre 22 minutos a 36 minutos equivalen al 32.05% de los barrios con una población de 490,856, mientras que los viajes entre 36 minutos a 40 minutos corresponden al 14.84% con una población de 235,298 habitantes, los viajes entre 40 minutos a 43 minutos, equivalen al 13.06% de los barrios con una población de 173,795 habitantes, los viajes de 43 minutos a 48 minutos equivale al 17.80% de los barrios con una población de 229,700 habitantes y los viajes entre 48 minutos a 67 minutos corresponde al 22.26% con una población de 593,338 habitantes.

Se observa en la Figura 13, que los datos más alejados de la media se encuentran en el nororiente, y al suroriente, por otra parte, los valores cercanos a la media se encuentran distribuidos en diferentes barrios de la ciudad, por lo que esto denota que el tiempo de los recorridos de los barrios hasta las unidades deportivas en la mayoría de los barrios son cercanos a la media. Se evidencia que el 49.55% de los barrios están por encima de la media.

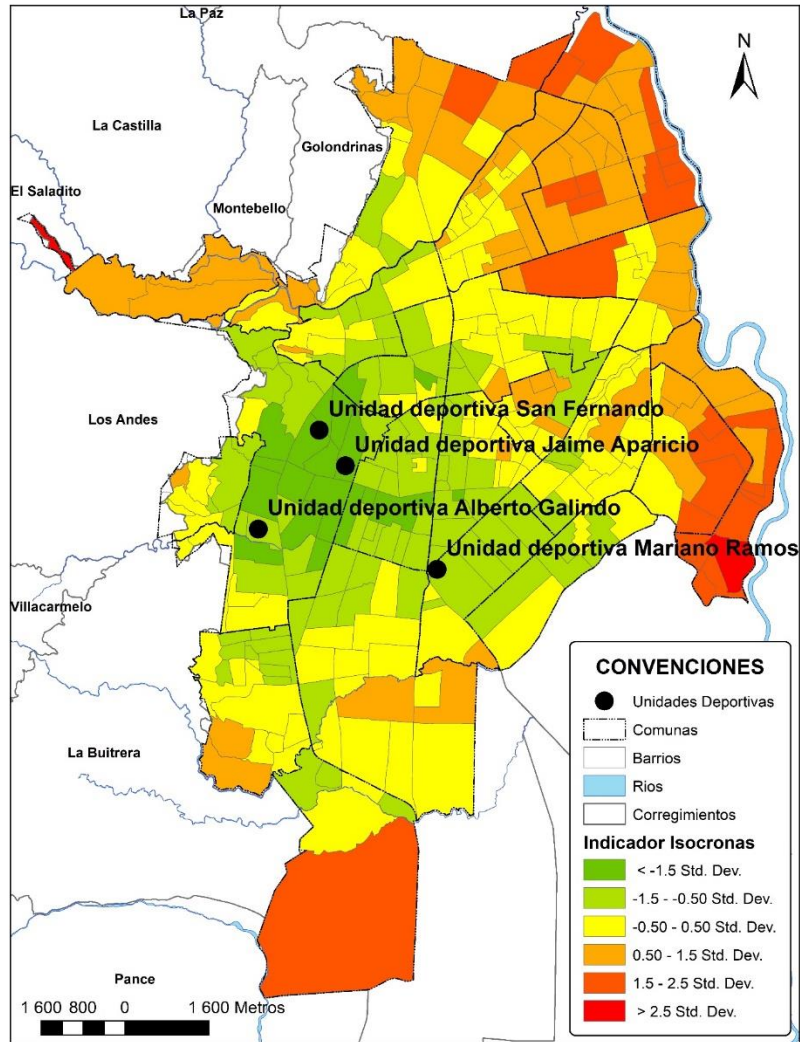


Figura 13: Mapa de Desviación estándar Índice Isócronas

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 14, la distribución de los datos se encuentra hacia la derecha de la media con una asimetría sesgada hacia la izquierda, existiendo una gran concentración de los datos cerca a la media de 0.624, con un sesgo de 0.01 y una curtosis de 0.34 de forma mesocúrtica. por otra parte, el 25% de los datos presenta valores iguales o menores de 0.51, el 50% de los datos menores o iguales a 0.62 y el 75% de los datos menores o iguales a 0.72 de valores normalizados.

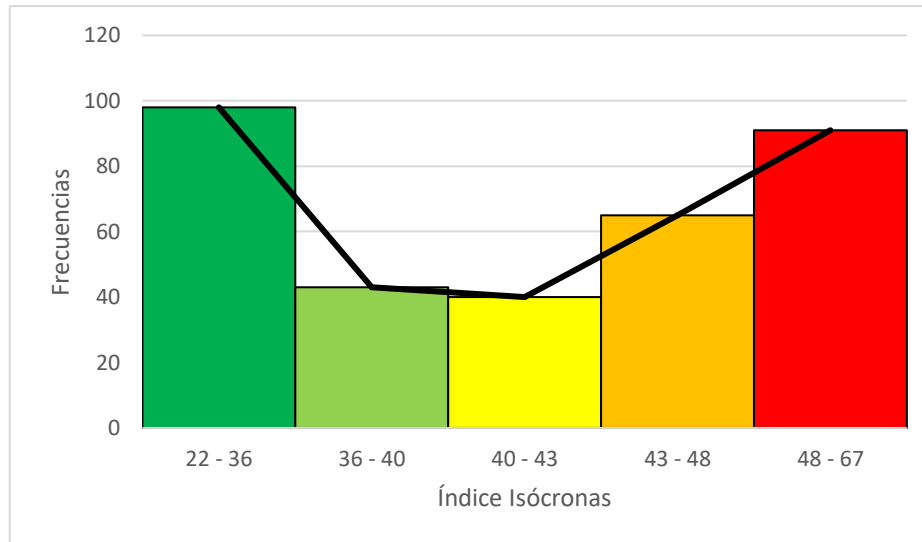


Figura 14: Histograma Índice Isócronas

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia en la Figura 15, que la concentración de los datos está por encima de la media con el 48.38% de los datos.

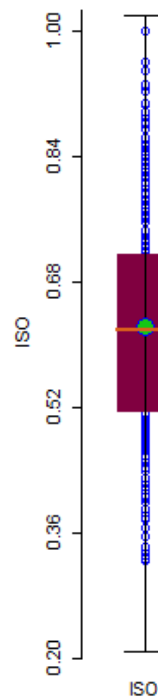


Figura 15: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Isócronas

Fuente: Elaboración propia

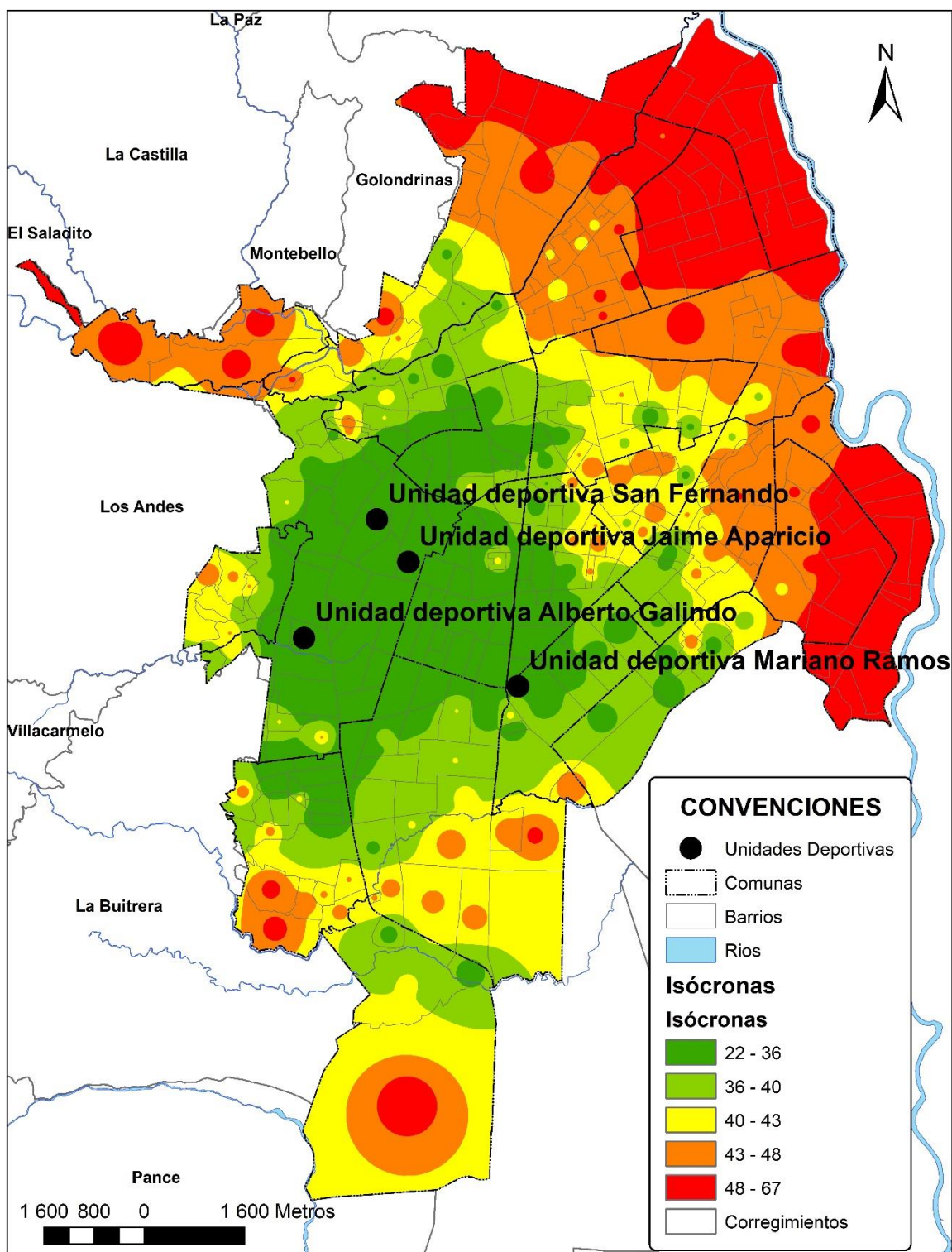


Figura 16: Tiempos de viaje en minutos, desde los diferentes barrios a las unidades deportivas

Fuente: Elaboración propia

8.3.3. Medida de Gravedad, Hansen

8.3.3.1. Hansen variable de atracción número de servicios. Utilizando la ecuación (16), se tuvo para el indicador de Hansen utilizando como variable de atracción el número de servicios ofrecidos por cada equipamiento (Tabla 6). A partir de los resultados obtenidos se generó unas curvas de iso-accesibilidad mediante el método de distancia inversa ponderada IDW, que a su vez sirvieron de insumo para la representación coroplética de los niveles de accesibilidad del indicador para cada uno de los barrios (Anexo 7).

Como se observa en la Figura 19, se denotan valores favorables en los barrios de la zona occidente y la zona central de la ciudad, y barrios cercanos a las unidades deportivas, San Fernando, Jaime Aparicio y Alberto Galindo, en tonos verdes; ya que, al estar estas unidades deportivas ubicadas en estas zonas poseen una alta oferta de atracción y de servicios, que genera un mayor magnitud aumentando así la accesibilidad.

En el caso de la unidad deportiva Mariano Ramos, se observa una accesibilidad media a baja, en los barrios Mariano Ramos donde se encuentra este complejo deportivo, en tonos amarillos y naranjas. Para las zonas en la periferia de la ciudad se puede evidenciar niveles de accesibilidad más bajos porque estas zonas no hay este tipo de unidades deportivas. De acuerdo con los cuartiles, el 25% son valores menores o iguales a 0.11, el 50% valores menores o iguales a 0.18 y el 75% menores o iguales a 0.28, para valores normalizados. Por otra parte, el 27% (91) barrios están por encima de la media (0.21). Este indicador tiene un valor máximo de 0.079, un valor mínimo de 0.000 y una desviación estándar de 0.14. Como se observa en la Figura 17, los datos atípicos se encuentran en las zonas periféricas de la ciudad, dejando la mayor concentración de los datos cercanos a la media (0.211 – 0.348) color amarillo, en la zona central de la ciudad, ya

que este indicador evalúa la atracción del viaje entre el origen y el destino utilizando la red vial del SITM-MÍO.

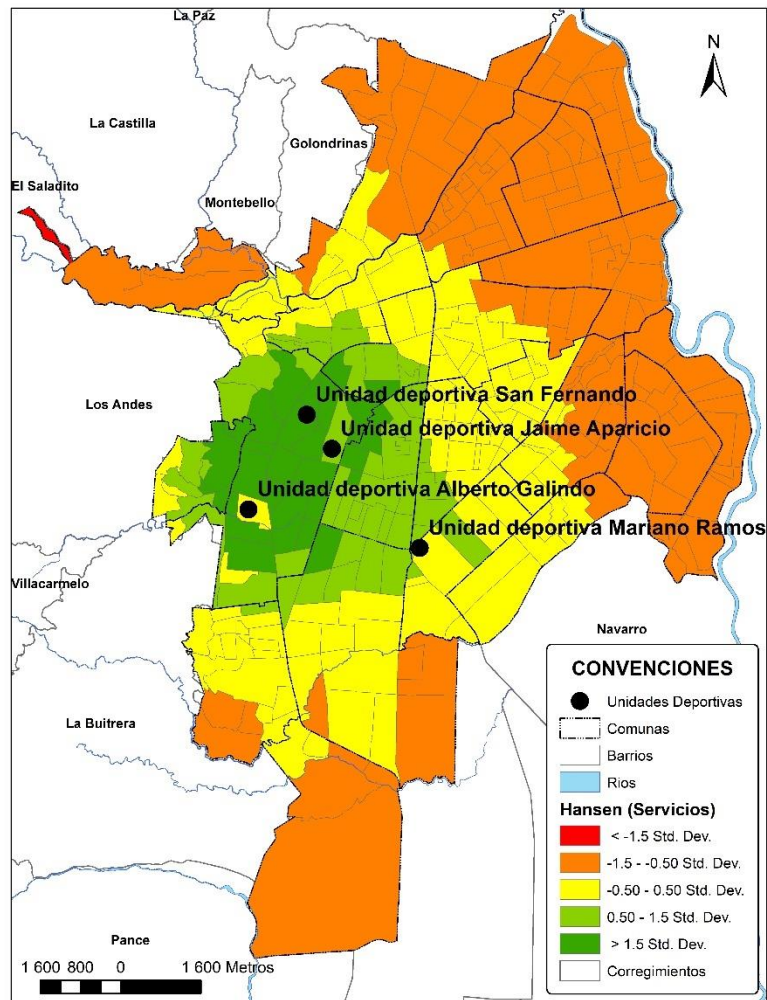


Figura 17: Desviación estándar para el indicador de Hansen, variable de atracción: Número de servicios

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 18, podemos observar que el 75.6% (1'303,078) habitantes cuentan con una accesibilidad baja, el 15.45% (256,118) habitantes cuentan con un nivel de accesibilidad medio o regular, el 6.15% (105,895) habitantes cuentan con un nivel de accesibilidad medio-alto y 3.36% (57,896) habitantes cuentan con un nivel de accesibilidad alto.

Este indicador evaluado desde la variable de atracción: Número de servicios presenta una asimetría sesgada hacia la derecha, esto quiere decir que la distribución de los datos se encuentra hacia la izquierda de la media respectiva para cada indicador y para el apuntamiento o curtosis para estos indicadores los datos se distribuyen de una forma leptocúrtica como se ilustra en la Figura 18 y que presenta un sesgo de 1.84 y una curtosis de 5.04, con una concentración de los datos alrededor de la media de 0.21. A partir de este análisis, podemos concluir que un alto porcentaje de la población no puede acceder fácilmente a los servicios que presta cada unidad deportiva.

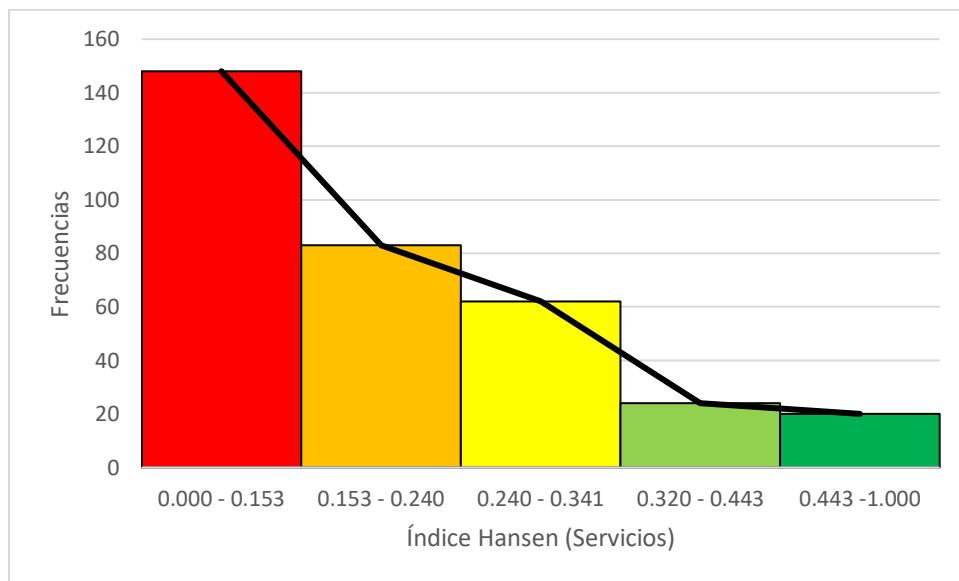


Figura 18: Histograma Índice de Hansen variable de atracción: Número de servicios

Fuente: Elaboración Propia.

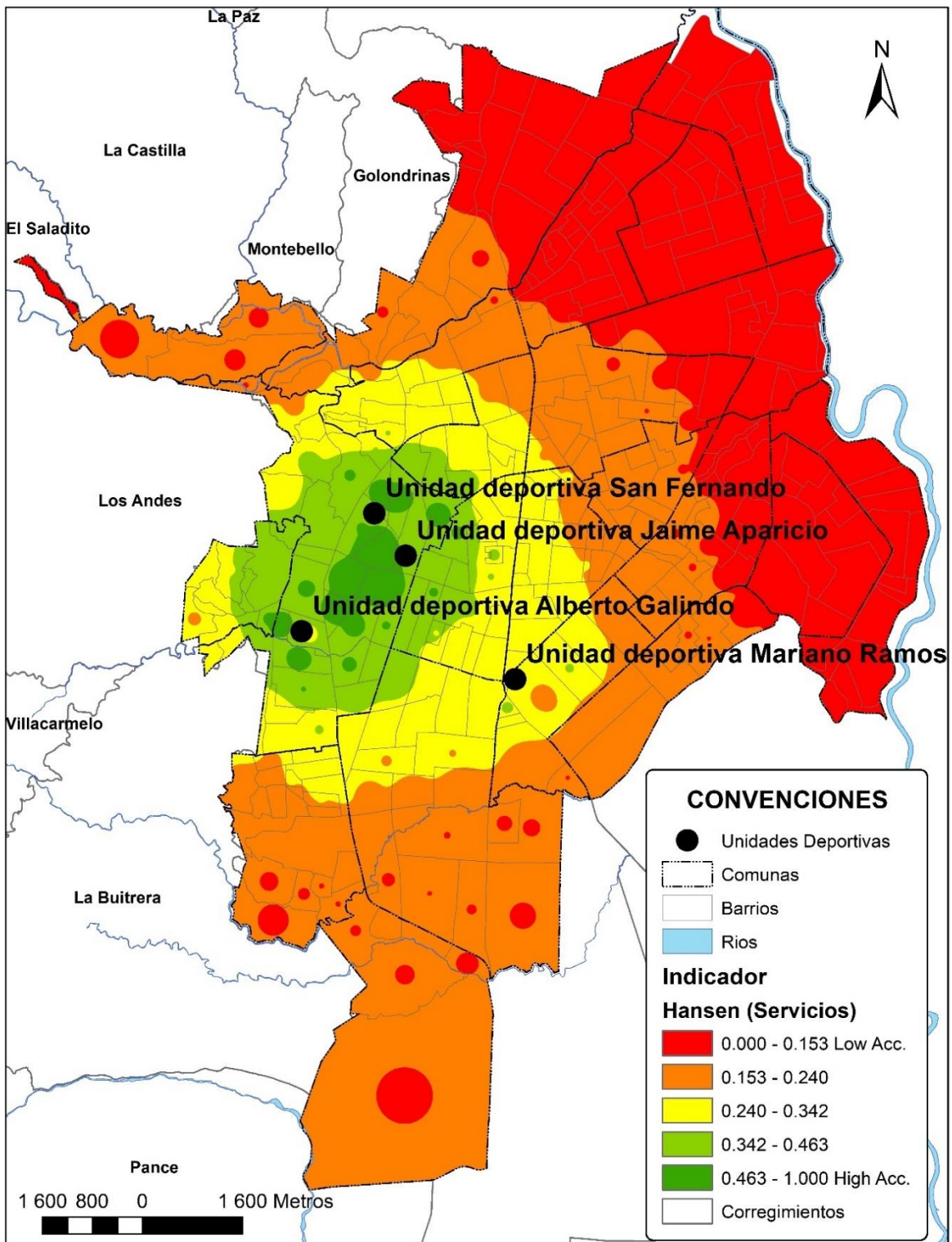


Figura 19: Indicador de Hansen evaluado con variable de atracción: número de servicios

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 20, se evidencia la concentración de los datos por encima de la media , donde también se encuentran 8 datos atípicos que se ubican en la zona centrooccidental de la ciudad; esto se debe a la presencia de las 3 unidades deportivas que son: Unidad deportiva Alberto Galindo, Unidad deportiva Jaime Aparicio y la Unidad Deportiva San Fernando; teniendo a tener valores altos en accesibilidad.

