



**Zonificación de Tiempos de Respuesta en el Transporte Asistencial de Víctimas de
Paro Cardiorrespiratorio en el Municipio de Zipaquirá**

Diego Alejandro Rincón Torres
Ingeniero Ambiental
Cod. 11792318300

Universidad Antonio Nariño
Especialización en Sistema de Información Geográfica
Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil
Bogotá, Colombia
2023

**Zonificación de Tiempos de Respuesta en el Transporte Asistencial de Víctimas de
Paro Cardiorrespiratorio en el Municipio de Zipaquirá**

Diego Alejandro Rincón Torres

Ingeniero Ambiental

Cod. 11792318300

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialización en Sistema de Información Geográfica

Director (a):

M.Sc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones.

David Doncel Ballen

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistema de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá, 25 de noviembre de 2023

Dedicatoria

Este proyecto de grado es dedicado a mi esposa y mi hijo, quienes son la razón y el motor de mi existencia, agradezco infinitamente la motivación que me imprime su presencia en mi vida, sin ellos mi esfuerzo carecería de sentido.

Diego Alejandro Rincón

Contenido

	Pág.
1.	68
2.	79
3.	810
4.	91
5.	124
6.	135
7.	146
8.	246
9.	322
10.	4242
11.	436

Lista de Imágenes.

<i>Imagen 1 Mapa de ubicación municipio de Zipaquirá</i>	13
<i>Imagen 2. Zonificación de tiempos de respuesta</i>	25
<i>Imagen 3. Maya vial municipio de Zipaquirá</i>	27
<i>Imagen 4 Esquema metodológico</i>	30
<i>Imagen 5 Mapa de zonificación de tiempos de respuesta</i>	33
<i>Imagen 6 Ubicación de los EAAP respecto a la zonificación de tiempos de respuesta.</i>	37
<i>Imagen 7 Aplicativo web zonificación de tiempos de respuesta</i>	40
<i>Imagen 8 Imagen 6 Cálculo de ruta optima a través de aplicativo Web</i>	41

Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 1 Cobertura de servicio APH en Zipaquirá.</i>	34
<i>Tabla 2 Espacios de alta afluencia de público</i>	35

1. Resumen y palabras claves

El proyecto se centra en la zonificación de tiempos de respuesta para la atención prehospitalaria APH de víctimas de paro cardiorrespiratorio PCR en el municipio de Zipaquirá a través de un análisis de redes. Se han identificado 3 áreas de servicio que representan los diferentes niveles de tiempo de respuesta de TAP, siendo cerca del 61% del perímetro urbano accesible en 5 minutos o menos, un 38% adicional en 10 minutos o menos y un 0,8% en 15 minutos o menos. De igual forma se comprobó que 23 de los 24 espacios de alta afluencia del municipio están dentro del área de atención en 5 minutos o menos. Estos resultados tienen un impacto significativo en la asignación estratégica de recursos futuros y en la mejora de la APH. Además, se emplea un aplicativo SIG web que articula las rutas óptimas en situaciones de emergencia con la visualización de los resultados obtenidos, lo que facilita la toma de decisiones basada en la ubicación de los actores involucrados.

Tiempos de respuesta, RCP, APH, TAP, Redes, SIG.

2. Abstract and keywords

The project focuses on zoning response times for prehospital care for victims of cardiac arrest in the municipality of Zipaquirá through a network analysis. Three service areas have been identified representing different levels of TAP response times, with approximately 61% of the accessible urban perimeter in 5 minutes or less, an additional 38% in 10 minutes or less, and 0.8% in 15 minutes or less. It was also confirmed that 23 out of 24 high-traffic areas in the municipality fall within the 5-minute or less response area. These results have a significant impact on the strategic allocation of future resources and the improvement of APH. Additionally, a web-based GIS application is used to coordinate optimal routes in emergency situations with the visualization of the obtained results, facilitating decision-making based on the location of the involved parties.

Keywords: Response times, cardiac arrest, prehospital care, GIS.

3. Introducción

Cada minuto puede salvar vidas en situaciones de emergencia médica como el paro cardiorrespiratorio (PCR). En estos casos, la atención prehospitalaria de alta calidad es esencial, y la asignación eficiente de recursos de transporte asistencial, como las ambulancias, es fundamental. El objetivo del proyecto actual es abordar este problema dentro del municipio de Zipaquirá.

El objetivo principal de este proyecto es zonificar los tiempos de respuesta utilizando un análisis de redes viales, optimizando la asignación estratégica de ambulancias para la atención de víctimas de PCR. La zonificación podría utilizarse para mejorar la respuesta a las emergencias médicas, ya que muestra zonas susceptibles que pueden abordarse con la implementación de medidas futuras focalizadas a estas áreas lo que puede incidir significativamente en la supervivencia de los pacientes. En la metodología se escogen los lugares de alta afluencia de público presentes en el municipio dentro de un área de respuesta efectiva que asegure la posible ocurrencia de eventos de crisis en estos espacios.

Los sistemas de información geográfica (SIG), que no solo permiten calcular los tiempos de respuesta, sino que también permiten visualizar y comunicar información geoespacial de manera efectiva, son la base de este proyecto. Los resultados serán mostrados a través de un aplicativo web, como indicador de que esta tecnología puede mejorar significativamente la atención prehospitalaria y, en última instancia, salvar vidas en el municipio de Zipaquirá.

4. Antecedentes

En el municipio de Zipaquirá (ver imagen 1), el servicio de atención de emergencias y transporte a centro asistencial es administrado por la Junta de defensa civil Zipaquirá, quien hace parte del Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad (SIES) junto a otros organismos de atención como la policía nacional, el cuerpo voluntario de bomberos, la Cruz roja Zipaquirá, etc.; y desde el punto de vista operacional el municipio como única zona que atiende.

