



# **Evaluación de accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente**

**María Camila Márquez Bedoya**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Manizales, Colombia

2022

# **Evaluación de accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente**

**María Camila Márquez Bedoya**

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ingeniería – Infraestructura y sistemas de transporte**

Director:

**Ph.D. Diego Alexander Escobar García**

Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Civil y Doctor en Gestión del Territorio e  
Infraestructura de Transporte

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y arquitectura  
Manizales, Colombia

2022

*El esfuerzo de hoy es el éxito de mañana*

*No puedo estar más agradecida con la vida por los padres que me dio, sin su apoyo nada de esto sería posible y siempre les voy a deber todo lo que soy y lo que he logrado. Se merecen lo mejor del mundo y espero que Dios me permita tenerlos a mi lado por muchos años más.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi director Ph.D. Diego Alexander Escobar García y al Grupo de Investigación en movilidad sostenible por su colaboración durante todo este proceso. Especialmente a su integrante Santiago Cardona Urrea por su apoyo en la implementación del E2SFCA.

También agradezco al ingeniero civil Erik Jiménez Riaño y al ingeniero de petróleos Santiago Velásquez Guerrero por su ayuda en ciertas fases de esta investigación.

## Resumen

### **Evaluación de accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente**

Debido al incremento en la demanda de los servicios de atención médica que se ha generado en el mundo desde el año 2020, se vuelve de vital importancia analizar aquellos factores externos que afectan la atención de pacientes en los hospitales y/o clínicas, por lo cual se plantea el presente trabajo final de maestría como una forma de analizar desde el punto de vista de accesibilidad geográfica el estado actual que estarían teniendo estos en lo que refiere a médicos y camas, y las mejoras que se tendrían que realizar para alcanzar los indicadores de La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para estos aspectos, considerando que dichos indicadores no son calculados teniendo en cuenta la accesibilidad geográfica. Dicho estudio de accesibilidad geográfica sería aplicado al Área Metropolitana Centro Occidente (Pereira, Dosquebradas y La Virginia) perteneciente al departamento de Risaralda – Colombia; para lo cual se implementaría el método mejorado de área de captación flotante de dos pasos (E2SFCA por sus siglas en inglés) que permite identificar aquellas zonas en las cuales no existe una adecuada cobertura desde los servicios de atención médica para un radio de influencia de 15 minutos de viaje.

**Palabras clave:** Accesibilidad geográfica; E2SFCA; Niveles de complejidad; Servicios de atención médica.

## **Abstract**

### **Evaluation of geographic accessibility to health care services of the Central West Metropolitan Area**

Due to the increased demand for health care services since 2020 in the world, becomes of vital importance to analyze those external factors that affect the attention of patients in hospitals and clinics, for which this final master's degree is proposed as a means of analyzing in terms of geographic accessibility the current state they would be having with respect to medical supplies and beds, and the improvements that would need to be undertaken to achieve the indicators of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) for this aspects, considering these indicators are not calculated on the basis of an analysis of geographic accessibility. This geographic accessibility study would be applied to the Central West Metropolitan Area (Pereira, Dosquebradas and La Virginia) belonging to the department of Risaralda – Colombia for which would be implemented the enhanced two step floating catchment area (E2SFCA) that identifies those areas without proper coverage from the medical care services within 15 minutes' radius of influence of traveling time.

**Keywords: Complexity levels; E2SFCA; Geographic accessibility; Health care services.**

# Contenido

	Pág.
<b>1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>7</b>
2.1 Objetivo General .....	7
2.2 Objetivos específicos .....	7
<b>3. Marco Teórico.....</b>	<b>8</b>
3.1 Accesibilidad geográfica.....	8
3.2 Métodos de área de captación flotante.....	10
3.3 Niveles de atención en los servicios de salud.....	12
<b>4. Metodología .....</b>	<b>14</b>
4.1 Recolección de datos .....	15
4.1.1 Caracterización sociodemográfica.....	15
4.1.2 Construcción de la Red de Infraestructura del transporte .....	22
4.1.3 Investigación de los Niveles de Atención y Número de camas que poseen los servicios de atención médica .....	23
4.2 Análisis geoestadístico .....	26
4.2.1 Obtener ojivas porcentuales de cobertura espacial.....	26
4.3 Análisis de accesibilidad aplicando el E2SFCA .....	26
4.3.1 Calcular relación camas – población.....	28
4.3.2 Calcular accesibilidad geográfica por manzanas .....	29
4.3.3 Calcular accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico.....	30
<b>5. Resultados y discusión .....</b>	<b>32</b>
5.1 Análisis de accesibilidad integral de los servicios de atención médica .....	32
5.1.1 Servicios de atención médica nivel de complejidad bajo.....	33
5.1.2 Servicios de atención médica nivel de complejidad alto.....	38
5.2 Análisis de accesibilidad geográfica aplicando el E2SFCA.....	41
5.2.1 Relación camas – población .....	41
5.2.2 Accesibilidad geográfica de todos los servicios de atención médica .....	43
5.2.3 Accesibilidad geográfica de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	47
5.2.4 Accesibilidad geográfica de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto.....	51
5.2.5 Accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico .....	55

<b>6. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>59</b>
6.1 Conclusiones.....	59
6.2 Recomendaciones.....	61
<b>7. Bibliografía .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo A: Código de programación Imputación Iterativa .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo B: Código de programación paso 2 E2SFCA.....</b>	<b>71</b>

# Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1-1</b> , Localización Área Metropolitana Centro Occidente .....	6
<b>Figura 4-1</b> , Metodología de investigación .....	14
<b>Figura 4-2</b> , Densidad poblacional por hectárea.....	16
<b>Figura 4-3</b> , Clasificación manzanas según Estrato 1 .....	17
<b>Figura 4-4</b> , Clasificación manzanas según Estrato 2 .....	18
<b>Figura 4-5</b> , Clasificación manzanas según Estrato 3 .....	19
<b>Figura 4-6</b> , Clasificación manzanas según Estrato 4 .....	20
<b>Figura 4-7</b> , Clasificación manzanas según Estrato 5 .....	21
<b>Figura 4-8</b> , Clasificación manzanas según Estrato 6 .....	21
<b>Figura 4-9</b> , Red de Infraestructura del Transporte .....	23
<b>Figura 4-10</b> , Red de servicios de atención médica AMCO .....	25
<b>Figura 4-11</b> , Función Gaussiana, Fuente: (F. Wang, 2012) .....	28
<b>Figura 5-1</b> , Curvas isócronas Accesibilidad Integral desde los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	34
<b>Figura 5-2</b> , Ojivas acumuladas de cobertura de la población de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	35
<b>Figura 5-3</b> , Ojivas acumuladas de cobertura de la población por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo.....	37
<b>Figura 5-4</b> , Curvas isócronas Accesibilidad Integral desde los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto.....	38
<b>Figura 5-5</b> , Ojivas acumuladas de cobertura de la población de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto.....	39
<b>Figura 5-6</b> , Ojivas acumuladas de cobertura de la población por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad alto.....	40
<b>Figura 5-7</b> , Escenario actual accesibilidad geográfica (camas/1000habitantes) a todos los servicios de atención médica.....	44
<b>Figura 5-8</b> , Gradiente camas escenario actual vs escenario futuro de todos los servicios de atención médica .....	44
<b>Figura 5-9</b> , Escenario actual accesibilidad geográfica (médicos/1000habitantes) a todos los servicios de atención médica .....	46
<b>Figura 5-10</b> , Gradiente médicos escenario actual vs escenario futuro de todos los servicios de atención médica.....	46

<b>Figura 5-11</b> , Escenario actual accesibilidad geográfica (camas/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	48
<b>Figura 5-12</b> , Gradiente camas escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad bajo .....	49
<b>Figura 5-13</b> , Escenario actual accesibilidad geográfica (médicos/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	50
<b>Figura 5-14</b> , Gradiente médicos escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad bajo .....	50
<b>Figura 5-15</b> , Escenario actual accesibilidad geográfica (camas/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto.....	52
<b>Figura 5-16</b> , Gradiente camas escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad medio y alto.....	53
<b>Figura 5-17</b> , Escenario actual accesibilidad geográfica (médicos/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto.....	54
<b>Figura 5-18</b> , Gradiente médicos escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad medio y alto .....	55
<b>Figura 5-19</b> , Estratificación vs Promedio de camas por cada 1000 habitantes .....	56
<b>Figura 5-20</b> , Estratificación vs Promedio de médicos por cada 1000 habitantes.....	58

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 4-1. Extensión de vías de acuerdo a la clasificación del POT o PBOT .....	22
Tabla 4-2. Caracterización de los Servicios de atención médica .....	24
Tabla 5-1. Tiempos de viaje promedios ponderados por área y población de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	36
Tabla 5-2. Tiempos de viaje promedios ponderados por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo .....	37
Tabla 5-3. Tiempos de viaje promedios ponderados por área y población de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto .....	40
Tabla 5-4. Tiempos de viaje promedios ponderados por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto .....	41
Tabla 5-5. Cálculo Relación camas (y médicos) - Población .....	42
Tabla 5-6. Servicios de atención médica e IPS .....	47
Tabla 5-7. Valores Accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico (camas/1000habitantes) .....	56
Tabla 5-8. Valores Accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico (médicos/1000habitantes) .....	57

# 1. Introducción

Las diversas situaciones generadas a partir del año 2020 debido a la pandemia del COVID – 19, han hecho que el funcionamiento de los sistemas de salud se vea cuestionado y en la mayoría de los casos requiera ser mejorado, hecho que no solamente depende del número de equipos médicos, infraestructura, número de funcionarios, entre otros; sino a su vez de la relación que estos tienen con la población; dicha relación se mide con accesibilidad geográfica que identifique “el grado de igualdad en la distribución de los servicios que presta cada instalación a la población” (Ramírez, 2002); respondiendo de este modo la pregunta de investigación ¿Se están distribuyendo equitativamente los servicios de atención médica?, que se fundamentaría en hipótesis dadas previamente para la accesibilidad geográfica como lo serían *la accesibilidad es influenciada por factores espaciales como la localización y no espaciales como el estatus financiero* (Kanuganti et al., 2016a) y *los problemas de los sistemas de salud se deben principalmente a la mala planeación* (Rojas Quezada et al., 2019).

Al estudiar la accesibilidad con respecto a los servicios de atención médica se encuentra que está implícitamente relacionada con las barreras y las facilidades que hay entre usuarios y servicios (Khan, 1992), teniendo tres componentes principales que serían la capacidad de los servicios de atención médica, el potencial de demanda y el rendimiento de las redes de transporte (Chen et al., 2020). Además, esta puede ser enfocada como accesibilidad revelada al mostrar el uso real de los servicios de atención médica, o potencial al hacer énfasis en las pautas geográficas y la oferta global de estos (Luo, 2004). Pero lamentablemente, aunque que los niveles de accesibilidad y distribución equitativa se hubieran definido como indicadores importantes del buen funcionamiento de los sistemas urbanos (Nicholls, 2001), se ha encontrado que en muchos casos para la localización de los servicios de salud son más importantes las preferencias de los doctores y las influencias gubernamentales que la equidad espacial (A. E. Joseph, 1984), generándose

---

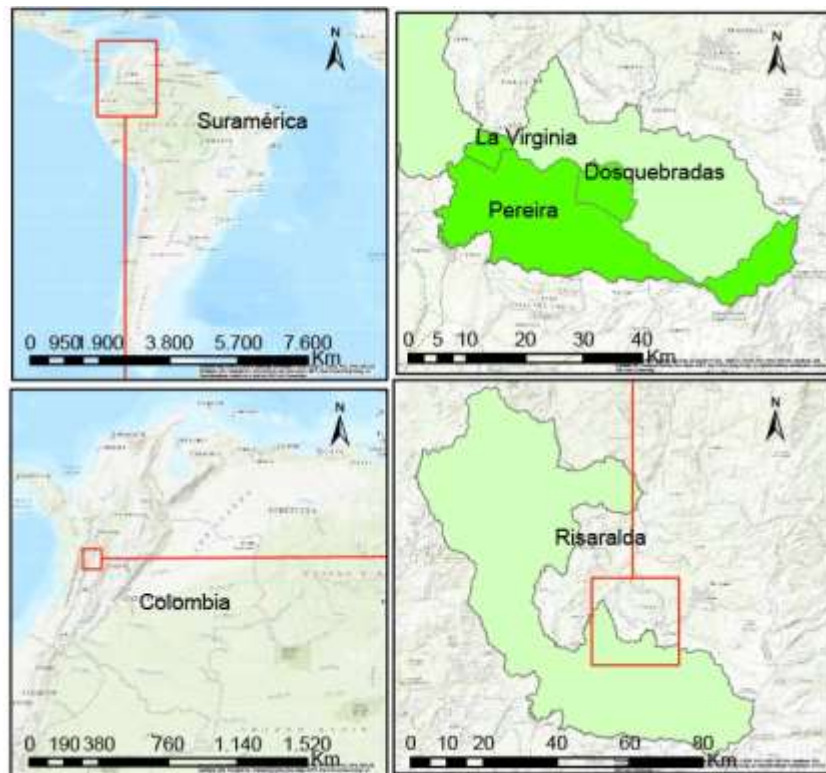
por lo tanto barreras para el acceso especialmente para las zonas rurales y/o las menos favorecidas (Goldsmith & Rickts, 1999).

Siendo Colombia un país subdesarrollado y con grandes injusticias sociales, la presente investigación nace como parte del proyecto “Evaluación de la accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica de las capitales del departamento de Caldas, Quindío y Risaralda: enfoque en la equidad geoespacial según el nivel de atención” identificado con el código 51205 (Código QUIPU 202010033290) y que hace parte de la “Convocatoria para el fortalecimiento de la investigación, creación e innovación articulado con la formación en la Universidad Nacional de Colombia 2020-2021”, y tiene por objetivo proponer soluciones a los problemas de inequidad (en lo que respecta a servicios de atención médica) que se estarían generando en el Área Metropolitana Centro Occidente. Este territorio se encuentra localizado en la vertiente occidental de la Cordillera Central de los Andes colombianos a una altitud promedio de 1450 m.s.n.m. (ver **Figura 1-1**) con una población actual de 630.550 habitantes y un área de 71.071 hectáreas (Martinez, 2021), y está conformada por los municipios de Dosquebradas, Pereira y La Virginia pertenecientes al departamento de Risaralda. Para lograr dicho análisis, se recurrirá al método mejorado de área de captación flotante de dos pasos (E2SFCA por sus siglas en inglés), que ya ha sido usado en países como Estados Unidos (p.e., Ghorbanzadeh et al., 2021) y China (p.e., Pan et al., 2015) para evaluar la accesibilidad a los servicios de atención médica, pero en las zonas que abarca el proyecto en cuestión, únicamente se ha aplicado para analizar la situación de las Unidades de Cuidado Intensivo (UCI) (D. A. Escobar et al., 2020), y a nivel nacional solo se ha aplicado el 2SFCA para temas veterinarios (Monsalve et al., 2016).

El E2SFCA hace parte del conjunto de variaciones que se le han realizado al método de área de captación flotante de dos pasos (2SFCA por sus siglas en inglés) desde su ajuste para medir la accesibilidad a los centros de salud en la ciudad de Chicago (Luo & Wang, 2003), y actualmente aún está sujeto a estudios y variaciones para mejorar sus resultados con influencia de variables sociales como por ejemplo la conducta (Li et al., 2021) y las elecciones o preferencias de las personas (Whitehead et al., 2020). Para su aplicación es necesaria la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita con base en tiempos de viaje entre residentes de un territorio y servicios médicos, medir

la accesibilidad geográfica que ofrece determinada zona de estudio (F. Wang & Luo, 2005), y con base en dichos datos aplicar las fórmulas que indica el E2SFCA.

Para poder aplicar de manera adecuada el E2SFCA se inicia realizando una caracterización del territorio en cuanto a vías, población y servicios de atención médica, y con base en esto se procede a realizar el análisis mediante el software ArcGIS, el cual generaría las medidas isócronas que no solo permitirán realizar un diagnóstico del territorio, sino que brindarán los datos iniciales para aplicar el primer paso del E2SFCA. Por otro lado, para realizar el paso 2 del E2SFCA se lleva la información calculada del primer paso y también con ayuda de ArcGIS se realiza el cálculo del matriz origen – destino entre los servicios de atención médica y los centroides de las manzanas, lo cual con ayuda de un código de programación calcularía los coeficientes de accesibilidad para cada manzana del Área Metropolitana Centro Occidente y posteriormente con base en estos se calcula la accesibilidad por estrato socioeconómico.



**Figura 1-1,** Localización Área Metropolitana Centro Occidente

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Analizar la accesibilidad territorial de las redes de transporte que existen en el Área Metropolitana Centro Occidente con respecto a los servicios de salud allí presentes, con el fin de establecer los niveles de desigualdad e inequidad espacial que se generan según el nivel de servicio del hospital y las variables socioeconómicas y sociodemográficas de la población.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Calcular las ojivas porcentuales de cobertura espacial para las variables de área, población y número de hogares, según estrato socioeconómico y nivel de atención del hospital.
- Identificar las zonas del Área Metropolitana Centro Occidente que tienen algún tipo de desigualdad y/o inequidad espacial relacionada con las condiciones de accesibilidad a los servicios de salud.
- Proponer soluciones para aquellos sectores de la ciudad que poseen dificultades para poder acudir a un centro de salud de manera rápida y satisfactoria.

## 3. Marco Teórico

### 3.1 Accesibilidad geográfica

La accesibilidad geográfica es una forma de estudiar las oportunidades que posee una sociedad para poder movilizarse fácilmente de un lado a otro de manera que se generen las mejores condiciones posibles para llegar a determinado destino (J. M. Morris, 1979); este hecho ha venido generando que durante las últimas décadas que esta se convierta en un fundamento para la planeación adecuada del transporte y el uso del suelo, teniendo en cuenta “enfoques de cuantificación, niveles de agregación y medición basada en el lugar y la persona” (Levine, 2020).

Según Geurs & van Wee (2004) a la accesibilidad se le pueden identificar cuatro componentes que son el uso del suelo, lo cual abarca lo relacionado con oferta y demanda de los servicios básicos de una población, el transporte que tendría en cuenta desde la infraestructura hasta el funcionamiento del transporte multimodal, el tiempo como la base fundamental para identificar los inconvenientes en la movilidad, y la individualidad que demuestra las condiciones propias de cada persona que hacen más fácil o no sus desplazamientos en los distintos modos de transporte. Si se mezclan estos componentes se llega entonces a las perspectivas que se pueden tomar al evaluar la accesibilidad geográfica, las cuales son:

- **Infraestructura:** para el caso de las medidas de accesibilidad que se basan en esta, se espera principalmente obtener los criterios de operación y funcionamiento de una red de transporte como lo son los tiempos de viaje, la congestión y la velocidad de operación que esta posee. Sin embargo, existe una falencia en este caso que estaría relacionada con el uso del suelo, debido a que se puede llegar a resultados que solo evalúen tiempos de viaje y costos de operación (Linneker &

---

Spence, 1992), pero no el impacto que tienen las diferentes actividades en la cotidianidad de las personas.

- **Localización:** este tipo de medida de accesibilidad se conoce principalmente como accesibilidad integral (Ingram, 1971), y demuestra la relación que hay entre unos puntos específicos de la red como lo pueden ser los lugares de educación, trabajo o salud, y los centros residenciales de un determinado territorio; permitiendo de este modo identificar falencias o fortalezas en el uso del suelo con ayuda de análisis estadísticos como los que generan las ojivas porcentuales de cobertura espacial. Para este caso se puede tomar un enfoque en cuanto a conectividad al usar medidas isócronas que analizan el número de viviendas y/o población que abarca un determinado tiempo de viaje, distancia o costo; y en cuanto a gravedad (medidas de accesibilidad potencial) cuando se mide con ayuda de una función matemática la accesibilidad que posee determinada localización con respecto a las otras (Handy & Niemeier, 1997).
- **Personas:** las medidas de accesibilidad con este enfoque fueron creadas por Hägerstrand (1970) y analizan el comportamiento con respecto a patrones de viaje, actividades cotidianas, características étnicas, género, entre otros aspectos sociales que hacen que las personas adopten ciertos patrones de viaje (Kwan, 1998). Pero a pesar de poder brindar un análisis más detallado que las demás medidas, el procesamiento de dicha información se vuelve complicado y más cuando se trata de un modelo a gran escala.
- **Utilidad:** al realizar una medida de accesibilidad que tiene relación con este concepto se entra a tratar con una noción económica principalmente, de la cual se esperaría obtener los beneficios o perjuicios que tiene para la población la elección de determinado modo de transporte, mediante el uso de modelos de transporte como lo son el modelo multinomial logit (Moshe Ben-Akiva, 1985) o el modelo de entropía doblemente restringida (Martínez & Araya, 2000). Los resultados obtenidos en este caso pueden relacionarse con los modelos de gravedad y de este modo proponer mejoras en el uso del suelo y/o el transporte de determinado territorio.

### **3.2 Métodos de área de captación flotante**

Los métodos de área de captación flotante (FCA por sus siglas en inglés) son una recopilación de varias metodologías que se han venido utilizando para la investigación de la accesibilidad geográfica, esto debido a que permiten analizar lo referente a los servicios básicos como lo son salud, educación y trabajo; destacándose entre estos especialmente la aplicación relacionada a los servicios de atención médica en virtud de que se dice que el uso de estos disminuye cuando incrementa su distancia con respecto a los lugares de residencia de las personas (Thouez et al., 1988); obteniendo por esto que estos modelos de área de captación flotante son una aplicación de un modelo de gravedad en el cual de acuerdo a los tiempos de viaje se realiza un análisis de la red de infraestructura de transporte y las oportunidades que esta genera con respecto a la movilidad de las personas hacia un servicio básico específico.

Los métodos de área de captación flotante (entre los que se encuentra el E2SFCA utilizado para el presente estudio) nacen por la necesidad recurrente de examinar los problemas de localización de acuerdo a la red de infraestructura del transporte, lo cual se venía realizando con ayuda de polígonos de Voronoi y de Thiessen (Okabe, A.; Boots, B. and Sugihara, K., 1992), pero estos tenían poca precisión porque prácticamente dejaban a un lado la red de infraestructura de transporte que se demostró que debía ser analizada para identificar y solucionar problemas de usos del suelo en determinado territorio (Koshizuka & Kurita, 1991).