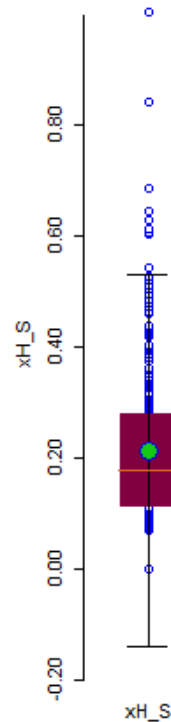


Figura 20: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Hansen con Variable de Atracción Numero de Servicios

Fuente: Elaboración propia

8.3.3.2.Hansen variable de atracción: Área. Utilizando la ecuación (27), se utilizó de igual forma como variable de atracción el área de cada unidad deportiva (Tabla 10). A partir de los resultados obtenidos se generó unas curvas de iso-accesibilidad mediante el método de distancia inversa ponderada IDW, que a su vez sirvieron de insumo para la

representación cartográfica de los niveles de accesibilidad del indicador para cada uno de los barrios (Ver Anexo 8).

El mapa del índice de Hansen a partir de la variable atractora de área de cada unidad deportiva presenta valores similares a los del índice de Servicios de Hansen, y muestra que las zonas con alta accesibilidad son las cercanas a las unidades deportivas San Fernando, Jaime Aparicio y Alberto Galindo, en la parte occidente de la ciudad, hacia el centro de la ciudad, como se observa en las Figura 19 y Figura 23, representadas en tonos verdes.

El mapa de curvas de iso-accesibilidad del indicador de área de Hansen presenta valores de baja atractividad en la zona norte y oriente, lo que evidencia una mayor accesibilidad que correspondería a los barrios que se encuentran en tonos verdes con un 9.7% atrayendo así a 167,185 habitantes de la ciudad de Santiago de Cali. Se evidencia también que las zonas periféricas de la ciudad que están al norte, sur, este y occidente tendrían bajos niveles de accesibilidad, representadas en tonos rojos y naranja, con respecto a este rango correspondería al 77.06% de los barrios con un nivel de población correspondiente a 1'327,731 habitantes.

De acuerdo con los cuartiles, el 25% son valores menores o iguales a 0.10, el 50% valores menores o iguales a 0.16 y el 75% menores o iguales a 0.25, para valores normalizados. Por otra parte, el 40.35% (136) barrios están por encima de la media (0.19). Este indicador tiene un valor máximo de 185.579, un valor mínimo de 0.000 y una desviación estándar de 0.13. Como se observa en la Figura 21, los datos lejanos a la media (0.075 – 0.211), se observan en los sectores de color azul cielo con datos atípicos en los sectores noroccidental y en las periferias del oriente.

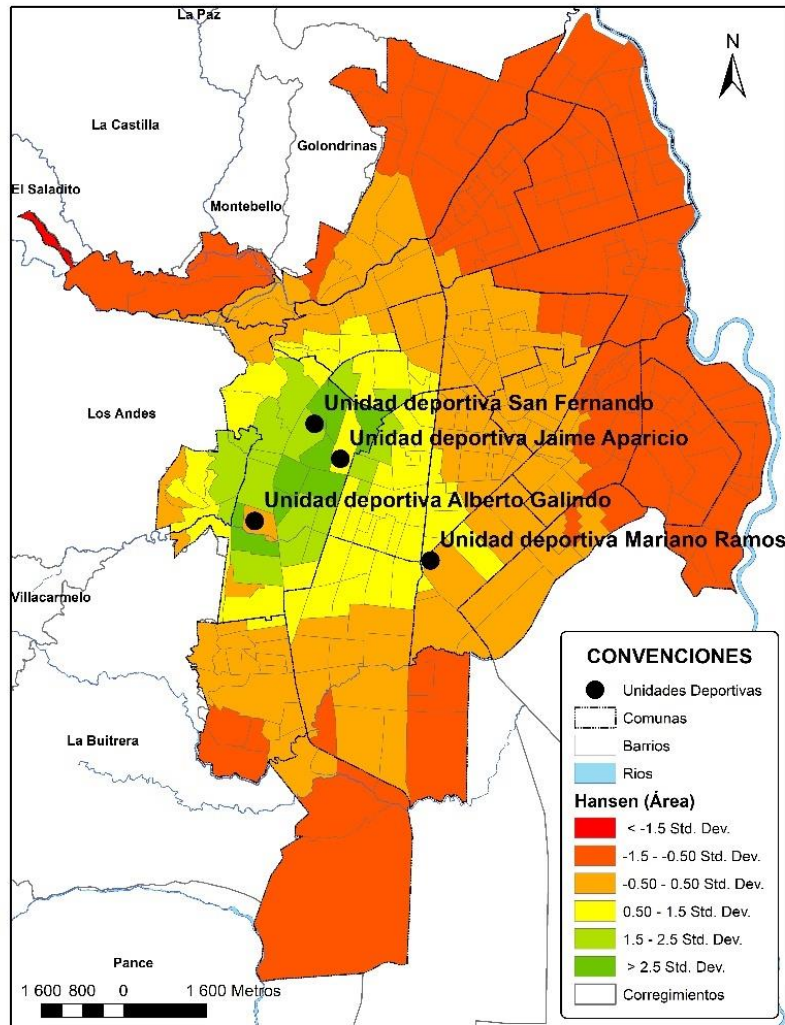


Figura 21: Desviación estándar para el indicador de Hansen, variable de atracción: Área

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 23, podemos observar que el 77.06% (1'327,731) habitantes cuentan con una accesibilidad baja, el 13.24% (228,071) habitantes cuentan con un nivel de accesibilidad medio o regular, el 7.29% (125,609) habitantes cuentan con un nivel de accesibilidad medio-alto y 2.41% (41,576) habitantes cuentan con un nivel de accesibilidad alto.

Este indicador evaluado desde la variable de atracción: área, presenta una asimetría sesgada hacia la derecha, esto quiere decir que la distribución de los datos se encuentra hacia la izquierda de la media respectiva para cada indicador y para el apuntamiento o curtosis para estos indicadores los

datos se distribuyen de una forma leptocúrtica como se ilustra en la Figura 22 y que presenta un sesgo de 2.02 y una curtosis de 6.65 de forma leptocúrtica, con una concentración de los datos cercanos a la media de 0.19

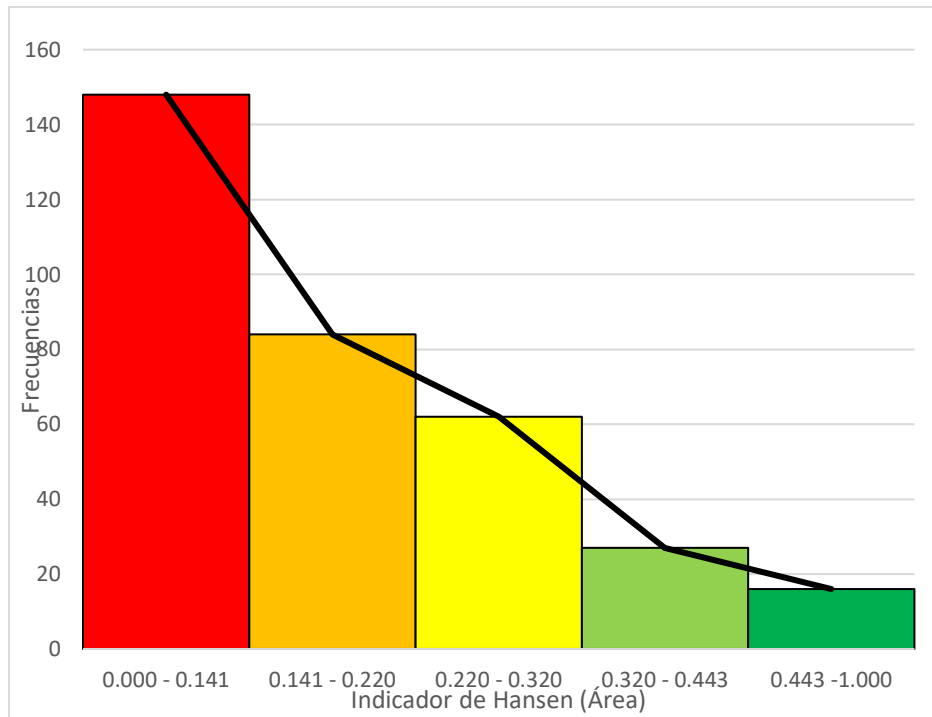


Figura 22: Histograma Índice de Hansen variable de atracción: Área

Fuente: Elaboración propia

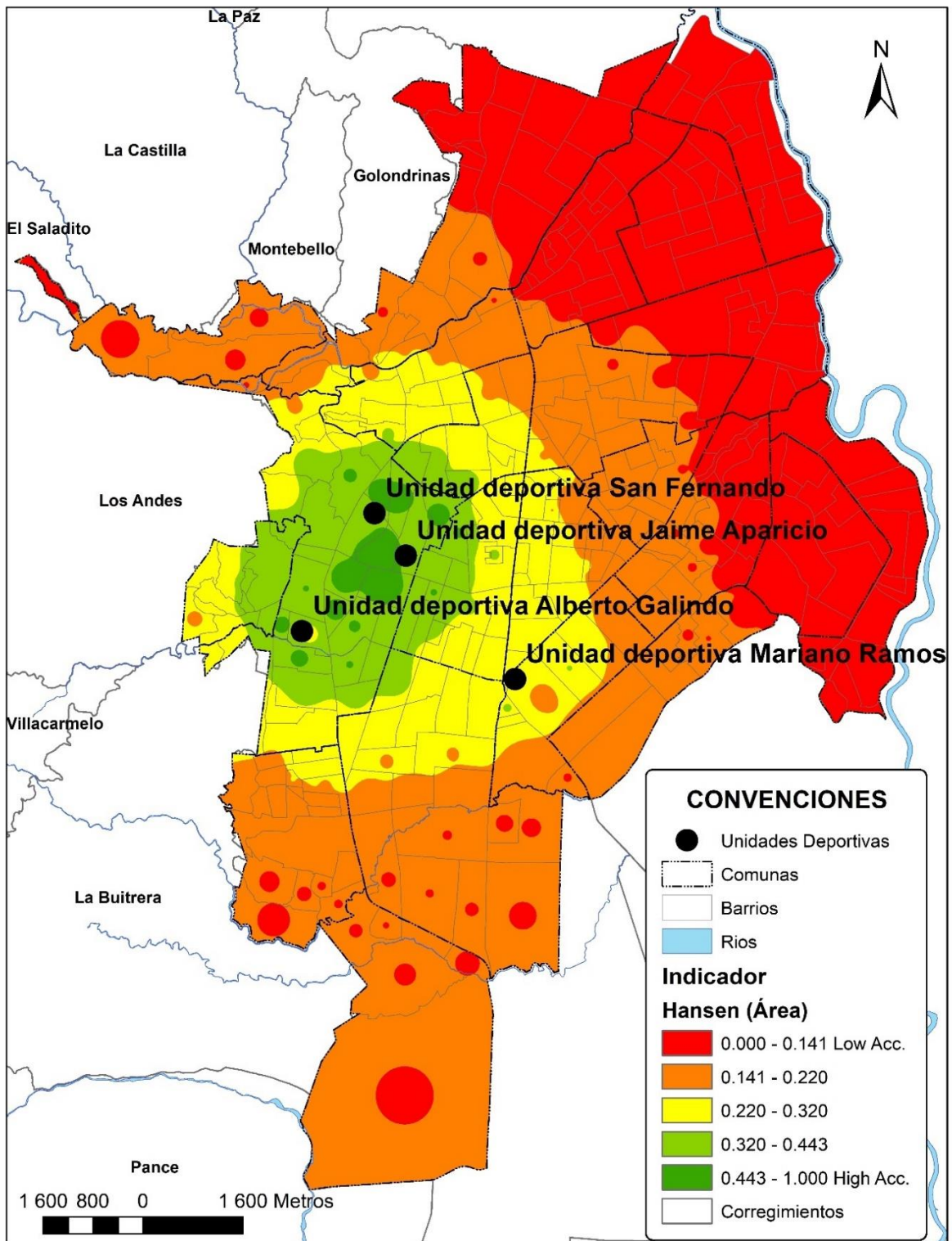


Figura 23: Índice de Hansen, variable de atracción: Área

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 24, la concentración de los datos está por encima de la media donde hay 10 datos atípicos que corresponden a la zona centro-occidental de la ciudad, pertenecientes a la comuna 19 donde están ubicadas 3 de las unidades deportivas de la ciudad.

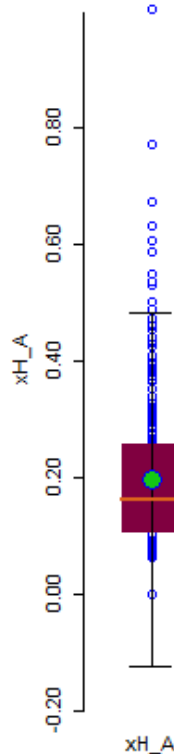


Figura 24: Diagrama de Cajas y Bigotes para el Indicador Hansen con Variable de Atracción Área

Fuente: Elaboración propia

A nivel general, analizando los modelos de accesibilidad se pudo observar de manera general que, para los indicadores de gravedad como Hansen 1959 a partir de las variables atractoras como área y numero de servicios, los resultados varían de acuerdo con las distancias origen y destino de los barrios a las unidades deportivas y la oferta de atracción de viajes por el uso en cada uno de los mismos.

Ahora, en cuanto a los indicadores de gravedad e interacción espacial existirá una mayor accesibilidad de acuerdo con la capacidad de atracción de viaje en este caso por uso de la

población que requiere dicha oferta de servicio y la distancia de cada barrio a las unidades deportivas por la red vial, de acuerdo con el modo de transporte SITM-MIO.

Se evidencio también que barrios donde cuentan con una gran población no cuentan con paradas para cada modo de transporte como articulados, padrones o complementarios como en los barrios de las zonas occidental suroccidental, oriente y suroriental. Además, que los desplazamientos hacia las unidades deportivas son más largos requiriendo así, más tiempo en el trayecto.

El indicador de gravedad de Hansen de acuerdo con la oferta de atracción de viajes, el área del equipamiento y el número de servicios ofrecidos denota una alta accesibilidad en zonas cercanas a las unidades deportivas y en la zona centro-sur de la ciudad (comunas 3, 9, 10, 17, 19, y 20); así mismo las medidas isócronas abarcan una zona mayor, incluyendo zonas al oriente (comunas 8, 11, 15 y 16) y zonas al sur (comuna 18), al igual que algunas zonas en el norte (comuna 2).

Se adjunta el mapa del índice de trazado de velocidad (Anexo 3 y Anexo 4) y los mapas del indicador de provisión de transporte publico tanto el absoluto como el relativo (Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11 y Anexo 12).

8.4. Validación de los resultados

Para validar los indicadores evaluados en el presente proyecto, se buscó diferentes fuentes que abordaran esta temática en la ciudad de Santiago de Cali el cual no arrojó resultados, por ende, se utilizó el método de correlación de Pearson (Figura 25), el cual permitió analizar cada uno de los indicadores seleccionados, frente a la variable demográfica escogida para este estudio, que en este caso fue la población y así poder determinar la validez de los valores obtenidos para cada indicador.

8.4.1. Correlación de Pearson:

En primer lugar, se realiza una normalización de máximos y mínimos, lo que permite realizar comparaciones entre indicadores, posteriormente, se hizo uso del Software R Project, en la cual se compararon los indicadores uno a uno, para observar su comportamiento directo, indirecto, positivo, negativo o nulo, de acuerdo con el valor arrojado en cada relación. Por otra parte, se realizó un análisis de dispersión, además del análisis de la distribución de los datos, con el fin de comprender la relación estadística y espacial de los indicadores de accesibilidad, este proceso se realizó por medio del software estadístico GEODA que arroja gráficos y tablas de resultado.

A partir del coeficiente de correlación de Pearson se denota la relación entre los indicadores de accesibilidad, la cual se describe en la Figura 25, en donde se observa que el indicador de factor de ruta integral muestra correlación baja con los demás indicadores, dado que los coeficientes son valores cercanos a cero, pese a esto el indicador de curvas isócronas presenta un valor de correlación de 0.29, siendo este mayor en comparación a los demás valores. Continuando con el indicador de curvas isócronas, se observa que tiene una relación inversamente proporcional con los indicadores de Hansen con variable atractora de servicios y Hansen a partir del área, con valores de -0.69.

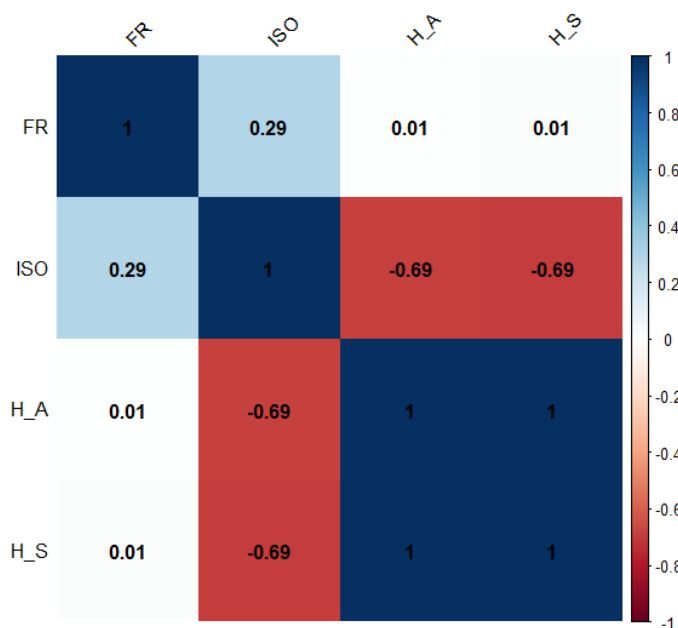


Figura 25. Correlación de Pearson

Fuente: Elaboración propia

Donde, FR es el indicador Factor de Ruta Integral, ISO isócronas, H_A es el indicador de gravedad tomando como variable atractora el área de cada equipamiento y H_S es el indicador de gravedad tomando como variable atractora el número de servicios de cada equipamiento.

Con base en lo anterior, se generó una tabla resumen (Tabla 10), donde se muestra la correlación y el valor-p de los indicadores de accesibilidad en 337 barrios para lo que se estableció:

Hipótesis nula (H0) = Valores dispersos alejados del valor de la media

Hipótesis alternativa (H1) = Valores significativos de la muestra

El valor -p obtenido en la relación del factor de ruta integral con los demás indicadores fue mayor al 5%, con valores entre 20% y 90%, por lo que se considera que los datos están dispersos y alejados del valor de la media, lo que hace referencia a la probabilidad que exista un dato atípico en la correlación, teniendo en cuenta esto, se acepta la hipótesis nula.

En el caso de las curvas isócronas el valor-p está por debajo del 5%, lo que significa que existe una correlación espacial significativa, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

Para el indicador de gravedad de Hansen evaluado en la variable de atractividad el área de los equipamientos, muestra una correlación estrecha y valores significativos respecto al indicador de Hansen evaluado en la variable de atractividad del número de servicios, en el caso de los demás indicadores el valor-p está por encima del 5%, con valores entre 46% y 90%.

Tabla 10. Tabla resumen de los gráficos de dispersión (Correlación y Valor P)

	F_R_I	ISO	H_A	H_S
F_R_I		0.2945 P-Value: 0.000	0.0069 P-Value: 0.8991	0.0146 P-Value: 0.7900
ISO	0.2945 P-Value: 0.000		-0.6880 P-Value: 0.000	-0.6930 P-Value: 0.000
H_A	0.0069 P-Value: 0.8991	-0.6880 P-Value: 0.000		0.9966 P-Value: 0.000
H_S	0.0146 P-Value: 0.7900	-0.6930 P-Value: 0.000	0.9966 P-Value: 0.000	

Fuente: Elaboración propia

8.5. Indicadores de equidad espacial

A continuación, por medio de la curva de Lorenz se describe la equidad o desigualdad territorial de la accesibilidad que tienen los habitantes de los barrios de Cali a las unidades deportivas.