El contexto de operación de la atención prehospitalaria en Zipaquirá es fundamental para comprender la dinámica de respuesta a emergencias en el municipio. La entrevista con José Luis Gutiérrez, presidente de la Junta de Defensa Civil de Zipaquirá, aporta elementos relevantes de esta organización en la atención de emergencias médicas. En un entorno geográfico diverso y en constante crecimiento, la operación de atención prehospitalaria desempeña un papel crítico en la seguridad y el bienestar de la comunidad.

Según Gutiérrez, entrevista grabada. (2023) Las fortalezas en la atención prehospitalaria en Zipaquirá se centran en la capacidad de coordinación efectiva con la Sala SIES, que actúa como un centro de monitoreo y gestión de emergencias. Esta colaboración permite una respuesta ágil a situaciones críticas. La amplitud de servicios de atención que ofrece la Defensa Civil, abarcando desde enfermedades generales hasta accidentes de tránsito, se traduce en una respuesta integral a las necesidades de salud de la comunidad. Además, la planificación de un plan piloto que incorpora motos de primera respuesta representa un enfoque innovador para mejorar la eficiencia y la prontitud en la atención prehospitalaria.

Las debilidades identificadas en el sistema de atención prehospitalaria en Zipaquirá destacan áreas críticas de mejora. La falta de personal de salud en la Sala SIES durante la recepción de llamadas de emergencia es una debilidad significativa que podría resultar en retrasos y limitaciones en la atención inicial. Las limitaciones en la accesibilidad para los ciudadanos que necesitan asistencia telefónica plantean desafíos importantes, ya que la comunicación eficaz es esencial en situaciones de emergencia. Los tiempos de respuesta prolongados son un desafío destacado debido a la extensa jurisdicción que abarca Zipaquirá. Estos tiempos extendidos pueden dificultar la prontitud en la atención, particularmente en casos críticos. La capacidad operativa limitada de la organización es otro aspecto crítico, ya que en ocasiones no cuenta con los recursos suficientes para atender todos los casos de emergencia, lo que puede llevar a la falta de atención para algunos pacientes.

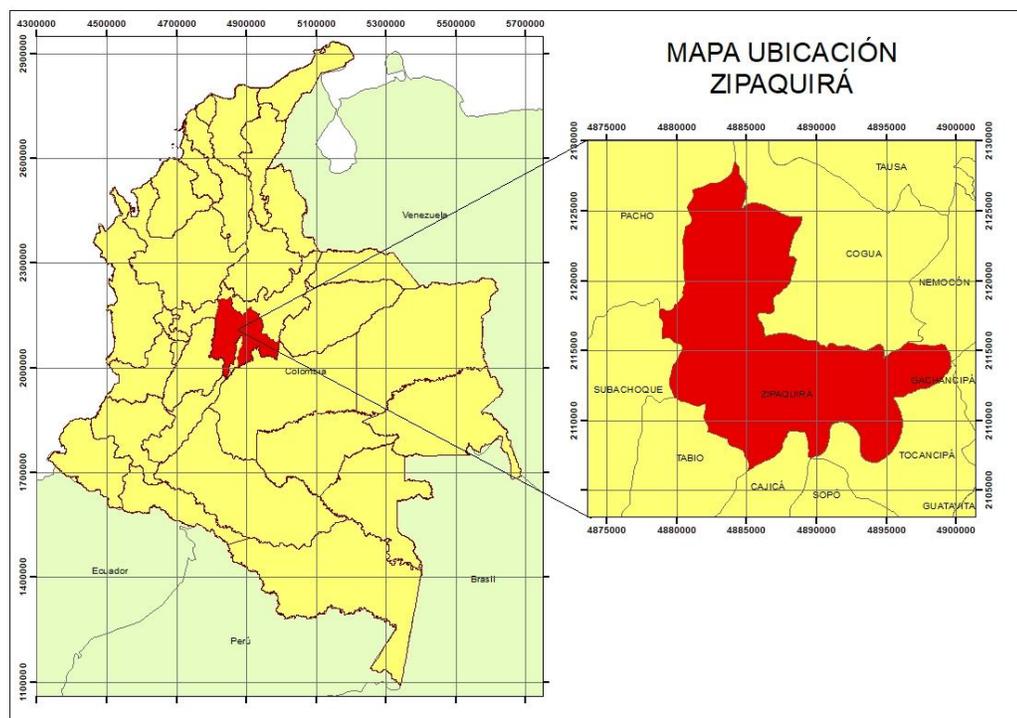
Las cifras de atención subrayan la creciente demanda de servicios de atención prehospitalaria en Zipaquirá. Durante el año 2023, la organización ha experimentado un aumento significativo en la cantidad de emergencias atendidas, con un incremento del doble en comparación con el año anterior. Se espera que para diciembre de 2023 se hayan gestionado aproximadamente 900 emergencias, lo que representa un aumento sustancial en la carga de trabajo. Estas cifras indican la necesidad apremiante de mejorar la capacidad operativa y los tiempos de respuesta en la organización. La implementación de un plan piloto que incluye motos de primera respuesta se plantea como una estrategia para abordar este desafío y optimizar la atención en un entorno en constante crecimiento como Zipaquirá.

En este sentido, la implementación de una zonificación de tiempos de respuesta, caracterizando las áreas de servicio de acuerdo con el tiempo estimado para llegar desde la

base de operaciones, reviste una importancia crítica en el contexto de la atención prehospitalaria en Zipaquirá. Esto se debe a la necesidad de optimizar recursos limitados y reducir los tiempos de respuesta en una geografía extensa con áreas de difícil acceso. Una zonificación precisa permitiría asignar de manera estratégica unidades de respuesta, garantizando que estén posicionadas en áreas con mayor incidencia de emergencias, lo que a su vez mejoraría la prontitud en la atención y reduciría los tiempos de desplazamiento de ambulancias. Además, facilitaría una mayor coordinación con otras entidades de atención médica y proporcionaría una base para aumentar la capacidad operativa en áreas de alta demanda, lo que es esencial para satisfacer las necesidades de la comunidad en crecimiento.