Con base en estos problemas y con la llegada de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se comenzaron a plantear las áreas de captación flotante, siendo estas inicialmente solo círculos sobrepuestos con determinado radio de influencia que permitían identificar las zonas aisladas o con problemas de accesibilidad geográfica (Radke & Mu, 2000) conforme se producía el máximo alcance por parte de los círculos. Sin embargo, a este método se le encontraron falencias debido a que dichos círculos no representaban correctamente las áreas de captación por conservar la misma falencia que se generaba con los polígonos de Voronoi y de Thiessen.

---

A pesar de que al primer método de área de captación flotante se le encontraron falencias, con ayuda de métodos geoestadísticos implementados en los SIG se comienza a utilizar las redes de infraestructura del transporte para realizar análisis y se crea en el año 2003 el método de área de captación flotante de dos pasos (Two Step Floating Catchment Area (2SFCA)) debido a la necesidad de medir la barrera espacial entre residentes y médicos de la ciudad de Chicago – Estados Unidos (Luo & Wang, 2003), cambiando para este caso los círculos por medidas isócronas y los radios de influencia previamente definidos por tiempos de viaje a lo largo de esta; de este modo el 2SFCA daría un nuevo rumbo al análisis de accesibilidad y se volvería la base para mejorar los métodos de área de captación flotante, creándose a partir de estas modificaciones y/o mejoras como el i2SFCA para medir el nivel de saturación potencial de un hospital o la carga de trabajo de su personal (F. Wang, 2021), el 3SFCA utilizado para minimizar la sobre estimación de la demanda de los servicios de atención médica (Wan, Zou, et al., 2012), entre otras modificaciones que tomarían relevancia debido al impacto que tomaría para los gobiernos la accesibilidad geográfica en lo referente a la planeación de los usos del suelo (Levine, 2020).

Este método inicial del 2SFCA (como su nombre lo indica) consta de dos pasos, siendo el primer paso aquel en el cual se averigua un radio de influencia para cada servicio a analizar con base en la población que este abarca y la oferta que posee cada servicio básico (ver Ecuación (3.1)); mientras en el segundo paso se averigua un coeficiente que representa la accesibilidad para cada sector definido (ver Ecuación (3.2)), permitiéndose una representación gráfica en la cual cada manzana o zona definida del territorio se le puede asignar una gama de colores para identificar la situación en la cual se encuentra. El método 2SFCA utiliza las Ecuaciones 3.1 y 3.2 que arrojan valores en camas o médicos sobre determinado número de habitantes, donde  $j$  e  $i$  representan servicios médicos y unidades de población respectivamente,  $R_j$  es la relación que hay entre la oferta del servicio de atención médica (en cuanto a camas o médicos) y la población ( $P_k$ ) que abarca el radio de influencia ( $D_r$ ) (siendo  $k$  la población total que abarca determinada curva isócrona),  $A_i$  es la accesibilidad de cada población definida y  $d_{ij}$  es la distancia que existe entre el servicio médico  $j$  y el centroide de la unidad de población  $i$ .

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_r\}} P_k} \quad (3.1)$$

$$A_k = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_r\}} R_j \quad (3.2)$$

Habiéndose definido las ecuaciones que serían el principio para muchas de las metodologías de área de captación flotante, cabe resaltar que aun cuando el 2SFCA arrojaba buenos resultados, no tenía influencia de la atracción que generaría para las personas el tener que viajar determinado tiempo entre sus hogares y el servicio básico al que querrían llegar, dicha atracción es llamada peso y se define por funciones matemáticas que miden “la compensación entre el peso de una facilidad y la distancia entre facilidades a consumidores, según la percepción del consumidor” (Eiselt & Laporte, 1989), entendiéndose como facilidad aquel servicio básico o instalación con respecto al cual se está realizando el análisis de accesibilidad geográfica; por esto al aplicar este concepto en otras metodologías como el E2SFCA (explicado posteriormente) se realiza una representación más aproximada de la realidad al cumplirse a su vez con las expectativas de un modelo de gravedad (Luo & Qi, 2009).

### 3.3 Niveles de atención en los servicios de salud

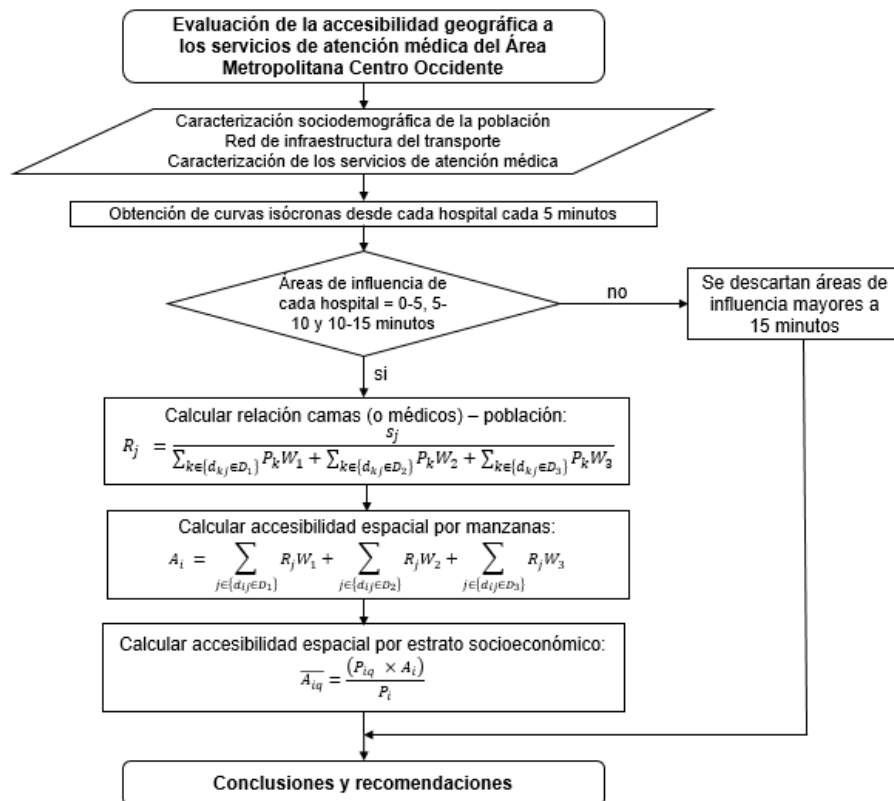
Para el caso de Colombia se debe identificar que existen tanto niveles de atención, como niveles de complejidad, el primero es una derivación del segundo, teniendo en cuenta que “la clasificación de prestadores por niveles de complejidad nace con Ley 10 de 1990 (1990), en la cual se establecieron responsabilidades a municipios y departamentos en la prestación de servicios, de acuerdo con tres niveles de atención” (Prada Ríos et al., 2017). Sin importar que se esté tratando con una clasificación por niveles de atención o de complejidad, se debe tener en cuenta que esta es dada especialmente para las instituciones públicas o aquellas que se encuentran registradas en el Registro Especial de Prestadores de Salud (REPS). Sin embargo, en el Acuerdo 08 de 2009 Anexo 3 - Comentarios a Niveles de Complejidad y actividades de promoción de la salud y

prevención de la enfermedad (2009) se permite identificar los niveles de atención que prestan los centros de salud de acuerdo a unas características de funcionamiento, definiéndose a su vez un cuarto nivel de atención. Los niveles de atención se identificarían de la siguiente manera:

- **Primer nivel de atención:** es aquel que incluye los hospitales locales, los centros y puestos de salud que manejan tecnología de baja complejidad y atienden problemas de salud de menor severidad. Comprende todos los servicios que pueden atender un médico general u otros profesionales relacionados con el campo de la salud que no requieren estrictamente tener una especialización.
- **Segundo nivel de atención:** es aquel que incluye clínicas y hospitales que atienden uno o más municipios, y a su vez manejan tecnología de mediana complejidad. Este nivel de atención requiere de personal especializado y auxiliares también capacitados para atender y tratar patologías de mediana complejidad, prestando a su vez los servicios del nivel 1.
- **Tercer nivel de atención:** es aquel que tiene una amplia cobertura de población, abarcando aquellas clínicas y hospitales con tecnología de alta complejidad, que tienen entre su personal especialistas hacia los cuales son remitidos los pacientes desde los otros niveles de atención, de acuerdo a la gravedad de las enfermedades.
- **Cuarto nivel de atención:** generalmente presenta unas diferencias muy ligeras con los servicios que presta el nivel de atención 3, pero con la diferencia de que ya se relaciona estrictamente con patologías catastróficas como lo son el cáncer, por lo cual las instituciones prestadoras de salud (IPS) que pertenecen a este nivel suelen estar en este nivel las llamadas “Clínicas de alta tecnología”.

## 4. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo se siguieron los pasos presentados en la **Figura 4-1**, la cual indica que con base en los parámetros característicos del territorio a analizar es posible aplicar el E2SFCA y realizar el análisis respectivo.



**Figura 4-1**, Metodología de investigación

---

## 4.1 Recolección de datos

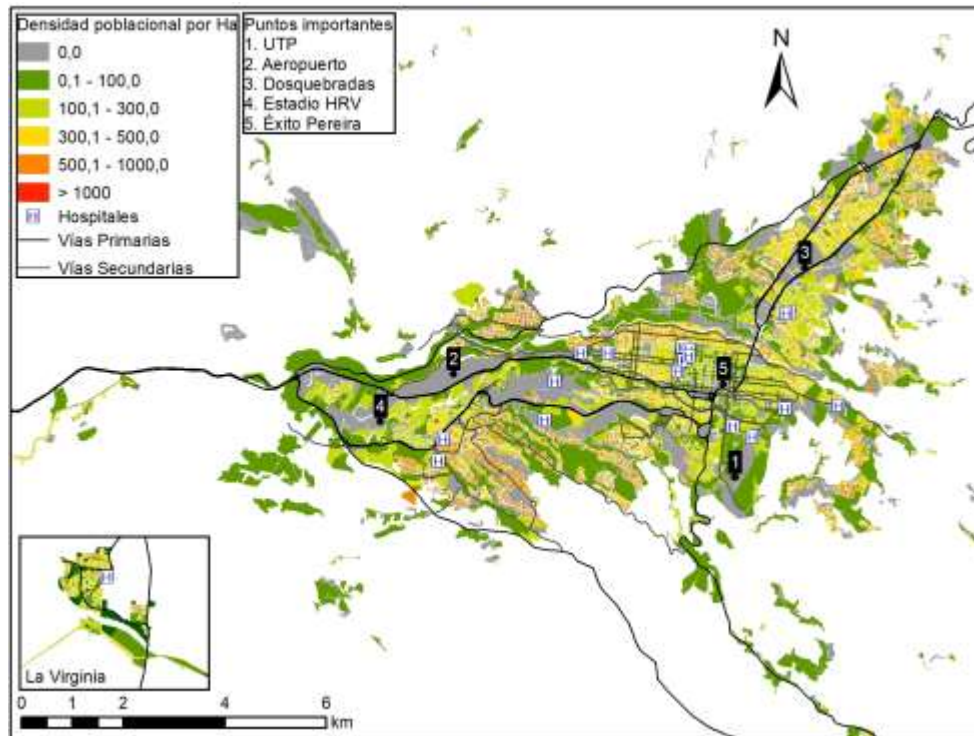
Para poder aplicar la metodología del E2SFCA al Área Metropolitana Centro Occidente es necesario realizar una modelación que permita mostrar sus características fundamentales tanto físicas como demográficas, logrando esto mediante el uso de ArcGIS, en donde los diferentes pasos a realizarse requerirían conocer la red de infraestructura del transporte, la red de servicios de atención médica y las manzanas en las cuales habita la población; siendo estos componentes descritos y presentados a lo largo del presente numeral.

### 4.1.1 Caracterización sociodemográfica

Para obtener los datos característicos de la población y la división del territorio, se usa el Geoportal del Departamento Administrativo Nacional de estadística (DANE, 2021) el cual permite descargar archivos Shapefile que contienen las características sociodemográficas por manzanas (que serían un conjunto de casas unidas o separadas que define el DANE como una unidad poblacional) según el Censo Nacional realizado en el año 2018 (MGN – Nivel Manzana integrado al CNPV2018) y las divisiones político-administrativas de los municipios que conforman el Área Metropolitana Centro Occidente (MGN - Nivel Municipio Integrado al CNPV2018).

El Área Metropolitana Centro Occidente fue conformada desde el año 1.991 y se compone de tres municipios como se puede observar en la **Figura 1-1**, los cuales de acuerdo con los datos obtenidos del DANE poseen en conjunto un total de 7.571 manzanas, de las cuales 4.787 pertenecen Pereira, 2.408 a Dosquebradas y 376 a La Virginia. El mayor porcentaje de la población lo tiene el municipio de Pereira, que además posee el 49,6% de la población departamental (Pereira cómo vamos, 2020) y es el núcleo económico y político tanto del Área Metropolitana Centro Occidente como del departamento de Risaralda; encontrándose a su vez que allí se localiza el valor máximo de densidad poblacional (equivalente a 2.869 habitantes por hectárea) y los sitios con las concentraciones de población más significativas como se puede observar en la en la **Figura 4-2**; pero en lo que corresponde a sus municipios vecinos ya son más pocas las manzanas con valores entre 500 y 1000. Cabe aclarar que la ciudad de Pereira se extiende en la parte noroccidental hasta los límites del municipio de La Virginia y en la parte suroccidental hasta los límites del municipio de Cartago – Valle del Cauca, siendo las manzanas pertenecientes

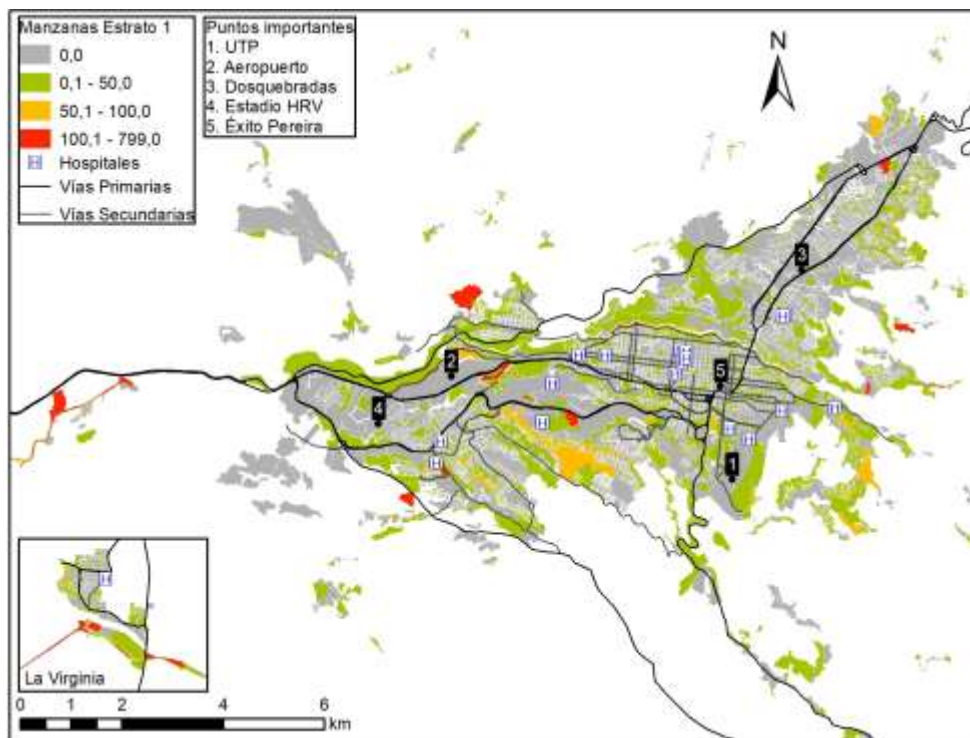
a estas zonas influenciadas prácticamente por el municipio vecino, por lo cual especialmente el caso de las manzanas que se encuentran en límites con el municipio de Cartago aquellas que no tendrían que generar preocupación (en el caso de que los resultados de accesibilidad no indicaran buenas condiciones) debido a que estas estarían siendo atendidas por los hospitales y clínicas que allí existen.



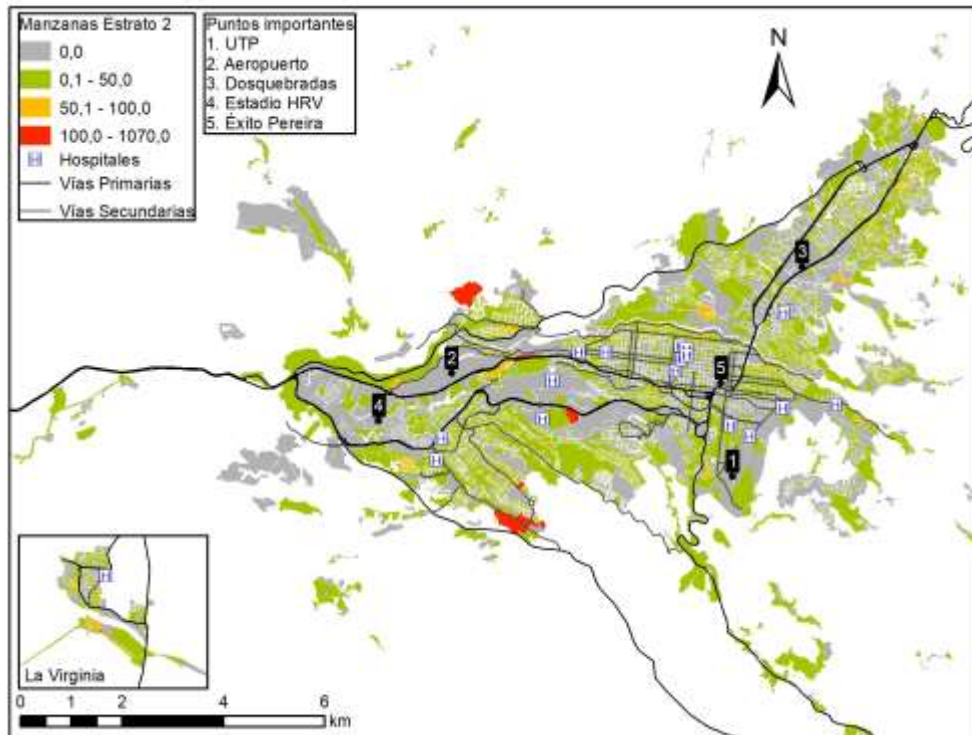
**Figura 4-2,** Densidad poblacional por hectárea

Adicionalmente a la densidad poblacional, para conocer las características socioeconómicas de la población se debe identificar aquellas zonas vulnerables con ayuda de los estratos socioeconómicos los cuales son enumerados de 1 a 6 siendo el valor más alto el que representa las mejores condiciones financieras de los hogares y el más bajo las mayores complicaciones. Dichos valores son obtenidos del archivo MGN – Nivel Manzana que presenta el número de viviendas por estrato socioeconómico de cada manzana y con base en mapas de colores es posible identificar las condiciones que podrían presentar las personas que allí residen.

Entrando a revisar por estratos socioeconómicos se puede encontrar que los estratos 1 y 2 son aquellos que llegan a tener un mayor número de viviendas con esta caracterización en una manzana, encontrándose en la **Figura 4-3** un valor máximo de 799 y la **Figura 4-4** un valor máximo de 1.070 para cada estrato respectivamente, pudiéndose deducir de manera visual que el estrato 2 estaría presente aproximadamente el 80% del Área Metropolitana Centro Occidente. También se encuentra en estos dos mapas que las zonas de la ciudad de Pereira identificadas con color rojo (que es el caso más crítico) concuerdan en ambos mapas, lo cual indica que estas serían de las más vulnerables y con condiciones más difíciles de accesibilidad geográfica debido se encuentran alejadas de la gran mayoría de servicios de atención médica, a lo que se le suma que en la mayoría de los casos las personas de estos estratos no poseen un medio de transporte privado y requieren recurrir al transporte público el cual aumenta los tiempos de viaje en la mayoría de los casos.