8.5.1. Curva de Lorenz

En la Figura 26, se puede observar los diferentes indicadores evaluados para la estimación de la equidad espacial por medio la curva de Lorenz, que permiten estimar la inequidad con diferentes variables de análisis. Se evidencia que los valores obtenidos son muy diferentes, por ende, se obtuvo una desviación estándar de 0.206, el indicador con más inequidad fue el índice de provisión de transporte público relativo con un 63.512%, seguido del índice de provisión de transporte público absoluto, posteriormente el índice de Hansen con variable de atracción número de servicios 32.776%, índice de Hansen con variable de atracción número de área 32.631% ,

índice de isócronas con 13.033% y el indicador que presenta una menor inequidad al acceso de las unidades deportivas es el índice de factor de ruta integral.

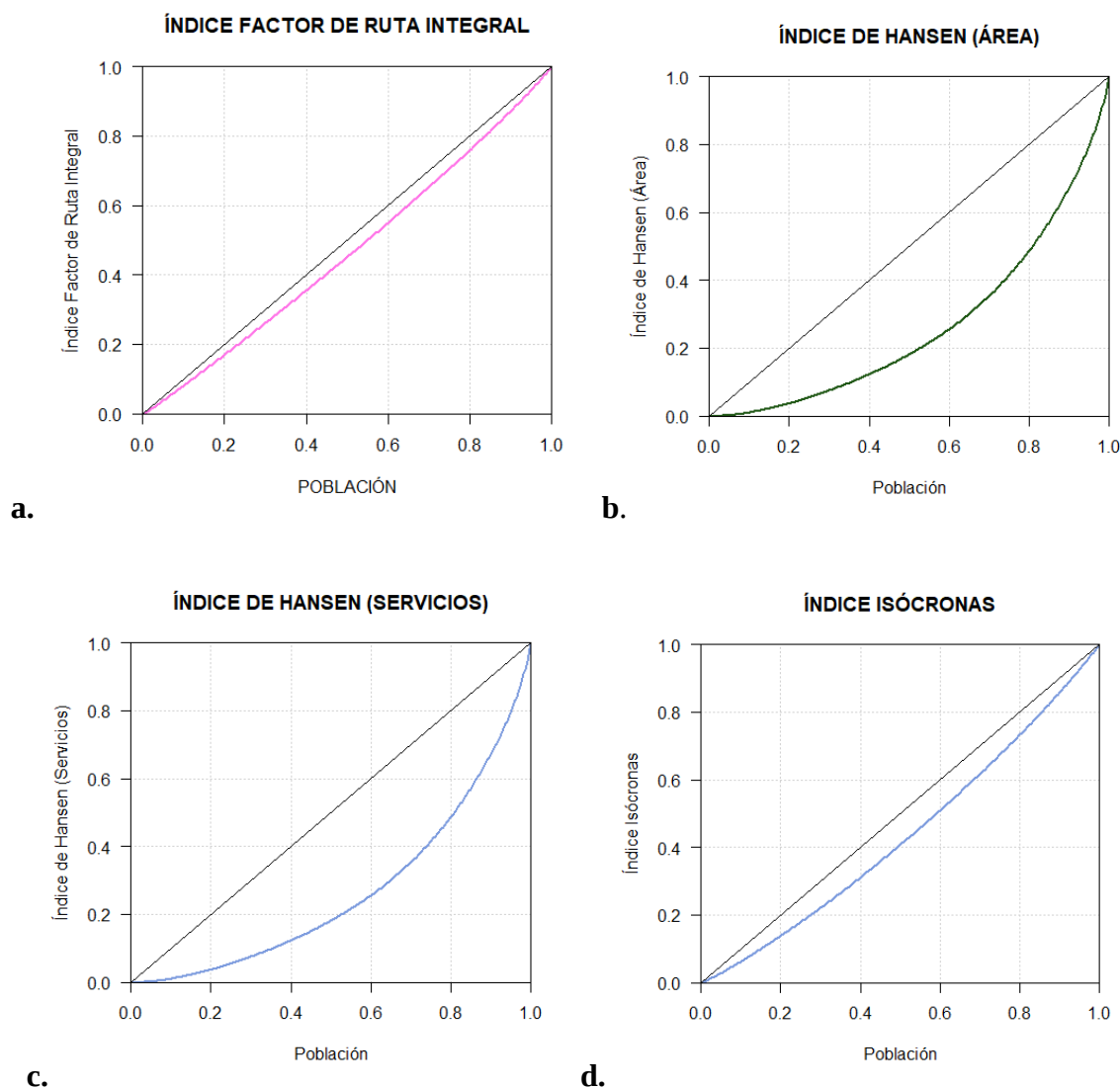


Figura 26. Curva de Lorenz para los indicadores estadísticos

Fuente: Elaboración propia

a. La curva de Lorenz muestra que el indicador factor de ruta integral posee un comportamiento cercano a la línea de equidad perfecta, lo que representa una menor desigualdad, dado que según este indicador la red de transporte es regular en la mayoría de los barrios de la ciudad.

b. El indicador de Hansen con variable de atracción área y c. el indicador de Hansen con variable de atracción el número de servicios tienen un comportamiento similar, por lo que ambos muestran que del 80% de la población solo el 60% tiene accesibilidad, por lo que el 20% de este porcentaje no cuenta con accesibilidad, dado que, según estos indicadores, se presentan condiciones desfavorables en cuanto a la interacción espacial, la atracción de lugares y la disponibilidad de área.

d. Las curvas isócronas muestran un comportamiento cercano a la línea perfecta de equidad, por lo que según este indicador la accesibilidad es equitativa, teniendo en cuenta los tiempos de viaje de los barrios hasta las unidades deportivas.

Con base a lo anterior, los indicadores que muestran una mayor equidad de la accesibilidad son el factor de ruta integral y las curvas isócronas que se acercan a la línea de equidad perfecta, por el contrario, los indicadores que muestran mayor desigualdad son los índices de Hansen con variable atractora número de servicios y Hansen tomando como variable atractora el área

8.5.2. Coeficiente de Gini

A través del cálculo del coeficiente de Gini, se puede determinar qué tan equitativo es el acceso a las diferentes unidades deportivas, evaluados desde cada indicador estimado en el presente proyecto. Según el coeficiente de Gini, se observa que el indicador con mayor equidad es el factor de ruta integral con un coeficiente de 0.0711, seguido por las curvas isócronas con un coeficiente de 0.1303, ya que estos valores se aproximan a cero, valor para cual se presentaría una equidad perfecta. Contrario a esto, sucede con el indicador de provisión de transporte relativo, con un coeficiente de 0.6351, el cual se acerca a 1, lo que significa que este indicador presenta una mayor desigualdad, como se muestra en la Tabla 11. Estos valores indicadores poseen una alta dispersión con una desviación estándar de 0.206 y un promedio de 0.322.

Tabla 11. Coeficiente de Gini

Indicador de accesibilidad	Coeficiente de Gini
Factor de ruta integral	0.0711
Trazado de velocidad	0.1800
Isócronas	0.1303
Hansen a partir del área	0.3263
Hansen Servicio	0.3278
Absoluto ITP	0.4404
Relativo ITP	0.6351

Fuente: Elaboración propia

9. Discusiones de los Resultados

A partir de los indicadores de accesibilidad y su representación cartográfica correspondiente, se observa que los valores favorables de accesibilidad en su mayoría se presentan en la zona central y la zona sur de la ciudad, sin tener en cuenta su extremo sur, ya que, por ejemplo, en los barrios de la comuna 22 en la mayoría de los indicadores, se presenta una accesibilidad desfavorable, lo que puede explicarse con el indicador de Hansen, teniendo en cuenta que estos barrios no tienen una atracción significativa hacia las unidades deportivas, por lo menos por medio del transporte público.

Es importante destacar que los barrios de la comuna 1 en los indicadores estudiados en esta investigación presentan una accesibilidad desfavorable, por lo que es necesario que se reevalúe, las necesidades de esta comuna y la oferta de transporte del SITM-MIO, dado que no obtiene valores favorables en las diferentes variables que explican los indicadores, como calidad de trazado de red, infraestructura, interacción espacial, atracción del lugar, disponibilidad de áreas, tiempo, nivel de servicio, entre otros.

El indicador de factor de ruta integral muestra una calidad trazado de la red regular en la ciudad, es decir una buena calidad de la red según la escala de este factor, pese a esto, los barrios de la comuna 1 y algunos barrios de la zona oriental colindantes con el corregimiento de Navarro, además de algunos en la zona sur, colindantes con el corregimiento de buiterra presentan una calidad de trazado de ruta irregular o tortuosa. Este indicador proporciona valores sobre el grado de eficiencia vial en la conectividad de las redes, donde los autores Murillo Hoyos (2007), evaluaron el acceso y el desplazamiento entre los municipios referente a la infraestructura vial del departamento del Valle del Cauca. En este estudio los autores determinaron que las zonas urbanas con las mejores condiciones de accesibilidad eran aquellas con la mayor cantidad de accesos y vías de comunicación con otros municipios, destacándose el caso de la ciudad de Cali, mientras

que para Buenaventura se presentaron los resultados menos favorables, dada su poca cantidad de infraestructura de acceso y su distancia con respecto al resto de municipios comunicados por la malla vial estudiada. En comparación con este estudio, que debido al contexto de análisis la escala de esta investigación fue a nivel de barrios y la de los autores escala regional, se obtuvieron resultados similares en cuanto a la presencia de mayores cantidades de accesos y vías al área de estudio mejores resultados de accesibilidad se tienen; aunque estos indicadores se pueden ver afectados por las distancias cortas, las velocidades ponderas de acuerdo con la pendiente, entre otras variables que puedan alterar los resultados (Morales Bonilla, 2019).

El indicador de gravedad de Hansen evaluado con variable atractora de servicio y con variable atractora de área de cada equipamiento, muestra una accesibilidad favorable en la zona central-sur de la ciudad, en los barrios cercanos a las unidades deportivas, y en los extremos de la ciudad muestran que la accesibilidad es baja.

El indicador de curvas isócronas muestra que los tiempos de viaje en general de la ciudad y de acuerdo con la categorización realizada por el método de Jenks, es aceptable, lo que significa tiempos óptimos de viaje; pese a esto, en algunos barrios de la zona oriente en el Distrito de Agua Blanca colindantes con el corregimiento de Navarro y los barrios de la comuna 1, presentan tiempo de viaje altos, por lo que son desfavorables para su accesibilidad.

En general los indicadores mostraron mayor accesibilidad en la zona centro, norte y sur, pero menor accesibilidad en las zonas de los extremos de la ciudad, lo que concuerda con Jaramillo et al., (2012), en su investigación de disparidad espacial entre las necesidades sociales y la provisión del transporte, dado que los resultados arrojaron una mayor disparidad en las zonas de la periferia de la ciudad, donde además se presentan variables sociales desfavorecedoras, como delincuencia, homicidios, niveles bajos de educación, entre otros aspectos. Por otra parte, se presenta una

sobreoferta de transporte en el centro de la ciudad dada la actividad económica y comercial de este sector.

En cuanto a la equidad los indicadores que muestran un acercamiento a la línea perfecta de equidad según la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini son el factor de ruta integral y las curvas isócronas por lo que se deduce que la calidad de trazado de la red y los tiempos de viaje del sistema de transporte SITM-MIO, son las variables más equitativas. También, se evidencia la carencia de estas unidades deportivas en las periferias de la ciudad, ya que en estas zonas se ubican la mayor parte de la población, además de que el indicador Factor de Ruta Integral para estas zonas arrojó resultados negativos para trazados viales tortuosos. Es necesario implementar políticas públicas que mejoren la planificación y contribuyan así a mejorar la equidad en estas zonas; ya que, causarían un impacto positivo tanto en la parte social y económica.

Por otra parte, los indicadores que tienen una correlación más fuerte, según la correlación de Pearson, son las curvas isócronas y el indicador de gravedad de Hansen evaluando las variables atractoras como número de servicios y área, relación que según el valor-p tiene significancia estadística, lo que se puede explicar cómo: a mayor interacción espacial y mayores oportunidades de viaje, menores tiempos de recorrido de un origen a un destino, dada su relación inversamente proporcional, lo que concuerda con Zarama (2020) en su investigación de la accesibilidad a los aeropuertos del Eje Cafetero y Norte del Valle, en el cual menciona una fuerte correlación inversa entre la calidad de infraestructura, las oportunidades de viaje y los tiempos, a lo que hizo referencia como: cuanto mayor sea la calidad de infraestructura y las oportunidades potenciales de viaje menor será el tiempo de viaje promedio.

Por consiguiente, la medida de Gravedad de Hansen empleada por los autores Demelle y Casas (2012) que realizaron para la ciudad de Cali, donde usaron este indicador con distancias Origen – Destino entre barrios y la oferta del servicio donde para nuestra investigación fue la variable de

atracción como el área de las unidades deportivas y el número de servicios que ofrecen. Los resultados que se obtuvieron muestran que los barrios de la zona norte y oeste de la ciudad arrojaron resultados de accesibilidad bajos a pesar de que estas zonas están influenciadas por la red vial troncal del SITM-MIO, la atraktividad a estas unidades deportivas disminuye por la distancia del origen al destino; la cual influye en la segmentación poblacional creando una barrera social en el territorio (Morales Bonilla, 2019) ya que este indicador evalúa la atracción del lugar sobre la impedancia de viajar o desplazarse hacia la oferta. Los autores en su análisis arrojaron resultados similares en la evaluación de este indicador, ya que las zonas periféricas que se encuentran en el extremo occidental de la ladera de la ciudad presentaron valores bajos de accesibilidad, y los barrios que tenían una tendencia alta hacia el eje de la calle 5, en sentido norte y sur, atribuido a la cercanía entre línea vial principal del SITM-MIO, en contraste con este análisis que se obtuvo resultados similares a pesar de que se evaluaban diferentes variables.

10. Conclusiones

Los indicadores de accesibilidad permiten comprender problemas con diferentes variables. Esto unido a técnicas de información geográfica permiten realizar valoraciones de la conectividad que tienen diferentes sectores en un territorio, lo cual funciona como base para la planeación y toma de decisiones sobre el desarrollo territorial, dada la relación entre los núcleos de población y las redes de transporte, teniendo en cuenta las necesidades de dicha población, ya que la accesibilidad se relaciona con los derechos humanos fundamentales y la oportunidad de realizar actividades en diferentes lugares según los autores consultados, en este caso en la realización de deportes en las unidades deportivas para el cuidado de la salud en general y la disminución de las enfermedades no transmisibles, además del desarrollo personal y profesional en diferentes disciplinas, dado que Cali es reconocida como la capital deportiva de América por fomentar el deporte a nivel mundial por medio de sus deportistas y sus instalaciones para estas actividades.

Para la investigación presente se llevó a cabo una metodología que arrojó resultados con significancia estadística en algunos casos, que permite analizar de manera cualitativa y cuantitativa los niveles de equidad territorial en la ciudad de Santiago de Cali. Esto se obtuvo realizando una caracterización espacial de las unidades deportivas y la red de transporte del sistema BRT, estableciendo medidas de accesibilidad, evaluando diferentes indicadores que tienen en cuenta en este caso, la población, la calidad de la red de transporte, la infraestructura, la separación espacial, el área, el nivel de servicio, la velocidad, la congestión y la atracción a unidades deportivas. Esta metodología proporcionó dar cumplimientos a los objetivos propuestos en esta investigación y sirvió de análisis para evidenciar zonas de mayor desigualdad. Esta investigación puede servir de estudio para diseñar nuevas políticas para mejorar la accesibilidad a toda la población.

Con base en lo anterior, se estableció que en general las zonas con mayor accesibilidad son las zonas centrales y cercanas a las unidades deportivas según los indicadores establecidos, así mismo las zonas de periferia al occidente y este de la ciudad presentan valores bajos de accesibilidad, con base en esto, la comuna 1 es la más afectada en este caso, por otra parte, en el caso de la comuna 22 se dedujo que no se presenta atraktividad importante para el desplazamiento hasta las unidades deportivas, por lo que se debe tener en cuenta otras variables para comprender este comportamiento.

En cuanto a la equidad del servicio de transporte del SITM-MIO, según los indicadores, se estableció que existe desigualdad en aspectos como el nivel de servicio de la infraestructura de transporte, promedio de viajes, interacción espacial, disponibilidad de áreas, entre otros, mientras que se obtuvo equidad en aspectos como el trazado de la red de infraestructura y los tiempos de viaje.

Una limitación de esta metodología de accesibilidad a las unidades deportivas, se procuraba establecer un modelo espacial del acceso de la población a las unidades deportivas, pero no se brindó información particular sobre variables específicas o patrones de la población al acceso de este, debido a la complejidad que enmarca; porque, actúan diversos factores o variables integrados a la estimación de la equidad como variables sociales.

Se recomienda para posteriores investigaciones involucrar variables socioeconómicas individuales, como ingresos, nivel socioeconómico, nivel de salud (enfermedades transmisibles y no transmisibles, discapacidad), nivel educativo, entre otras variables, lo que permitiría comprender mejor los niveles de equidad territorial en la ciudad.

11. Bibliografía

- ACES Europe. (2018). *Cali, American Capital of Sport 2019 - ACES EUROPE*. <http://aceseurope.eu/cali-american-capital-sport-2019/>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2017). *Escenarios deportivos*. <https://www.cali.gov.co/deportes/publicaciones/139528/escenarios-deportivos/>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2021). *Unidades deportivas de alto rendimiento*. <https://www.cali.gov.co/deportes/publicaciones/131771/unidades-deportivas-de-alto-rendimiento/>
- Arana Holguín, J. L. y Delgado Salgado, C. J. N. (2014). ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD PARA EL SISTEMA DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS ESPECIALIZADAS AL INTERIOR DE COLOMBIA. *Implementation Science*, 39(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.1038/nature10402%0A>
- Asprilla López, J. (2014). NIVELES DE ACCESIBILIDAD Y COBERTURA DE LA RED DE SALUD PÚBLICA EN SANTIAGO DE CALI. *Universidad del Valle*.
- Astudillo, C. A. W., Jaramillo, C. y Murillo-Hoyos, J. (2021). Public transport accessibility and spatial equity for patients with neurodegenerative disease in Santiago de Cali, Colombia. *Investigaciones Geograficas*, 2021(76), 179-193. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17589>
- Barbosa Granados, S. H. y Urrea Cuellar, Á. M. (2018). Influencia del deporte y la actividad física en el estado de salud físico y mental: una revisión bibliográfica. *Katharsis*, 25, 141-160. <https://doi.org/10.25057/25005731.1023>
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Gopal, A., Srour, I. y Weston, L. (2002). Development of an Urban Accessibility Index: Formulations, Aggregation, and Application. *Time*, 7(21), 176.
- Bocarejo S., J. P. y Oviedo H., D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*, 24, 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.004>
- Cabrera Loayza, R. (2016). Aplicaciones de Centros de Gravedad, Centroides, Primer Momento y Momento de Inercia en la Ingeniería Civil. *Diario*, 1(1), 1-5.
- Cruz, M. A. C. (2000). Máximos Y Mínimos. *UAEM Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa*.
- DANE. (2021). *Estratificación socioeconómica*. <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/estratificacion-socioeconomica>
- Delbosc, A. y Currie, G. (2011). Using Lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1252-1259. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.02.008>
- Delmelle, E. C. y Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.001>
- ESRI. (2016). *Fundamentos de topología*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/manage-data/topologies/topology-basics.htm>
- ESRI. (2021). *¿Qué es la geocodificación?* <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/geocoding/what-is-geocoding.htm>
- Fajardo Barragán, A. (2021). *Santiago de Cali, una ciudad de dinamismo permanente | La Red Cultural del Banco de la República*. <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-227/santiago-de-cali-una-ciudad-de-dinamismo-permanente>

- Frau, C. M., Rojas, Y. O., Hernández, Y. M. y Valenzuela, J. G. (2008). Exactitud espacial en la creación de bases de datos SIG modelos Ráster y Vectorial. *Ingeniare : Revista Chilena de Ingeniería*, 16(2), 159-168. http://search.proquest.com/docview/203577805?accountid=15300%5Cnhttp://sfx.cbuc.cat/uc?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&sid=ProQ:ProQ%3Aengineeringjournals&atitle=EXACTITUD+ESPACIAL+EN+LA+CREACIÓN+DE+BASES+DE+D
- Frenk, D. J. (1985). El concepto y la medición de la Accesibilidad. *Salud pública de México*.
- Gárate, J. L. A., Palomino, M. C. y Caba, H. A. (2009). Capítulo 8. El formato vectorial. *Análisis espacial*. Universidad de Murcia. <http://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Sistemas de Informacion Geografica.pdf>
- García, F. J. y Escobar, D. A. (2012). Propuesta metodologica para la determiacion de un indicador de prioridad calculado a partir de la accesibilidad. *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology Refereed*. <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP154.pdf>
- Garrocho, C. y Campos, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía Sociedad y Territorio*. <https://doi.org/10.22136/est002006262>
- Garrocho Rangel, C. F. y Campos Alanís, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía Sociedad y Territorio*, October 2014. <https://doi.org/10.22136/est002006262>
- Gobernación del Valle. (2016). Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021. *Ministerio de Salud y Protección Social*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/PDSP.pdf>
- Gómez Cárdenas, C. W. (2011). Políticas De Transporte Urbano: El Caso Del Sistema Masivo De Transporte En El Área Metropolitana De Cali. *Revista De Economía Y Administración*, 8(1), 101-123.
- Gómez Mosquera, G. B. (2020). Análisis de la demanda de los usuarios del transporte masivo MIO en la estación Calipso y barrios periféricos de la ciudad de Cali. En *Universidad Autónoma de Occidente* (Vol. 7, Número 2).
- Goyes Chaves, D. M. y Díaz Montenegro, F. A. (2015). NIVELES DE ACCESIBILIDAD A LOS SERVICIOS DE SALUD DE URGENCIAS, EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, A MARZO DE 2015. *Universidad del Valle*, 7(2), 107-115.
- Halden, D., Jones, P. y Wixey, S. (2005). Measuring Accessibility as Experienced by Different Socially Disadvantaged Groups-Working paper. *Transport Studies Groups-University of Westminster*, June.
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73-76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Hansz, M., Hernández, D. y Rubinstein, E. (2018). ¿Qué implica la accesibilidad en el diseño e implementación de políticas públicas urbanas? *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://publications.iadb.org/en/que-implica-la-accesibilidad-en-el-diseno-e-implementacion-de-politicas-publicas-urbanas-concepto>
- Hernández Lalinde, J. D., Espinosa Castro, J. F., Peñaloza Tarazona, E., Rodriguez, J., Chacón Rangel, J. G., Toloza Sierra, C. A., Arenas Torrado, M. K., Carrillo Sierra, S. M. y Bermúdez Pirela, V. J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Universidad Simón Bolívar*, 37, 587-595.