Imagen 1

Mapa de ubicación municipio de Zipaquirá.



Fuente. Autor.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Zonificar tiempos de respuesta mediante análisis de redes viales, en la asignación de ambulancias para la atención prehospitalaria de víctimas de paro cardio respiratorio en el municipio de Zipaquirá.

5.1. Objetivos específicos

Determinar la cantidad de áreas de servicios con un tiempo de respuesta en intervalos de 5, 10 y 15 minutos para la atención prehospitalaria de víctimas de paro cardiorrespiratorio en el municipio de Zipaquirá.

Comprobar si los espacios de alta afluencia de público se encuentran dentro de un área de servicio con un tiempo de respuesta máximo de 5 minutos para la atención prehospitalaria de víctimas de paro cardiorrespiratorio hacia un centro de salud.

6. Justificación

¿Cómo puede implementarse una metodología alternativa de análisis de redes de transporte para zonificar y optimizar los tiempos de respuesta para la atención prehospitalaria de víctimas de paro cardiorrespiratorio en el municipio de Zipaquirá?

La supervivencia en casos de paro cardíaco depende en gran medida de la atención médica rápida. Según la normativa colombiana y lo establecido en el Decreto Municipal 547 de 2022, es de vital importancia en el municipio de Zipaquirá garantizar una respuesta en un lapso de cinco minutos para las personas afectadas. Para lograr esto de manera efectiva, es necesario llevar a cabo un análisis y una zonificación basada en la infraestructura de las redes viales. Esto permitirá una óptima utilización de los recursos del sistema de atención médica prehospitalaria y mejorará la eficiencia en la asignación de ambulancias. Identificar las áreas que experimentan deficiencias en los tiempos de atención permitirá concentrar esfuerzos logísticos en la implementación de medidas estratégicas, basadas en el análisis que se presenta aquí. Por otro lado, los lugares con alta afluencia de público, como instituciones, centros comerciales, eventos de aglomeración, escenarios culturales y plazas públicas son vulnerables debido a su capacidad para albergar emergencias médicas en un contexto de dificultades logísticas y de tráfico. Es significativo para la gestión de emergencias determinar si estos espacios se encuentran dentro de las zonas de respuesta rápida para garantizar la accesibilidad a atención médica crítica y reforzar la percepción de seguridad y bienestar en la comunidad.

7. Marco teórico

Para comprender la atención prehospitalaria en situaciones de paro cardiorrespiratorio (PCR) y el transporte asistencial prehospitalario en Colombia, es fundamental reconocer la necesidad de una respuesta rápida y eficaz que implique la planificación y asignación estratégica de recursos de atención médica. La regulación, la capacitación del personal y la ubicación estratégica de las ambulancias son elementos esenciales para brindar atención médica de alta calidad en situaciones de emergencia. Los tiempos de respuesta se erigen como un factor crucial en este contexto y su análisis es un campo en constante evolución. Además, se explorará el papel de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramientas valiosas en este análisis, al permitir la planificación de rutas y la identificación de áreas de servicio. Basándonos en esta base teórica sólida, se llevará a cabo un estudio detallado para avanzar en la zonificación de tiempos de respuesta en el transporte asistencial de víctimas de PCR en el municipio de Zipaquirá, lo que contribuirá a una atención médica más eficiente y oportuna en situaciones críticas.

7.1. Atención prehospitalaria a víctimas de paro cardiorrespiratorio.

El paro cardiorrespiratorio (PCR) es una emergencia médica súbita que puede ocurrir en cualquier momento y lugar, de acuerdo con Gómez & Abadía (2020) este evento es una afectación en la que el musculo cardiaco deja de funcionar de forma repentina, su atención *insitu* y durante su traslado es fundamental para aumentar las posibilidades de supervivencia de la víctima, por ello desempeña un papel crucial en los sistemas de servicios de emergencias médicas (SSEM). En Colombia, la atención prehospitalaria se enfrenta a

importantes problemas estructurales, como la falta de formación académica adecuada de los profesionales en este ámbito, restricciones en las regulaciones que afectan la capacidad de las ambulancias y la ausencia de equipamiento médico esencial en estos vehículos. Estos obstáculos afectan los tiempos de respuesta y la evaluación de la situación (González et al. 2015). La Resolución 927 de 2017 emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, juega un papel esencial al establecer los lineamientos para la atención prehospitalaria y transporte asistencial. Esta normativa define estándares mínimos de calidad para los prestadores de servicios, abarcando infraestructura, equipamiento, personal y procesos. Además, regula la prestación de servicios, estableciendo requisitos para la habilitación y procesos de vigilancia. Su impacto se traduce en una mejora sustancial en la calidad de la atención prehospitalaria, asegurando uniformidad mediante protocolos de atención y facilitando la regulación efectiva del sector en Colombia.

También González et al., (2015) señala que en países como México, Estados Unidos y Francia, la atención prehospitalaria ha experimentado un gran avance debido a las importantes inversiones gubernamentales en educación y tecnología en esta área específica. Como resultado, han adoptado métodos para mejorar la calidad de la atención, como protocolos de actuación específicos y una distribución equitativa de recursos.

Volviendo al contexto nacional, se hace necesario mencionar algunos aspectos teóricos relevantes a tener en cuenta para afrontar las falencias estructurales mencionadas de manera preliminar, y que temas claves a fortalecer en atención de emergencias de tipo PCR.

Capacitación del personal: Es imperativo contar con personal capacitado y entrenado en el uso de desfibriladores y técnicas de reanimación cardiopulmonar (Cogollo et al., 2010). En

Colombia, se ofrecen cursos de formación en reanimación cardiopulmonar dirigidos a los trabajadores de la salud y a la comunidad en general. Entre varios organismos de socorro como los bomberos, la defensa civil, etc; La Cruz Roja Colombiana enseña primeros auxilios, reanimación cardio respiratoria (RCP) y uso de DEA. (Cruz Roja Americana, 2010).