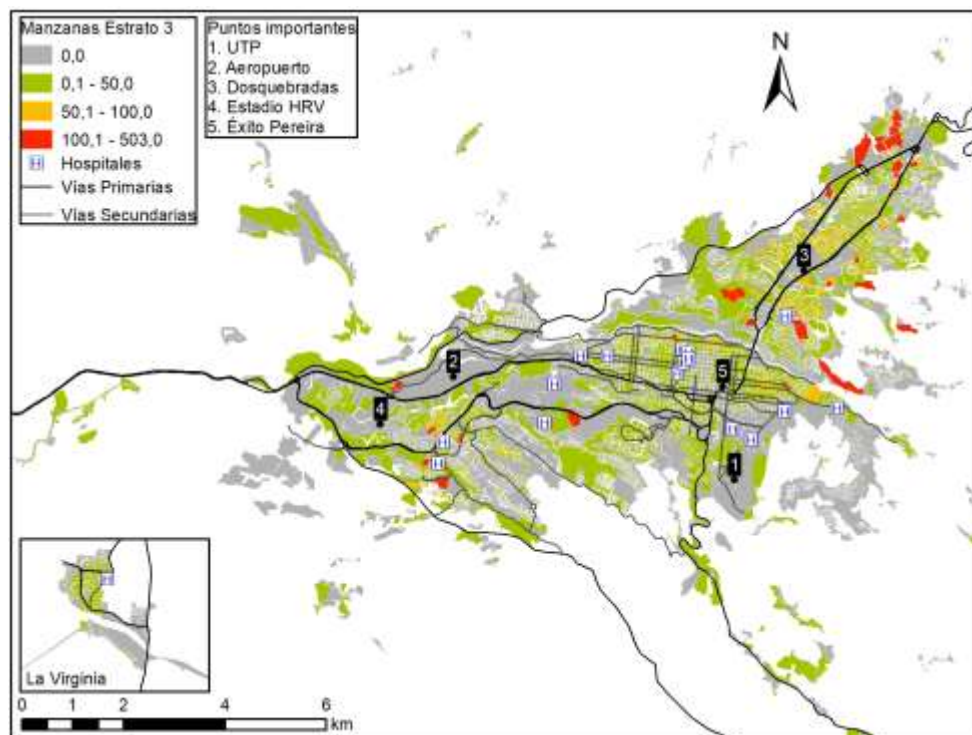


**Figura 4-3,** Clasificación manzanas según Estrato 1



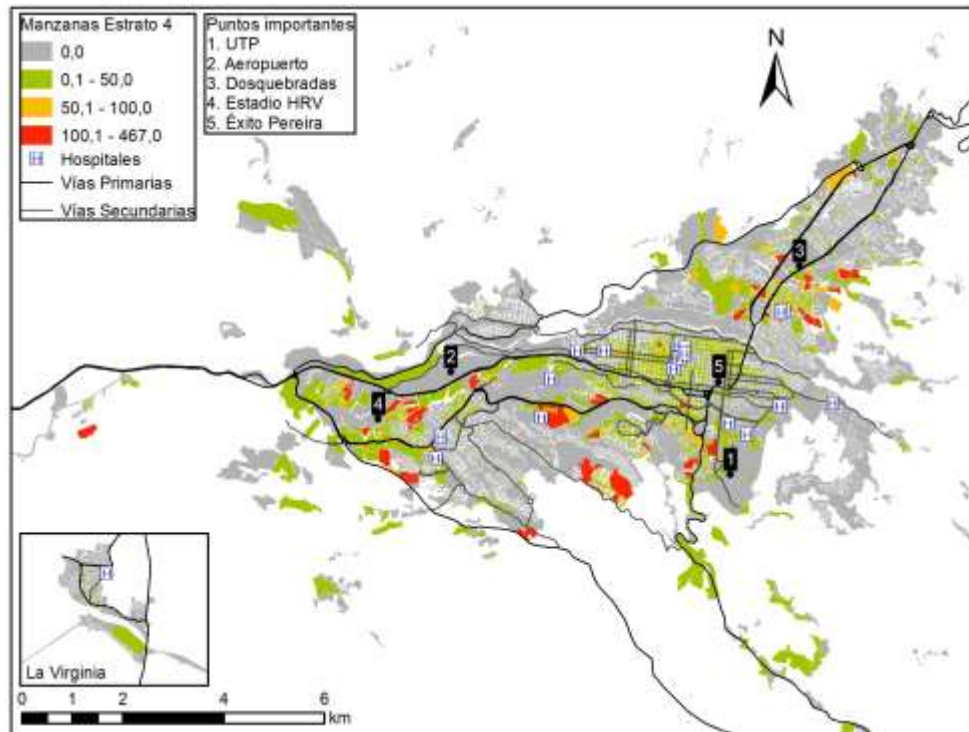
**Figura 4-4,** Clasificación manzanas según Estrato 2

Llegando a lo que sería el estrato socioeconómico límite de las condiciones vulnerables de una sociedad se encuentra el estrato 3, el cual es presentado en la **Figura 4-5** y al igual que para el caso de los estratos 1 y 2 presentados previamente, tiene también una gran presencia en el Área Metropolitana Centro Occidente y si se relacionara con los servicios de atención médica se diría que hasta este estrato llegaría la influencia de las Empresas de Servicios del Estado (E.S.E.) que estarían orientadas a la atención régimen subsidiado del gobierno colombiano (Minsalud, n.d.) el cual presenta las mayores desigualdades para la atención. Podría decirse que debido a estas diferencias socioeconómicas entre los municipios y la capital del departamento (que sería Pereira), se tendría el motivo por el cual para Dosquebradas y la Virginia únicamente existen E.S.E. que atienden problemas que pueda abarcar el nivel de complejidad bajo pues se garantizaría la atención primaria y en caso de requerirse atención en un servicio de atención médica de nivel de complejidad medio y alto se realiza el respectivo traslado hacia la capital del departamento.



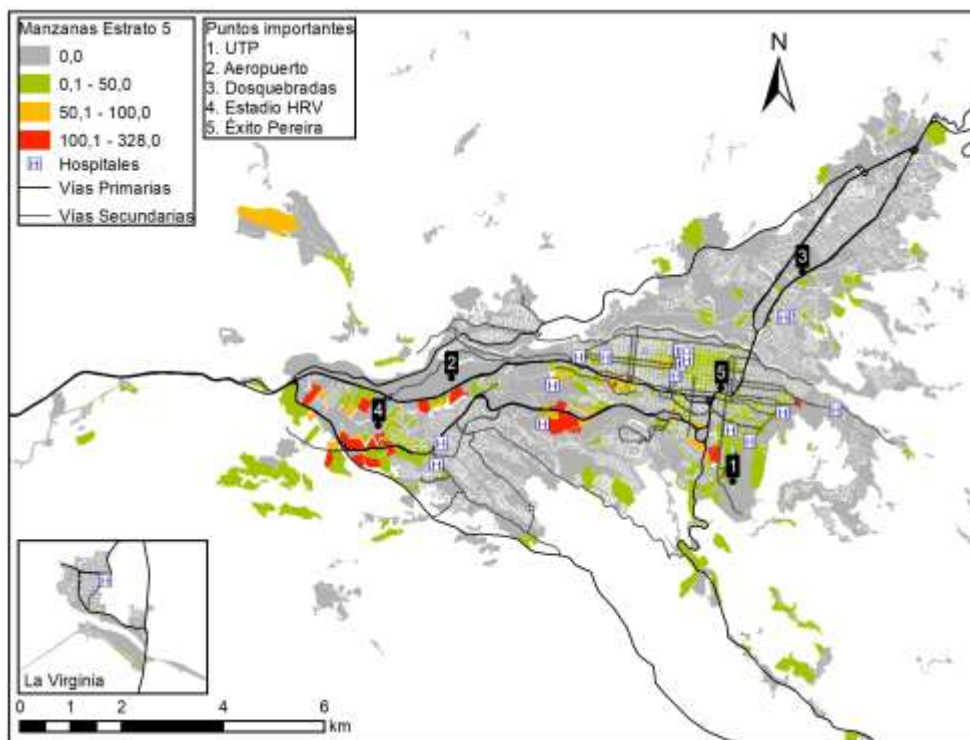
**Figura 4-5,** Clasificación manzanas según Estrato 3

De la cantidad de viviendas estrato 4 representadas en la **Figura 4-6** se podría deducir que es un estrato que estaría presente en la gran mayoría de los vecindarios que poseen estrato 3 debido a que esta caracterización se le asigna a muchas unidades residenciales o viviendas multifamiliares que se encuentran en zonas con predominio de estrato 3, lo cual se podría comprobar con base en el concepto de densidad poblacional ya que esta siempre será mayor a medida que aumente el número de viviendas en un sector, y para el caso de la zona centro y sur occidental de la ciudad de Pereira donde hay altas densidades también hay alta presencia de estrato 4. También se puede observar que este estrato socioeconómico presenta un gran número de viviendas en las zonas cercanas a las vías primarias y secundarias lo que indicaría que la movilización en cualquier tipo de transporte podría ser más fácil y en caso de que no se generaran buenos resultados en lo referente al análisis de accesibilidad geográfica en la realidad la situación podría ser menos crítica.

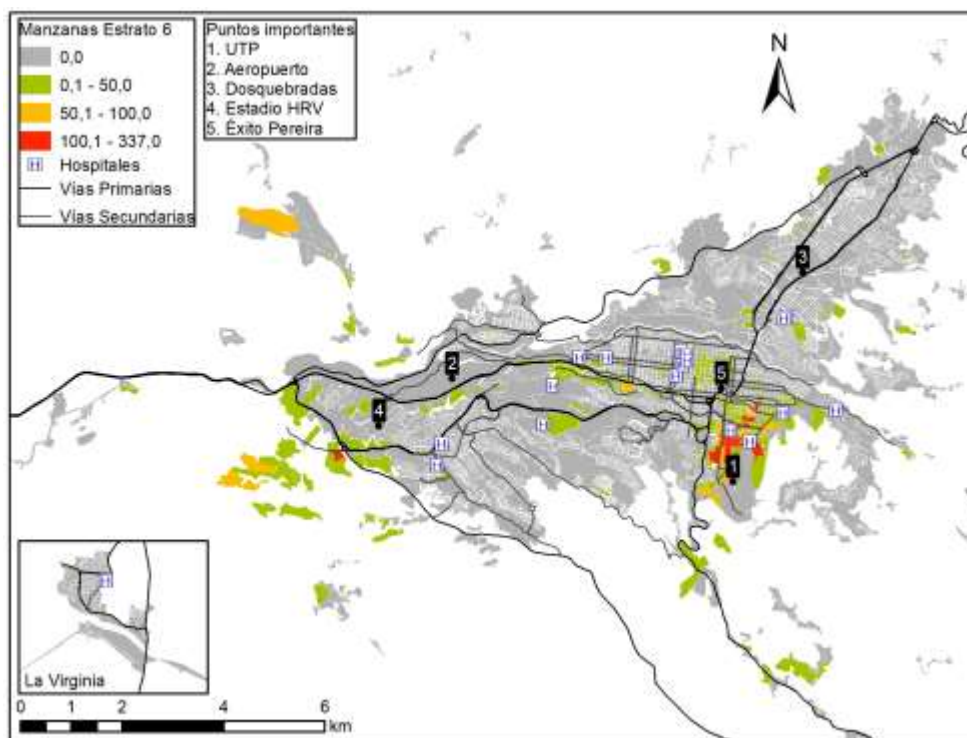


**Figura 4-6,** Clasificación manzanas según Estrato 4

Por último, se puede encontrar que el estrato 5 (ver **Figura 4-7**) se encuentra en muchas de las zonas que también está el estrato 4 y tiene sus mismas ventajas en lo que se refiere a movilidad, pero ya prácticamente desaparece de los municipios de Dosquebradas y La Virginia. Ya en lo referente al estrato 6 (ver **Figura 4-8**) se puede observar que es el más privilegiado de todos especialmente en la zona cercana a la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), pues allí se pueden encontrar 3 o más servicios de atención médica en los alrededores con conexiones de vías secundarias y primarias que suelen disminuir el tiempo de viaje, a lo que se le suma el hecho de que la mayoría de las personas que manejan esta condición socioeconómica tienen la posibilidad de movilizarse siempre en transporte privado, lo cual disminuye los tiempos de viaje.



**Figura 4-7, Clasificación manzanas según Estrato 5**



**Figura 4-8, Clasificación manzanas según Estrato 6**

### 4.1.2 Construcción de la Red de Infraestructura del transporte

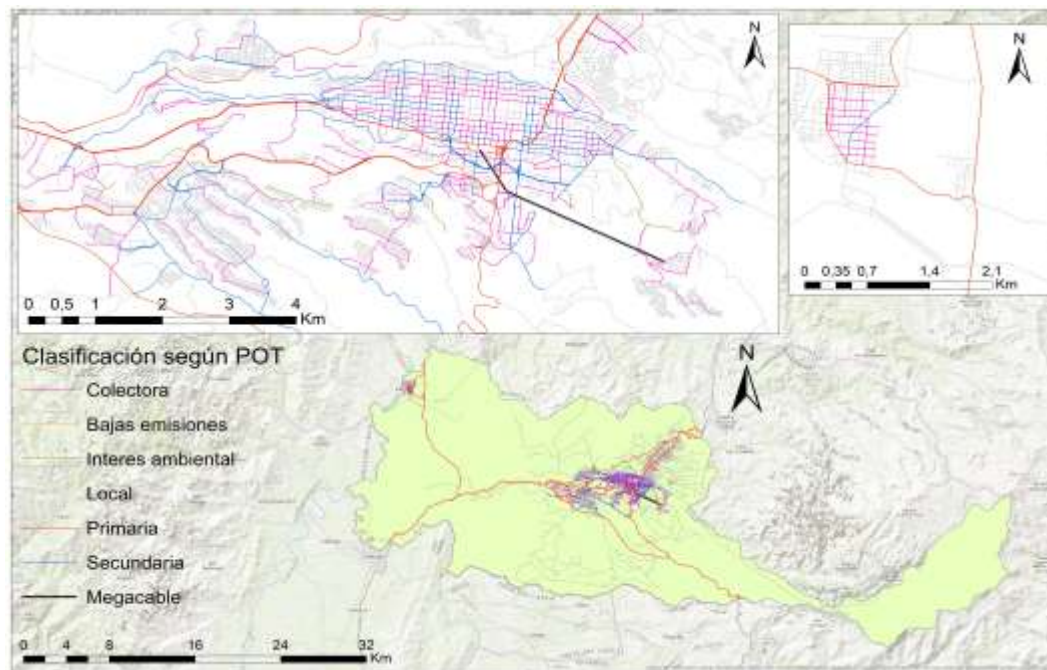
Para realizar la construcción de la red de infraestructura del transporte del Área Metropolitana Centro Occidente se utilizó el Software ArcGis 10.5 (ESRI, 2019), en el cual mediante la creación de un archivo Shapefile con coordenadas proyectadas MAGNA Colombia Oeste se genera la red con ayuda de un mapa satelital. Dicha red estará compuesta de una serie de líneas conectadas entre sí, que tendrán una dirección de acuerdo a la trayectoria que siguen los vehículos sobre estas y una clasificación de acuerdo a la normativa del municipio, es decir, al Plan de Ordenamiento Territorial para los municipios de Dosquebradas y Pereira ((*Plan de Desarrollo de Pereira 2019 - 2023*, 2019), (Grupo de trabajo POT, & Municipal, 2020)), y para el municipio de La Virginia el Plan Básico de Ordenamiento territorial (Planos Del Plan de Ordenamiento Territorial, 2020). Estas clasificaciones son presentadas en la **Tabla 4-1** y permiten con ayuda de las velocidades (que también se indican en los POT de Pereira y Dosquebradas, y PBOT de La Virginia) la posibilidad de calcular los tiempos de viaje que se requieren para el análisis de accesibilidad. Los tiempos de viaje y las velocidades de operación que se obtendrían para la red de infraestructura del transporte serían relacionados principalmente con la movilidad en transporte privado, ya que este sería el único que recorrería todas las zonas del territorio en cuestión sin tener en cuenta congestiones, tiempos de caminata, entre otras variables que ya harían parte de un transporte multimodal y una macro simulación del comportamiento del transporte.

**Tabla 4-1. Extensión de vías de acuerdo a la clasificación del POT o PBOT**

Tipo de vía	Kilómetros de vía	Velocidad de operación (Km/h)
Primaria	170,474	51
Secundaria	87,698	34
Colectora	114,216	25,5
Bajas emisiones	0,187	34
Interés ambiental	6,596	17
Locales	820,277	17

Como dato adicional se informa que la región cuenta con un Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) llamado Megabús (que abarca los municipios de Pereira y Dosquebradas) y un Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) manejado por la

entidad Área Metropolitana Centro Occidente (que cubre los tres municipios en conjunto). También recientemente se instaló en la ciudad de Pereira un sistema de transporte aéreo llamado Megacable que se puede observar con una convención de color negro en la **Figura 4-9**, el cual aún no se le conoce su verdadero impacto puesto que al momento de realizarse la investigación y la construcción de la red de infraestructura del transporte aún no se encontraba operando con normalidad.



**Figura 4-9,** Red de Infraestructura del Transporte

### **4.1.3 Investigación de los Niveles de Atención y Número de camas que poseen los servicios de atención médica**

Para la caracterización de los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente se debe recurrir a bases de datos gubernamentales que permitan identificar aquellas clínicas y hospitales que cumplen con los requerimientos necesarios para ofrecer determinado nivel de atención, lo cual se logra con ayuda del Registro Especial de Prestadores de Salud (REPS) (Minsalud, 2021) y de la Dirección de Prestación de los Servicios de Salud del Departamento de Risaralda (Gobernación de Risaralda, 2021), sin embargo estos podrían variar debido a las consecuencias de la pandemia decretada a partir del año 2.020 en Colombia y a la gestión del riesgo de desastres ya que especialmente el municipio de La Virginia y de Dosquebradas son propensos a

inundaciones en temporadas invernales quedando incomunicados y/o corriendo el riesgo de que se inunden sus servicios de atención médica. A pesar de tener estos datos gubernamentales, existían algunos de los servicios de atención médica que no estaban registrados en estas bases de datos, o no tenían información de nivel de atención y número de camas (casillas en color gris de la **Tabla 4-2**), por lo cual se debía complementar la información en el caso del nivel de atención de acuerdo a los servicios prestados, y en el caso del número de camas con ayuda de una metodología de relleno de datos.

Para completar la información en cuanto al relleno de datos la metodología utilizada tendría que tener un fundamento matemático que relacionara las variables de área, nivel de atención y número de camas, cumpliendo esto el método de Imputación Iterativa (Pedregosa et al., 2011) que obtiene los datos faltantes con base en una serie de correlaciones y es implemento con ayuda de Google Colaboratory (Google Research, n.d.) (ver Anexo A: Código de programación Imputación Iterativa).

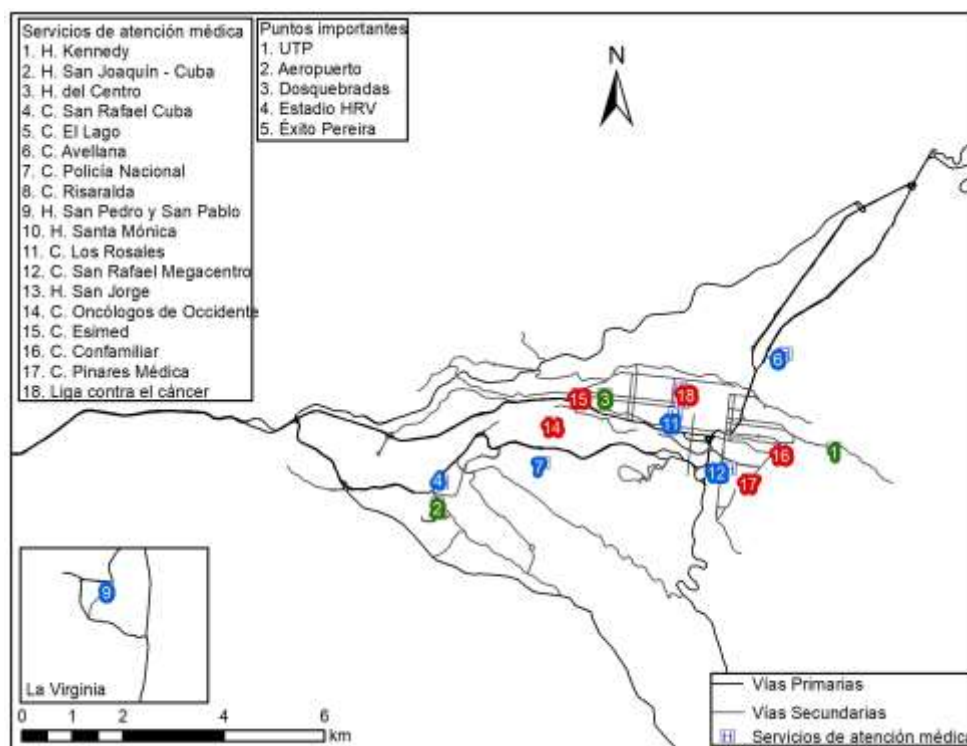
En lo que respecta al número de médicos por la ausencia de información se recurre a datos de campo del municipio de Manizales – Caldas localizado aproximadamente 50 kilómetros del Área Metropolitana Centro Occidente, el cual tendría una organización social similar a la del territorio en cuestión por encontrarse también en el denominado Triángulo del Café o Eje Cafetero, del que hacen parte los departamentos de Risaralda, Quindío y Caldas; utilizando entonces una clasificación de niveles de complejidad (niveles de atención 1 y 2 son complejidad baja, y niveles de atención 3 y 4 son complejidad media y alta) que posee coeficientes de relación entre médicos y camas de 0,225 para nivel de complejidad baja y de 0,235 para nivel de complejidad alta.

**Tabla 4-2. Caracterización de los Servicios de atención médica**

Nombre servicio de atención médica	Coordenadas		Nivel de atención	Área total construida	Cantidad de camas	Cantidad de médicos
	Longitud	Latitud				
E.S.E. Hospital Kennedy	-75,67111111	4,80722222	1	6190,46	27	7
E.S.E. Hospital Universitario San Jorge	-75,69861111	4,81777778	3	41247,27	306	72
Hospital San Joaquín - Cuba	-75,74194444	4,7975	1	11960,20	50	12
E.S.E. Hospital Santa Mónica	-75,67972222	4,82388889	2	16240,04	50	12
Clinica Los Rosales	-75,69944444	4,81333333	2	25734,80	189	43
E.S.E Hospital del Centro	-75,71194444	4,81666667	1	5885,04	16	4
Clinica San Rafael Sede Megacentro	-75,68972222	4,80361111	2	9743,48	233	53
Clinica San Rafael Sede Cuba	-75,74111111	4,80138889	2	2274,63	50	12
Clinica El Lago	-75,69833333	4,81527778	2	1416,98	32	8
Clinica Avellana	-75,68027778	4,82361111	2	2302,60	5	2

Clinica de alta tecnologia Oncólogos de Occidente Maraya	-75,72138889	4,8116667	4	3518,28	65	16
Clinica Esimed	-75,7166667	4,8166667	3	9208,76	81	20
Clinica Confamiliar	-75,68055556	4,8066667	4	24741,21	185	44
Clinica Policía Nacional	-75,72305556	4,8047222	2	8033,40	74	17
Clinica Risaralda LTDA	-75,6975	4,8161111	2	2079,04	36	9
Clinica Pinares Médica	-75,68638889	4,8016667	3	4811,40	60	15
Liga contra el cáncer Seccional Risaralda	-75,6975	4,8172222	3	1139,80	45	11
E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo	-75,87888889	4,9787489	2	6360,61	35	8

De acuerdo con los datos presentados en la **Tabla 4-2** se localizan los 18 servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente y se numeran como lo indica la **Figura 4-10**, siendo discriminados de acuerdo al nivel de atención con una gama de colores en la cual el color verde representa el nivel de atención 1, el azul nivel de atención 2 y el rojo niveles de atención 3 y 4. Cabe resaltar que no se colocó municipio a la **Tabla 4-2** debido a que 16 servicios de salud se encuentran en la ciudad de Pereira, únicamente el E.S.E. Hospital Santa Mónica y la Clínica Avellana pertenecen a Dosquebradas (siendo la Clínica Avellana una subdivisión del E.S.E. Hospital Santa Mónica) y el E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo al municipio de La Virginia.



**Figura 4-10,** Red de servicios de atención médica AMCO

## **4.2 Análisis geoestadístico**

### **4.2.1 Obtener ojivas porcentuales de cobertura espacial**

Después de tener los datos característicos del territorio como lo son los servicios de atención médica y la red de infraestructura del transporte, se procede a calcular las curvas isócronas que permiten realizar el análisis de la accesibilidad media integral (Escobar et al., 2016); para lo cual se requiere inicialmente la matriz de tiempos mínimos de viaje que se generan al transitar desde una clínica u hospital, hasta cada uno de los nodos de la red de infraestructura del transporte, lo cual se logra mediante la implementación de la función New Closest Facility perteneciente al Network Analyst de ArcGIS.