- https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_5_2018/25sobre_uso_adecuado_coeficiente.pdf
- Huertas Rodriguez, H. A. y Serrano Flórez, C. A. (2017). ANÁLISIS TERRITORIAL DE LA ACCESIBILIDAD COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO-SITM EN SANTIAGO DE CALI. *Universidad del Valle*.
- i Pujol, A. F. T. (1983). El modelo de difusión de T. Hägerstrand. Una aplicación a la ganadería del Pirineo Catalán. *Documents d'anàlisi geogràfica*, d(2), 69-160.
- Jaitman, L. y Scartascini, C. (2017). *Deporte para el desarrollo*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Deporte-para-el-desarrollo.pdf>
- Jaramillo, C., Lizárraga, C. y Grindlay, A. L. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography*, 24, 340-357. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.014>
- Jurado, M. A. y Tovar, S. (2016). EVALUACIÓN DE LA EQUIDAD DESDE LA COBERTURA DEL SERVICIO DEL AUTOBÚS DE TRÁNSITO RÁPIDO (BRT) HACIA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS EN SANTIAGO DE CALI. *Universidad del Valle*, 23(45), 5-24.
- Kwan, M. (1998). Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. *GeoGraphical Analysis*, 30(9512451), 191-216.
- Litman, T. (2010). Guidance For Incorporating Distributional Impacts by. *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, British ...*, 8(2), 50-65.
- Liu, S. y Zhu, X. (2004). Accessibility Analyst: An integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 105-124. <https://doi.org/10.1068/b305>
- Lizarraga, C. (2012). *Expansión metropolitana y movilidad: el caso de Caracas*.
- Lorenz, M. O. (1905). Methods of measuring the concentration of wealth. *Publications of the American Statistical Association*, 9(70), 209-219. <https://doi.org/10.1080/15225437.1905.10503443>
- Martori, J. C., Apparicio, P. y Séguin, A. M. (2020). Spatial Potential Accessibility of Playgrounds in Barcelona City. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 13(2), 489-506. <https://doi.org/10.1007/s12061-019-09316-4>
- Mitas, L. y Mitsova, H. (1999). Spatial Interpolation. *Geographical information systems: principles, techniques, management and applications*, 1(2), 481-489. <https://doi.org/10.4324/9781351243858-7>
- Morales Bonilla, J. D. (2019). Análisis del impacto en la implementación del sistema de transporte aerosuspendido, desde un enfoque de accesibilidad espacial urbana. Caso de estudio: MIO-CABLE, Santiago de Cali. *Universidad del Valle*, 15(2), 1-23.
- Morales, J. (2019). Análisis Del Impacto En La Implementación Del Sistema De Transporte Aerosuspendido, Desde Un Enfoque De Accesibilidad Espacial. *Universidad del Valle*.
- O'Sullivan, D., Morrison, A. y Shearer, J. (2000). Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: An isochrone approach. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(1), 85-104. <https://doi.org/10.1080/136588100240976>
- OPS. (2019). Las ENT de un vistazo: Mortalidad por enfermedades no transmisibles y prevalencia de sus factores de riesgo en la Región de las Américas. *Organización Panamericana de la salud, Washington, D.C.*, 1-40. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51752>

- OPS. (2020). *Las enfermedades no transmisibles (ENT), nuestro reto*. Organización Panamericana de la salud, Washington, D.C. https://www3.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1756:las-enfermedades-no-transmisibles-ent-nuestro-reto&Itemid=487
- OPS. (2021). *Actividad Física - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. Organización Panamericana de la salud, Washington, D.C. <https://www.paho.org/es/temas/actividad-fisica>
- Patín Sandoval, M. (2018). *Diseño de una parada de transporte público para movilidad urbana en Santo Domingo, bajo en el concepto de movilidad inteligente*. Universitat Politècnica de València.
- Perez, R. S. (2010). *Nociones Básicas de Estadística* (1986.^a ed.).
- Pucha-Cofrep, F., Cánovas-Garcia, F., Fries, A., Oñate-Valdivieso, F., González-Jaramillo, V. y Pucha-Cofrep, D. (2017). *Fundamentos de SIG: aplicaciones con ArcGIS* (Franz Puch). www.acolita.com
- Pulla Maldonado, L. A. (2019). *Diseño de mobiliario y equipamiento de paradas de buses*.
- Ramírez Cajigas, D. A. (2018). DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS RUTAS DEL SISTEMA MIO DE ACUERDO CON LA CALIDAD DEL SERVICIO PERCIBIDO EN LA COMUNA 18. *Pontificia Universidad Javeriana*, 5(2), 40-51.
- Ramjerdi, F. (2006). Equity measures and their performance in transportation. *Transportation Research Record*, 1983, 67-74. <https://doi.org/10.3141/1983-10>
- Rodrigue, J. P., Comtois, C. y Slack, B. (2006). The geography of transport systems. *The Geography of Transport Systems*, 1-440. <https://doi.org/10.4324/9781315618159>
- Ruiz, M., Pons, J. M. S., Lladó, J. M. y Reynés, M. R. M. (2016). Evaluación de la equidad del servicio de transporte público: el caso de palma de mallorca. *Estudios Geograficos*, 77(281), 619-646. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201621>
- Saéz González, C. N. (2020). Accesibilidad e inclusión en el sistema de transporte público en la región metropolitana. *Universidad del Desarrollo*. <http://hdl.handle.net/11447/3469>
- Secretaria de Salud publica Municipal de Cali. (2018). Análisis de situación integrado de salud (ASIS) del municipio de Cali 2018. *Colombia, Secretaria de Salud Pública Municipal*, 1-34. <https://www.cali.gov.co>
- Secretaria de Salud publica Municipal de Cali y Universidad del Valle. (2008). La situación de salud en Santiago de Cali: una mirada desde la Salud Pública. *Rev Chil Salud Pública*, 12(3), 181-187. https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/FESP_Modelo_Salud_Publica_Colombia-Cali-2007.pdf
- Sohn, J. (2006). Evaluating the significance of highway network links under the flood damage: An accessibility approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(6), 491-506. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.08.006>
- Universidad del Valle y Alcaldía de Santiago de Cali. (2017). Caracterización de recursos y capacidades del sector deporte de Santiago de Cali. *Alcaldía de Santiago de Cali*. <https://www.cali.gov.co/documentos/1699/documentos-observatorio-del-deporte/>
- Verjan Sierra, C. R. (2015). Accesibilidad a la futura ciudad administrativa de Djibloho a través de la red de carreteras del estado de Guinea Ecuatorial - África Central. *Universidad del Valle*. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/15414>
- Welch, T. F. y Mishra, S. (2013). A measure of equity for public transit connectivity. *Journal of Transport Geography*, 33, 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.007>
- World Health Organization. (2013). WORLD HEALTH STATISTICS 2013. En *Occupational*

Medicine (Vol. 53, Número 4).

Zapata, V. G. (2021). Estimación de la influencia de la accesibilidad del Sistema de Transporte Masivo MIO en el valor del suelo en la ciudad de Cali. *Universidad del Valle*, 1-93.

Zaragoza, M. y Islas, V. (2007). Analisis de los sistemas de transporte. *Secretaría de Comunicaciones y Transporte*, 1(307), 1-61.

Zarama, J. P. (2020). Análisis de accesibilidad para los aeropuertos del eje cafetero y norte del Valle del Cauca. *Universidad del Valle*, 7(2), 107-115.

Zuluaga, J. D., Montoya, J. A. y Escobar, D. A. (2017). Análisis geoespacial y territorial de la región suroccidente de Colombia. *Espacios*, 38(31).

12. Anexos

Anexo 1. cálculo de indicadores de accesibilidad

Nombre del Barrio	Factor de Ruta Integral	Isocronas	Hansen 1959 (Área)	Hansen 1959 (Servicio)	A_IPTP	R_IPTP
Terron Colorado	2.926	55.000	18.924	0.009	0.00000	0.000000000
Vista Hermosa	2.655	54.000	15.804	0.007	0.00000	0.000000000
Sector Patio Bonito	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00000	0.000000000
Aguacatal	2.406	54.000	21.052	0.010	0.00002	0.000000002
Santa Rita	2.269	40.000	28.338	0.012	0.00001	0.000000013
Santa Teresita	2.428	48.517	28.579	0.013	0.00004	0.000000015
Arboledas	2.046	39.875	37.970	0.017	0.00001	0.000000002
Normandia	2.059	47.913	31.900	0.015	0.00002	0.000000009
Juanambú	1.698	43.438	37.732	0.017	0.00000	0.000000000
Centenario	1.729	39.992	40.337	0.018	0.00007	0.000000047
Granada	1.902	39.088	31.403	0.014	0.00001	0.000000004
Versalles	1.829	36.275	29.653	0.014	0.00011	0.000000085
San Vicente	1.801	40.000	24.734	0.011	0.00007	0.000000028
Santa Mónica	1.772	35.475	26.697	0.012	0.00003	0.000000010
Prados del Norte	1.914	44.879	20.575	0.009	0.00002	0.000000003
La Flora	1.776	48.154	18.823	0.009	0.00002	0.000000005
La Campiña	1.846	45.408	18.944	0.009	0.00002	0.000000009
La Paz	1.798	46.967	18.528	0.008	0.00006	0.000000094
El Bosque	1.826	52.925	17.510	0.008	0.00004	0.000000013
Menga	1.789	52.946	16.226	0.007	0.00000	0.000000005
Ciudad de Los Alamos	1.926	48.563	15.713	0.007	0.00009	0.000000007
Chipichape	1.876	46.221	19.677	0.009	0.00002	0.000000012
Brisas de Los Alamos	1.763	56.150	15.398	0.007	0.00003	0.000000003
Urbanización La Merced	1.696	44.388	19.512	0.009	0.00000	0.000000000
Vipasa	1.924	54.846	18.390	0.008	0.00002	0.000000002

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Urbanización La Flora	2.008	57.363	14.807	0.007	0.00001	0.000000001
Altos de Menga	1.915	55.796	16.193	0.007	0.00000	0.000000001
Sector Altos de Normandia - Bataclán	2.358	54.071	23.157	0.011	0.00000	0.000000000
Área en Desarrollo - Parque del Amor	1.888	54.667	15.984	0.007	0.00002	0.000000004
El Nacional	2.078	47.221	53.299	0.024	0.00006	0.000000031
El Peñón	2.038	36.475	36.930	0.017	0.00003	0.000000022
San Antonio	1.828	41.571	47.750	0.021	0.00002	0.000000010
San Cayetano	1.793	40.413	54.476	0.025	0.00003	0.000000007
Los Libertadores	2.041	29.692	60.839	0.027	0.00005	0.000000015
San Juan Bosco	1.667	32.283	58.685	0.027	0.00007	0.000000023
Santa Rosa	1.600	38.417	53.432	0.024	0.00003	0.000000025
La Merced	1.728	34.542	45.139	0.020	0.00005	0.000000076
San Pascual	1.844	33.600	48.794	0.022	0.00009	0.000000043
El Calvario	1.781	34.333	45.531	0.020	0.00004	0.000000049
San Pedro	1.801	32.129	39.548	0.018	0.00004	0.000000098
San Nicolás	1.711	42.096	33.786	0.015	0.00003	0.000000010
El Hoyo	1.715	35.542	33.745	0.015	0.00005	0.000000129
El Piloto	1.918	34.283	25.781	0.012	0.00003	0.000000049
Navarro - La Chanca	1.878	44.417	55.656	0.025	0.00006	0.000000049
Jorge Isaacs	1.875	46.175	27.345	0.013	0.00000	0.000000003
Santander	1.989	40.246	22.057	0.010	0.00003	0.000000028
Porvenir	2.171	44.317	21.203	0.010	0.00003	0.000000013
Las Delicias	2.194	49.567	19.045	0.009	0.00002	0.000000006
Manzanares	2.055	44.788	19.102	0.009	0.00003	0.000000019
Salomia	1.922	49.954	19.951	0.009	0.00001	0.000000001
Fátima	2.003	45.508	22.162	0.010	0.00000	0.000000000
Sultana - Berlín - San Francisco	1.789	43.188	24.162	0.011	0.00001	0.000000008
Popular	1.911	40.338	19.908	0.009	0.00002	0.000000030

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Ignacio Rengifo	1.831	47.763	20.435	0.009	0.00002	0.000000010
Guillermo Valencia	1.753	41.304	20.470	0.009	0.00002	0.000000008
La Isla	1.800	47.963	20.125	0.009	0.00000	0.000000000
Marco Fidel Suárez	1.736	44.404	20.170	0.009	0.00000	0.000000000
Evaristo Garcia	1.766	44.858	19.018	0.009	0.00001	0.000000008
La Esmeralda	2.123	49.183	20.363	0.009	0.00005	0.000000021
Bolivariano	1.982	45.246	20.075	0.009	0.00000	0.000000000
Olaya Herrera	1.840	53.538	18.004	0.008	0.00001	0.000000002
Unidad Residencial Bueno Madrid	1.837	42.438	22.320	0.010	0.00003	0.000000022
Flora Industrial	2.082	51.871	15.620	0.007	0.00001	0.000000006
Calima	1.822	48.292	15.511	0.007	0.00002	0.000000006
Industria de Licores	2.237	48.308	20.448	0.009	0.00000	0.000000000
La Alianza	1.951	49.104	17.876	0.008	0.00003	0.000000032
El Sena	2.241	52.721	15.788	0.007	0.00003	0.000000004
Los Andes	2.204	57.654	15.291	0.007	0.00001	0.000000002
Los Guayacanes	2.030	53.050	14.802	0.007	0.00004	0.000000004
Chiminangos II	1.796	50.688	15.856	0.007	0.00003	0.000000004
Chiminangos I	1.806	49.050	15.443	0.007	0.00002	0.000000006
Metropolitano del Norte	1.836	51.617	15.490	0.007	0.00003	0.000000005
Los Parques Barranquilla	1.873	51.025	15.861	0.007	0.00002	0.000000002
Villa del Sol	1.968	49.763	15.348	0.007	0.00008	0.000000021
Paseo de Los Almendros	2.229	59.804	13.933	0.006	0.00003	0.000000011
Los Andes B - La Riviera	2.182	56.392	15.191	0.007	0.00005	0.000000009
Torres de Comfandi	2.022	53.663	17.277	0.008	0.00004	0.000000003
Villa del Prado - El Guabito	2.019	53.033	15.445	0.007	0.00003	0.000000002
San Luis	1.849	53.754	14.091	0.006	0.00003	0.000000003
Jorge Eliécer Gaitán	2.001	61.821	13.945	0.006	0.00002	0.000000002
Paso del Comercio	1.739	52.363	13.963	0.006	0.00002	0.000000003
Los Alcazares	1.768	51.283	14.561	0.007	0.00004	0.000000005
Petecuy I	1.841	57.217	14.580	0.007	0.00000	0.000000000

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Petecuy II	1.922	57.783	13.352	0.006	0.00001	0.000000001
La Rivera I	1.966	54.458	14.414	0.007	0.00002	0.000000005
Los Guaduales	1.990	58.625	13.963	0.006	0.00001	0.000000001
Petecuy III	1.914	60.821	13.785	0.006	0.00000	0.000000000
Ciudadela Floralia	1.876	59.521	12.965	0.006	0.00002	0.000000001
Fonaviemcali	1.858	55.146	14.279	0.007	0.00004	0.000000018
San Luis II	1.788	52.054	14.211	0.006	0.00005	0.000000005
Urbanización Calimio	1.846	55.975	13.486	0.006	0.00003	0.000000004
Sector Puente del Comercio	1.760	51.538	15.012	0.007	0.00004	0.000000006
Alfonso Lopez I	1.802	51.550	15.992	0.007	0.00002	0.000000002
Alfonso Lopez II	1.789	47.513	17.219	0.008	0.00003	0.000000005
Alfonso Lopez III	1.997	52.600	15.942	0.007	0.00002	0.000000002
Puerto Nuevo	1.896	54.433	16.160	0.007	0.00000	0.000000000
Puerto Mallarino	1.858	47.725	17.045	0.008	0.00001	0.000000004
Urbanización El Angel del Hogar	1.888	43.025	17.672	0.008	0.00003	0.000000010
Siete de Agosto	1.691	38.933	21.417	0.010	0.00003	0.000000003
Los Pinos	1.820	43.375	18.549	0.008	0.00003	0.000000016
San Marino	1.786	44.113	18.125	0.008	0.00000	0.000000000
Las Ceibas	1.882	43.167	18.728	0.009	0.00004	0.000000007
Base Aérea	2.308	60.050	18.254	0.008	0.00000	0.000000000
Parque de la Caña	2.331	48.346	20.893	0.009	0.00001	0.000000050
Fepicol	1.808	42.883	16.827	0.008	0.00003	0.000000009
Primitivo Crespo	1.850	34.429	40.304	0.019	0.00004	0.000000012
Simón Bolívar	1.776	31.213	40.245	0.019	0.00000	0.000000000
Saavedra Galindo	1.777	31.488	36.898	0.017	0.00003	0.000000012
Rafael Uribe Uribe	1.737	43.033	36.922	0.017	0.00000	0.000000000
Santa Mónica Popular	1.590	47.658	40.119	0.018	0.00004	0.000000007
La Floresta	1.683	42.192	35.776	0.016	0.00002	0.000000006
Benjamín Herrera	1.673	37.363	35.699	0.016	0.00000	0.000000000
Municipal	1.658	37.046	33.535	0.015	0.00002	0.000000008

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Industrial	1.691	41.371	31.058	0.014	0.00002	0.000000009
El Troncal	2.207	40.317	24.498	0.011	0.00003	0.000000004
Las Américas	1.651	42.563	30.424	0.014	0.00002	0.000000005
Atanasio Girardot	1.776	39.588	32.310	0.015	0.00001	0.000000002
Santa Fé	1.764	39.217	31.841	0.015	0.00001	0.000000002
Chapinero	1.894	30.325	26.430	0.012	0.00005	0.000000012
Villa Colombia	2.084	43.896	23.223	0.011	0.00003	0.000000005
El Trébol	1.735	34.996	24.751	0.011	0.00002	0.000000006
La Base	1.781	41.575	22.852	0.010	0.00005	0.000000008
Urbanización La Nueva Base	1.853	42.846	21.047	0.010	0.00003	0.000000004
Alameda	2.123	26.708	73.991	0.034	0.00003	0.000000011
Bretaña	1.931	32.617	67.961	0.031	0.00003	0.000000005
Junín	1.663	40.913	73.617	0.034	0.00005	0.000000014
Guayaquil	1.919	31.479	57.044	0.026	0.00003	0.000000004
Aranjuez	1.670	37.579	58.027	0.026	0.00003	0.000000015
Manuel Maria Buenaventura	1.817	26.904	49.171	0.023	0.00005	0.000000032
Santa Mónica Belalcázar	1.741	35.500	48.243	0.023	0.00000	0.000000000
Belalcázar	1.798	34.313	45.670	0.021	0.00003	0.000000013
Sucre	1.850	32.171	39.227	0.018	0.00004	0.000000014
Barrio Obrero	1.703	38.979	36.892	0.017	0.00001	0.000000005
El Dorado	2.365	34.721	69.477	0.032	0.00004	0.000000012
El Guabal	2.007	27.133	61.385	0.029	0.00002	0.000000001
La Libertad	1.854	40.775	61.604	0.028	0.00000	0.000000000
Santa Elena	2.473	33.300	50.007	0.024	0.00000	0.000000001
Las Acacias	1.937	36.925	48.365	0.023	0.00001	0.000000010
Santo Domingo	2.342	31.433	59.005	0.027	0.00008	0.000000036
Jorge Zawadsky	2.393	31.096	54.482	0.026	0.00001	0.000000004
Olímpico	2.646	30.254	71.946	0.035	0.00002	0.000000006
Cristóbal Colón	2.056	33.650	58.362	0.027	0.00002	0.000000002
La Selva	2.046	34.183	56.427	0.026	0.00003	0.000000007