Desfibrilación de acceso público (DEA): La supervivencia de la víctima de PCR depende de la desfibrilación temprana. En Colombia, se están implementando programas de acceso público de la DEA en áreas clave como aeropuertos, centros comerciales y estadios (Cruz Roja Americana, 2010) además de ello con la normativa referente caracteriza los espacios con alta afluencia de público y reglamenta el uso de estos equipos.

Protocolo de atención para pacientes con PCR: En Colombia, las guías básicas de atención médica prehospitalaria especifican los procedimientos a seguir en caso de PCR, que incluyen la RCP, la desfibrilación y el traslado al hospital, entre otros temas pertinentes. Para una atención rápida y efectiva, es esencial seguir estos protocolos. Se han creado protocolos específicos en Colombia para atender a las víctimas de PCR en instituciones de atención en salud. Uno de ellos es el Protocolo de Atención Prehospitalaria para Pacientes con PCR de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá (Salzberg et al., 2012).

Triaje: Este sistema categoriza la atención a las personas que han sufrido un paro cardíaco y/o respiratorio con base en el nivel de urgencia. Los protocolos de triaje altamente especializados se han desarrollado y adoptado en los servicios de emergencia para agilizar y optimizar la atención a las personas que enfrentan un paro cardiorrespiratorio (PCR). Estos

permiten una respuesta rápida y altamente eficiente, lo que garantiza que las víctimas reciban la atención crítica que necesitan en el menor tiempo posible. (Salzberg et al., 2012).

7.2. Transporte asistencial prehospitalario en Colombia:

El transporte asistencial prehospitalario (TAP) es un servicio de atención médica que se brinda a las personas que lo requieren con urgencia en su ubicación. Hay un marco legal sólido en todo el país que garantiza la organización y operación de este servicio. Estos estándares legales garantizan la disponibilidad y la calidad en situaciones de emergencia, incluyen regulaciones en la capacitación y certificación de los profesionales de la salud que participan en el TAP, la dotación adecuada de equipos médicos en las ambulancias, los procedimientos de coordinación con los hospitales de destino y la regulación de las tarifas asociadas a estos servicios. (García et al., 2014).

El TAP no solo se enfoca en la atención médica de emergencia, sino que también en la respuesta a desastres y eventos masivos en lugares de alta afluencia de público, donde la rápida movilización de recursos médicos puede ser esencial para salvar vidas y reducir daños, y fomenta la mejora continua de estos servicios. Esto requiere mantener los estándares de calidad y seguridad más altos y adaptarse a los avances médicos y tecnológicos.

Existen dos tipos de TAP: el transporte asistencial básico (TAB) y el transporte asistencial medicalizado (TAM), de acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social, (2012) el TAB se utiliza para el traslado de pacientes que se encuentran en condiciones estables pero que aún requieren atención médica y supervisión durante el transporte, se lleva a cabo por

personal de salud capacitado, como técnicos en atención prehospitalaria APH o enfermeros, esto significa que está diseñado para pacientes que no están en una emergencia crítica; mientras que el TAM se utiliza para el traslado de pacientes que requieren cuidados médicos avanzados e intensivos durante el traslado, para ello suele estar equipado con personal altamente capacitado, como médicos, enfermeros o técnicos en atención APH.

Según el Departamento Nacional de Planeación, (2018) el tipo de servicio que se presta en Colombia determina la dotación de ambulancias para el TAP. Se requiere una ambulancia básica con equipo y personal capacitado en reanimación cardiopulmonar y manejo de emergencias médicas para el TAB. Se necesita una ambulancia medicalizada con equipo sofisticado y personal capacitado en técnicas de reanimación cardiopulmonar y manejo de emergencias médicas para el TAM.

7.3. Tiempos de respuesta.

El tiempo de respuesta es otro componente importante de los sistemas de servicios de emergencias médicas (SSEM), y es válido enfatizar que no solo se refiere al transporte asistencial sino también a la atención de la víctima como tal, de acuerdo Moon et al., (2020) el tiempo de respuesta se considera como el lapso de tiempo comprendido desde la ocasión del evento hasta la maniobra de primera respuesta, incluyendo la APH propiamente dicha. Se ha demostrado que la rapidez en la entrega de atención médica aumenta las posibilidades de supervivencia y recuperación del paciente, sin embargo, el tiempo de respuesta puede verse afectado por una variedad de factores, incluido el tráfico, la distancia física al lugar de la emergencia en términos de diferencia de relieves, la demanda de servicios de emergencia

y la falta de ambulancias. Las emergencias varían según la gravedad de la situación y la ubicación geográfica.

Moon et al., (2020) en su estudio reciente en Asia, también menciona que el tiempo de respuesta del transporte asistencial en emergencias para casos de paro cardíaco fuera del hospital era de 6 minutos, independientemente de si los transeúntes recibieron RCP o no. Además, se encontró que la buena recuperación neurológica y la supervivencia al alta hospitalaria fueron significativas en el grupo de tiempo de respuesta de 3 a 6 minutos, mientras que el rango de tiempo de respuesta de 3 a 9 minutos fue menor.

En otro estudio, se encontró que la aplicación de desfibriladores externos automáticos por parte de transeúntes antes de la llegada de los servicios de emergencia puede aumentar las posibilidades de supervivencia (Ono et al., 2016). Por ello hace hincapié en la formación de transeúntes o personas del común en maniobras de resucitación, ya que esto puede ayudar a mitigar situaciones de alargamiento del tiempo de respuesta mejorando la supervivencia y el resultado neurológico (Moon et al., 2020).