Teniendo esta matriz con ayuda de una hoja de cálculo se relacionan los tiempos de viaje allí expresados con las coordenadas de cada nodo, de modo que con base en un modelo geoestadístico como el Kriging (Simpson et al., 2001) se pueda realizar una interpolación que permita generar las curvas isócronas para un determinado servicio de atención médica; estas tendrían un rango de tiempo de 5 minutos que sería el que permite obtener las áreas de captación flotante que se requiere para realizar el E2SFCA. Dichas áreas se pueden observar mediante un mapa con escala de colores, donde las mejores condiciones de accesibilidad con respecto a un servicio de salud la tienen los colores verdes oscuros, y las peores los rojos o naranjados.

Por último, las curvas isócronas (convertidas a polígonos) son intersectadas con las manzanas del Área Metropolitana Centro Occidente y de este modo se obtiene la población, el área y el número de hogares que cubre cada una de las curvas isócronas. Estos valores son llevados a hojas de cálculo y con ayuda de tablas dinámicas se crearán las ojivas porcentuales de cobertura espacial.

## **4.3 Análisis de accesibilidad aplicando el E2SFCA**

Con base en las curvas isócronas obtenidas de acuerdo a lo indicado en el numeral 4.2.1 del presente documento se procede a seleccionar las tres áreas de captación flotante con las cuales se implementaría el E2SFCA, las cuales deben ser de máximo 30 minutos de

acuerdo con el estándar para atención médica primaria definida por (Lee, 1991). Sin embargo, debido a que el presente análisis de accesibilidad geográfica hace parte del proyecto “Evaluación de la accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica de las capitales del departamento de Caldas, Quindío y Risaralda: enfoque en la equidad geoespacial según el nivel de atención” se definió que las áreas de captación flotante a utilizar serían 0-5, 5-10 y 10-15 minutos (que estarían identificadas como  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$  respectivamente), puesto que la aplicación existente del E2SFCA para Manizales que sería la capital del departamento de Caldas (D. A. Escobar et al., 2020) habría utilizado estas áreas con base a estudios previos realizados allí mismo, y al encontrarse este municipio entre los investigados para el proyecto en cuestión, con el fin de poder realizarse una comparación entre las 3 capitales se optaría por utilizar las mismas áreas de captación flotante para el Área Metropolitana Centro Occidente.

El método mejorado de área de captación flotante de dos pasos (E2SFCA por sus siglas en inglés) que difiere de las ecuaciones definidas para el 2SFCA (ver numeral 3.2) en cuanto a la inclusión del peso ( $W_r$ ) relacionado con cada uno de los tres radios de influencia definidos, utiliza la Ecuación (4.1) y Ecuación (4.2) para calcular la relación camas (o médicos) – población ( $R_j$ ) y el coeficiente de accesibilidad ( $A_i$ ) respectivamente.

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_r\}} P_k W_r} \quad (4.1)$$

$$= \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_1\}} P_k W_1 + \sum_{k \in \{d_{kj} \in D_2\}} P_k W_2 + \sum_{k \in \{d_{kj} \in D_3\}} P_k W_3}$$

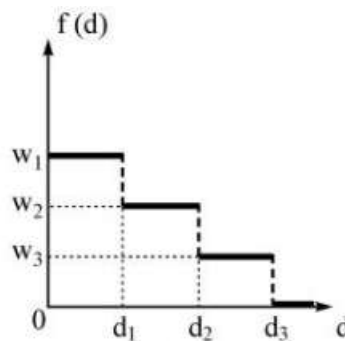
$$A_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_r\}} R_j W_r \quad (4.2)$$

$$= \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_1\}} R_j W_1 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_2\}} R_j W_2 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_3\}} R_j W_3$$

### 4.3.1 Calcular relación camas – población

Para poder aplicar el primer paso del E2SFCA es necesario que inicialmente se le calcule a cada área de captación flotante el peso que le corresponde mediante la Ecuación (4.3) (representada gráficamente por la **Figura 4-11**) donde  $d_r$  es valor medio que define el área de captación flotante (Wan, Zhan, et al., 2012) y  $\beta$  es el coeficiente de impedancia de distancia que significa la influencia que tiene para una población el viajar determinado tiempo de viaje, el cual toma su valor cuando la función gaussiana es igual a 0,01 (Kwan, 1998) y se usa con el radio de influencia  $D_3$  (siendo  $d_r$  igual a 12,5) que permite obtener el valor de  $\beta$  mediante el despeje de la Ecuación (4.3) donde  $W_3 = 0,01$ . Entonces ya con un valor de  $\beta = 136$  se obtiene que los pesos para los radios de influencia  $D_1$  y  $D_2$  son 0,89 y 0,19 respectivamente.

$$W_r = f(d_r) = e^{-\frac{(d_r)^2}{\beta}} \quad (4.3)$$



**Figura 4-11**, Función Gaussiana, Fuente: (F. Wang, 2012)

Ya teniendo los pesos  $W_r$  definidos se procede a calcular la relación camas (o médicos) – población ( $R_j$ ) para cada uno de los servicios de atención médica mediante el uso de la Ecuación (4.1), la cual recurre al número de camas (o médicos)  $S_j$  que se definió en el numeral 4.1.3 del presente documento y a las poblaciones  $P_k$  definidas para cada área de captación con base en las curvas isócronas de accesibilidad integral. El procedimiento se realiza mediante una hoja de cálculo y se convierte el valor obtenido de camas (o médicos) por habitante a camas (o médicos) por cada mil habitantes con el fin de expresar

---

posteriormente de una manera más clara los valores del coeficiente de accesibilidad calculado en el paso 2 del E2SFCA.

### 4.3.2 Calcular accesibilidad geográfica por manzanas

El segundo paso del E2SFCA consiste en que para cada una de las manzanas del Área Metropolitana Centro Occidente se calcula el coeficiente de accesibilidad ( $A_i$ ) con base en la Ecuación (4.2) y las respectivas variables allí definidas, de las cuales la relación camas (o médicos) – población ( $R_j$ ) y los pesos correspondientes a cada área de captación flotante ( $W_r$ ) ya habrían sido calculados de acuerdo al numeral 4.3.1 del presente documento.

Para saber los servicios de atención médica que tienen influencia en el valor del coeficiente de accesibilidad de cada manzana del territorio a analizar se recurre inicialmente al uso de la función New OD Cost Matrix perteneciente al Network Analyst de ArcGIS, la cual arroja el tiempo de viaje que hay entre el centroide de cada manzana (identificado por el código de manzana asignado por el DANE) y cada uno de los servicios de atención médica, el cual me permitirá conocer si las manzanas se encuentran dentro de un área de captación flotante y así poder calcular con ayuda de un algoritmo de programación el valor del coeficiente de accesibilidad  $A_i$  (ver Anexo B: Código de programación paso 2 E2SFCA). En este algoritmo de acuerdo al valor del tiempo de viaje se asigna un área de captación flotante de 5, 10, 15 o 1000 (siendo 1000 el valor que se toma en el caso de que el tiempo de viaje sea mayor a 15) y su respectivo peso de acuerdo a estos valores. Después de esto se conectan los valores de la relación camas – población con su respectivo centro de salud y ya se procede a calcular el valor de  $R_j W_r$  que hay entre el centroide de cada manzana y el servicio de atención médica con el que se calculó el tiempo de viaje.

Finalmente se eliminan los valores de área de captación flotante igual a mil y se realiza la sumatoria de todos los valores  $R_j W_r$  que le pertenecen a cada manzana, consiguiendo entonces una tabla con dos columnas en la cual una es el código de la manzana y la otra es la accesibilidad. Dicha tabla es llevada a ArcGIS y relacionada con el archivo Shapefile de Manzanas, y con ayuda de una clasificación por colores se presenta la situación de la accesibilidad de cada manzana del Área Metropolitana Centro Occidente.

Además de la representación gráfica que en la mayoría de los casos se esperaría obtener con la aplicación del E2SFCA, con los coeficientes de accesibilidad  $A_i$  para cada manzana se calcula el valor promedio de camas y médicos por cada mil habitantes con el fin de comparar si estos cumplen con los valores de 1,7 camas por cada mil habitantes y de 2,2 médicos por cada mil habitantes dados por el Banco Mundial (2020) para Colombia, los cuales a pesar de no ser conjeturados con base en estudios de accesibilidad geográfica se toman como referencia para analizar las implicaciones que tiene solo buscar alcanzar un índice sin tener en cuenta las oportunidades de la población que requiere dicho servicio básico.

Este análisis se realiza para la situación actual que estarían teniendo los servicios de atención médica y para la situación futura conforme algunas mejoras propuestas con base en las falencias encontradas, de modo que en el escenario futuro sea posible alcanzar los valores promedio de camas y médicos por cada mil habitantes dados por el Banco Mundial. Los resultados serían comparados mediante el gradiente de ahorro, el cual es un valor expresado en términos de porcentaje que permite comparar dos escenarios de accesibilidad (Cardona et al., 2020) y se obtiene calculando la diferencia entre el valor actual y futuro de coeficientes de accesibilidad  $A_i$  y dividiendo este resultado entre el valor actual de coeficientes de accesibilidad  $A_i$ , convirtiéndose este valor en porcentaje para así tener el valor de gradiente de ahorro para cada manzana, pudiéndose identificar de este modo aquellas manzanas que se beneficiaron con las mejoras propuestas a los servicios de atención médica.

### **4.3.3 Calcular accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico**

La accesibilidad potencial por estrato socioeconómico para cada manzana ( $A_{iq}$ ) se calcula de acuerdo con la metodología indicada por (D. A. Escobar et al., 2020) mediante la Ecuación 4.2 donde  $P_{iq}$  es la población de la manzana  $i$  que pertenece al estrato  $q$ ,  $A_i$  es la accesibilidad calculada previamente para cada manzana y  $P_i$  es la población total de la manzana. Para este caso ya que en los datos del DANE se especificaban número de

viviendas por estrato, mas no número de hogares, se calculó el número de habitantes de cada vivienda dividiendo el total de la población de la manzana entre el número de hogares, ya que en caso de usar el número de habitantes por hogar que indica el DANE para el departamento de Risaralda (DANE, 2019) se estaría trabajando con una población mayor a la que se utilizó a lo largo de todos los cálculos.

$$A_{iq} = \frac{P_{iq} \times A_i}{P_i} \quad (4.4)$$

## **5. Resultados y discusión**

Para el análisis de accesibilidad geográfica de los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente se dan dos clasificaciones generales por nivel de complejidad y no se trabaja de manera disgregada por nivel de atención debido a que del nivel de atención 1 solo se tienen 3 establecimientos y del nivel de atención 4 se tendrían 2, que no arrojarían resultados esperanzadores al momento de aplicar el E2SFCA y de acuerdo con las explicaciones dadas en el numeral 3.3 del presente documento estos tendrían una relación implícita con los otros niveles de atención, por lo cual se tendría entonces que el nivel de complejidad baja estaría conformado por los servicios nivel de atención 1 y 2, y el nivel de complejidad alta por los servicios nivel de atención 3 y 4.

### **5.1 Análisis de accesibilidad integral de los servicios de atención médica**

El análisis de accesibilidad integral abarca lo que son las ojivas porcentuales y las curvas isócronas, teniéndose que las curvas isócronas que permitirían obtener las ojivas porcentuales se presentan con una gama de colores únicamente hasta los 30 minutos y esto es debido a que a partir de este tiempo ya no se considera que se esté dando una atención médica oportuna (Lee, 1991), asimismo los colores verdes serían las tres áreas de captación flotante que se utilizarían para la aplicación del E2SFCA. De acuerdo entonces con las poblaciones que abarca cada curva isócrona se presentan las ojivas porcentuales de cobertura espacial de cada servicio de atención médica, comenzando a identificar de este modo aquellas inequidades en la distribución de los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente, puesto que con base en las ojivas que relacionan área y población se puede deducir si la población está bien distribuida, y en lo

---

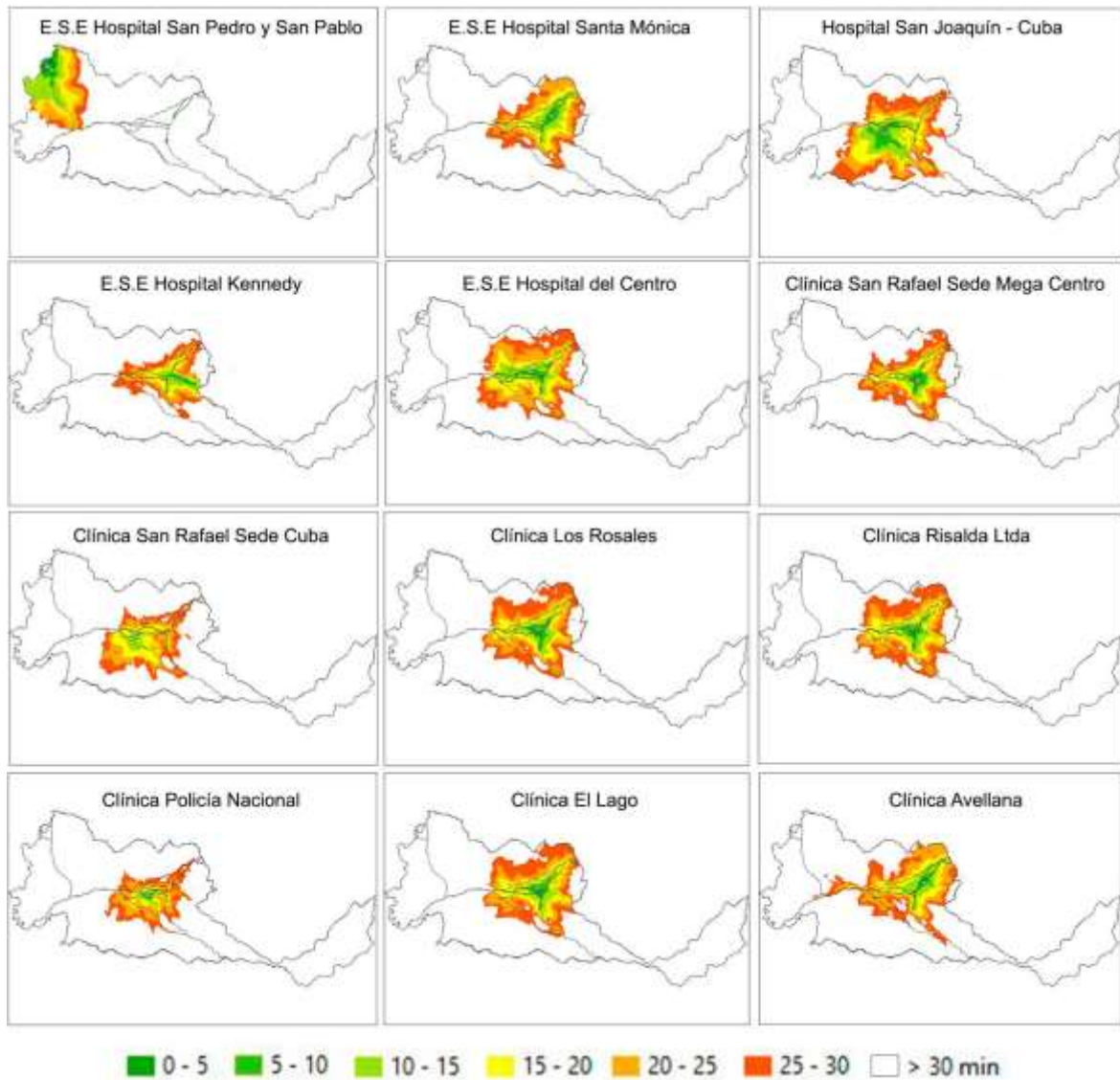
que respecta a estrato socioeconómico se puede identificar que sectores sociales podrían estar siendo los más beneficiados.

### **5.1.1 Servicios de atención médica nivel de complejidad bajo**

Los servicios de atención médica clasificados con nivel de complejidad bajo se encuentran presentes en los tres municipios del Área Metropolitana Centro Occidente (como se puede observar en la **Figura 4-10**), y por ende son los que atenderían a gran parte de la población debido a que las clínicas y hospitales con esta clasificación se esperaría que resolvieran el 95% de problemas de salud de la población (Vignolo et al., 2011).

En lo que respecta a las curvas isócronas se puede encontrar en la **Figura 5-1** que la zona urbana del municipio de Pereira sería la que mejor cobertura tiene, mientras el municipio de La Virginia está sometido a que sus habitantes únicamente pueden ser atendidos en el servicio de atención médica allí localizado (que sería el E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo). Por otra parte, la gran mayoría de los habitantes del municipio de Dosquebradas no tendrían el problema de La Virginia gracias a que sus habitantes si pueden recurrir oportunamente tanto a los dos servicios de atención médica allí localizados, como a los del municipio Pereira.

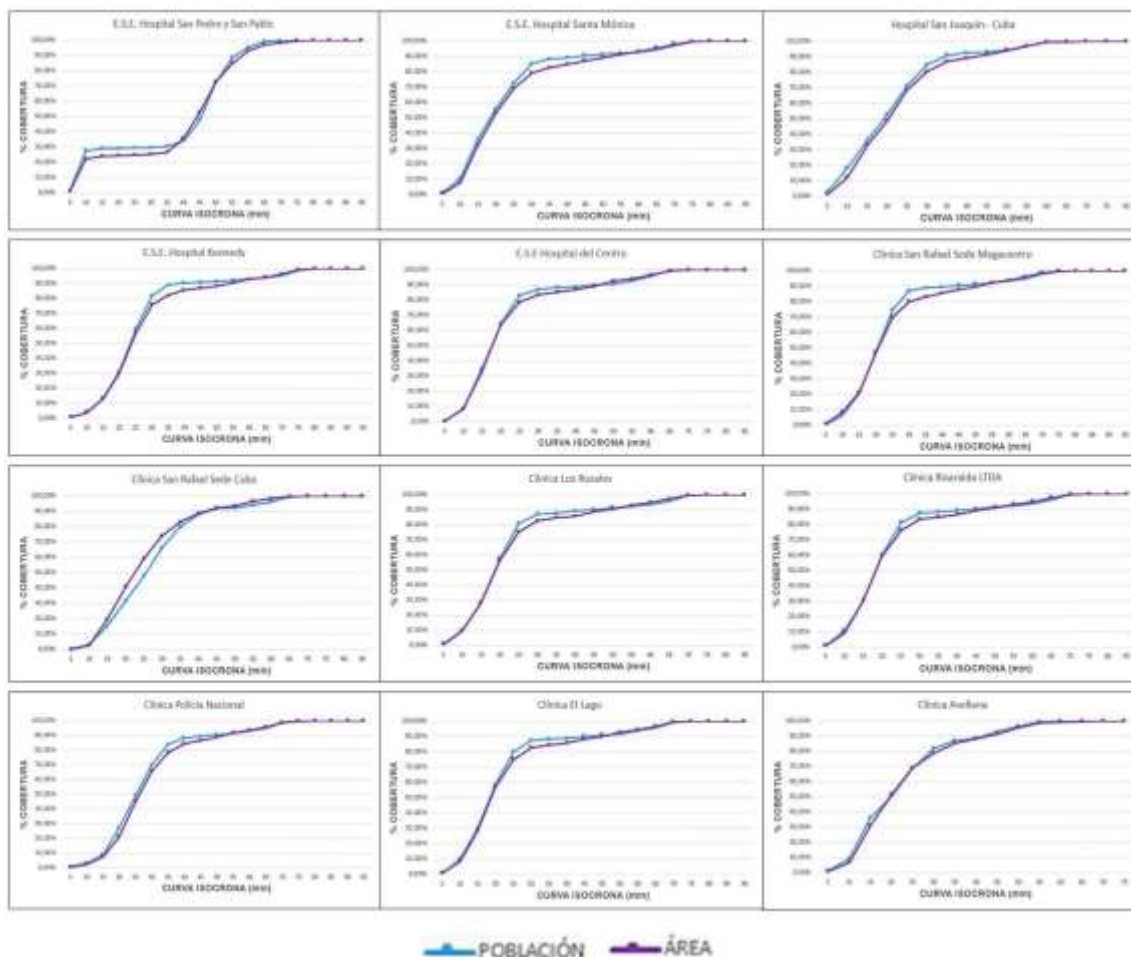
Sin embargo, la situación con el municipio de La Virginia no sería muy preocupante en lo que respecta a este nivel de complejidad puesto que en la mayoría de los casos aquellos pacientes que recurren a clínicas u hospitales con esta caracterización no requieren permanecer allí gracias a que la función primordial de este nivel es ser el “punto de entrada al sistema y limitar la entrada directa a los otros niveles” (Van der Stuyft & De Vos, 2008) por lo que muchos de los pacientes comienzan tratamientos de inmediato o son remitidos a exámenes médicos que ayudan al tratamiento oportuno de muchas de las enfermedades y/o patologías que podrían tener alguna complicación y requerir hospitalización o traslado a la capital del departamento que sería el municipio de Pereira.



**Figura 5-1,** Curvas isócronas Accesibilidad Integral desde los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo

En este nivel de complejidad se puede identificar que existen varias Empresas de Servicios del Estado (E.S.E.) que serían aquellas que cubren mayormente el régimen subsidiado o Sisbén que atiende la población más vulnerable (Minsalud, n.d.), exponiendo de este modo que el estado esperararía garantizar atención a gran parte de la población y mediante las ojivas acumuladas de cobertura de la población (ver **Figura 5-2**) se puede encontrar que los hospitales con esta característica podrían ser planeados para brindar una buena

cobertura de población y área en vista de que estas curvas no suele tener diferencias muy significativas.