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Departamental	2.414	25.800	67.593	0.032	0.00001	0.000000002
Pasoancho	1.915	27.163	85.511	0.039	0.00000	0.000000000
Panamericano	2.187	28.033	65.172	0.031	0.00001	0.000000002
Colseguros Andes	1.903	30.575	90.496	0.042	0.00003	0.000000006
San Cristóbal	2.185	38.879	48.580	0.023	0.00004	0.000000011
Las Granjas	1.953	31.467	54.965	0.026	0.00001	0.000000003
San Judas Tadeo I	1.888	35.213	56.011	0.026	0.00002	0.000000003
San Judas Tadeo II	1.912	28.796	55.451	0.026	0.00002	0.000000004
San Carlos	1.854	32.658	42.523	0.020	0.00002	0.000000003
Maracaibo	1.830	27.296	48.864	0.023	0.00006	0.000000062
La Independencia	1.930	28.417	48.938	0.023	0.00003	0.000000005
La Esperanza	1.838	34.142	52.927	0.025	0.00003	0.000000024
Urbanización Boyaca	1.918	31.742	50.205	0.023	0.00000	0.000000000
El Jardín	1.896	30.154	47.183	0.022	0.00002	0.000000002
La Fortaleza	1.877	45.379	41.312	0.019	0.00003	0.000000005
El Recuerdo	1.941	38.579	40.712	0.019	0.00005	0.000000029
Aguablanca	2.058	32.204	42.641	0.020	0.00002	0.000000003
El Prado	1.791	35.917	43.370	0.020	0.00003	0.000000021
20 de Julio	1.648	45.379	42.793	0.019	0.00003	0.000000013
Prados de Oriente	1.894	39.150	38.335	0.018	0.00007	0.000000017
Los Sauces	1.862	35.258	42.329	0.020	0.00002	0.000000003
Villa del Sur	1.849	34.125	52.552	0.024	0.00003	0.000000006
José Holguín Garcés	1.939	31.504	56.293	0.027	0.00002	0.000000017
León XIII	1.852	47.954	37.814	0.017	0.00000	0.000000000
José María Córdoba	1.717	43.592	41.795	0.019	0.00000	0.000000000
San Pedro Claver	1.770	40.717	34.302	0.016	0.00006	0.000000016
Los Conquistadores	1.912	40.708	33.629	0.016	0.00007	0.000000024
La Gran Colombia	1.713	38.775	37.447	0.017	0.00007	0.000000033
San Benito	1.917	42.504	35.456	0.017	0.00000	0.000000000
Primavera	1.753	38.363	38.859	0.018	0.00002	0.000000003

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Villanueva	1.839	40.671	35.197	0.016	0.00000	0.000000000
Asturias	1.987	47.325	27.643	0.013	0.00003	0.000000008
Eduardo Santos	1.865	38.642	32.115	0.015	0.00000	0.000000000
Alfonso Barberena A.	1.792	42.354	35.210	0.016	0.00001	0.000000005
El Paraíso	2.046	42.250	31.738	0.015	0.00002	0.000000008
Fenalco Kennedy	1.909	47.025	26.473	0.012	0.00000	0.000000000
La Nueva Floresta	1.807	33.867	25.514	0.012	0.00003	0.000000001
Julio Rincón	1.757	37.058	30.640	0.014	0.00002	0.000000011
Doce de Octubre	1.846	44.588	30.716	0.014	0.00004	0.000000011
El Rodeo	2.042	47.079	28.513	0.013	0.00001	0.000000001
Sindical	1.763	47.988	30.188	0.014	0.00001	0.000000002
Bello Horizonte	1.857	41.663	30.683	0.014	0.00003	0.000000027
Ulpiano Lloreda	1.747	39.483	22.287	0.010	0.00001	0.000000002
El Vergel	1.953	34.017	30.557	0.014	0.00001	0.000000001
El Poblado I	1.637	38.588	31.628	0.015	0.00002	0.000000002
El Poblado II	2.176	39.763	20.849	0.010	0.00006	0.000000005
Los Comuneros II	1.923	44.996	23.851	0.011	0.00002	0.000000002
Ricardo Balcázar	1.839	43.129	23.987	0.011	0.00002	0.000000005
Omar Torrijos	1.849	46.258	21.576	0.010	0.00006	0.000000018
El Diamante	1.678	38.621	34.098	0.016	0.00002	0.000000002
Lleras Restrepo	2.121	44.958	20.195	0.009	0.00002	0.000000016
Villa del Lago	2.041	44.996	20.229	0.009	0.00003	0.000000005
Los Robles	2.001	43.721	25.037	0.012	0.00000	0.000000000
Rodrigo Lara Bonilla	2.114	42.725	19.887	0.009	0.00000	0.000000000
Charco Azul	1.998	43.796	18.228	0.008	0.00004	0.000000022
Villablanca	1.687	42.713	27.259	0.013	0.00000	0.000000000
Calipso	1.827	31.896	28.868	0.013	0.00003	0.000000006
Yira Castro	2.045	36.142	24.488	0.011	0.00000	0.000000000
Lleras Restrepo II	1.980	44.233	20.823	0.010	0.00001	0.000000005
Marroquín III	2.142	44.188	17.722	0.008	0.00005	0.000000023

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Los Lagos	1.953	44.317	21.552	0.010	0.00003	0.000000005
Sector Laguna del Pondaje	2.266	48.692	18.284	0.008	0.00002	0.000000003
El Pondaje	1.761	42.579	26.795	0.012	0.00003	0.000000011
Sector Asprosocial - Diamante	1.787	32.250	29.697	0.014	0.00000	0.000000000
Alfonso Bonilla Aragón	1.920	41.729	20.026	0.009	0.00006	0.000000003
Alirio Mora Beltrán	2.010	47.513	16.896	0.008	0.00004	0.000000003
Manuela Beltrán	2.327	57.121	13.714	0.006	0.00004	0.000000003
Las Orquídeas	2.562	60.592	13.206	0.006	0.00005	0.000000005
José Manuel Marroquín II	1.974	44.267	18.175	0.008	0.00003	0.000000002
José Manuel Marroquín I	1.990	48.783	18.026	0.008	0.00003	0.000000001
Puerta del Sol	2.267	56.642	14.499	0.007	0.00001	0.000000003
Los Naranjos	2.062	48.671	17.176	0.008	0.00001	0.000000006
Promociones Populares B	2.364	56.921	13.452	0.006	0.00004	0.000000002
Los Naranjos II	1.957	53.200	17.031	0.008	0.00003	0.000000005
El Retiro	1.903	31.696	28.495	0.013	0.00003	0.000000004
Los Comuneros I	1.806	32.421	25.974	0.012	0.00005	0.000000004
Laureano Gómez	2.183	46.150	24.367	0.012	0.00002	0.000000004
El Vallado	1.816	31.108	29.850	0.014	0.00003	0.000000003
Ciudad Córdoba	2.195	32.683	33.378	0.015	0.00003	0.000000001
Mojica	1.910	37.788	22.183	0.010	0.00004	0.000000004
El Morichal	2.077	38.817	29.326	0.014	0.00003	0.000000001
	2.740	48.254	24.964	0.012	0.00000	0.000000000
Mariano Ramos	1.463	33.650	29.322	0.014	0.00001	0.000000001
República de Israel	1.734	35.388	60.185	0.028	0.00003	0.000000002
Unión de Vivienda Popular	1.891	34.758	43.037	0.020	0.00001	0.000000000
Antonio Nariño	1.744	30.108	38.081	0.018	0.00002	0.000000001
Brisas del Limonar	1.822	40.967	62.911	0.030	0.00002	0.000000011
Ciudad 2000	2.987	39.188	27.233	0.013	0.00003	0.000000003
La Alborada	2.609	33.417	44.131	0.021	0.00000	0.000000000
La Playa	1.862	42.633	28.866	0.014	0.00000	0.000000000

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Primero de Mayo	2.056	36.254	56.107	0.027	0.00004	0.000000006
Ciudadela Comfandi	2.655	45.129	21.761	0.010	0.00002	0.000000005
Ciudad Universitaria	1.827	44.700	25.455	0.012	0.00001	0.000000000
Caney	2.591	50.913	21.617	0.010	0.00003	0.000000002
Lili	2.051	40.888	20.349	0.010	0.00004	0.000000001
Santa Anita - La Selva	1.619	34.654	71.212	0.034	0.00003	0.000000004
El Ingenio	2.397	47.892	24.516	0.012	0.00002	0.000000002
Mayapan - Las Vegas	1.995	34.613	32.952	0.016	0.00001	0.000000002
Las Quintas de Don Simón	1.970	37.542	34.052	0.016	0.00002	0.000000004
Ciudad Capri	2.205	39.300	35.920	0.017	0.00003	0.000000006
La Hacienda	2.015	39.879	39.483	0.019	0.00003	0.000000003
Los Portales - Nuevo Rey	2.138	37.304	38.471	0.018	0.00001	0.000000005
Cañaverales - Los Samanes	2.024	32.933	48.860	0.023	0.00002	0.000000002
El Limonar	1.858	39.521	50.793	0.024	0.00003	0.000000003
Bosques del Limonar	1.857	36.188	48.700	0.023	0.00002	0.000000006
El Gran Limonar - Cataya	1.939	36.913	49.825	0.024	0.00002	0.000000010
El Gran Limonar	1.879	29.375	50.844	0.024	0.00006	0.000000041
Unicentro Cali	2.291	44.567	22.547	0.011	0.00001	0.000000004
Ciudadela Pasoancho	2.059	39.879	30.697	0.015	0.00001	0.000000009
Prados del Limonar	2.316	41.075	30.796	0.014	0.00001	0.000000004
Urbanización San Joaquin	1.784	45.363	24.691	0.012	0.00003	0.000000014
Buenos Aires	1.880	34.208	45.588	0.022	0.00006	0.000000020
Caldas	1.894	32.946	49.942	0.024	0.00002	0.000000011
Los Chorros	2.120	31.042	36.244	0.017	0.00002	0.000000009
Meléndez	1.894	43.238	31.267	0.015	0.00004	0.000000015
Los Farallones	1.907	31.700	40.953	0.020	0.00002	0.000000022
Francisco Eladio Ramírez	2.012	31.954	39.408	0.019	0.00001	0.000000003
Prados del Sur	2.198	37.125	29.525	0.014	0.00000	0.000000000
Horizontes	2.019	42.783	25.293	0.012	0.00003	0.000000015
Mario Correa Rengifo	2.217	36.588	30.810	0.015	0.00002	0.000000006

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Lourdes	2.121	30.329	34.196	0.016	0.00005	0.000000015
Colinas del Sur	2.026	40.796	36.644	0.018	0.00009	0.000000095
Alfárez Real	1.995	27.658	39.850	0.019	0.00007	0.000000015
Nápoles	2.011	28.675	36.947	0.018	0.00004	0.000000020
El Jordán	2.118	44.475	24.053	0.011	0.00004	0.000000006
Cuarteles de Nápoles	1.976	39.383	29.932	0.014	0.00001	0.000000003
Sector Alto de los Chorros	2.163	44.921	31.841	0.015	0.00001	0.000000001
Polvorines	2.560	52.675	16.954	0.008	0.00004	0.000000006
Sector Meléndez	1.946	43.500	25.344	0.012	0.00004	0.000000017
Sector Alto Jordán	2.280	52.146	21.425	0.010	0.00003	0.000000002
Alto Nápoles	2.175	44.204	26.987	0.013	0.00001	0.000000001
El Refugio	1.553	43.371	57.732	0.028	0.00002	0.000000003
La Cascada	2.128	40.100	46.719	0.022	0.00002	0.000000007
El Lido	2.329	27.313	83.680	0.040	0.00003	0.000000005
Urbanización Tequendama	2.057	21.783	108.637	0.048	0.00003	0.000000027
Eucarístico	2.066	26.025	185.579	0.079	0.00003	0.000000017
San Fernando Nuevo	1.630	22.100	71.741	0.037	0.00002	0.000000014
Urbanización Nueva Granada	2.465	25.313	79.999	0.037	0.00006	0.000000030
Santa Isabel	2.506	27.008	81.625	0.034	0.00001	0.000000003
Bellavista	2.241	36.858	37.625	0.017	0.00003	0.000000006
San Fernando Viejo	1.876	32.571	93.029	0.040	0.00002	0.000000005
Miraflores	2.290	30.146	59.988	0.027	0.00000	0.000000000
3 de Julio	2.184	22.442	112.051	0.048	0.00003	0.000000017
El Cedro	2.168	21.700	124.870	0.054	0.00001	0.000000006
Champagnat	1.326	22.563	70.673	0.027	0.00002	0.000000012
Urbanización Colseguros	2.217	28.692	117.218	0.054	0.00002	0.000000004
Los Cábmulos	1.760	22.933	143.094	0.066	0.00002	0.000000005
El Mortiñal	2.150	36.967	45.340	0.021	0.00003	0.000000020
Urbanización Militar	2.081	24.442	80.533	0.038	0.00002	0.000000044
Cuarto de Legua - Guadalupe	2.088	27.238	101.334	0.051	0.00003	0.000000013

Evaluación de los niveles de equidad espacial de la accesibilidad geográfica a unidades deportivas por medio del sistema de tránsito rápido BRT, en la ciudad de Santiago de Cali

Nueva Tequendama	2.229	25.192	87.591	0.043	0.00002	0.000000004
Camino Real - Joaquin Borrero Sinisterra	1.740	33.796	85.338	0.041	0.00002	0.000000006
Camino Real - Los Fundadores	1.906	23.800	75.608	0.036	0.00004	0.000000016
Sector Altos de Santa Isabel	2.352	39.629	51.571	0.024	0.00000	0.000000000
Santa Bárbara	1.909	33.663	57.522	0.025	0.00004	0.000000000
Tejares - Cristales	1.881	35.167	69.174	0.030	0.00000	0.000000000
Unidad Residencial Santiago de Cali	2.170	27.713	98.085	0.048	0.00006	0.000000026
Unidad Residencial El Coliseo	2.229	30.592	99.148	0.050	0.00002	0.000000010
Cañaveralejo - Seguros Patria	1.936	28.321	65.326	0.031	0.00004	0.000000012
Cañaveral	2.179	38.996	41.522	0.020	0.00003	0.000000057
Pampa Linda	1.927	28.696	75.081	0.037	0.00002	0.000000005
Sector Cañaveralejo Guadalupe	2.187	41.588	52.706	0.025	0.00002	0.000000008
Sector Bosque Municipal	2.504	46.633	25.415	0.012	0.00002	0.000000000
U. D. A. Galindo Plaza de Toros	1.266	32.188	43.165	0.018	0.00002	0.000000000
El Cortijo	1.926	36.792	68.112	0.033	0.00006	0.000000060
Belisario Caicedo	2.202	32.913	78.666	0.038	0.00005	0.000000016
Siloé	2.016	35.863	72.502	0.033	0.00001	0.000000000
Lleras Camargo	1.978	43.608	56.770	0.027	0.00000	0.000000000
Belén	2.179	34.942	72.463	0.033	0.00001	0.000000002
Brisas de Mayo	1.999	41.667	50.978	0.024	0.00000	0.000000000
Tierra Blanca	1.896	42.592	64.974	0.030	0.00000	0.000000000
Pueblo Joven	2.230	41.304	44.463	0.022	0.00000	0.000000000
Cementerio - Carabineros	2.520	41.933	33.952	0.016	0.00000	0.000000000
Venezuela - Urbanización Cañaveralejo	2.218	43.213	51.071	0.025	0.00004	0.000000013
La Sultana	2.135	46.979	45.255	0.022	0.00000	0.000000000
Pizamos I	2.763	62.408	11.896	0.005	0.00001	0.000000002
Pizamos II	2.644	64.283	11.998	0.006	0.00017	0.000000033

Calimio Desepaz	2.320	60.708	13.074	0.006	0.00014	0.000000010
El Remanso	2.324	60.646	12.948	0.006	0.00005	0.000000013
Los Lideres	2.314	60.008	13.189	0.006	0.00013	0.000000045
Desepaz Inivali	2.046	59.183	13.846	0.006	0.00006	0.000000005
Compartir	2.060	59.158	14.311	0.007	0.00006	0.000000007
Ciudad Talanga	2.103	54.658	14.031	0.006	0.00006	0.000000005
Villamercedes I - Villa Luz - Las Garzas	2.754	63.571	12.440	0.006	0.00002	0.000000006
Pizamos III - Las Dalias	2.730	62.271	12.279	0.006	0.00001	0.000000008
Potrero Grande	2.687	66.917	11.770	0.005	0.00008	0.000000007
Ciudadela del Rio - CVC	2.088	55.471	14.111	0.006	0.00013	0.000000016
Valle Grande	2.081	53.713	15.082	0.007	0.00007	0.000000004
Planta de Tratamiento	1.960	49.504	16.874	0.008	0.00004	0.000000017
Urbanización Ciudad Jardín	1.698	39.671	23.168	0.011	0.00001	0.000000001
Parcelaciones Pance	2.101	59.013	13.771	0.006	0.00001	0.000000001
Urbanización Rio Lili	1.755	33.158	22.503	0.011	0.00003	0.000000009
Ciudad Campestre	1.794	34.058	25.855	0.012	0.00005	0.000000023
Club Campestre	1.978	36.704	24.577	0.012	0.00000	0.000000000

Anexo 2. Normalización de los valores de los indicadores de accesibilidad

Nombre del Barrio	Factor de Ruta Integral	Isocronas	Hansen 1959 (Área)	Hansen 1959 (Servicio)	A_IPTP	R_IPTP
Terron Colorado	0.980	0.822	0.102	0.110	0.000	0.000
Vista Hermosa	0.889	0.807	0.085	0.091	0.000	0.000
Sector Patio Bonito	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Aguacatal	0.805	0.807	0.113	0.121	0.127	0.013
Santa Rita	0.760	0.598	0.153	0.157	0.082	0.098
Santa Teresita	0.813	0.725	0.154	0.166	0.215	0.114

Arboledas	0.685	0.596	0.205	0.214	0.037	0.014
Normandia	0.689	0.716	0.172	0.184	0.119	0.068
Juanambú	0.569	0.649	0.203	0.212	0.000	0.000
Centenario	0.579	0.598	0.217	0.226	0.411	0.367
Granada	0.637	0.584	0.169	0.182	0.089	0.033
Versalles	0.612	0.542	0.160	0.171	0.673	0.660
San Vicente	0.603	0.598	0.133	0.142	0.430	0.218
Santa Mónica	0.593	0.530	0.144	0.155	0.154	0.079
Prados del Norte	0.641	0.671	0.111	0.119	0.137	0.023
La Flora	0.595	0.720	0.101	0.108	0.121	0.041
La Campiña	0.618	0.679	0.102	0.109	0.092	0.071
La Paz	0.602	0.702	0.100	0.106	0.364	0.728
El Bosque	0.611	0.791	0.094	0.100	0.235	0.098
Menga	0.599	0.791	0.087	0.093	0.016	0.042
Ciudad de Los Alamos	0.645	0.726	0.085	0.089	0.519	0.055
Chipichape	0.628	0.691	0.106	0.113	0.092	0.092
Brisas de Los Alamos	0.590	0.839	0.083	0.088	0.212	0.023
Urbanización La Merced	0.568	0.663	0.105	0.111	0.000	0.000
Vipasa	0.644	0.820	0.099	0.103	0.096	0.019
Urbanización La Flora	0.672	0.857	0.080	0.085	0.042	0.007
Altos de Menga	0.641	0.834	0.087	0.093	0.019	0.006
Sector Altos de Normandia - Bataclán	0.789	0.808	0.125	0.133	0.000	0.000
Área en Desarrollo - Parque del Amor	0.632	0.817	0.086	0.092	0.126	0.029
El Nacional	0.696	0.706	0.287	0.297	0.359	0.238
El Peñón	0.682	0.545	0.199	0.213	0.180	0.172