7.4. Estado del conocimiento en la localización de transporte asistencial.

Las ciencias médicas dedican una gran parte de sus investigaciones al modelamiento y optimización del transporte asistencial en emergencias. Esto incluye la planificación estratégica de los recursos y la ubicación de las ambulancias, así como el desarrollo de algoritmos matemáticos para reducir los tiempos de respuesta y maximizar la eficiencia. La localización y relocalización de estos recursos sigue siendo una problemática dinámica debido a los cambios demográficos, la infraestructura vial y las demandas en constante

evolución. En este campo, la aplicación de tecnologías como la telemetría y la articulación con el análisis estadístico en la modelación ha revolucionado el seguimiento y la respuesta en tiempo real.

En el artículo "A mathematical optimization model for location Emergency Medical Service (EMS) centers using contour lines," Hashemi et al., (2022) presentan una nueva forma de ubicar los centros de servicios médicos de emergencia. Su método se basa en el uso de curvas de nivel para determinar ubicaciones estratégicas para estos centros. Este modelo incorpora elementos geográficos específicos, a diferencia de métodos convencionales que pueden no tener en cuenta la topografía del terreno. Al tomar en cuenta las curvas de nivel, se puede identificar con mayor precisión la ubicación de los centros de EMS. Este método mejora la respuesta a situaciones de emergencia, especialmente en áreas con terrenos diversos y difíciles, donde la topografía puede afectar los tiempos de respuesta.

En otro estudio titulado "Ambulance location and relocation models", Brotcorne et al., (2003) discuten tanto la ubicación inicial de las ambulancias como su reubicación en tiempo real en respuesta a las necesidades cambiantes de atención prehospitalaria. En consecuencia, crean modelos que tienen en cuenta la ubicación estratégica de las bases de ambulancias y su capacidad de respuesta dinámica. Este modelo, a diferencia de los métodos estáticos anteriores, se centra en la movilidad y flexibilidad de los recursos de transporte asistencial. Esto facilita la reasignación de ambulancias para satisfacer la demanda fluctuante de servicios de emergencia. Para garantizar una atención médica de emergencia efectiva y oportuna en un entorno en constante cambio, es esencial incorporar la adaptabilidad en este enfoque.

En el artículo "Coverage, survivability or response time: A comparative study of performance statistics used in ambulance location models via simulation–optimization", Zaffar et al., (2016) examinaron los tres indicadores principales utilizados en los modelos de localización de ambulancias: cobertura, supervivencia y tiempo de respuesta, que cambiaban según el día de la semana, resaltan la importancia de seleccionar las variables adecuadas para la asignación eficiente de ambulancias y la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia. El análisis minucioso de cómo cada variable puede afectar la toma de decisiones mejora la comprensión de sus ventajas y desventajas. Al proporcionar una evaluación crítica y comparativa de estas variables, el estudio ayuda a una comprensión más completa de las consideraciones clave en la localización de ambulancias y cómo estas variables afectan el servicio de atención prehospitalaria en diferentes situaciones de acuerdo a el porcentaje de llamadas cubiertas, Supervivencia y Tiempo respuesta promedio, y Equilibrio de carga de trabajo entre la flota.

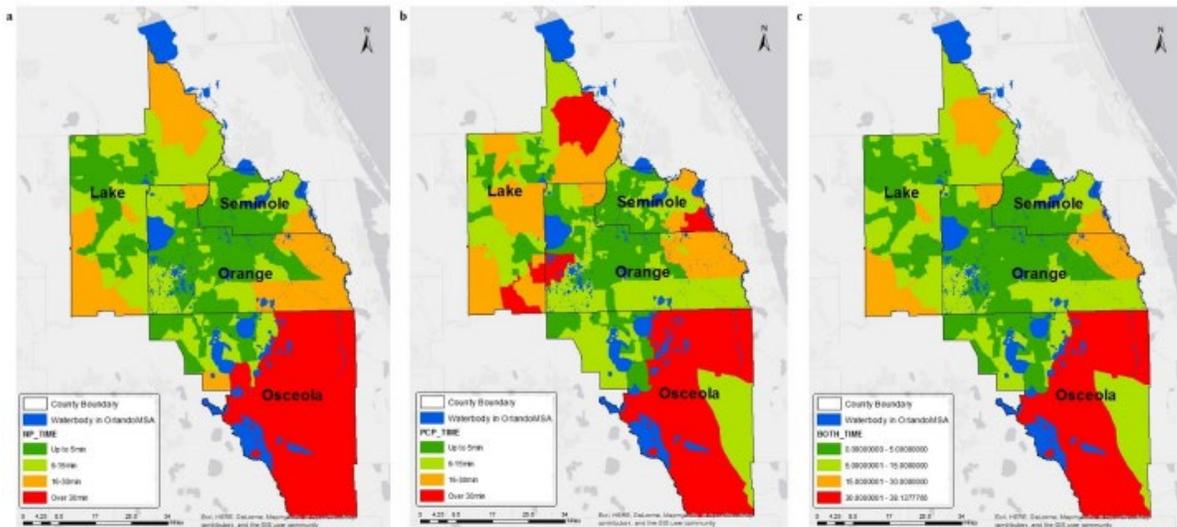
7.5. Aporte del SIG en el análisis de redes.

Los sistemas de información geográfica son herramientas que permiten la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos espaciales, estos sistemas que de manera transversal se han convertido en una parte importante de muchas disciplinas desempeñando un papel fundamental en el análisis de redes geográficas, ya que los SIG poseen la capacidad de integrar datos geoespaciales como mapas, imágenes de radar, imágenes de satélite y datos demográficos.

En un estudio Chandra et al., (2020) utilizan los SIG para crear sistemas de zonificación automatizados para la planificación del transporte de carga. Los SIG facilitan la

identificación de áreas estratégicas para la distribución de carga al permitir una representación precisa de los datos geoespaciales. Además, la automatización del diseño de zonas se basa en herramientas SIG que delinear las zonas de manera precisa y eficiente, ahorrando tiempo y recursos.