**Figura 5-2,** Ojivas acumuladas de cobertura de la población de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo

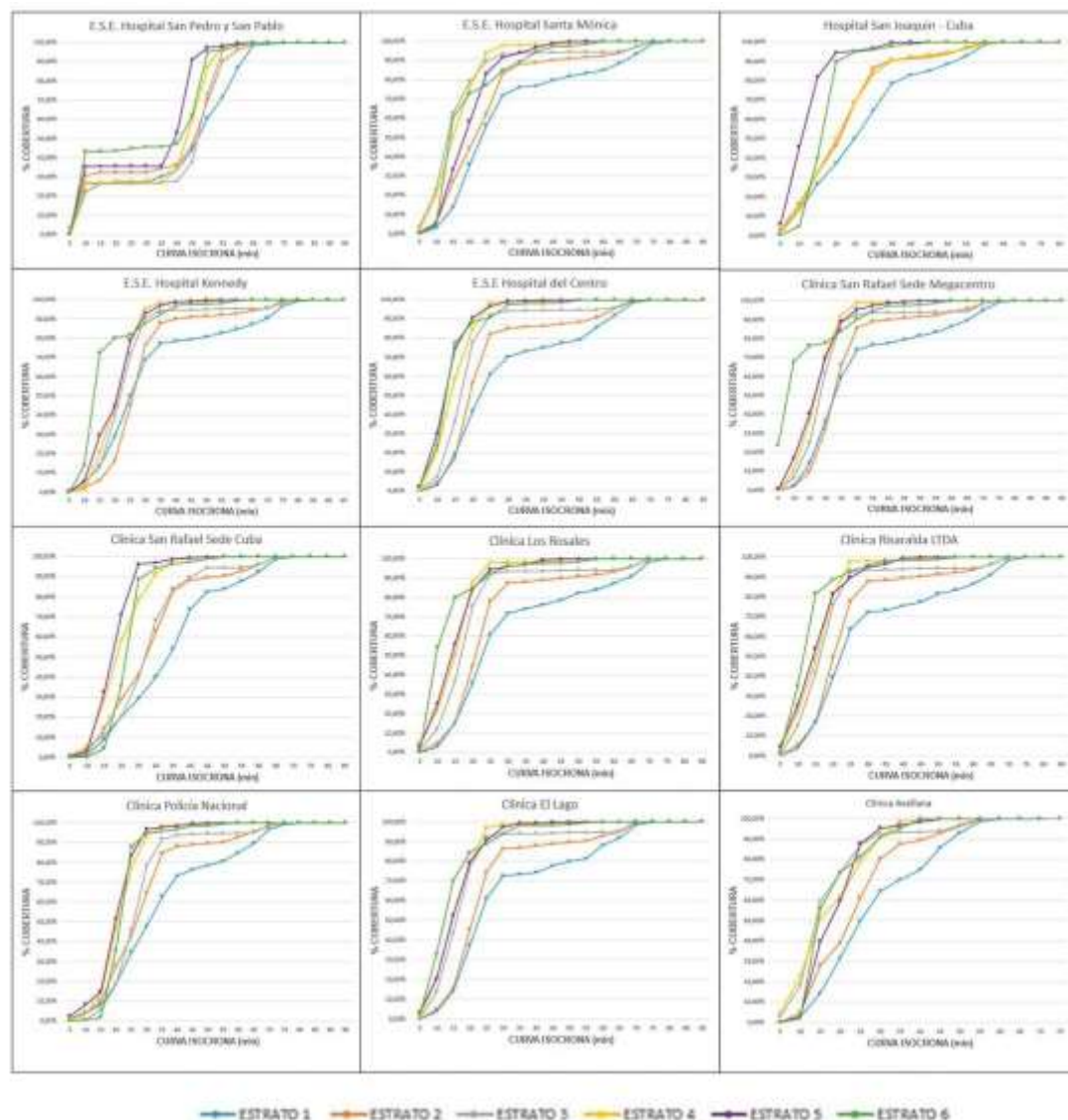
De estas ojivas acumuladas de cobertura de la población también es posible deducir para cada servicio de atención médica el tiempo de viaje promedio ponderado en lo que respecta al área y a la población (ver **Tabla 5-1**), encontrándose que para todos los servicios de atención médica identificados con nivel de complejidad bajo el tiempo de viaje promedio ponderado en lo que respecta al área es de 27,882 minutos y en cuanto a población es de 27,231 pudiéndose deducir de esto que probablemente gran parte de la

población quedaría excluida de las áreas de captación flotante utilizadas para la aplicación del método E2SFCA.

**Tabla 5-1. Tiempos de viaje promedios ponderados por área y población de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo**

Nombre servicio de atención médica	Tiempo de viaje promedio ponderado	
	Área	Población
E.S.E. Hospital Kennedy	30,196213	28,739243
Hospital San Joaquin - Cuba	24,850603	23,28075
E.S.E. Hospital Santa Mónica	26,877537	25,161924
Clínica los Rosales	25,627763	24,786817
E.S.E Hospital del centro	24,357191	23,920156
Clínica San Rafael sede Megacentro	27,297518	26,234373
Clínica San Rafael Sede Cuba	27,579582	29,693439
Clínica El Lago	25,836321	24,741897
Clínica Avellana	25,193656	24,422345
Clínica Policía Nacional	30,582884	31,998168
Clínica Risaralda Ltda	25,270474	24,46894
E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo	40,918625	39,325577

En lo que respecta a las ojivas acumuladas de cobertura de la población por estrato socioeconómico (ver **Figura 5-3**) se puede encontrar que los estratos más beneficiados en lo que respecta a la accesibilidad integral hacia los servicios de atención médica son el 5 y el 6, debido a que no solo gráficamente se indica que la mayoría de su población se beneficia de mejores tiempos de viaje, sino que obteniéndose el tiempo de viaje promedio ponderado de cada servicio de atención médica de complejidad baja en lo referente a cada estrato socioeconómico (ver **Tabla 5-2**) presentarían valores de 20,230 y 19,844 minutos respectivamente, a diferencia de los estratos 1 y 2 que tendrían tiempos de 33,492 y 28,528 minutos respectivamente; ahora bien, esto ya sería comprobado al momento de analizar por estrato socioeconómico de acuerdo con los coeficientes de accesibilidad, pero como se mencionó en el numeral 4.1.1 del presente documento el principal beneficio de los estratos 5 y 6 es su cercanía con los servicios de atención médica y por ende los tiempos de viaje que se generarían para estos al momento de realizar análisis de accesibilidad integral.



**Figura 5-3,** Ojivas acumuladas de cobertura de la población por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo

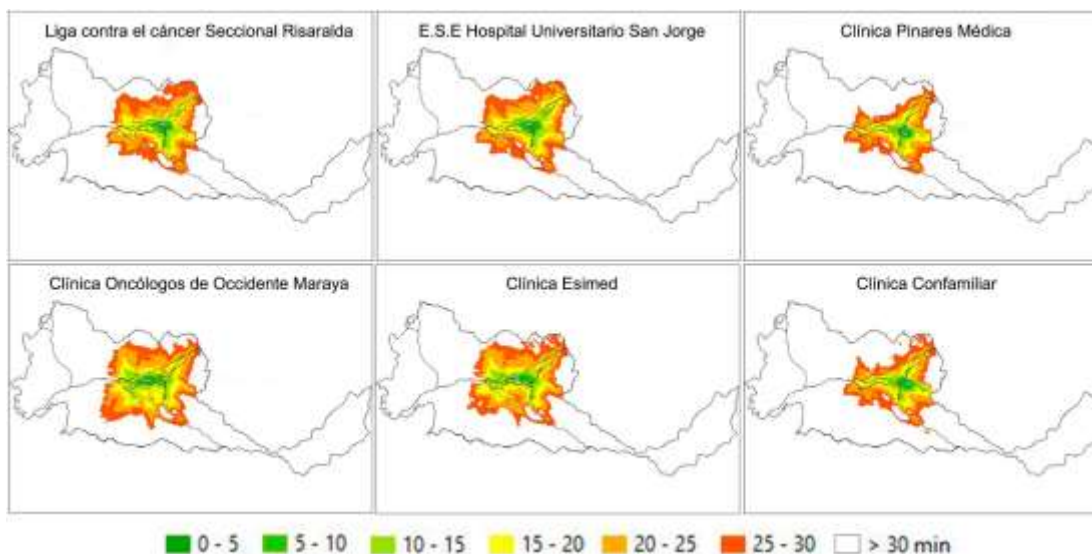
**Tabla 5-2. Tiempos de viaje promedios ponderados por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo**

Nombre servicio de atención médica	Tiempo de viaje promedio ponderado					
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
E.S.E. Hospital Kennedy	33,819	30,972	26,043	23,211	22,742	19,091
Hospital San Joaquín - Cuba	29,039	24,100	24,203	24,203	14,058	18,910
E.S.E. Hospital Santa Mónica	32,790	27,155	19,630	18,363	21,957	21,176
Clínica Los Rosales	32,123	26,588	21,539	17,218	17,311	15,089
E.S.E Hospital del centro	31,233	26,124	21,204	16,995	15,439	16,310

Clínica San Rafael sede Megacentro	32,219	28,150	23,519	19,770	19,679	14,724
Clínica San Rafael Sede Cuba	36,366	30,529	30,093	22,051	20,121	24,205
Clínica El Lago	32,289	27,131	20,907	17,751	17,868	16,701
Clínica Avellana	30,772	26,016	19,436	19,665	21,004	20,090
Clínica Policía Nacional	37,213	31,133	29,702	23,521	22,410	24,556
Clínica Risaralda Ltda	31,869	26,070	21,019	17,805	17,778	15,540
E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo	42,168	38,366	40,036	38,115	32,392	31,740

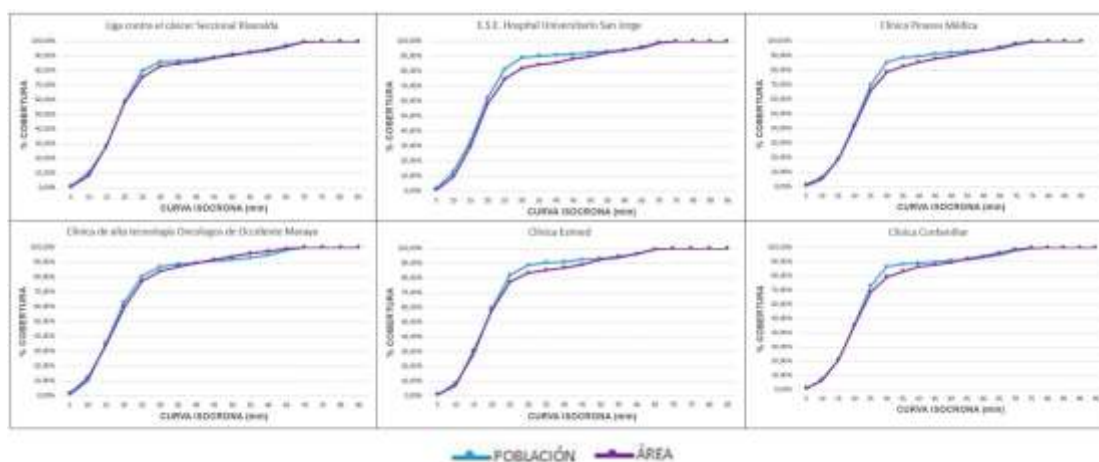
### 5.1.2 Servicios de atención médica nivel de complejidad alto

Los servicios de atención médica clasificados con nivel de complejidad alto se encuentran presentes únicamente en el municipio de Pereira y son los que mayor atención requieren al momento de tratar con un tema de accesibilidad geográfica gracias a que en caso de presentarse una falta de cobertura se generan resultados negativos entre los que se encuentra la disminución de su función, la aparición de otros problemas de salud e incluso la muerte prematura (Hoffman & Paradise, 2008). Lamentablemente en el Área Metropolitana Centro Occidente se puede observar dicho riesgo, puesto que al entrar a analizar las curvas isócronas de la **Figura 5-4** se encuentra que la población perteneciente al municipio de La Virginia requiere de tiempos de viaje mayores a 30 minutos para acceder a un servicio de atención médica de este tipo.



**Figura 5-4,** Curvas isócronas Accesibilidad Integral desde los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto

Por otro lado, se puede observar en las ojivas acumuladas de cobertura de la población (ver **Figura 5-5**) que a pesar de no existir diferencias muy significativas, se genera un crecimiento mayor de la población con respecto al área que cubren los servicios de atención médica especialmente para el caso del E.S.E. Hospital Universitario San Jorge gracias a que este se encuentra localizado en una de las áreas mayormente pobladas de la ciudad de Pereira. A este problema se le suma que no todos los servicios de atención médica estarían trabajando en conjunto para atender la población ya que se encuentra en este caso la Clínica de alta tecnología Oncólogos de Occidente Maraya que sería de dedicación exclusiva para personas con cáncer, abarcando no solo habitantes del Área Metropolitana Centro Occidente, sino de todo el departamento de Risaralda.



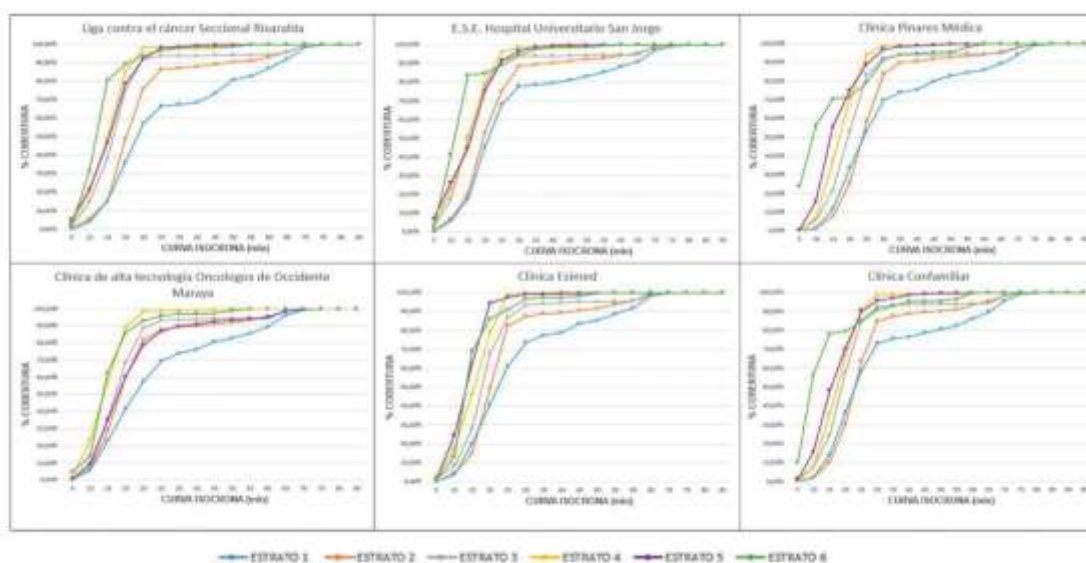
**Figura 5-5,** Ojivas acumuladas de cobertura de la población de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto

De estas ojivas al igual que se realizó con los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo se obtiene el tiempo de viaje promedio ponderado en lo que respecta a área y población (ver **Tabla 5-3**) encontrándose para este caso un valor promedio para la complejidad media y alta de 25,982 en lo que respecta al área y de 24,948 en lo que respecta a la población lo que ocurriría probablemente debido a que estos se encuentran en áreas densamente pobladas del municipio de Pereira, lo que les brinda menores tiempos de viaje.

**Tabla 5-3. Tiempos de viaje promedios ponderados por área y población de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto**

Nombre servicio de atención médica	Tiempo de viaje promedio ponderado	
	Área	Población
E.S.E. Hospital Universitario San Jorge	25,742098	23,659155
Clínica de alta tecnología Oncólogos de Occidente Maraya	23,798838	23,793819
Clínica Esimed	25,068597	23,888783
Clínica Confamiliar	27,519796	26,576972
Clínica Pinares Médica	28,164977	26,804906
Liga contra el cáncer Seccional Risaralda	25,595136	24,963628

En lo relacionado con las ojivas acumuladas de cobertura de la población por estrato socioeconómico (ver **Figura 5-6**) se repite la misma situación ocurrida con los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo para la cual el mejor tiempo de viaje promedio ponderado calculado con base en todos servicios de atención médica (ver **Tabla 5-4**) lo poseen los estratos 5 y 6 con valores de 18,967 y 16,523 minutos respectivamente, mostrando de este modo que para la localización de estos establecimientos no se identificaron los grupos sociales y las áreas que tenían poco acceso a los servicios (Wan, Zou, et al., 2012).

**Figura 5-6.** Ojivas acumuladas de cobertura de la población por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad alto

**Tabla 5-4. Tiempos de viaje promedios ponderados por estrato socioeconómico de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto**

Nombre servicio de atención médica	Tiempo de viaje promedio ponderado					
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
E.S.E. Hospital Universitario San Jorge	30,125	25,591	20,329	17,767	18,069	15,565
Clínica de alta tecnología Oncólogos de Occidente Maraya	30,944	24,302	22,153	16,700	23,772	17,708
Clínica Esimed	29,877	25,612	22,207	17,998	16,136	17,532
Clínica Confamiliar	32,586	28,703	23,823	20,219	19,264	16,248
Clínica Pinares Médica	33,222	28,827	24,260	19,812	18,522	16,454
Liga contra el cáncer Seccional Risaralda	33,548	26,675	21,219	17,510	18,039	15,629

## 5.2 Análisis de accesibilidad geográfica aplicando el E2SFCA

Para verificar y complementar lo dicho previamente en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del presente documento se realiza el cálculo de la accesibilidad mediante el E2SFCA para cada uno de los niveles complejidad que se vienen trabajando, y se realiza un análisis en conjunto con todos los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente con el fin de calcular el promedio de camas y médicos por cada mil habitantes para una situación actual y futura propuesta. Este estudio es complementado con un análisis de la accesibilidad por estrato socioeconómico con el fin de poder identificar las desigualdades que se estarían generando. Toda la interpretación de resultados es llevada a cabo mediante mapas con una escala de colores que va de rojo a verde, siendo el color verde el que identifica las zonas con mejores condiciones de accesibilidad y el rojo aquellas con las peores.

### 5.2.1 Relación camas – población

Los valores obtenidos mediante el paso 1 del E2SFCA son presentados en la **Tabla 5-5** e indican el número de camas y de médicos por cada mil habitantes que existen en los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente para un radio de influencia de 15 minutos de viaje. En estos resultados se puede observar que lastimosamente existen servicios de atención médica que no pueden ofrecer ni una cama

o médico por cada mil habitantes, lo cual indica que a pesar de que las curvas isócronas muestren que hay una amplia cobertura, la realidad es que la atención que pueden brindar los servicios de atención médica no se encuentra cubriendo correctamente la demanda existente, generándose de este modo que en muchas ocasiones las personas se vean en la necesidad de recorrer grandes distancias con el fin de encontrar un establecimiento que sí las pueda atender (Kanuganti et al., 2016b).

Un caso importante a tener en consideración es que la segunda relación camas (o médico)-población más alta la tiene el E.S.E. Hospital Universitario San Jorge que no solo es un servicio de salud identificado con nivel de atención 3, sino que a su vez es el más grande del Área Metropolitana Centro Occidente y atiende en su mayoría a la población más vulnerable, lo cual indica que a pesar de estar cercano a los estratos más altos la atención no sería orientada hacia estos, por esta razón se podría pensar que fue planeado para cubrir las necesidades de los menos favorecidos y servir como un centro regional para atender emergencias que no puedan ser atendidas en los hospitales municipales que en su mayoría suelen prestar los servicios de un nivel de complejidad bajo y al igual que este son orientados hacia aquellas personas pertenecientes al régimen subsidiado o Sisbén.

**Tabla 5-5. Cálculo Relación camas (y médicos) - Población**

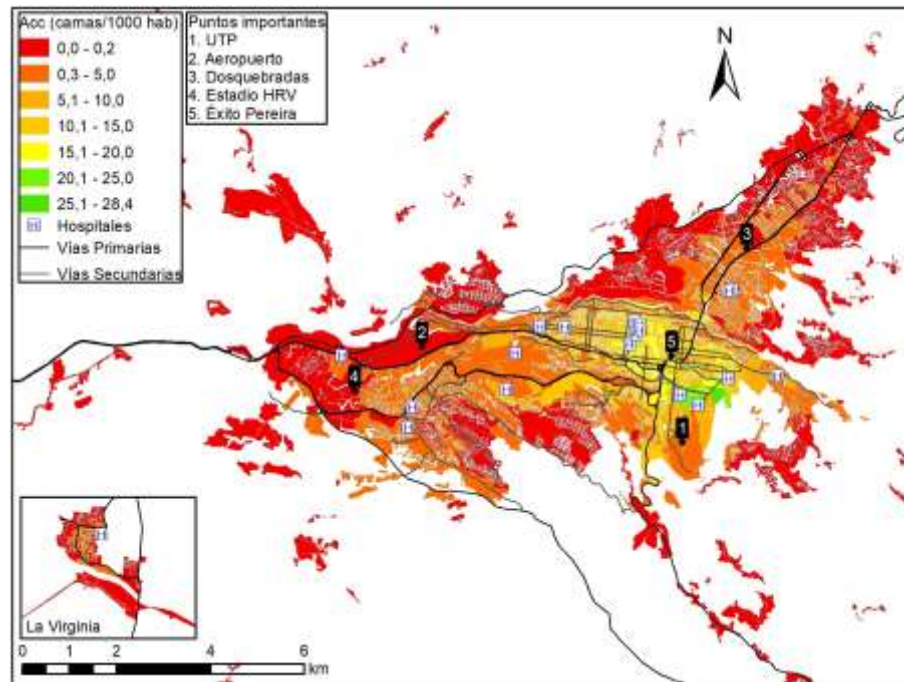
Nombre servicio de atención médica	Población 0 – 5 min	Población 5 – 10 min	Población 10 - 15 min	Rj (camas cada 1000 habitantes)	Rj (médicos cada 1000 habitantes)
E.S.E. Hospital Kennedy	5.837	30.001	80.909	2,3780187	0,6165234
E.S.E. Hospital Universitario San Jorge	14.889	98.465	176.033	9,3217228	2,1933465
Hospital San Joaquín - Cuba	28.430	136.200	157.239	0,9794839	0,2350761
E.S.E. Hospital Santa Mónica	10.907	79.317	218.046	1,9008877	0,4562131
Clínica los Rosales	8.834	76.057	149.839	8,1180546	1,8469648
E.S.E Hospital del centro	3.989	72.696	204.385	0,8347698	0,2086925
Clínica San Rafael sede Megacentro	5.749	48.268	126.993	15,316332	3,4839724
Clínica San Rafael Sede Cuba	4.353	25.763	116.488	5,1691127	1,240587
Clínica El Lago	4.265	82.211	169.442	1,534444	0,383611
Clínica Avellana	11.620	69.674	235.818	0,1980917	0,0792367
Clínica de alta tecnología Oncólogos de Occidente Maraya	8.725	79.126	217.212	2,6587249	0,6544553
Clínica Esimed	7.808	67.608	172.078	3,8485405	0,9502569
Clínica Confamiliar	7.609	45.196	129.006	11,424852	2,7172621
Clínica Policía Nacional	6.256	21.615	49.888	7,5523999	1,7350108
Clínica Risaralda Ltda	6.282	90.362	170.247	1,494687	0,3736718
Clínica Pinares Médica	5.942	37.966	127.506	4,4707857	1,1176964
Liga contra el cáncer Seccional Risaralda	11.173	85.911	160.801	1,6541265	0,404342
E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo	11.450	237.959	13.850	0,6380549	0,1458411

### 5.2.2 Accesibilidad geográfica de todos los servicios de atención médica

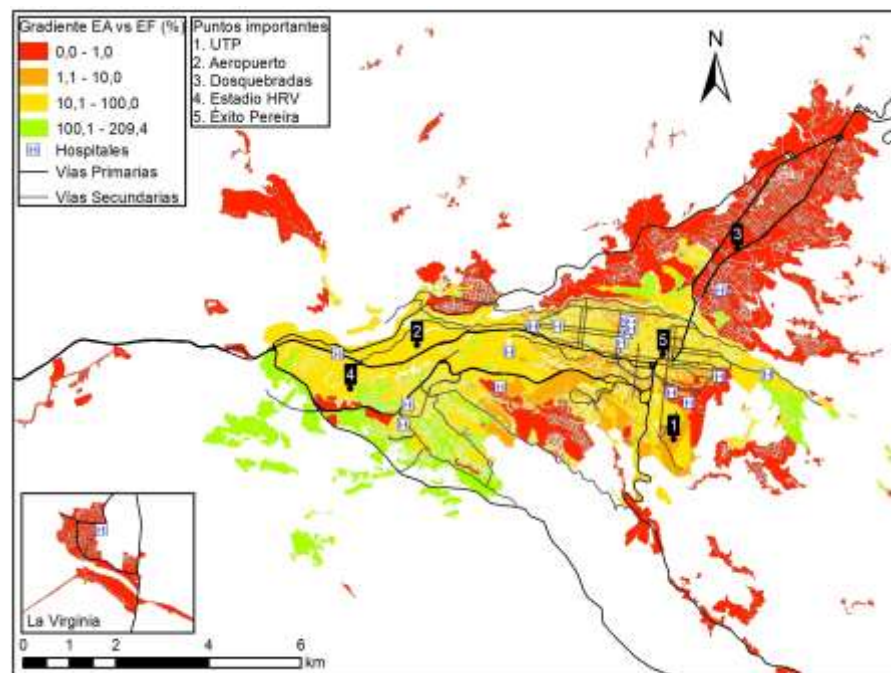
Analizando los servicios de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente de manera generalizada en lo referente a camas se puede encontrar que el territorio no estaría cumpliendo con uno de los índices dados por el Banco mundial (2020) para Colombia, este sería el caso de los médicos por cada mil habitantes que según esta entidad deberían ser 2,2 y en el territorio en cuestión únicamente se contaría con un índice de 0,594 médicos por cada mil habitantes; ya en lo que respecta a camas no se tendría este problema puesto que se exige que se tengan 1,7 camas por cada mil habitantes y el territorio en cuestión cuenta con 1,862 camas por cada mil habitantes.