San Antonio	0.612	0.621	0.257	0.269	0.120	0.080
San Cayetano	0.600	0.604	0.294	0.310	0.209	0.058
Los Libertadores	0.683	0.444	0.328	0.344	0.297	0.120
San Juan Bosco	0.558	0.482	0.316	0.335	0.432	0.179
Santa Rosa	0.536	0.574	0.288	0.303	0.199	0.193
La Merced	0.579	0.516	0.243	0.253	0.319	0.592
San Pascual	0.617	0.502	0.263	0.277	0.562	0.333
El Calvario	0.596	0.513	0.245	0.258	0.251	0.383
San Pedro	0.603	0.480	0.213	0.227	0.269	0.762
San Nicolás	0.573	0.629	0.182	0.194	0.173	0.075
El Hoyo	0.574	0.531	0.182	0.194	0.298	1.000
El Piloto	0.642	0.512	0.139	0.148	0.170	0.381
Navarro - La Chanca	0.629	0.664	0.300	0.310	0.378	0.379
Jorge Isaacs	0.628	0.690	0.147	0.159	0.029	0.025
Santander	0.666	0.601	0.119	0.125	0.198	0.220
Porvenir	0.727	0.662	0.114	0.121	0.162	0.099
Las Delicias	0.734	0.741	0.103	0.110	0.121	0.044
Manzanares	0.688	0.669	0.103	0.109	0.180	0.149
Salomia	0.643	0.747	0.108	0.115	0.049	0.011
Fátima	0.671	0.680	0.119	0.127	0.000	0.000
Sultana - Berlín - San Francisco	0.599	0.645	0.130	0.139	0.066	0.064
Popular	0.640	0.603	0.107	0.114	0.118	0.237
Ignacio Rengifo	0.613	0.714	0.110	0.117	0.107	0.075
Guillermo Valencia	0.587	0.617	0.110	0.118	0.105	0.063
La Isla	0.603	0.717	0.108	0.116	0.000	0.000
Marco Fidel Suárez	0.581	0.664	0.109	0.116	0.000	0.000
Evaristo Garcia	0.591	0.670	0.102	0.110	0.061	0.061

La Esmeralda	0.711	0.735	0.110	0.118	0.276	0.162
Bolivariano	0.664	0.676	0.108	0.115	0.000	0.000
Olaya Herrera	0.616	0.800	0.097	0.104	0.040	0.015
Unidad Residencial Bueno Madrid	0.615	0.634	0.120	0.127	0.154	0.174
Flora Industrial	0.697	0.775	0.084	0.090	0.048	0.050
Calima	0.610	0.722	0.084	0.089	0.145	0.045
Industria de Licores	0.749	0.722	0.110	0.116	0.000	0.000
La Alianza	0.653	0.734	0.096	0.102	0.207	0.252
El Sena	0.750	0.788	0.085	0.091	0.162	0.029
Los Andes	0.738	0.862	0.082	0.088	0.084	0.014
Los Guayacanes	0.680	0.793	0.080	0.086	0.226	0.028
Chiminangos II	0.601	0.757	0.085	0.091	0.182	0.028
Chiminangos I	0.605	0.733	0.083	0.090	0.147	0.048
Metropolitano del Norte	0.615	0.771	0.083	0.089	0.190	0.037
Los Parques Barranquilla	0.627	0.763	0.085	0.091	0.127	0.019
Villa del Sol	0.659	0.744	0.083	0.088	0.473	0.164
Paseo de Los Almendros	0.746	0.894	0.075	0.080	0.169	0.087
Los Andes B - La Riviera	0.731	0.843	0.082	0.087	0.289	0.071
Torres de Comfandi	0.677	0.802	0.093	0.099	0.262	0.025
Villa del Prado - El Guabito	0.676	0.793	0.083	0.090	0.153	0.014
San Luis	0.619	0.803	0.076	0.082	0.162	0.021
Jorge Eliécer Gaitán	0.670	0.924	0.075	0.081	0.113	0.012
Paso del Comercio	0.582	0.783	0.075	0.081	0.149	0.022
Los Alcazares	0.592	0.766	0.078	0.084	0.247	0.036
Petecuy I	0.616	0.855	0.079	0.084	0.000	0.000
Petecuy II	0.644	0.864	0.072	0.078	0.038	0.009

La Rivera I	0.658	0.814	0.078	0.084	0.109	0.039
Los Guaduales	0.666	0.876	0.075	0.080	0.042	0.006
Petecuy III	0.641	0.909	0.074	0.081	0.000	0.000
Ciudadela Floralia	0.628	0.889	0.070	0.074	0.111	0.005
Fonaviemcali	0.622	0.824	0.077	0.082	0.215	0.138
San Luis II	0.599	0.778	0.077	0.082	0.274	0.036
Urbanización Calimio	0.618	0.836	0.073	0.078	0.179	0.032
Sector Puente del Comercio	0.589	0.770	0.081	0.086	0.264	0.049
Alfonso Lopez I	0.603	0.770	0.086	0.093	0.096	0.012
Alfonso Lopez II	0.599	0.710	0.093	0.100	0.177	0.037
Alfonso Lopez III	0.669	0.786	0.086	0.093	0.111	0.014
Puerto Nuevo	0.635	0.813	0.087	0.094	0.000	0.000
Puerto Mallarino	0.622	0.713	0.092	0.099	0.053	0.030
Urbanización El Angel del Hogar	0.632	0.643	0.095	0.103	0.158	0.074
Siete de Agosto	0.566	0.582	0.115	0.124	0.185	0.024
Los Pinos	0.609	0.648	0.100	0.107	0.205	0.127
San Marino	0.598	0.659	0.098	0.105	0.000	0.000
Las Ceibas	0.630	0.645	0.101	0.108	0.265	0.051
Base Aérea	0.773	0.897	0.098	0.106	0.014	0.000
Parque de la Caña	0.780	0.722	0.113	0.120	0.078	0.389
Fepicol	0.605	0.641	0.091	0.098	0.194	0.070
Primitivo Crespo	0.619	0.515	0.217	0.236	0.248	0.090
Simón Bolívar	0.595	0.466	0.217	0.234	0.000	0.000
Saavedra Galindo	0.595	0.471	0.199	0.215	0.185	0.091
Rafael Uribe Uribe	0.581	0.643	0.199	0.218	0.000	0.000
Santa Mónica Popular	0.532	0.712	0.216	0.230	0.218	0.056
La Floresta	0.564	0.631	0.193	0.207	0.149	0.046

Benjamín Herrera	0.560	0.558	0.192	0.206	0.000	0.000
Municipal	0.555	0.554	0.181	0.194	0.107	0.059
Industrial	0.566	0.618	0.167	0.179	0.134	0.073
El Troncal	0.739	0.602	0.132	0.140	0.187	0.030
Las Américas	0.553	0.636	0.164	0.176	0.103	0.039
Atanasio Girardot	0.594	0.592	0.174	0.187	0.087	0.017
Santa Fé	0.590	0.586	0.172	0.186	0.079	0.013
Chapinero	0.634	0.453	0.142	0.151	0.332	0.090
Villa Colombia	0.698	0.656	0.125	0.134	0.194	0.040
El Trébol	0.581	0.523	0.133	0.143	0.149	0.048
La Base	0.596	0.621	0.123	0.132	0.331	0.064
Urbanización La Nueva Base	0.620	0.640	0.113	0.120	0.169	0.029
Alameda	0.711	0.399	0.399	0.424	0.162	0.086
Bretaña	0.646	0.487	0.366	0.393	0.170	0.043
Junín	0.557	0.611	0.397	0.426	0.324	0.110
Guayaquil	0.642	0.470	0.307	0.326	0.183	0.035
Aranjuez	0.559	0.562	0.313	0.333	0.153	0.118
Manuel Maria Buenaventura	0.608	0.402	0.265	0.288	0.305	0.253
Santa Mónica Belalcázar	0.583	0.531	0.260	0.284	0.000	0.000
Belalcázar	0.602	0.513	0.246	0.262	0.204	0.103
Sucre	0.619	0.481	0.211	0.227	0.230	0.109
Barrio Obrero	0.570	0.583	0.199	0.212	0.077	0.037
El Dorado	0.792	0.519	0.374	0.401	0.259	0.094
El Guabal	0.672	0.405	0.331	0.361	0.096	0.009
La Libertad	0.621	0.609	0.332	0.359	0.000	0.000
Santa Elena	0.828	0.498	0.269	0.301	0.020	0.004
Las Acacias	0.649	0.552	0.261	0.287	0.080	0.074

Santo Domingo	0.784	0.470	0.318	0.339	0.507	0.280
Jorge Zawadsky	0.801	0.465	0.294	0.325	0.064	0.029
Olímpico	0.886	0.452	0.388	0.436	0.108	0.047
Cristóbal Colón	0.688	0.503	0.314	0.345	0.109	0.015
La Selva	0.685	0.511	0.304	0.327	0.170	0.051
Departamental	0.808	0.386	0.364	0.398	0.076	0.019
Pasoancho	0.641	0.406	0.461	0.494	0.000	0.000
Panamericano	0.732	0.419	0.351	0.386	0.075	0.019
Colseguros Andes	0.637	0.457	0.488	0.527	0.203	0.049
San Cristóbal	0.732	0.581	0.262	0.290	0.227	0.088
Las Granjas	0.654	0.470	0.296	0.328	0.062	0.020
San Judas Tadeo I	0.632	0.526	0.302	0.328	0.134	0.023
San Judas Tadeo II	0.640	0.430	0.299	0.325	0.096	0.033
San Carlos	0.621	0.488	0.229	0.249	0.131	0.023
Maracaibo	0.613	0.408	0.263	0.286	0.346	0.486
La Independencia	0.646	0.425	0.264	0.288	0.206	0.037
La Esperanza	0.615	0.510	0.285	0.311	0.158	0.184
Urbanización Boyaca	0.642	0.474	0.271	0.296	0.000	0.000
El Jardín	0.635	0.451	0.254	0.279	0.147	0.019
La Fortaleza	0.628	0.678	0.223	0.238	0.198	0.041
El Recuerdo	0.650	0.577	0.219	0.242	0.284	0.226
Aguablanca	0.689	0.481	0.230	0.255	0.104	0.027
El Prado	0.600	0.537	0.234	0.256	0.158	0.166
20 de Julio	0.552	0.678	0.231	0.246	0.161	0.101
Prados de Oriente	0.634	0.585	0.207	0.226	0.408	0.133
Los Sauces	0.623	0.527	0.228	0.249	0.123	0.024
Villa del Sur	0.619	0.510	0.283	0.307	0.207	0.049

José Holguín Garcés	0.649	0.471	0.303	0.336	0.138	0.131
León XIII	0.620	0.717	0.204	0.218	0.000	0.000
José María Córdoba	0.575	0.651	0.225	0.243	0.000	0.000
San Pedro Claver	0.593	0.608	0.185	0.203	0.341	0.126
Los Conquistadores	0.640	0.608	0.181	0.198	0.411	0.191
La Gran Colombia	0.574	0.579	0.202	0.219	0.409	0.258
San Benito	0.642	0.635	0.191	0.209	0.000	0.000
Primavera	0.587	0.573	0.209	0.228	0.114	0.026
Villanueva	0.616	0.608	0.190	0.206	0.000	0.000
Asturias	0.665	0.707	0.149	0.165	0.176	0.059
Eduardo Santos	0.625	0.577	0.173	0.190	0.000	0.000
Alfonso Barberena A.	0.600	0.633	0.190	0.207	0.076	0.035
El Paraíso	0.685	0.631	0.171	0.185	0.147	0.059
Fenalco Kennedy	0.639	0.703	0.143	0.157	0.000	0.000
La Nueva Floresta	0.605	0.506	0.137	0.148	0.160	0.011
Julio Rincón	0.588	0.554	0.165	0.180	0.110	0.086
Doce de Octubre	0.618	0.666	0.166	0.180	0.221	0.083
El Rodeo	0.684	0.704	0.154	0.169	0.068	0.009
Sindical	0.590	0.717	0.163	0.178	0.048	0.017
Bello Horizonte	0.622	0.623	0.165	0.179	0.184	0.208
Ulpiano Lloreda	0.585	0.590	0.120	0.130	0.065	0.016
El Vergel	0.654	0.508	0.165	0.179	0.085	0.008
El Poblado I	0.548	0.577	0.170	0.186	0.136	0.017
El Poblado II	0.729	0.594	0.112	0.121	0.363	0.037
Los Comuneros II	0.644	0.672	0.129	0.137	0.100	0.016
Ricardo Balcázar	0.616	0.645	0.129	0.140	0.110	0.035
Omar Torrijos	0.619	0.691	0.116	0.126	0.355	0.143

El Diamante	0.562	0.577	0.184	0.199	0.123	0.017
Lleras Restrepo	0.710	0.672	0.109	0.118	0.104	0.123
Villa del Lago	0.683	0.672	0.109	0.117	0.152	0.039
Los Robles	0.670	0.653	0.135	0.148	0.000	0.000
Rodrigo Lara Bonilla	0.708	0.638	0.107	0.115	0.000	0.000
Charco Azul	0.669	0.654	0.098	0.106	0.272	0.172
Villablanca	0.565	0.638	0.147	0.160	0.000	0.000
Calipso	0.612	0.477	0.156	0.168	0.197	0.049
Yira Castro	0.685	0.540	0.132	0.142	0.000	0.000
Lleras Restrepo II	0.663	0.661	0.112	0.121	0.070	0.043
Marroquín III	0.717	0.660	0.095	0.103	0.298	0.183
Los Lagos	0.654	0.662	0.116	0.128	0.197	0.035
Sector Laguna del Pondaje	0.759	0.728	0.099	0.106	0.122	0.022
El Pondaje	0.589	0.636	0.144	0.157	0.209	0.084
Sector Asprosocial - Diamante	0.598	0.482	0.160	0.174	0.000	0.000
Alfonso Bonilla Aragón	0.643	0.624	0.108	0.117	0.352	0.022
Alirio Mora Beltrán	0.673	0.710	0.091	0.098	0.253	0.026
Manuela Beltrán	0.779	0.854	0.074	0.079	0.243	0.025
Las Orquídeas	0.858	0.905	0.071	0.077	0.319	0.038
José Manuel Marroquín II	0.661	0.662	0.098	0.106	0.165	0.014
José Manuel Marroquín I	0.666	0.729	0.097	0.105	0.184	0.011
Puerta del Sol	0.759	0.846	0.078	0.083	0.068	0.019
Los Naranjos	0.690	0.727	0.093	0.099	0.089	0.048
Promociones Populares B	0.791	0.851	0.072	0.078	0.256	0.016
Los Naranjos II	0.655	0.795	0.092	0.099	0.176	0.038
El Retiro	0.637	0.474	0.154	0.165	0.203	0.033
Los Comuneros I	0.605	0.484	0.140	0.152	0.287	0.035

Laureano Gómez	0.731	0.690	0.131	0.148	0.145	0.031
El Vallado	0.608	0.465	0.161	0.175	0.183	0.026
Ciudad Córdoba	0.735	0.488	0.180	0.196	0.200	0.010
Mojica	0.639	0.565	0.120	0.130	0.234	0.032
El Morichal	0.695	0.580	0.158	0.174	0.184	0.007
	0.917	0.721	0.135	0.151	0.000	0.000
Mariano Ramos	0.490	0.503	0.158	0.172	0.061	0.004
República de Israel	0.580	0.529	0.324	0.359	0.212	0.018
Unión de Vivienda Popular	0.633	0.519	0.232	0.255	0.050	0.004
Antonio Nariño	0.584	0.450	0.205	0.223	0.103	0.008
Brisas del Limonar	0.610	0.612	0.339	0.380	0.114	0.087
Ciudad 2000	1.000	0.586	0.147	0.167	0.171	0.026
La Alborada	0.874	0.499	0.238	0.269	0.000	0.000
La Playa	0.623	0.637	0.156	0.173	0.000	0.000
Primero de Mayo	0.688	0.542	0.302	0.335	0.235	0.048
Ciudadela Comfandi	0.889	0.674	0.117	0.131	0.149	0.040
Ciudad Universitaria	0.612	0.668	0.137	0.151	0.038	0.000
Caney	0.868	0.761	0.116	0.129	0.211	0.015
Lili	0.686	0.611	0.110	0.120	0.220	0.009
Santa Anita - La Selva	0.542	0.518	0.384	0.429	0.153	0.032
El Ingenio	0.803	0.716	0.132	0.148	0.101	0.017
Mayapan - Las Vegas	0.668	0.517	0.178	0.197	0.060	0.016
Las Quintas de Don Simón	0.659	0.561	0.183	0.205	0.095	0.030
Ciudad Capri	0.738	0.587	0.194	0.216	0.184	0.044
La Hacienda	0.675	0.596	0.213	0.237	0.174	0.023
Los Portales - Nuevo Rey	0.716	0.557	0.207	0.230	0.064	0.039
Cañaverales - Los Samanes	0.677	0.492	0.263	0.295	0.114	0.015

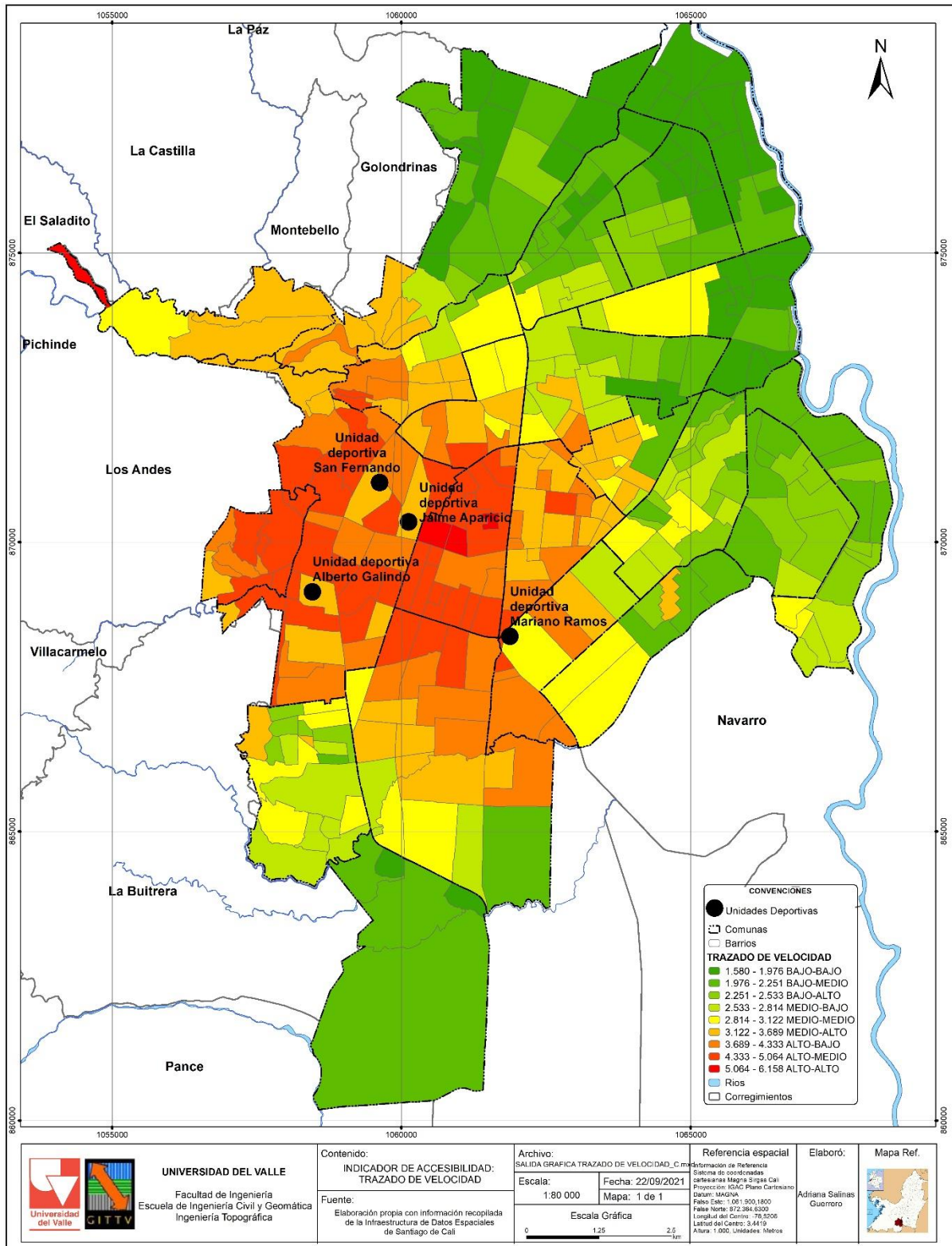
El Limonar	0.622	0.591	0.274	0.302	0.188	0.025
Bosques del Limonar	0.622	0.541	0.262	0.294	0.145	0.045
El Gran Limonar - Cataya	0.649	0.552	0.268	0.297	0.136	0.074
El Gran Limonar	0.629	0.439	0.274	0.309	0.360	0.319
Unicentro Cali	0.767	0.666	0.121	0.134	0.071	0.034
Ciudadela Pasoancho	0.689	0.596	0.165	0.184	0.044	0.070
Prados del Limonar	0.775	0.614	0.166	0.180	0.057	0.031
Urbanización San Joaquín	0.597	0.678	0.133	0.148	0.189	0.107
Buenos Aires	0.629	0.511	0.246	0.278	0.336	0.159
Caldas	0.634	0.492	0.269	0.307	0.147	0.084
Los Chorros	0.710	0.464	0.195	0.218	0.109	0.072
Meléndez	0.634	0.646	0.168	0.188	0.243	0.114
Los Farallones	0.638	0.474	0.221	0.249	0.140	0.172
Francisco Eladio Ramírez	0.674	0.478	0.212	0.241	0.061	0.021
Prados del Sur	0.736	0.555	0.159	0.175	0.000	0.000
Horizontes	0.676	0.639	0.136	0.151	0.205	0.117
Mario Correa Rengifo	0.742	0.547	0.166	0.184	0.126	0.046
Lourdes	0.710	0.453	0.184	0.206	0.278	0.113
Colinas del Sur	0.678	0.610	0.197	0.223	0.528	0.743
Alfárez Real	0.668	0.413	0.215	0.242	0.411	0.120
Nápoles	0.673	0.429	0.199	0.224	0.266	0.158
El Jordán	0.709	0.665	0.130	0.143	0.232	0.046
Cuarteles de Nápoles	0.662	0.589	0.161	0.179	0.034	0.022
Sector Alto de los Chorros	0.724	0.671	0.172	0.192	0.058	0.007
Polvorines	0.857	0.787	0.091	0.100	0.230	0.043
Sector Meléndez	0.652	0.650	0.137	0.151	0.262	0.130
Sector Alto Jordán	0.763	0.779	0.115	0.127	0.175	0.014