En un artículo más relacionado con el presente proyecto Bejleri et al., (2017) utilizan los SIG para examinar la relación entre las redes de transporte y el acceso a servicios médicos, tomando en cuenta los efectos del crecimiento urbano disperso como barreras a la atención primaria. Los SIG les permiten analizar los datos geográficos y de transporte para evaluar cómo la expansión urbana afecta la accesibilidad a la atención médica. El método de mínimos cuadrados ordinarios demuestra mediante el SIG una zonificación de acuerdo a la relación de los tiempos de primera respuesta y el tipo de proveedor que la atiende versus la infraestructura de transporte y los servicios de salud, lo que puede guiar la toma de decisiones en la planificación urbana y la atención médica.

*Imagen 2.***Zonificación de tiempos de respuesta**

Fuente: Zaffar et al., (2016)

En la figura se observa respectivamente la zonificación para TAB, TAM, y para ambos tipos de TAP a la cual llegaron los autores, se puede diferir 4 zonas por en la simbología de color que indican de acuerdo a su tonalidad los tiempos que le toma llegar al tipo proveedor de APH llegar a atender la emergencia. En verde oscuro menos de 5 minutos, en una tonalidad verde claro de 6 – 15 minutos en naranja de 16 – 30 minutos y en rojo más de 30 minutos; gracias al análisis mediante el SIG Bejleri et al., (2017) determinaron que alrededor del 85% de la población muestra tiene acceso a menos de 5 minutos a los proveedores de atención prehospitalaria TAP, pero solo el 60% tiene acceso a TAM.

8. Diseño metodológico

8.1. Tipo de investigación.

Este proyecto se realiza con un enfoque metodológico cualitativo cuantitativo, ya que tiene en cuenta la información primaria y secundaria recogida y la integra con el análisis algorítmico geoespacial del cálculo de áreas de servicio.

8.2. Método.

- Descripción de la zona de estudio.

La zona de estudio está comprendida por el área urbana del municipio de Zipaquirá, ubicada en el departamento de Cundinamarca, Colombia. El municipio se encuentra en la región central del país, en la cordillera oriental de los Andes colombianos, situado entre las siguientes coordenadas: 74°0'10.973"W, 5°1'15.032"N. Posee dos períodos de lluvias al año: uno durante la primera mitad del año, principalmente en marzo, abril y mayo, y otro durante la segunda mitad del año, en septiembre, octubre y noviembre. En las últimas décadas, Zipaquirá ha visto un aumento constante en su población. Según las proyecciones DANE la población de Zipaquirá era de 129.652 habitantes para el año 2018. De acuerdo a datos suministrados por la alcaldía, Aproximadamente 161.000 personas habitarían el municipio en 2023.

El sistema vial de Zipaquirá se configura como un conjunto jerarquizado de vías, con sus elementos complementarios, que aseguran la conexión funcional entre los diversos sectores de la ciudad, así como su vinculación con áreas rurales y regionales. Esta

estructura se refleja en la regulación de los perfiles viales, definiendo no solo el ancho de las calzadas para la circulación vehicular, sino también aspectos clave del espacio público, como andenes, arborización y espacios para ciclistas. Destacan elementos como la Variante de Zipaquirá, una vía nacional troncal que rodea el suelo urbano, y proyectos viales como la Avenida Bicentenario, Avenida Algarra y Alameda del Zipa, diseñados para mejorar la movilidad urbana. Las vías de acceso conectan la ciudad con la región, mientras que las vías urbanas integran diferentes sectores. Las intersecciones viales críticas, como entre la vía Cajicá-Bogotá y la Avenida Bicentenario, son identificadas para la implementación de semáforos. La jerarquía de las vías se clasifica en arteriales, zonales y locales, cada una desempeñando funciones específicas en la conectividad urbana y regional. (PMGRD, 2020). Es importante destacar que el entramado vial del municipio no goza de las mejores condiciones, esto producto de un flujo constante y significativo de diversos tipos de tráfico que confluye sobre él, en la imagen 3 se ilustra la maya vial de Zipaquirá.

- Base de datos del Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad (SIES), la cual, se compone de 1 registro que incluye: la sala SIES que alberga el transporte asistencial básico TAB del municipio. Los atributos que tiene son: nombre, coordenadas y dirección.
- Base de datos de los puntos georreferenciados de los espacios de alta afluencia de público, la cual, se compone de 24 registros. Los atributos que tiene son: nombre y coordenadas.
- Software de procesamiento GIS, para la realización de esta tarea se utilizó el software ArcGIS mediante las herramientas "Network analyst" y "Generate Service Areas,".
- Para desarrollo del aplicativo web mediante el AppBuilder de ArcGIS online, y los servicios adiciones que posee la plataforma.

8.3.Procedimiento.

Los siguientes supuestos son parte del proceso de ejecución del proyecto:

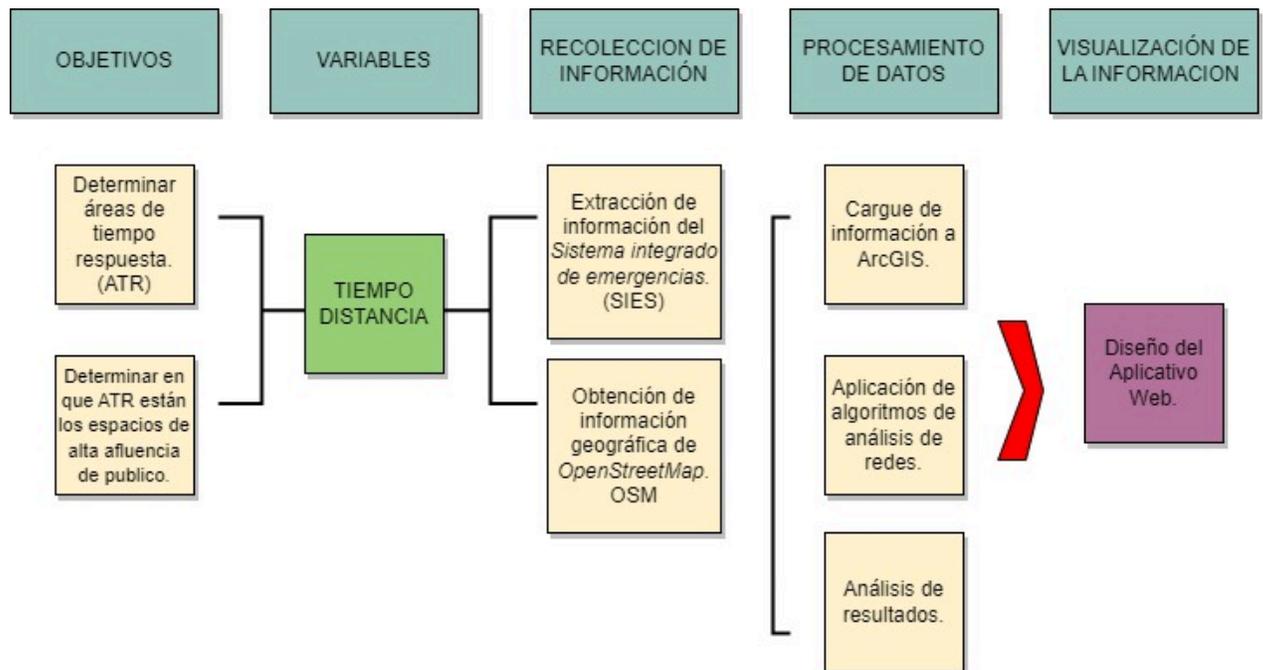
- La base donde se ubica el TAP es un centro público del municipio.
- No se tiene en cuenta que las ambulancias estén ocupadas atendiendo otra emergencia, siempre tendrán un equipo de atención prehospitalaria disponible.
- El cálculo de las áreas de servicios no tuvo en cuenta el tráfico. Se tendrá en cuenta en el para calcular las rutas óptimas para el aplicativo Web, para ello se articulará con el Widget indicaciones de la app builder de ArcGIS online.

- El tiempo de transporte asistencial para víctimas de paro cardiorrespiratorio se comprenderá desde la recepción o acceso del evento al SIES hasta la llegada del TAP al lugar donde se presentó la emergencia.
- La víctima y el personal de primera respuesta se reunirán en un lugar accesible en los lugares de alta afluencia de público que presenten eventos de PCR.

El esquema que se consideró para desarrollar el proyecto actual consta de la realización de 5 etapas.

Imagen 4

Esquema metodológico.



Fuente: Autor

8.3.1. Preparación de los datos.

Red vial del municipio: la capa de maya vial utilizada como insumo de trabajo fue descargada del sitio web de OpenStreetMap en www.openstreetmap.org. Dejando como resultado un archivo tipo *.oms* que no es compatible con ArcGIS que será el software de análisis, para ello se utilizará el software de código abierto QGIS para exportarlo a un formato compatible. Luego de poder acceder a los datos descargados a través de ArcGIS se realizará una corrección topológica a los segmentos que conforman la malla vial.

Base de operaciones: El sistema integrado de emergencias y seguridad SIES se encuentra ubicado dentro del perímetro urbano del municipio, se considera la base de operaciones del TAP ya que en sus instalaciones reposa el transporte asistencial para emergencias del municipio, se encuentra georeferenciado en una base de datos *.xml* que está compuesta por los atributos: nombre, dirección y ubicación.

Datos acerca de la atención prehospitalaria en el municipio de Zipaquirá: se recopilaron a través de una entrevista en persona efectuada el 13 de octubre de 2023. Esta entrevista proporcionó información tanto cuantitativa como cualitativa relacionada con el entorno operativo y las estadísticas pertinentes a la gestión de emergencias médicas en el área del municipio.

Espacios de alta afluencia de público: los lugares en los cuales confluye un importante flujo de personas en el municipio de acuerdo a su naturaleza o por la realización esporádica de eventos masivos, están ubicados dentro del perímetro urbano del municipio, se encuentran en una base de datos compuesta por los atributos: nombre y ubicación.

8.3.2. Aplicación de Algoritmos.

En la fase de implementación de algoritmos para el análisis de redes viales, se inicia con la creación de una red de transporte utilizando la capa de la red vial del municipio en ArcGIS. Esto se logra mediante la herramienta "New Network Dataset". A continuación, se procede a la configuración de áreas de servicio que representarán los tiempos de respuesta desde la base de operaciones del transporte asistencial. Para ello, se emplea la herramienta "Service Area" de la caja de herramientas de "Network Analyst". Se define el punto de inicio en la ubicación de la base de operaciones, y se establecen los parámetros, como intervalos de tiempo de 5 minutos, 5 a 10 minutos y 10 a 15 minutos, además de asegurar la correcta configuración del sentido del tráfico y restricciones viales como la velocidad máxima permitida de acuerdo a cada tipo de vía contemplada en la red de OSM.

Ejecución del Análisis: Una vez configurados todos los parámetros, se ejecuta la herramienta para calcular las áreas de servicio basadas en los intervalos de tiempo definidos. El resultado son polígonos que delimitan las áreas que pueden ser alcanzadas desde la base de operaciones en cada intervalo de tiempo. Estos polígonos representan zonas de respuesta con diferentes tiempos de llegada a incidentes en el municipio de Zipaquirá. En una etapa posterior, se pueden refinar estos polígonos utilizando herramientas de edición y geoprocésamiento para una representación más precisa. Finalmente, se configura la simbología de los polígonos con colores diferenciados, lo que facilita la visualización de las áreas dentro de los diferentes tiempos de respuesta, permitiendo el análisis de la zonificación en el municipio de manera individual y respecto a la ubicación de los espacios de alta afluencia de público.