Con base en lo anterior en lo que respecta a camas no se requerirían grandes mejoras en vista de que no habría justificación alguna para hacerlo especialmente en el municipio de Pereira, pero de acuerdo con los resultados obtenidos en la **Figura 5-7** y considerando que los municipios de La Virginia y Dosquebradas no tendrían servicio de atención médica de media y alta complejidad se propondría que para el caso de Dosquebradas la Clínica Avellana se le aumente a 20 sus camas (4 veces su actual capacidad) y al E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo se le genere una ampliación que preste también estos servicios de media y alta complejidad con la misma capacidad que tendría la Clínica Avellana, puesto que este podría ser un mínimo de camas accesibles para que todos los municipios tengan y se pueda descongestionar los servicios de atención médica de alta complejidad de Pereira.

Las mejoras propuestas en cuanto a camas para los municipios de La Virginia y Dosquebradas no generan cambios significativos pues al comparar los escenarios actual y futuro con base en el gradiente (ver **Figura 5-8**) se encuentra que el impacto de los cambios en los servicios de atención médica no se daría para estos municipios pues poseen en su mayoría un aumento de máximo 1%, lo que significa que se mantendrían en el rango de máximo 5 camas por cada mil habitantes en algunos sectores. De acuerdo con esto se podría decir que se requiere de mejoras más imponentes a los servicios de atención médica en los municipios como para que se pudiera atender enfermedades del calibre que tuvo el COVID-19 (H. Wang et al., 2020), el cual demanda que se utilicen todas las camas de un hospital o clínica.



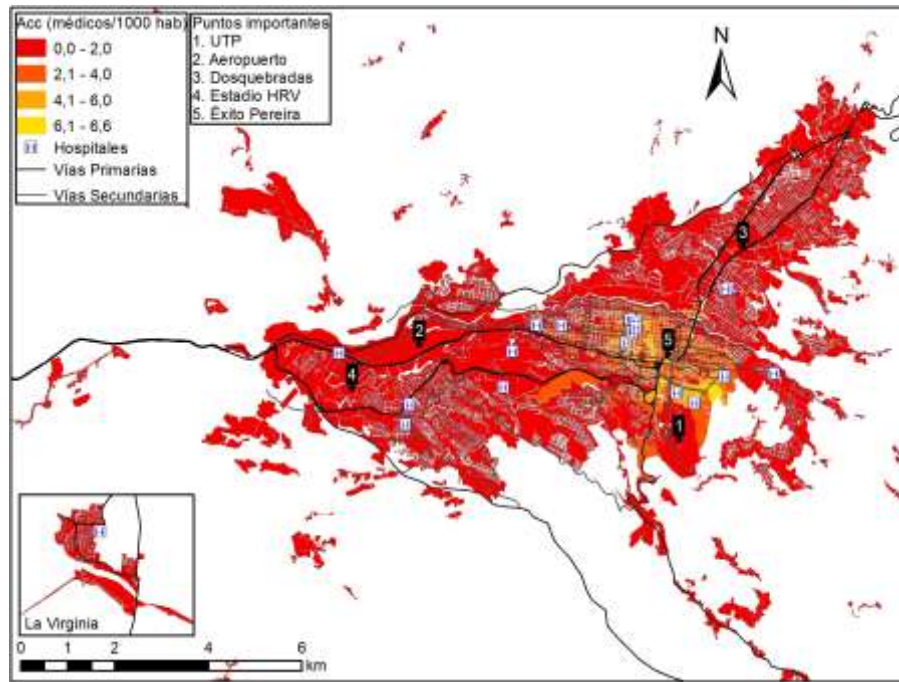
**Figura 5-7,** Escenario actual accesibilidad geográfica (camas/1000habitantes) a todos los servicios de atención médica



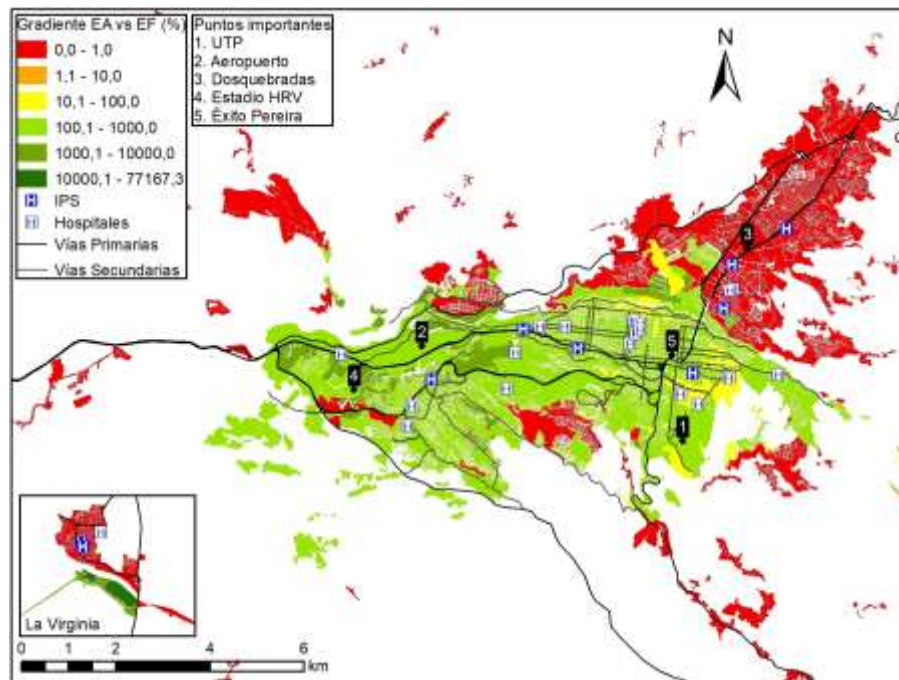
**Figura 5-8,** Gradiente camas escenario actual vs escenario futuro de todos los servicios de atención médica

---

Como ya se dijo previamente en lo que respecta a médicos por cada mil habitantes no se cumple con el promedio exigido para Colombia y la situación en cuanto a accesibilidad geográfica no es muy esperanzadora como se puede observar en la **Figura 5-9** al encontrarse gran parte del territorio en un valor de máximo 2 médicos por cada mil habitantes, por lo cual el índice dado para el escenario actual tendría que aumentarse prácticamente en un 200% y esto sería prácticamente imposible únicamente con los servicios de atención médica; debido a esto y considerando que en Colombia hay entidades denominadas Instituciones Prestadoras de Salud (El Tiempo, 2021) que suelen ser en la mayoría de casos el punto de entrada al sistema de salud y las que solucionan muchas enfermedades antes de que tomen gravedad, se incluyen algunas de ellas en el presente análisis y se llega al índice exigido por el Banco mundial con un valor de 2,237 a manera de utopía donde se aumenta hasta en un 77.167,3% los promedios de accesibilidad como lo indica el gradiente de la **Figura 5-10**, llegándose a esto manejando un mínimo de 50 médicos para cada IPS y servicio de atención médica del Área Metropolitana Centro Occidente (ver **Tabla 5-6**), lo cual podría ser posible especialmente para las Instituciones Prestadoras de Salud (IPS) ya que 7 de las 9 que se consideraron para el presente análisis se encuentran en muchos casos compartiendo establecimiento o siendo vecinas de otras IPS que pertenecen a otras Entidades Promotoras de Salud (EPS), existiendo la posibilidad de que en conjunto las IPS puedan brindar el número de médicos necesarios para cumplir con el índice de 2,2.



**Figura 5-9,** Escenario actual accesibilidad geográfica (médicos/1000habitantes) a todos los servicios de atención médica



**Figura 5-10,** Gradiente médicos escenario actual vs escenario futuro de todos los servicios de atención médica

**Tabla 5-6. Servicios de atención médica e IPS**

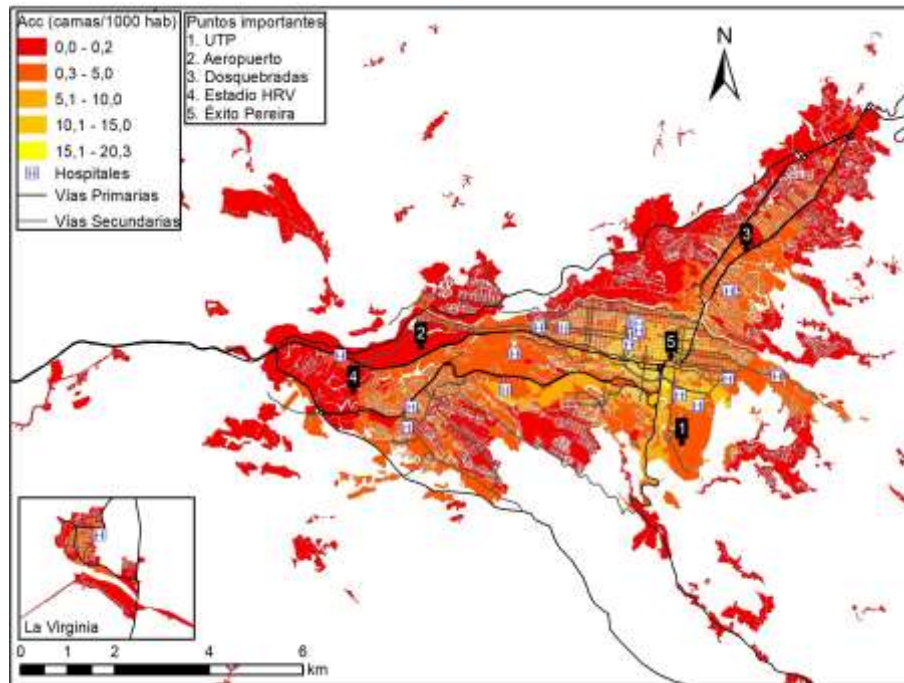
Nombre servicio de atención médica	Coordenadas		Número de camas	Número de médicos
	Longitud	Latitud		
E.S.E. Hospital Kennedy	-75,67111111	4,8072222	27	50
E.S.E. Hospital Universitario San Jorge	-75,69861111	4,8177778	306	72
Hospital San Joaquin - Cuba	-75,74194444	4,7975	50	60
E.S.E. Hospital Santa Mónica	-75,67972222	4,8238889	50	60
Clínica Los Rosales	-75,69944444	4,8133333	189	50
E.S.E Hospital del Centro	-75,71194444	4,8166667	16	50
Clínica San Rafael Sede Megacentro	-75,68972222	4,8036111	233	53
Clínica San Rafael Sede Cuba	-75,74111111	4,8013889	50	60
Clínica El Lago	-75,69833333	4,8152778	32	50
Clínica Avellana	-75,68027778	4,8236111	20	60
Clínica de alta tecnología Oncólogos de Occidente Maraya	-75,72138889	4,8116667	65	50
Clínica Esimed	-75,71666667	4,8166667	81	50
Clínica Confamiliar	-75,68055556	4,8066667	185	50
Clínica Policía Nacional	-75,72305556	4,8047222	74	50
Clínica Risaralda LTDA	-75,6975	4,8161111	36	50
Clínica Pinares Médica	-75,68638889	4,8016667	60	50
Liga contra el cáncer Seccional Risaralda	-75,6975	4,8172222	45	50
E.S.E. Hospital San Pedro y San Pablo	-75,87888889	4,9787489	35	60
Ampliación Hospital San Pedro y San Pablo	-75,879026	4,899794	20	50
Mi IPS La Virginia	-75,883361	4,897444		60
Salud La Virginia IPS	-75,883014	4,896511		60
Salud Total EPS El Progreso - Dosquebradas	-75,669385	4,835511		60
Nueva EPS Dosquebradas	-75,681404	4,820101		60
Medimás EPS Plaza del Sol	-75,679869	4,828584		60
Salud Total EPS - Pereira	-75,737479	4,806536		60
IPS Virrey Solis (Salud Total)	-75,687307	4,807613		60
Centro Médico Sura Pereira	-75,71985	4,816203		60
EPS Sura - Pereira	-75,709422	4,81248		60

### 5.2.3 Accesibilidad geográfica de los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo

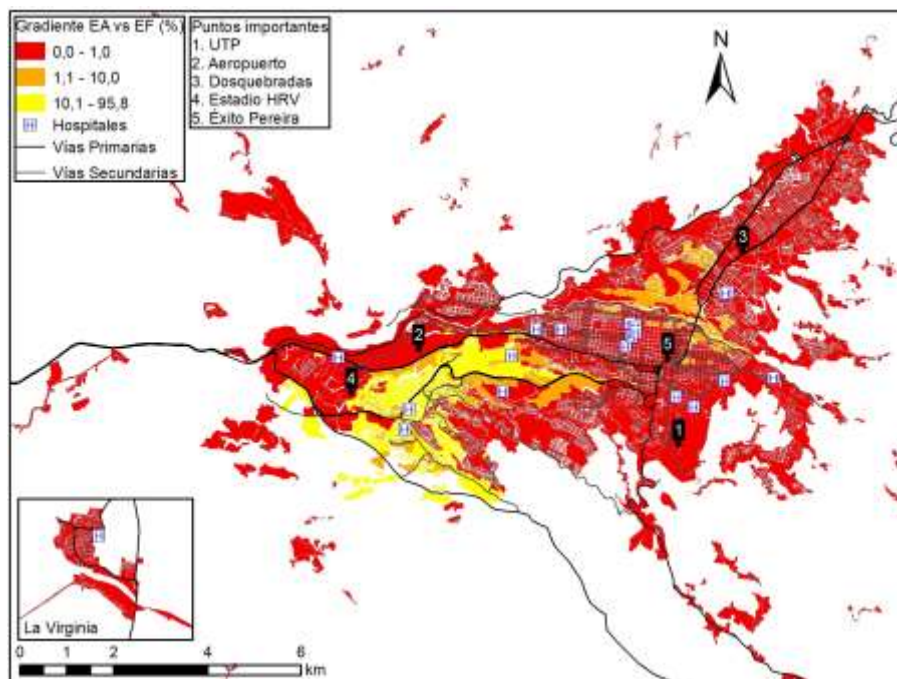
En lo que respecta al nivel de complejidad bajo (como se mencionó previamente en el numeral 5.2.2 del presente documento) se le generarían cambios debido a la propuesta de aumento de nivel de complejidad de dos de los servicios de atención médica pertenecientes a esta clasificación, pero este hecho se notaría más en lo que respecta a camas, ya que en cuanto a médicos como la situación futura se analiza conforme el número de médicos que se requeriría para llegar al promedio dado por el Banco Mundial para Colombia, ya la situación no se afectaría tanto al eliminar dos servicios de atención médica, en vista de que el aumento en número de médicos es bastante significativo.

De acuerdo con los cambios propuestos se tiene que para el caso del promedio de camas por cada mil habitantes se pasa de tener un valor de 0,931 a un valor de 0,891 que aunque en términos de accesibilidad geográfica no habría tenido tanto impacto para el escenario

futuro con respecto al escenario actual presentado en la **Figura 5-11**, el valor habría sido afectado principalmente por el cambio de nivel de complejidad de la Clínica San Rafael Sede Cuba que tenía 50 camas beneficiando a este sector y como lo indica la **Figura 5-12** se generarían variaciones en los coeficientes de accesibilidad por manzanas; mientras que la Clínica Avellana no generaría tanto impacto debido a que únicamente tenía 5 camas.

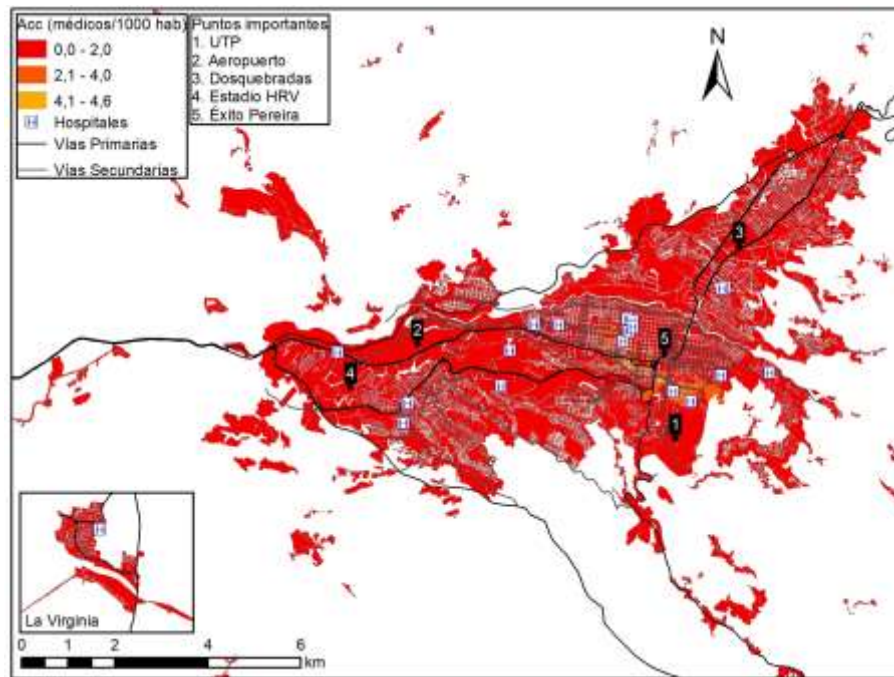


**Figura 5-11**, Escenario actual accesibilidad geográfica (camas/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo

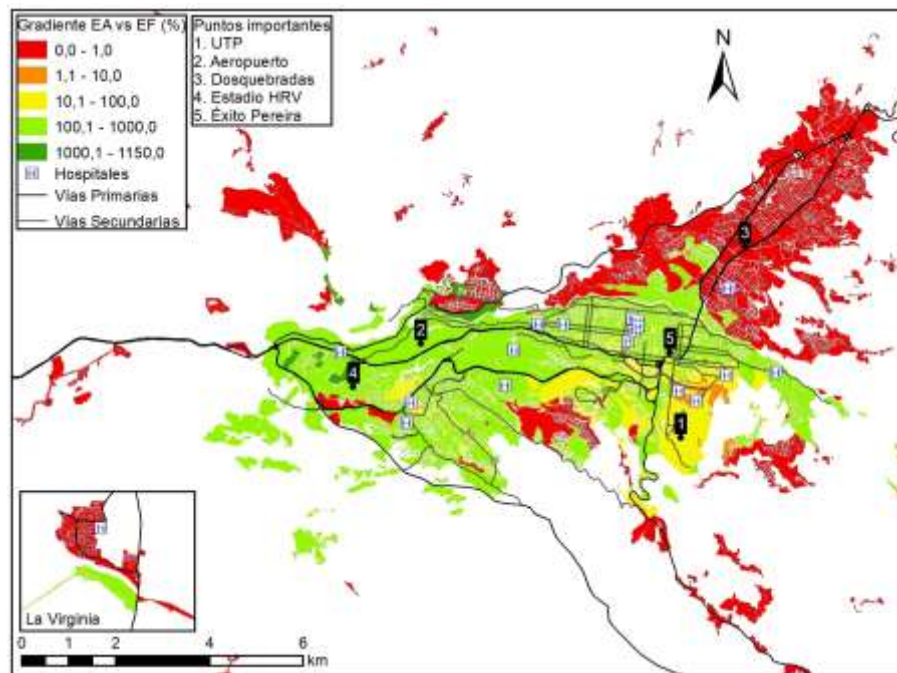


**Figura 5-12,** Gradiente camas escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad bajo

En lo que respecta a los médicos para este nivel de complejidad se tiene que el promedio de médicos por cada mil habitantes pasaría de ser 0,296 a 0,810 que, aunque bien está lejos de cumplir con el índice del Banco Mundial, es una mejora notable para las condiciones del escenario actual presentadas en la **Figura 5-13**, y si se entrara a revisar la **Figura 5-14** se observa que el eliminar un servicio de atención médica como lo fue la Clínica San Rafael Sede Cuba para este caso y aumentarle ampliamente la capacidad a uno existente (Hospital San Joaquín – Cuba) en la misma zona puede evitar impactos negativos en la accesibilidad geográfica y hasta mejorar las condiciones. Cabe aclarar que las Instituciones Prestadoras de Salud mencionadas en el numeral 5.2.2 del presente documento no se incluyen en ningún nivel de complejidad, pero sí serían el principal apoyo para que los servicios de atención médica de nivel de complejidad baja no se congestionen.