Alto Nápoles	0.728	0.661	0.145	0.161	0.051	0.007
El Refugio	0.520	0.648	0.311	0.350	0.126	0.022
La Cascada	0.712	0.599	0.252	0.276	0.105	0.057
El Lido	0.780	0.408	0.451	0.509	0.163	0.041
Urbanización Tequendama	0.689	0.326	0.585	0.603	0.159	0.208
Eucarístico	0.692	0.389	1.000	1.000	0.193	0.128
San Fernando Nuevo	0.546	0.330	0.387	0.472	0.143	0.106
Urbanización Nueva Granada	0.825	0.378	0.431	0.463	0.385	0.235
Santa Isabel	0.839	0.404	0.440	0.433	0.069	0.020
Bellavista	0.750	0.551	0.203	0.213	0.189	0.046
San Fernando Viejo	0.628	0.487	0.501	0.503	0.122	0.037
Miraflores	0.767	0.450	0.323	0.341	0.000	0.000
3 de Julio	0.731	0.335	0.604	0.603	0.155	0.135
El Cedro	0.726	0.324	0.673	0.685	0.070	0.046
Champagnat	0.444	0.337	0.381	0.346	0.151	0.091
Urbanización Colseguros	0.742	0.429	0.632	0.685	0.131	0.033
Los Cábulos	0.589	0.343	0.771	0.839	0.117	0.041
El Mortiñal	0.720	0.552	0.244	0.260	0.202	0.159
Urbanización Militar	0.697	0.365	0.434	0.478	0.147	0.346
Cuarto de Legua - Guadalupe	0.699	0.407	0.546	0.642	0.211	0.100
Nueva Tequendama	0.746	0.376	0.472	0.540	0.109	0.031
Camino Real - Joaquin Borrero Sinisterra	0.582	0.505	0.460	0.520	0.110	0.047
Camino Real - Los Fundadores	0.638	0.356	0.407	0.457	0.242	0.126
Sector Altos de Santa Isabel	0.787	0.592	0.278	0.298	0.000	0.000
Santa Bárbara	0.639	0.503	0.310	0.316	0.220	0.000
Tejares - Cristales	0.630	0.526	0.373	0.374	0.000	0.000

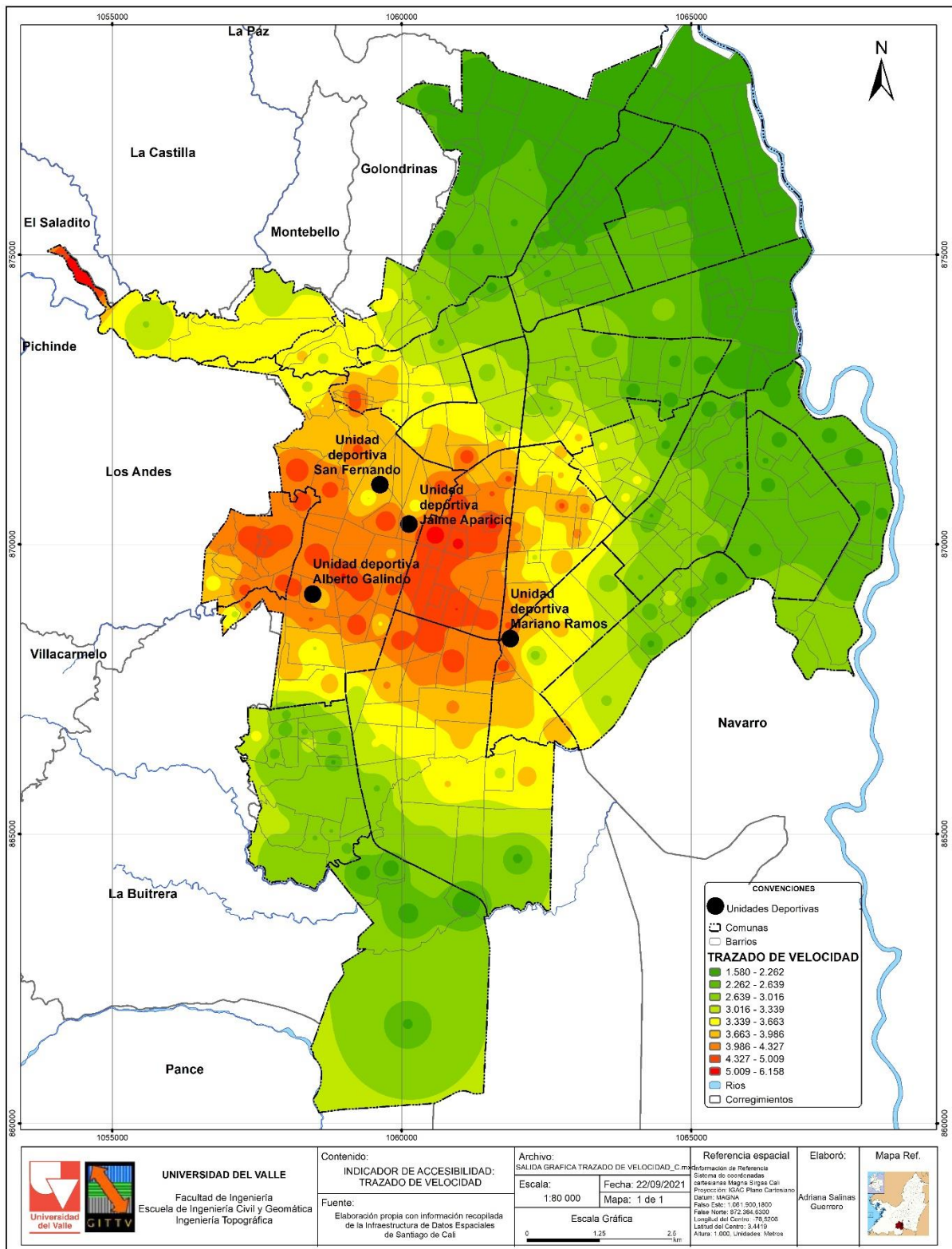
Unidad Residencial Santiago de Cali	0.726	0.414	0.529	0.612	0.339	0.203
Unidad Residencial El Coliseo	0.746	0.457	0.534	0.627	0.149	0.081
Cañaveralejo - Seguros Patria	0.648	0.423	0.352	0.396	0.215	0.092
Cañaveral	0.730	0.583	0.224	0.252	0.196	0.440
Pampa Linda	0.645	0.429	0.405	0.470	0.123	0.042
Sector Cañaveralejo Guadalupe	0.732	0.621	0.284	0.314	0.100	0.062
Sector Bosque Municipal	0.838	0.697	0.137	0.149	0.101	0.000
U. D. A. Galindo Plaza de Toros	0.424	0.481	0.233	0.229	0.113	0.000
El Cortijo	0.645	0.550	0.367	0.416	0.366	0.465
Belisario Caicedo	0.737	0.492	0.424	0.485	0.295	0.123
Siloé	0.675	0.536	0.391	0.419	0.042	0.004
Lleras Camargo	0.662	0.652	0.306	0.339	0.000	0.000
Belén	0.730	0.522	0.390	0.418	0.040	0.013
Brisas de Mayo	0.669	0.623	0.275	0.307	0.000	0.000
Tierra Blanca	0.635	0.636	0.350	0.384	0.000	0.000
Pueblo Joven	0.747	0.617	0.240	0.272	0.000	0.000
Cementerio - Carabineros	0.844	0.627	0.183	0.206	0.000	0.000
Venezuela - Urbanización Cañaveralejo	0.742	0.646	0.275	0.316	0.228	0.099
La Sultana	0.715	0.702	0.244	0.271	0.000	0.000
Pizamos I	0.925	0.933	0.064	0.069	0.041	0.017
Pizamos II	0.885	0.961	0.065	0.069	1.000	0.259
Calimio Desepaz	0.777	0.907	0.070	0.076	0.844	0.076
El Remanso	0.778	0.906	0.070	0.075	0.312	0.098
Los Lideres	0.775	0.897	0.071	0.076	0.817	0.351
Desepaz Invicali	0.685	0.884	0.075	0.080	0.371	0.038

Compartir	0.690	0.884	0.077	0.083	0.385	0.054
Ciudad Talanga	0.704	0.817	0.076	0.081	0.368	0.042
Villamercedes I - Villa Luz - Las Garzas	0.922	0.950	0.067	0.072	0.092	0.045
Pizamos III - Las Dalias	0.914	0.931	0.066	0.071	0.070	0.060
Potrero Grande	0.900	1.000	0.063	0.068	0.487	0.057
Ciudadela del Rio - CVC	0.699	0.829	0.076	0.081	0.810	0.124
Valle Grande	0.697	0.803	0.081	0.086	0.409	0.031
Planta de Tratamiento	0.656	0.740	0.091	0.098	0.250	0.133
Urbanización Ciudad Jardín	0.569	0.593	0.125	0.138	0.037	0.011
Parcelaciones Pance	0.704	0.882	0.074	0.081	0.038	0.005
Urbanización Rio Lili	0.588	0.496	0.121	0.134	0.178	0.073
Ciudad Campestre	0.600	0.509	0.139	0.154	0.276	0.177
Club Campestre	0.662	0.549	0.132	0.146	0.012	0.000

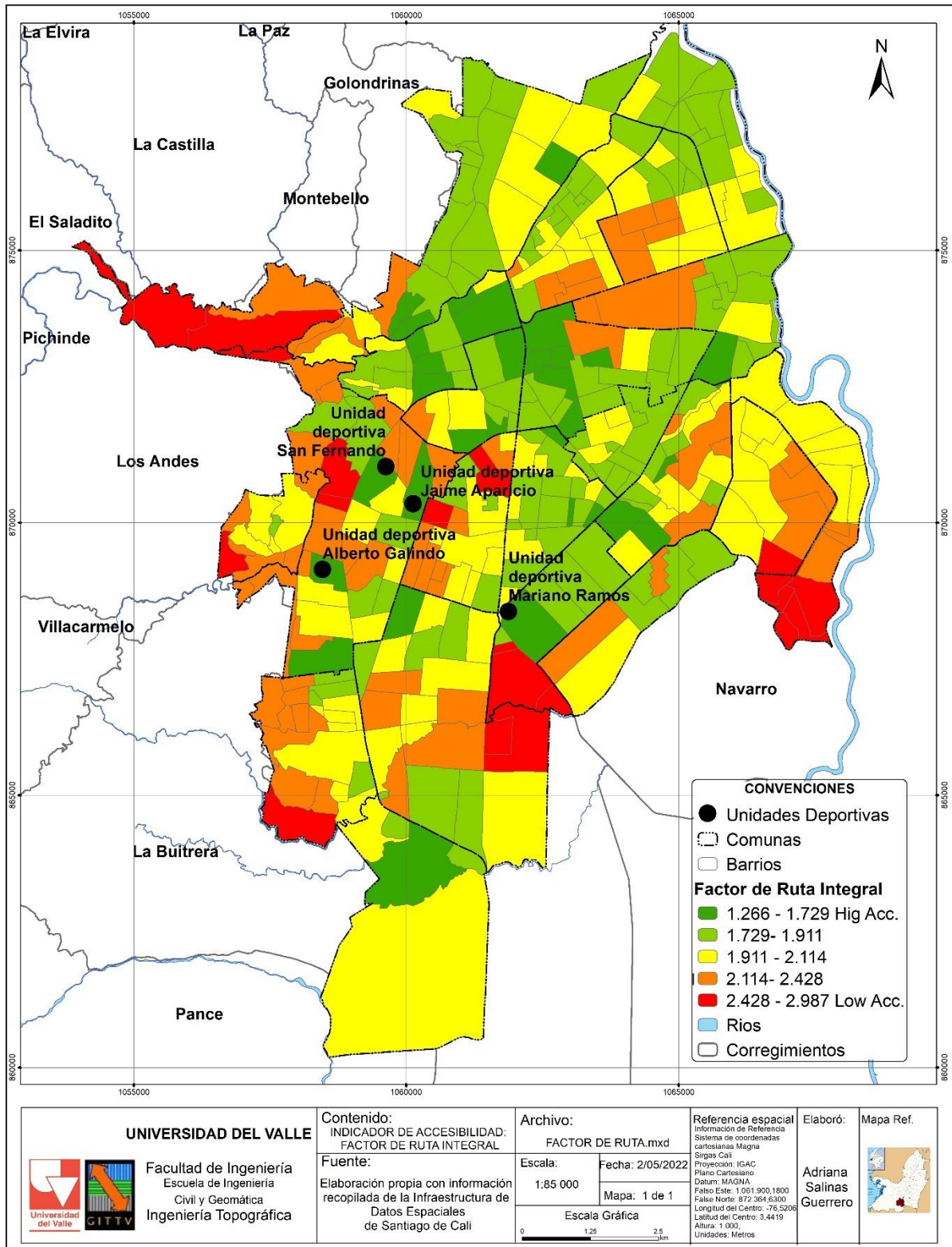
Anexo 3. Mapa de trazado de velocidad Coropletico



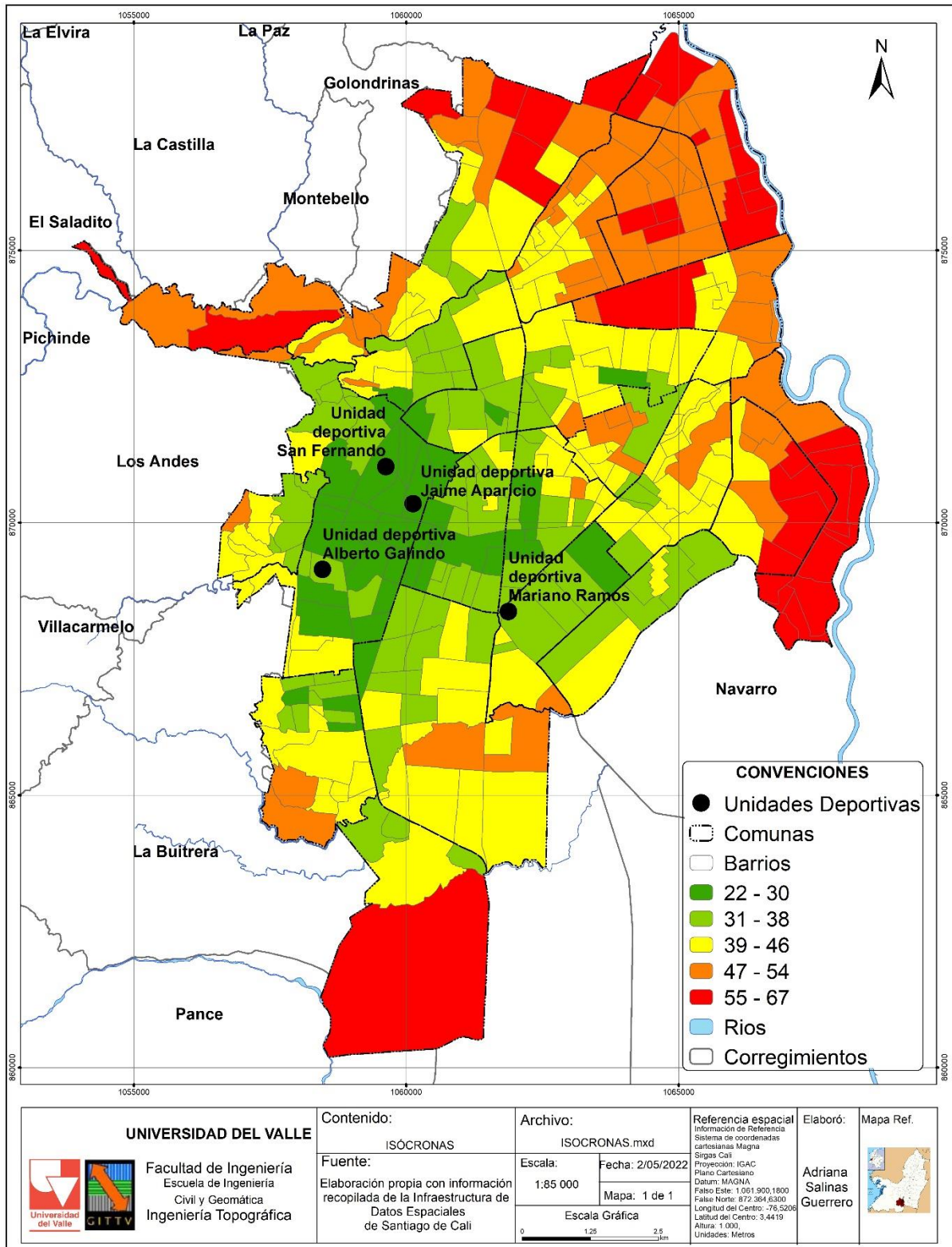
Anexo 4. Mapa de trazado de velocidad de superficie de iso-accesibilidad



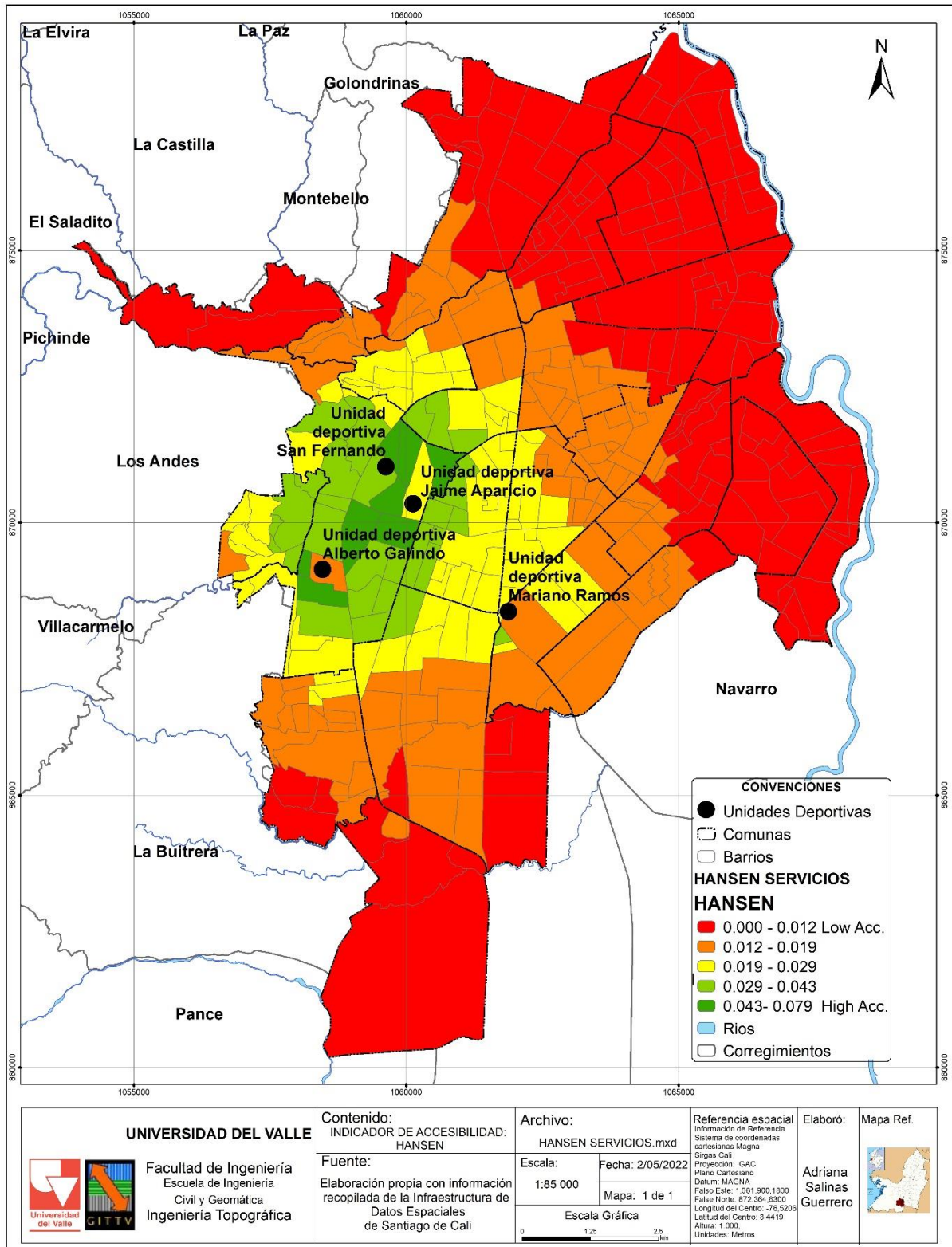
Anexo 5: Mapa coroplético, índice factor de ruta integral