**Figura 5-13,** Escenario actual accesibilidad geográfica (médicos/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad bajo



**Figura 5-14,** Gradiente médicos escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad bajo

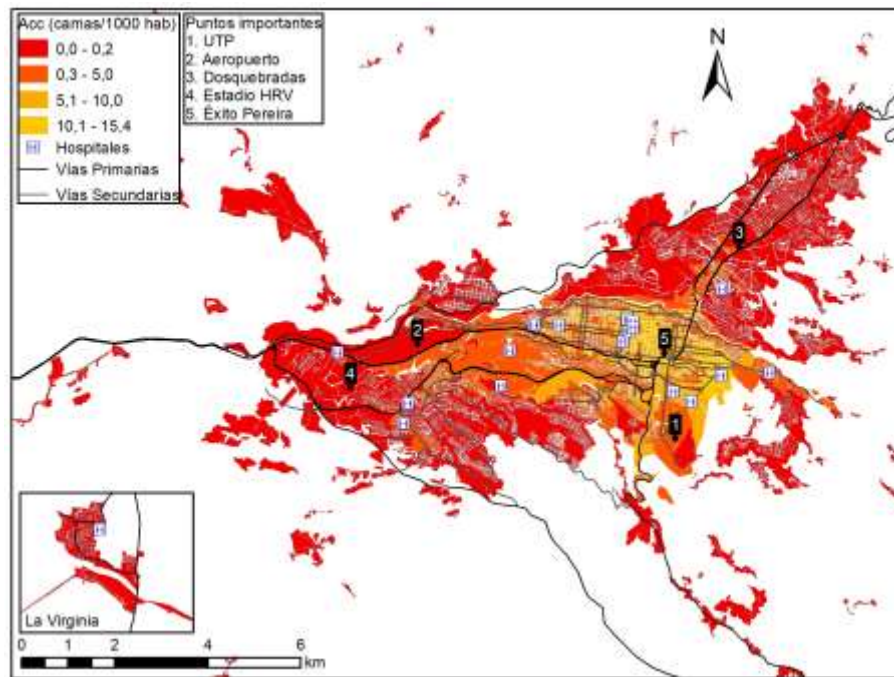
---

#### **5.2.4 Accesibilidad geográfica de los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto**

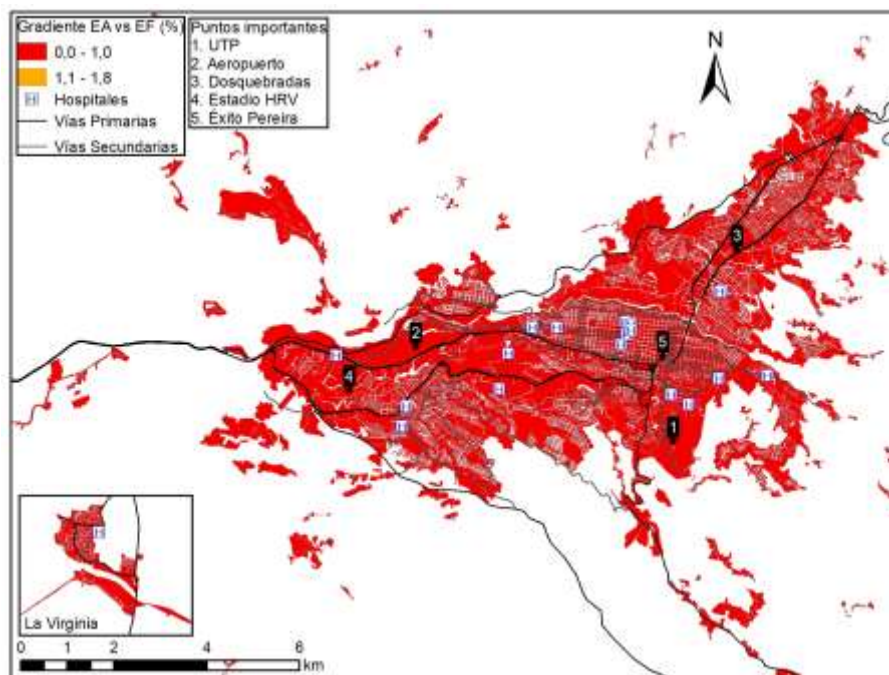
Como bien se había mencionado previamente en el numeral 5.1.2 del presente documento, los servicios de atención médica clasificados con nivel de complejidad media y alta son localizados principalmente en el municipio de Pereira, beneficiando especialmente a la población ubicada en los alrededores del Éxito de Pereira (como se viene observando en la mayoría de los casos) y dejando desprotegido al municipio de La Virginia y gran parte del municipio de Dosquebradas. Conforme con estas falencias se plantea que uno de los servicios de atención médica de Dosquebradas se le aumente el nivel de complejidad y al servicio de atención médica de La Virginia se le realice una ampliación; además de esto se sugeriría cambiar el nivel de complejidad de uno de los servicios de atención médica localizado en una de las zonas más pobladas y vulnerables de la ciudad de Pereira.

Las mejoras sugeridas para el nivel de complejidad medio y alto se realizan en el caso del municipio de Dosquebradas a la Clínica Avellana por contar actualmente solo con 5 camas y como este nivel de complejidad no sería tan congestionado, el aumentar a 20 sería algo razonable y que podría mejorar las condiciones de accesibilidad. Para el caso del municipio de La Virginia se plantea que al E.S.E Hospital San Pedro y San Pablo se le realice una ampliación que sea independiente del establecimiento actual y atienda especialmente los problemas de salud más graves, de modo que los habitantes de este municipio no tengan que viajar a Pereira y poner en riesgo sus vidas en largos recorridos en ambulancia, gracias a que ya tendrían disponibles 20 camas para estos casos súper críticos. Y para el municipio de Pereira se plantea que en la zona cercana al estadio Hernán Ramírez Villegas (estadio HRV en los planos) se cambie la Clínica San Rafael Sede Cuba a nivel de atención 3 ya que por las falencias en accesibilidad y teniendo en cuenta que la población allí residente presenta un gran número de problemáticas sociales, por la falta de servicios de atención médica de nivel de complejidad medio y alto se podría generar una desestabilización en la armonía social del Municipio de Pereira debido a que las áreas más pobres estarían teniendo una mayor demanda de instalaciones de atención médica localizados en otros puntos del municipio (Ni et al., 2019).

Habiendo justificado los motivos por los cuales se plantearon los cambios en el nivel de complejidad medio y alto (que habrían afectado también al nivel de complejidad bajo) se procede a analizar los resultados presentados en la **Figura 5-15** relacionada con el número de camas por cada mil habitantes cuyo promedio pasaría de ser 0,931 a 0,995 que a pesar de no tener cambios significativos con respecto al escenario futuro como lo indica la **Figura 5-16**, lo importante vendría a ser que muchas zonas ya estarían teniendo la presencia de servicios de atención médica de media y alta complejidad que sería un hecho que podría mejorar la calidad de vida de las personas allí residentes.

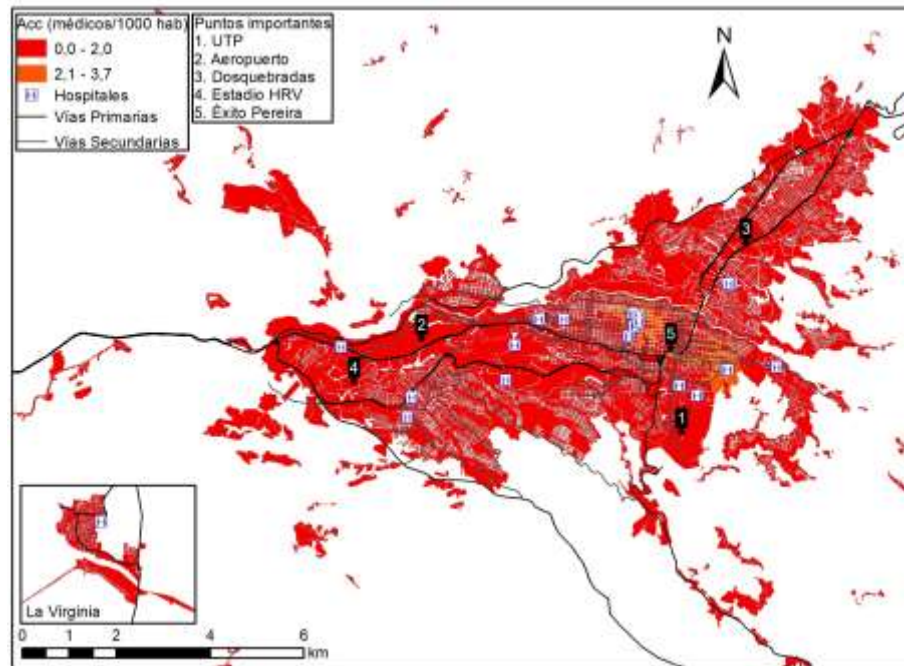


**Figura 5-15**, Escenario actual accesibilidad geográfica (camas/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto



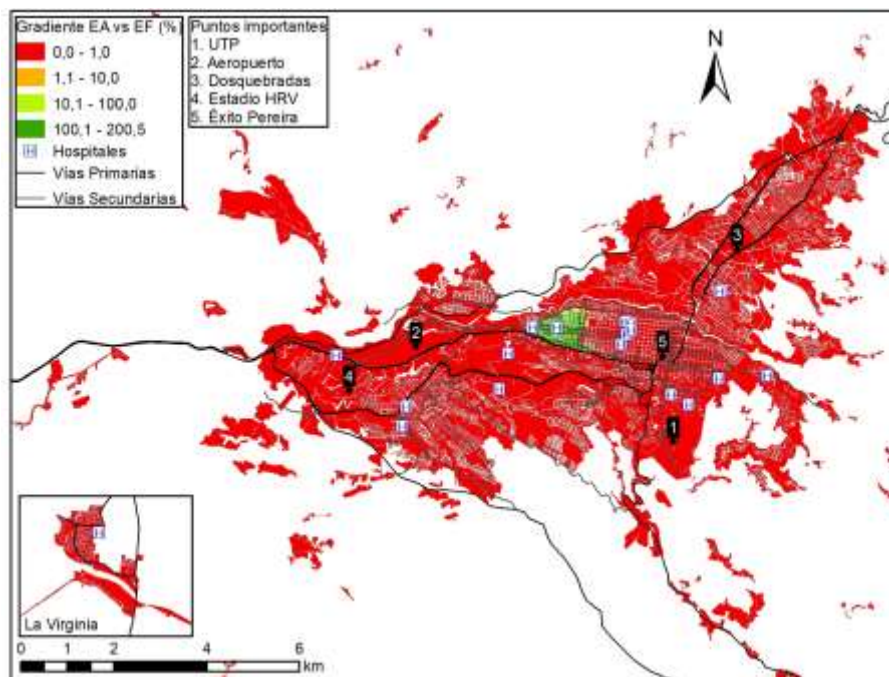
**Figura 5-16**, Gradiente camas escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad medio y alto

Considerando los cambios propuestos para los servicios de atención médica clasificados con nivel de complejidad medio y alto, y el número de médicos definido previamente para poder cumplir con el índice del Banco Mundial, se tendría entonces que el promedio de médicos por cada mil habitantes pasaría de ser 0,438 a ser 0,781 generándose que la falencia de exhibida en la **Figura 5-17** en la cual la zona cercana al Estadio Hernán Ramírez Villegas, Dosquebradas y La Virginia que estarían bastante desprotegidas, cambien la situación; sin embargo, de estos tres casos el menos preocupante es el de La Virginia puesto que la población de allí no es muy numerosa y por esto con pocos médicos que atiendan este nivel de complejidad estaría bien; ya en los otros dos casos si bien no cumplen para las presentes áreas de captación, conforme con las curvas isócronas de la **Figura 5-4** estas zonas aún se encuentran en la zona de influencia de la atención médica oportuna, así que no sería tan preocupante la situación.



**Figura 5-17,** Escenario actual accesibilidad geográfica (médicos/1000habitantes) a los servicios de atención médica nivel de complejidad medio y alto

Lastimosamente conforme con la **Figura 5-18** únicamente existe un sector del Área Metropolitana Centro Occidente mayormente favorecido con el aumento de médicos del nivel de complejidad medio y alto, pero esto no sería muy significativo para el territorio pues lo más importante (como ya se dijo) sería generar la presencia de este nivel de complejidad en aquellas zonas desprotegidas dado que los servicios de atención médica de nivel de complejidad medio y alto cuando se necesitan son prácticamente de manera urgente y por ende se requiere que se garantice por lo menos la atención oportuna (Lee, 1991) de un paciente que requiera este tipo de cuidados y/o de profesionales a su servicio.



**Figura 5-18,** Gradiente médicos escenario actual vs escenario futuro nivel de complejidad medio y alto

### 5.2.5 Accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico

La accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico es calculada con base en la Ecuación (4.4) que recurre a los coeficientes de accesibilidad  $A_i$  para cada manzana obtenidos mediante la aplicación del E2SFCA para el escenario actual y el futuro, la población de cada manzana y la población por estrato socioeconómico de cada manzana. Los resultados obtenidos para cada caso se presentan en tablas, pero con el fin de identificar con mayor facilidad los cambios que se pudieron llegar a presentar se realizan gráficas de barras que permiten comparar los diferentes valores.

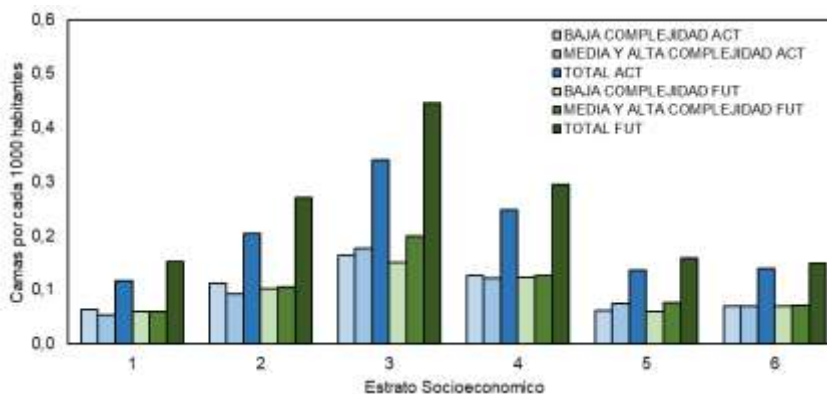
En lo relacionado con las camas se tiene que los resultados numéricos de la **Tabla 5-7** son representados mediante la **Figura 5-19**, indicándose allí que los valores más altos de accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico los tiene el estrato 3, lo que demuestra que este sería el que tiene relación con las manzanas que poseen los valores más altos de coeficientes de accesibilidad  $A_i$  y menos manzanas que se encuentren en las peores condiciones de accesibilidad, debido a que como se observa en la **Figura 4-5** es el

que se presenta en muchas de las zonas cercanas al Éxito de Pereira que son aquellas donde siempre se obtuvo las mejores condiciones de accesibilidad.

Por otra parte, un caso un caso bastante preocupante es que los valores de accesibilidad por estrato socioeconómico más bajos son los del estrato 1, pero esto podría tener relación con que gran parte de las manzanas que poseen este estrato (como lo indica la **Figura 4-3**) son de la parte rural y según McGrail & Humphreys (2009) el radio de influencia que genera las áreas de captación flotante para estos casos es de 45 minutos para la mayoría de los casos, mientras para el presente trabajo únicamente se está usando un radio de influencia de 15 minutos; a su vez esta diferencia también la estaría generando el municipio de la Virginia que en casi todas las gráficas de accesibilidad se mantuvo en tonalidades rojas indicando las peores condiciones de accesibilidad.

**Tabla 5-7. Valores Accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico (camas/1000habitantes)**

Estrato socioeconómico	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO FUTURO		
	Promedio de camas por cada 1000 hab Baja complejidad	Promedio de camas por cada 1000 hab Alta complejidad	Promedio de camas por cada 1000 hab Todos	Promedio de camas por cada 1000 hab Baja complejidad	Promedio de camas por cada 1000 hab Alta complejidad	Promedio de camas por cada 1000 hab Todos
1	0,063447287	0,054108528	0,117555815	0,059607104	0,059548257	0,15309105
2	0,112633335	0,091872325	0,20450566	0,102079172	0,105622544	0,270752148
3	0,163556964	0,176645092	0,340202056	0,151058027	0,198670906	0,444938228
4	0,126390563	0,12214019	0,248530753	0,124012601	0,126620891	0,295537797
5	0,061349193	0,074945146	0,136294339	0,060774082	0,075872192	0,15910759
6	0,069602115	0,070414189	0,140016303	0,069477211	0,070750578	0,149918006



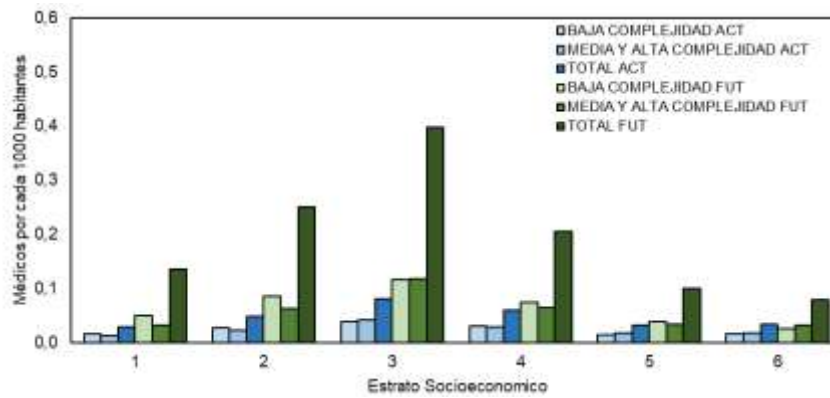
**Figura 5-19, Estratificación vs Promedio de camas por cada 1000 habitantes**

Para el caso de los médicos en lo que respecta a accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico se tienen los resultados numéricos de la **Tabla 5-7** que se representan mediante la **Figura 5-20** mantienen al estrato 3 como el más beneficiado al igual que con las camas; pero en lo que respecta al escenario actual se puede observar que los estratos 1, 5 y 6 poseen pésimas condiciones de accesibilidad. Sin embargo, en lo que respecta a los estratos 5 y 6 no existirían grandes preocupaciones debido a que estos suelen tener mayores facilidades para desplazarse a un servicio de atención médica, además la zona cercana a la Universidad Tecnológica de Pereira que es una de las más beneficiadas presenta una de las mejores condiciones de accesibilidad y el causante de que el promedio del estrato sea tan bajo es que la zona cercana el Estadio Hernán Ramírez Villegas (que si se observa la **Figura 4-8** se encuentra también gran presencia de viviendas estrato 6) suele tener coeficientes de accesibilidad  $A_i$  bastante bajos.

En lo que respecta a los cambios en cuanto a médicos que sería el análisis mediante el E2SFCA en el cual se tienen en cuenta Instituciones Prestadoras de Salud (IPS), se tiene que se genera un gran impacto para todos los estratos. Por otro lado, se puede encontrar que los estratos 1,2 y 3 se les producen cambios significativos en los valores promedios de accesibilidad por estrato socioeconómico y esto gracias a que al aumentar los médicos especialmente los servicios de atención médica de La Virginia y Dosquebradas (que tendrían más presencia de dichos estratos) es posible que la cobertura mejore y las personas tengan mejores oportunidades al momento de recurrir a un servicio de atención médica.

**Tabla 5-8. Valores Accesibilidad geográfica por estrato socioeconómico (médicos/1000habitantes)**

Estrato socioeconómico	ESCENARIO ACTUAL			ESCENARIO FUTURO		
	Promedio de médicos por cada 1000 hab Baja complejidad	Promedio de médicos por cada 1000 hab Alta complejidad	Promedio de médicos por cada 1000 hab Todos	Promedio de médicos por cada 1000 hab Baja complejidad	Promedio de médicos por cada 1000 hab Alta complejidad	Promedio de médicos por cada 1000 hab Todos
1	0,015002947	0,012939423	0,02794237	0,049368076	0,031695168	0,1361078
2	0,026623934	0,022011589	0,048635523	0,085731566	0,06209415	0,250012312
3	0,038811765	0,042258643	0,081070408	0,116280814	0,117996263	0,396783678
4	0,029505126	0,029297609	0,058802736	0,073208805	0,064897056	0,204159939
5	0,014333541	0,017954666	0,032288207	0,037952788	0,033979692	0,099256753
6	0,01599911	0,016973055	0,032972166	0,026250992	0,032643992	0,078417043



**Figura 5-20,** Estratificación vs Promedio de médicos por cada 1000 habitantes

## **6. Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

A lo largo del presente documento se pudo observar que en el Área Metropolitana Centro Occidente existe un alto nivel de desigualdad en lo relacionado con la accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica, gracias a que la mayoría de estos no fueron localizados pensando en que todas las personas pudieran llegar fácilmente, sino que se podría decir que prácticamente los localizaron en las zonas con mejores condiciones económicas y cercanas al centro de negocios de la capital del departamento, que sería aquella zona cercana al Éxito de Pereira, dejando desprotegidas las zonas más alejadas de allí y considerando que el municipio de Pereira es casi una zona de paso obligatorio para viajar a otras ciudades del país, el tema de la movilidad se volvería más complicada por el alto tránsito de vehículos y se podrían llegar a poner en riesgo aquellos pacientes con enfermedades graves que deban desplazarse desde las periferias hacia los servicios de atención médica.