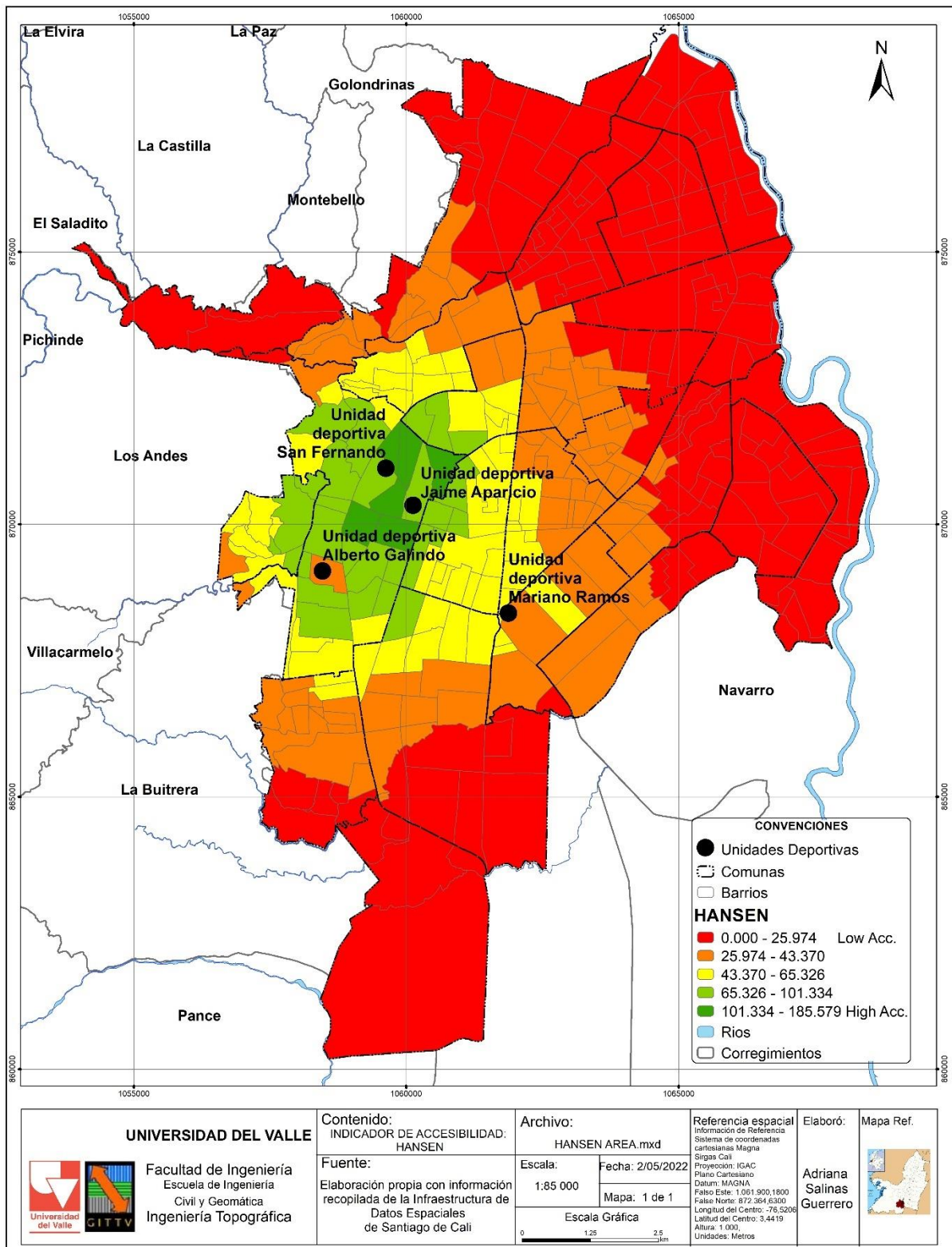
Anexo 6: Mapa coroplético, índice Isócronas



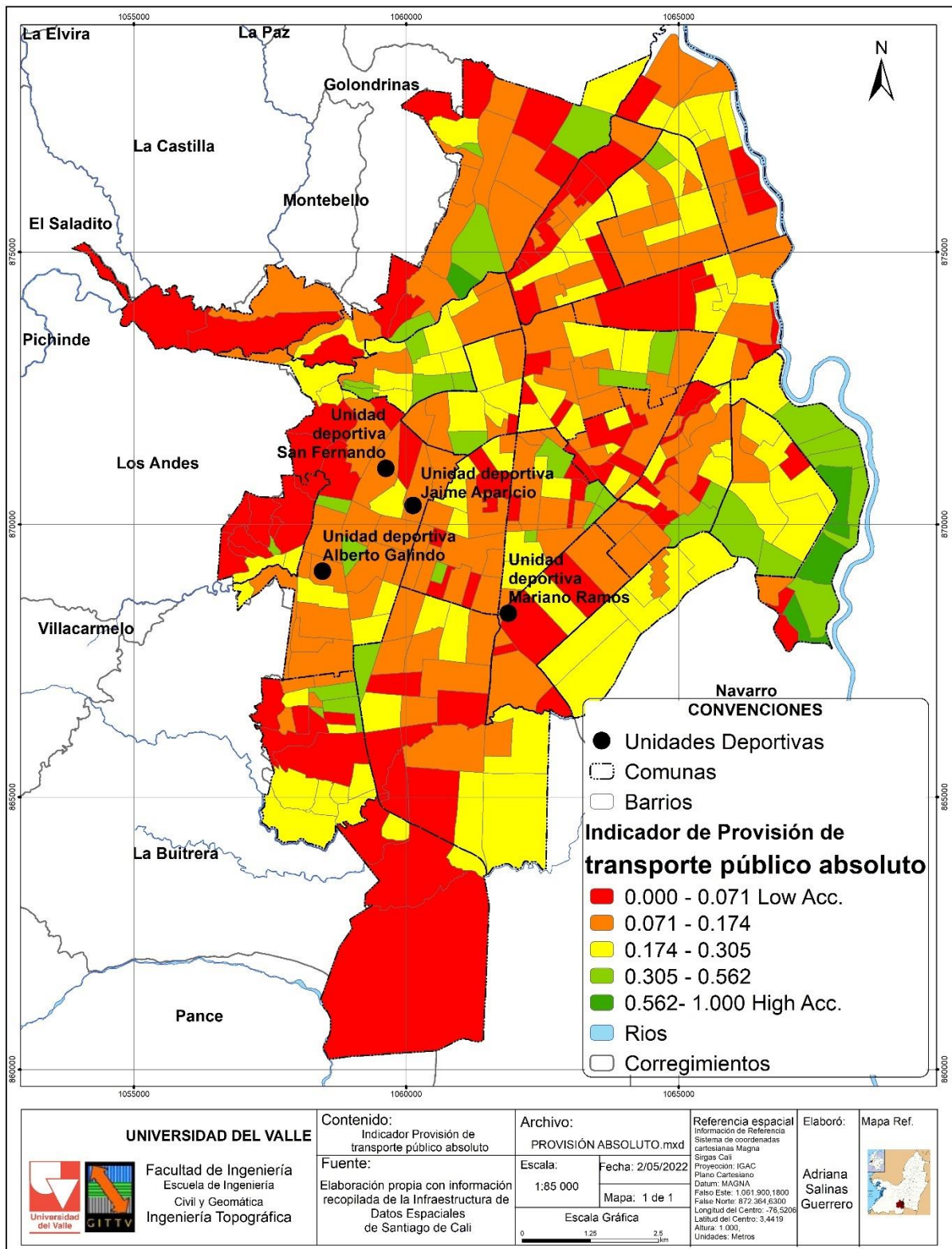
Anexo 7: Mapa coroplético, índice de Hansen evaluado con variable de atracción: número de servicios



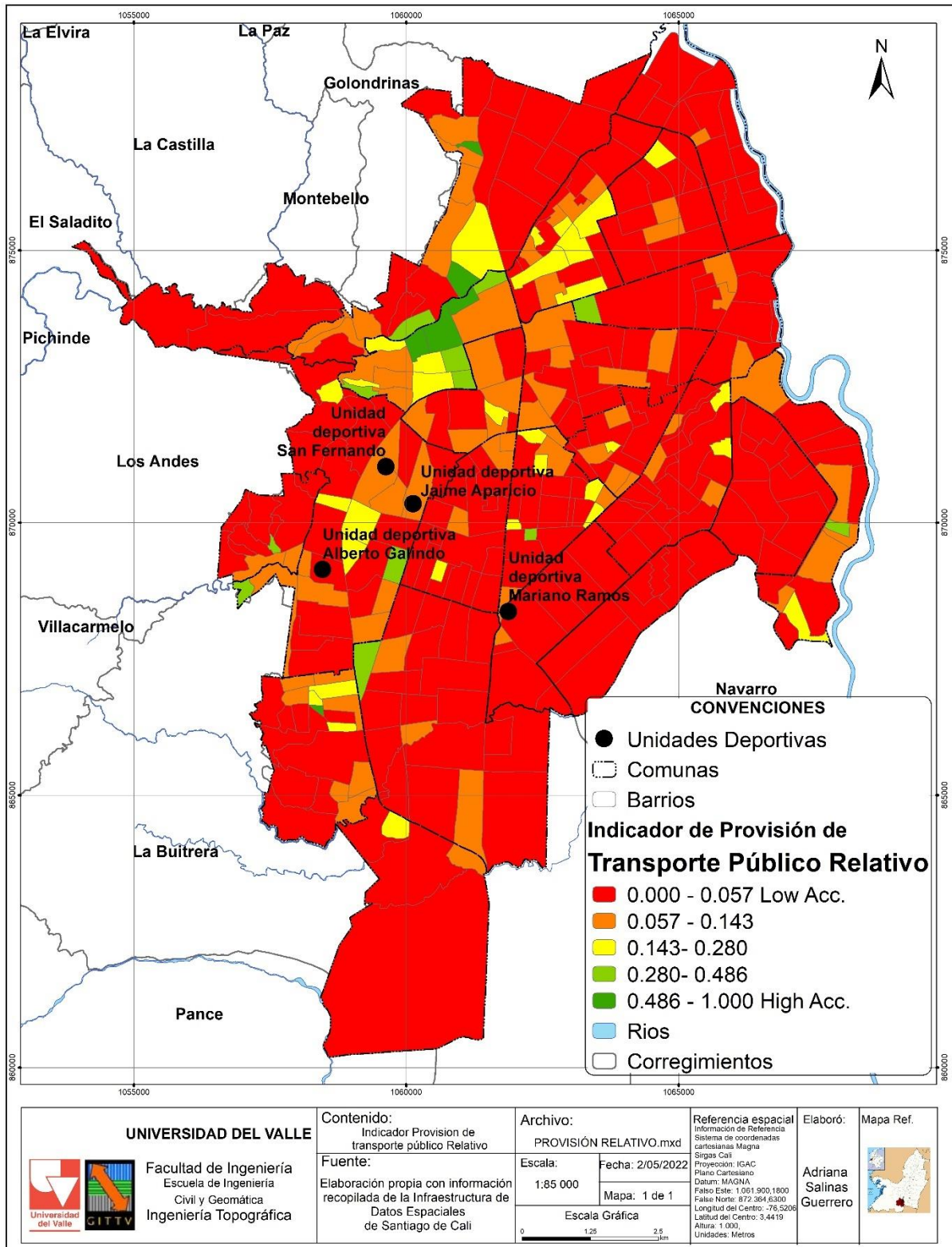
Anexo 8: Mapa coroplético, índice de Hansen evaluado con variable de atracción: área



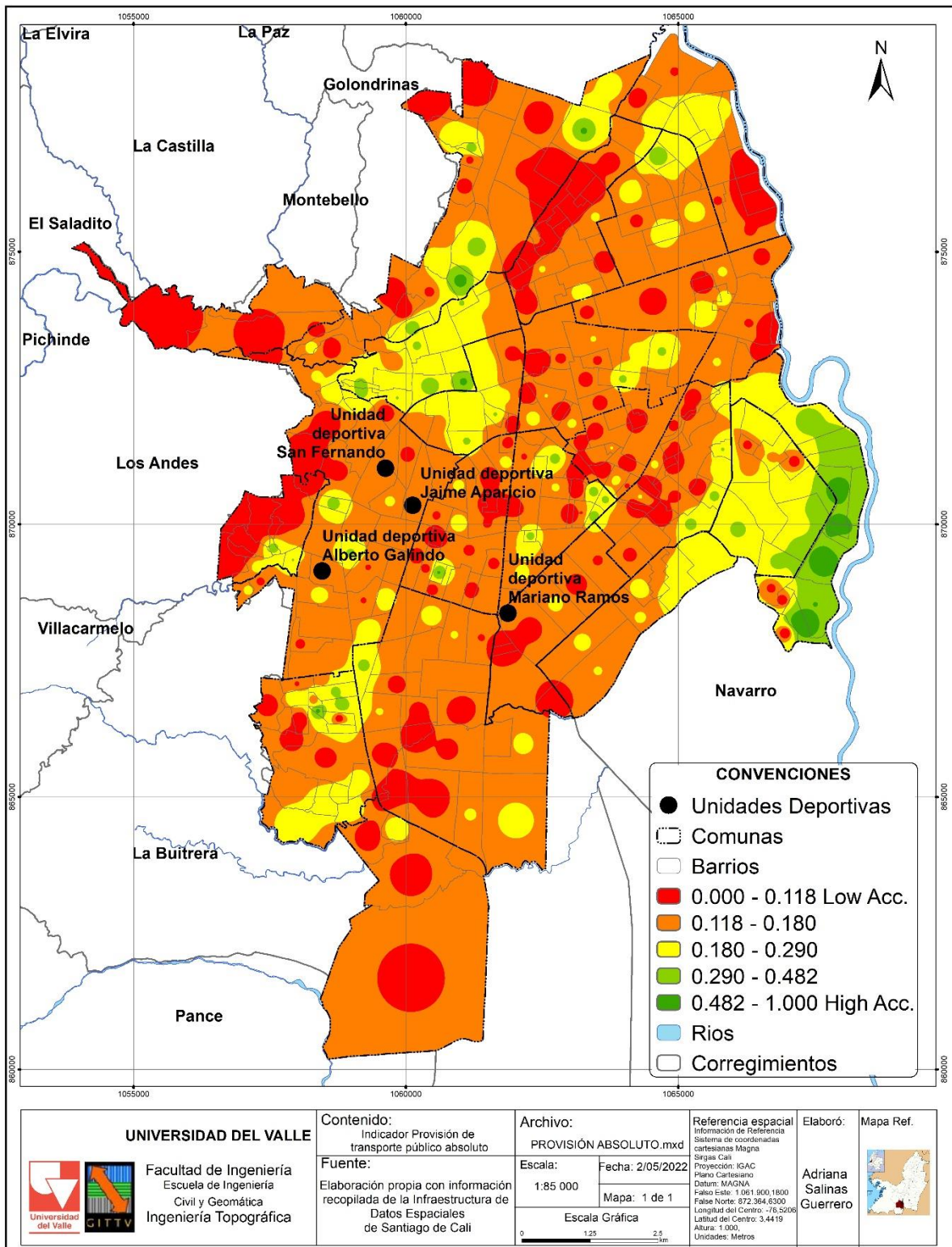
Anexo 9: Mapa coroplético, índice de provisión de transporte público absoluto



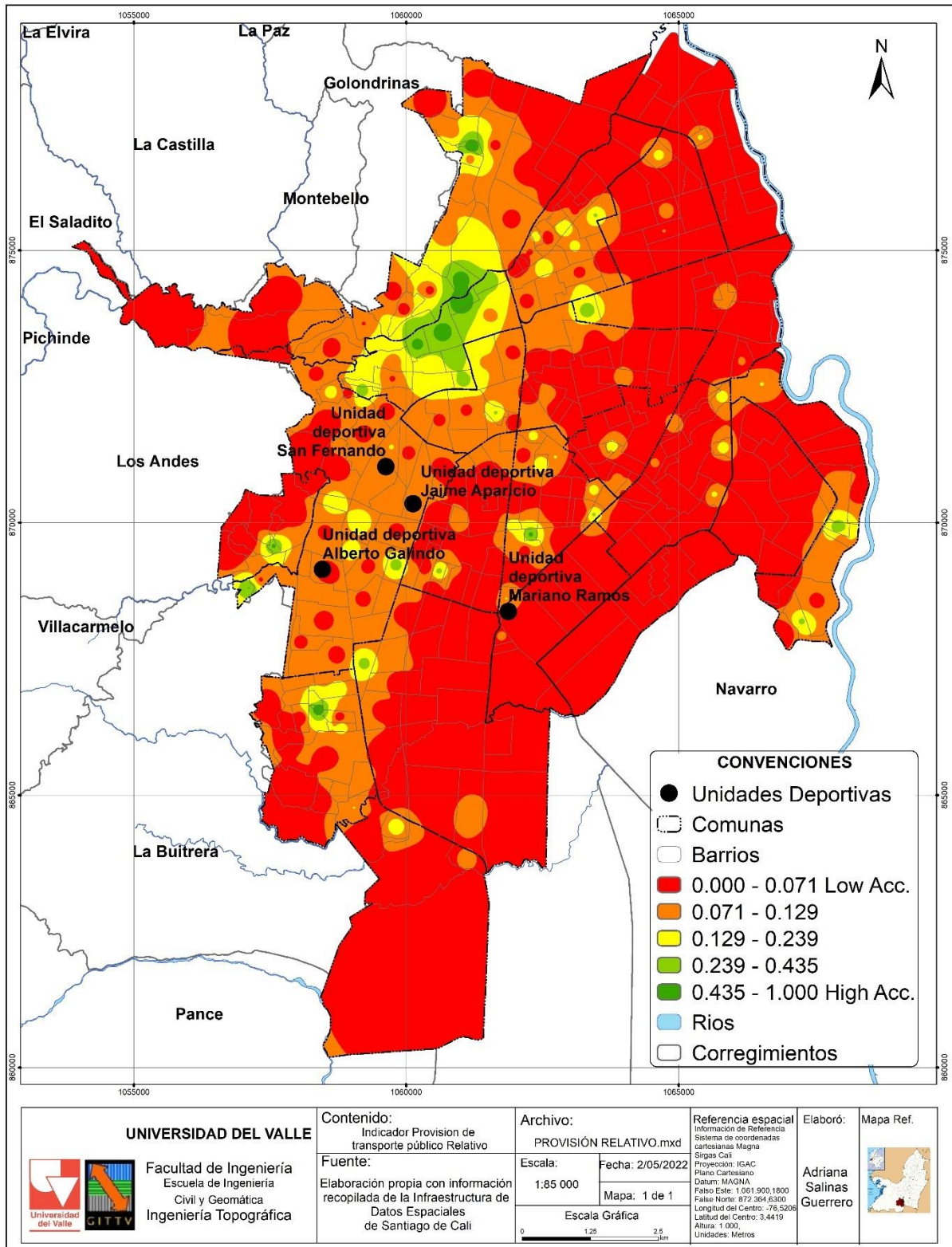
Anexo 10: Mapa coroplético, índice de provisión de transporte público relativo



Anexo 11: Mapa de curvas de Iso- Accesibilidad, índice de provisión de transporte público absoluto



Anexo 12: Mapa de curvas de Iso- Accesibilidad, índice de provisión de transporte público relativo



Anexo 13: Red vial del SITM-MIO