El problema de mala distribución de los servicios de atención médica se pudo evidenciar desde que se comenzó el análisis geoespacial con ayuda de las curvas isócronas, las cuales indicarían que los 30 minutos necesarios para atender oportunamente a las personas enfermas solo se cumplirían para la zona urbana del municipio de Pereira y solo una pequeña parte de Dosquebradas, pero en lo que respecta a La Virginia quedaría casi desprotegida y muy probablemente lo mismo esté ocurriendo con los demás municipios del departamento de Risaralda – Colombia, los cuales si llegaran a presentar la misma ausencia de servicios de atención médica clasificados con nivel de complejidad medio y

alto como ocurrió con los municipios de Dosquebradas y La Virginia, significaría que los hospitales y clínicas estarían teniendo una demanda mayor a la que se analizó en el presente documento.

Con base en las ojivas porcentuales de cobertura espacial de población y área con respecto a cada uno de los servicios de atención médica se puede encontrar que, si bien la diferencia no es muy significativa, en algunos casos se observa una mayor concentración de la población con respecto al área, indicando de este modo que existe el riesgo de un colapso en la capacidad de algunos de los servicios de atención médica, especialmente de aquellos que atienden población perteneciente al régimen subsidiado de la salud. Esta afirmación se complementa con el análisis por estrato socioeconómico y nivel de complejidad de los servicios de atención médica, en lo cual se pudo observar que uno de los estratos más perjudicados por la mala distribución de los servicios de atención médica es el estrato 1 (relacionado en su mayoría con el régimen subsidiado de salud) y solo podría existir un panorama esperanzador si se mejorara el número de médicos que serían el apoyo para que muchos de los problemas de salud no lleguen a las clínicas y hospitales, de modo que no se corra tanto riesgo por tener tantos valores bajos de coeficientes de accesibilidad especialmente en lo que se refiere a camas. Sin embargo, al examinar las falencias encontradas para los estratos 1 y 2 es bueno considerar que los resultados obtenidos tendrían relación principalmente con el transporte privado al cual estos en muchos casos tienen difícil acceso, por lo cual se podría complementar el análisis de accesibilidad geográfica realizado a lo largo del presente documento con una investigación con respecto al transporte público pues el Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) que poseen los municipios de Pereira y Dosquebradas tiene carriles exclusivos que podrían llegar a mejorar los tiempos de viaje y por ende los resultados al aplicarse el E2SFCA.

Los hechos informados de acuerdo a las ojivas porcentuales fueron confirmados al realizar el análisis de accesibilidad mediante el E2SFCA, cuyos resultados demostraron que la zona urbana oriental de la ciudad de Pereira hacia la cual se localiza la UNIVERSIDAD Tecnológica de Pereira (que a su vez es donde existe un alto predominio de los estratos 5 y 6) es aquella donde existen las mejores condiciones de accesibilidad debido a la

concentración que existe allí de los servicios de atención médica. Ya fuera de esta zona y en lo que corresponde a los municipios de Dosquebradas y La Virginia, y la zona cercana al Estadio Hernán Ramírez Villegas del municipio de Pereira, se observa una alta inequidad espacial en lo que se relaciona con los servicios de atención médica dado que, a pesar de la existencia de hospitales o clínicas en estos territorios, su capacidad no es suficiente para atender a la población, demostrando de este modo que muchas de las personas de estas zonas deben desplazarse grandes distancias para poder recibir atención médica. También como se llegó a mencionar, existen problemas hacia la parte rural, pero esto se podría decir que no tendría solución puesto que estas zonas normalmente se analizan con áreas de captación flotante de mayor tamaño a las manejadas en el presente documento.

Considerando que los promedios de médicos y camas por cada mil habitantes dados por el Banco Mundial no están dados de acuerdo con un análisis de accesibilidad sino únicamente por la división de estos entre el número total de habitantes de determinado territorio, se pudo encontrar que esto generaría grandes desigualdades porque se busca más cumplir con un estándar que atender adecuadamente a la población, porque por ejemplo mientras con el análisis de accesibilidad se tiene un valor actual de 1,861 camas por cada mil habitantes, la relación con la población total daría un valor de 2,441 y esto dejaría zonas como La Virginia y Dosquebradas totalmente desprotegidas ante una situación como la que se vivió con la pandemia del COVID-19 en el 2020, por lo cual se propuso mejorar principalmente lo referente con el nivel de atención. También ya teniendo en cuenta las Instituciones Prestadoras de Salud que serían las que ayudan a cumplir el número mínimo de médicos por cada mil habitantes, se puede encontrar que si estas no existieran las clínicas y hospitales aumentarían la demanda y probablemente no daría abasto para la población, por lo cual es de especial cuidado su localización y es más posible con ayuda de estas solucionar muchos de los problemas de accesibilidad.

## **6.2 Recomendaciones**

El presente trabajo puede ser complementado mediante tres estudios adicionales de accesibilidad geográfica a los servicios de atención médica, uno sería con respecto a la parte rural del Área Metropolitana Centro Occidente, otro sería con respecto al transporte

público del Área Metropolitana Centro Occidente y el otro sería con respecto a todo el departamento de Risaralda – Colombia.

Se sugiere en cuanto a la parte rural debido a que en el presente análisis se utilizó un radio de influencia al cual se suele recurrir para zonas urbanas y con respecto al transporte público se sugiere dado que el Área Metropolitana Centro Occidente posee un Sistema Estratégico de Transporte Público (SETP) y un Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), los cuales pueden tener grandes impactos en la movilidad de las personas, especialmente de aquellas pertenecientes a los estratos bajos que no siempre tienen la posibilidad de acceder al transporte privado.

Por último, se propone con respecto al resto del departamento considerando que de acuerdo al informe dado por Pereira cómo vamos (2020) en la capital se están concentrando el 86,9% de las camas del departamento, por lo cual en el resto del departamento se podrían estar presentando situaciones similares a las observadas en los municipios de La Virginia y Dosquebradas que solo tienen un servicio de atención médica que como máximo atiende situaciones de nivel de atención 2, es decir, problemas que abarca un nivel de complejidad bajo, generando un riesgo para aquellas personas que tengan patologías como el cáncer que puede ser tratado únicamente en la capital del departamento de Risaralda, que es el municipio de Pereira.

## 7. Bibliografía

- A. E. Joseph, D. R. P. (1984). *Accessibility and utilization: geographical perspectives on health care delivery*.
- Cardona, S., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2020). Analysis of mobility reorganization of the gastronomic boulevard of Milan, Manizales (Colombia). *Informacion Tecnologica*, 31(1), 301–310. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000100301>
- Chen, B. Y., Cheng, X. P., Kwan, M. P., & Schwanen, T. (2020). Evaluating spatial accessibility to healthcare services under travel time uncertainty: A reliability-based floating catchment area approach. *Journal of Transport Geography*, 87(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102794>
- Ley 10 de 1990, (1990).  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3421>
- DANE. (2019). *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Pereira, Risaralda* (p. 14). <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190731-CNPV-presentacion-Risaralda-Pereira.pdf>
- DANE. (2021). *Geoportal DANE 2018*. <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/visor-descarga-geovisores/>
- Eiselt, H. A., & Laporte, G. (1989). The Maximum Capture Problem in a Weighted Network. *Journal of Regional Science*, 29(3), 433–439.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1989.tb01388.x>
- El Tiempo. (2021, October 19). *Conozca la diferencia entre las EPS y las IPS*.  
<https://www.eltiempo.com/salud/conozca-las-funciones-de-las-eps-y-las-ips-625568>
- Escobar, D. A. ., Tamayo, J. A. ., & Holguín, J. M. . (2016). Propuesta metodológica de evaluación del Transporte Público Colectivo a partir de un análisis de accesibilidad global. Caso de estudio: Manizales y Villamaría – Colombia. *Revista Espacios*, 32(No. 24), 17. <https://www.revistaespacios.com/a16v37n24/16372417.html>

- Escobar, D. A., Cardona, S., & Ruiz, S. (2020). Planning of expansion of ICU hospital care in times of Covid-19 using the E2SFCA model. *Revista Espacios*.  
<https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n42p03>
- ESRI. (2019). *ArcGIS Desktop* (10.5). <https://www.esri.com/en-us/home>
- Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Ghorbanzadeh, M., Kim, K., Erman Ozguven, E., & Horner, M. W. (2021). Spatial accessibility assessment of COVID-19 patients to healthcare facilities: A case study of Florida. *Travel Behaviour and Society*, 24(March), 95–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.03.004>
- Gobernación de Risaralda. (2021). *Dirección de Prestación de los Servicios de Salud del Departamento de Risaralda*. <https://www.risaralda.gov.co/salud/>
- Goldsmith, L. J., & Rickts, T. C. (1999). Proposed Changes to Designations of Medically Underserved Populations and Health Professional Shortage Areas: Effects on Rural Areas. *The Journal of Rural Health*, 15(1), 44–54. <https://doi.org/10.1111/j.1748-0361.1999.tb00597.x>
- Google Research. (n.d.). *Google Colaboratory*.  
<https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb#recent=true>
- Grupo de trabajo POT, & Municipal, S. de planeación. (2020). *PLANO FR. CE - 01*.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, 24(1), 7–21. <https://doi.org/10.1007/BF01936872>
- Handy, S. L., & Niemeier, D. A. (1997). Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 29(7), 1175–1194. <https://doi.org/10.1068/a291175>
- Hoffman, C., & Paradise, J. (2008). Health Insurance and Access to Health Care in the United States. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1136(1), 149–160.  
<https://doi.org/10.1196/annals.1425.007>
- Ingram, D. R. (1971). The concept of accessibility: A search for an operational form. *Regional Studies*, 5(2), 101–107. <https://doi.org/10.1080/09595237100185131>
- J. M. Morris, P. L. D. and M. R. W. (1979). Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research*, 13(A), 91–109.

- [http://projectwaalbrug.pbworks.com/f/Transp+Accessib+-+Morris,+Dumble+and+Wigan+\(1979\).pdf](http://projectwaalbrug.pbworks.com/f/Transp+Accessib+-+Morris,+Dumble+and+Wigan+(1979).pdf)
- Kanuganti, S., Sarkar, A. K., & Singh, A. P. (2016a). Evaluation of access to health care in rural areas using enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method. *Journal of Transport Geography*, 56, 45–52.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.08.011>
- Kanuganti, S., Sarkar, A. K., & Singh, A. P. (2016b). Quantifying Accessibility to Health Care Using Two-step Floating Catchment Area Method (2SFCA): A Case Study in Rajasthan. *Transportation Research Procedia*, 17(December 2014), 391–399.  
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.080>
- Khan, A. A. (1992). An integrated approach to measuring potential spatial access to health care services. *Socio-Economic Planning Sciences*, 26(4), 275–287.  
[https://doi.org/10.1016/0038-0121\(92\)90004-O](https://doi.org/10.1016/0038-0121(92)90004-O)
- Koshizuka, T., & Kurita, O. (1991). Approximate formulas of average distances associated with regions and their applications to location problems. *Mathematical Programming*, 52(1–3), 99–123. <https://doi.org/10.1007/BF01582882>
- Kwan, M.-P. (1998). Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. *Geographical Analysis*, 30(3), 191–216. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1998.tb00396.x>
- Lee, R. C. (1991). Current approaches to shortage area designation. *The Journal of Rural Health : Official Journal of the American Rural Health Association and the National Rural Health Care Association*, 7(4 Suppl), 437–450.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10116034>
- Levine, J. (2020). A century of evolution of the accessibility concept. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 83(March).  
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102309>
- Li, Z., Fan, Z., Song, Y., & Chai, Y. (2021). Assessing equity in park accessibility using a travel behavior-based G2SFCA method in Nanjing, China. *Journal of Transport Geography*, 96, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103179>
- Limas, C. A. (2009). Comentarios a niveles de complejidad y actividades de promoción de la salud y prevención de la enfermedad. *Proyecto de Consultoría y Asistencia Técnica Con La Comisión de Regulación En Salud - CRES*, 12.
- Linneker, B. J., & Spence, N. A. (1992). Accessibility Measures Compared in an Analysis

- of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 24(8), 1137–1154.  
<https://doi.org/10.1068/a241137>
- Luo, W. (2004). Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians. *Health and Place*, 10(1), 1–11.  
[https://doi.org/10.1016/S1353-8292\(02\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S1353-8292(02)00067-9)
- Luo, W., & Qi, Y. (2009). An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health and Place*, 15(4), 1100–1107. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2009.06.002>
- Luo, W., & Wang, F. (2003). Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 865–884. <https://doi.org/10.1068/b29120>
- Martínez, F. J., & Araya, C. A. (2000). A Note on Trip Benefits in Spatial Interaction Models. *Journal of Regional Science*, 40(4), 789–796. <https://doi.org/10.1111/0022-4146.00199>
- Martinez, S. (2021). Área Metropolitana de Centro Occidente, reseña Histórica. *Instituto de Estudios Urbanos*. [http://ie.u.unal.edu.co/medios/noticias-del%02ieu/item/area-metropolitana-de-centro-occidente-resena-historica?category\\_id=120%0D](http://ie.u.unal.edu.co/medios/noticias-del%02ieu/item/area-metropolitana-de-centro-occidente-resena-historica?category_id=120%0D)
- McGrail, M. R., & Humphreys, J. S. (2009). Measuring spatial accessibility to primary care in rural areas: Improving the effectiveness of the two-step floating catchment area method. *Applied Geography*, 29(4), 533–541.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.003>
- Minsalud. (n.d.). *Régimen Subsidiado*.  
<https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/RégimenSubsidiado.aspx>
- Minsalud. (2021). *Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud - REPS*.  
<https://prestadores.minsalud.gov.co/habilitacion/>
- Monsalve, S., Rucinke, S., Polo, L., & Polo, G. (2016). Evaluación de la accesibilidad espacial a la campaña de vacunación antirrábica de Bogotá, Colombia. *Biomédica*, 36(3). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i3.3074>
- Moshe Ben-Akiva, S. R. L. (1985). *Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand*.
- Ni, J., Liang, M., Lin, Y., Wu, Y., & Wang, C. (2019). Multi-mode two-step floating

- catchment area (2SFCA) method to measure the potential spatial accessibility of healthcare services. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5).  
<https://doi.org/10.3390/ijgi8050236>
- Nicholls, S. (2001). Measuring the accessibility and equity of public parks: A case study using GIS. *Managing Leisure*, 6(4), 201–219.  
<https://doi.org/10.1080/13606710110084651>
- OECD/The world bank. (2020). Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020. In *Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020*.  
<https://doi.org/10.1787/740f9640-es>
- Okabe, A.; Boots, B. and Sugihara, K., 1992. (1992). *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams* (A. Okabe, B. Boots, K. Sugihara, S. N. Chiu, & D. G. Kendall (eds.)). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470317013>
- Pan, J., Liu, H., Wang, X., Xie, H., & Delamater, P. L. (2015). Assessing the spatial accessibility of hospital care in Sichuan Province, China. *Geospatial Health*, 10(2).  
<https://doi.org/10.4081/gh.2015.384>
- Pedregosa, F. ., Varoquaux, G. ., Gramfort, A. ., Michel, V. ., Thirion, B. ., Grisel, O. ., Blondel, M. ., Prettenhofer, P. ., Weiss, P. ., Dubourg, V. ., Vanderplas, J. ., Passos, A. ., Cournapeau, D. ., Brucher, M. ., Perrot, M. ., & Duchesnay, E. . (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research* 12, 2825–2830. <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.impute.IterativeImputer.html>
- Pereira cómo vamos. (2020). *Informe de calidad de vida 2020*.  
<http://www.pereiracomovamos.org/es/informes-de-calidad-de-vida>
- Plan de Desarrollo de Pereira 2019 - 2023*. (2019). <http://www.pereira.gov.co>
- Planos del plan de ordenamiento territorial. (2020). *Secretaría de Planeación y Desarrollo Económico*. <http://www.lavirginia-risaralda.gov.co>
- Prada-Ríos, S. I., Pérez-Castaño, A. M., & Rivera-Triviño, A. F. (2017). Clasificación de instituciones prestadores de servicios de salud según el sistema de cuentas de la salud de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico: el caso de Colombia. *Gerencia y Políticas de Salud*, 16(32), 51–65.  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps16-32.cips>
- Radke, J., & Mu, L. (2000). Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs. *Geographic Information Sciences*, 6(2),

- 105–112. <https://doi.org/10.1080/10824000009480538>
- Ramírez, M. L. (2002). ¿Dónde localizar hospitales públicos? Las nuevas tecnologías - SIG- como herramientas de apoyo a la planificación territorial. Un caso de estudio aplicado a la Provincia del Chaco - Argentina. *Serie Geográfica*, 121–130. <http://hdl.handle.net/10017/1166>
- Rojas Quezada, C., Martínez Bascuñán, M., De la Fuente Contreras, H., Schäfer Faulbaum, A., Aguilera Saéz, F., Fuentes Mella, G., Peyrín Fuentes, C., & Carrasco Montagna Cruz, J. (2019). Accesibilidad a equipamientos según movilidad y modos de transporte en una ciudad media, Los Ángeles, Chile. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 39(1), 177–200. <https://doi.org/10.5209/aguc.64682>
- Simpson, T. W., Mauery, T. M., Korte, J. J., & Mistree, F. (2001). Kriging Models for Global Approximation in Simulation-Based Multidisciplinary Design Optimization. *AIAA Journal*, 39(12), 2233–2241. <https://doi.org/10.2514/2.1234>
- Thouez, J. P. M., Bodson, P., & Joseph, A. E. (1988). Some methods for measuring the geographic accessibility of medical services in rural regions. In *Medical Care* (Vol. 26, Issue 1, pp. 34–44). <https://doi.org/10.1097/00005650-198801000-00004>
- Van der Stuyft, P., & De Vos, P. (2008). La relación entre los niveles de atención constituye un determinante clave de la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 34(4), 1–9. <https://doi.org/10.1590/S0864-34662008000400014>
- Vignolo, J. ., M., V., Álvarez, C. ., & Sosa, A. (2011). Niveles de atención, de prevención y atención primaria de la salud. *Archivos de Medicina Interna*, 33(1). [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-423X2011000100003](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-423X2011000100003)
- Wan, N., Zhan, F. B., Zou, B., & Chow, E. (2012). A relative spatial access assessment approach for analyzing potential spatial access to colorectal cancer services in Texas. *Applied Geography*, 32(2), 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.001>
- Wan, N., Zou, B., & Sternberg, T. (2012). A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(6), 1073–1089. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.624987>
- Wang, F. (2012). Measurement, Optimization, and Impact of Health Care Accessibility: A

- 
- Methodological Review. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(5), 1104–1112. <https://doi.org/10.1080/00045608.2012.657146>
- Wang, F. (2021). From 2SFCA to i2SFCA: integration, derivation and validation. *International Journal of Geographical Information Science*, 35(3), 628–638. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1811868>
- Wang, F., & Luo, W. (2005). Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: Towards an integrated approach to defining health professional shortage areas. *Health and Place*, 11(2), 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2004.02.003>
- Wang, H., Wang, Z., Dong, Y., Chang, R., Xu, C., Yu, X., Zhang, S., Tsamlag, L., Shang, M., Huang, J., Wang, Y., Xu, G., Shen, T., Zhang, X., & Cai, Y. (2020). Phase-adjusted estimation of the number of Coronavirus Disease 2019 cases in Wuhan, China. *Cell Discovery*, 6(1), 10. <https://doi.org/10.1038/s41421-020-0148-0>
- Whitehead, J., Pearson, A. L., Lawrenson, R., & Atatoa-Carr, P. (2020). Defining general practitioner and population catchments for spatial equity studies using patient enrolment data in Waikato, New Zealand. *Applied Geography*, 115(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102137>

## Anexo A: Código de programación Imputación Iterativa

```
[1] import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.experimental import enable_iterative_imputer
from sklearn.impute import IterativeImputer
```

```
[2] from google.colab import drive
drive.mount('/gdrive')
```

Mounted at /gdrive

```
[3] datos = pd.read_excel("/gdrive/MyDrive/Relleno/Para_relleno_cammas.xlsx", sheet_name= "Hoja1")
```

```
[4] datos_cammas = datos.replace(0,np.nan)
datos_cammas.head(20)
imputer = IterativeImputer()
datos_corr_cammas=pd.DataFrame(imputer.fit_transform(datos_cammas),columns = datos_cammas.columns)
datos_corr_cammas.head(19)
```

## Anexo B: Código de programación paso 2 E2SFCA

```
[ ] import pandas as pd
import numpy as np
from google.colab import drive
drive.mount('/gdrive')

Mounted at /gdrive

[ ] hospitales=pd.read_excel("/gdrive/MyDrive/Accesibilidad/Paso_2_E2SFCA/Resultados_por_hospital_todos_orig.xlsx",sheet_name= "Camas")
manzanas=pd.read_excel("/gdrive/MyDrive/Accesibilidad/Paso_2_E2SFCA/Manzanas_a_hospitales_todos_orig.xlsx",sheet_name= "tiempo_manz_a_hosp")

[ ] manzanas.loc[:, 'hospital']=manzanas.Name.str[27:].str.lstrip()

[ ] manzanas.loc[:, 'codigo']=manzanas.Name.str[0:24]

[ ] pertenece_lista=[5 if x <= 5
                    else 10 if x <=10
                    else 15 if x <= 15
                    else 1000
                    for x in manzanas.Total_TIEM
                    ]
manzanas.loc[:, 'pertenece']=pertenece_lista

[ ] manzana_rj=pd.merge(manzanas,hospitales[['Nombre servicio de salud','Rj']], left_on='hospital', right_on='Nombre servicio de salud', how='left')

[ ] w1=0.832082628982127
w2=0.191204495864449
w3=0.010962800456129

[ ] weight_list=[w1 if x == 5
                else w2 if x == 10
                else w3 if x == 15
                else np.nan

[ ] manzana_rj.loc[:, 'weight']=weight_list

[ ] manzana_rj.loc[:, 'weightRj']=manzana_rj.Rj* manzana_rj.weight

[ ] manzana_rj=manzana_rj.dropna(axis='rows', subsets=['weightRj'])

[ ] grupo_manzana=manzana_rj.groupby(['codigo']).agg({'weightRj': 'sum'}).reset_index().rename(columns={'weightRj': 'Accesibilidad'})

[ ] grupo_manzana.to_excel("/content/ACC_camas_todos_PASO2E2.xlsx")
```