8.3.3. Construcción de aplicativo WEB

La publicación de los resultados obtenidos se realizará mediante una aplicación desarrollada a través de Web AppBuilder de ArcGIS Online en el marco de este proyecto tiene como objetivo proporcionar una visualización accesible y dinámica de las áreas de servicio que representarán los tiempos de respuesta y las rutas de respuesta óptimas. Esto facilitará una comunicación efectiva de los hallazgos, mejorando la asignación de recursos de transporte asistencial en tiempo real y permitiendo una toma de decisiones basada en la metodología de ubicación.

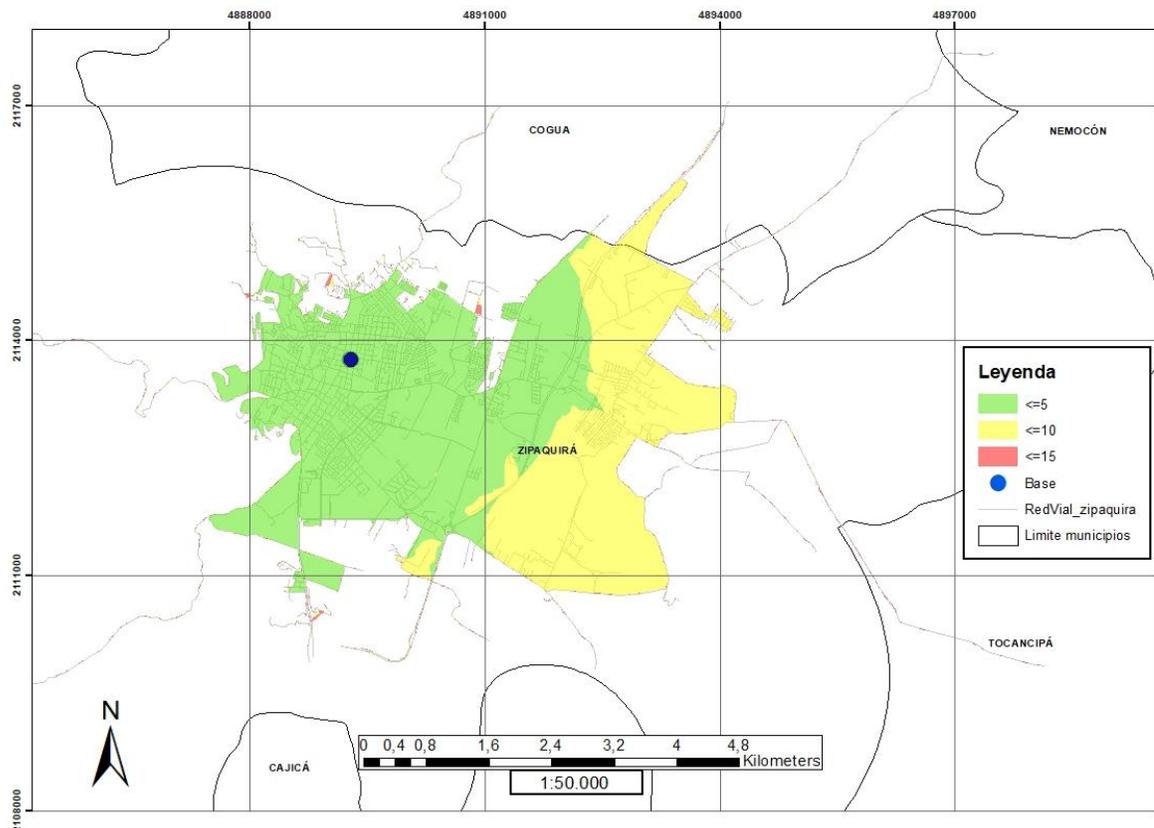
Los polígonos de zonificación de tiempos de respuesta para el transporte asistencial de víctimas de PCR, obtenidos a partir del análisis de redes desarrollado en el software ArcGIS, son exportados en un formato compatible con la plataforma de la aplicación web, como ZIP, permitiendo su integración y visualización en la interfaz del aplicativo. Adicionalmente se aportarán como capas del aplicativo las ubicaciones de la base de operaciones y de los espacios de alta afluencia de público (EAAP).

El cálculo de rutas óptimas y la publicación de información geoespacial son dos de las funcionalidades clave de la aplicación de mapeo, que se ha desarrollado utilizando tecnologías web estándar, garantizando así la accesibilidad y usabilidad por parte de los usuarios involucrados en situaciones de emergencia por PCR en el municipio.

9. Resultados y análisis de resultados

Se identificaron tres zonas en correspondencia con los intervalos de tiempo previamente establecidos para la atención de emergencias desde la base de operaciones. Cada una de estas áreas se caracteriza por un tiempo de respuesta específico, siendo la zona verde asignada a tiempos de respuesta que no exceden los 5 minutos, la zona amarilla a intervalos entre 5 y 10 minutos, y la zona roja a tiempos de respuesta que oscilan entre 10 y 15 minutos.

En la Imagen 5 se pueden observar las áreas de servicio correspondientes a las áreas de cobertura en términos de tiempo de respuesta, sobre puesta a la capa de la malla vial del municipio y con el color al rango de tiempo explicado anteriormente. En la imagen 3 se aprecian las comunas del municipio, en este sentido se aprecia que el área de servicio delimitada para la atención de víctimas de paro cardio respiratorio en un tiempo de respuesta entre 5 y 10 minutos se traslapa con las comunas 3 y 4, estas comunas albergan los barrios nuevos y las zonas de expansión del municipio.

Imagen 5**Mapa de zonificación de tiempos de respuesta**

Fuente: Autor.

Es relevante recordar que el modelo de zonificación de tiempos de respuesta se calculó sin considerar los efectos potenciales del tráfico, que pueden verse afectados por una variedad de factores en la realidad. Sin embargo, los resultados de la zonificación se ajustan a los datos proporcionados por la Defensa Civil del municipio, de acuerdo con sus afirmaciones, las zonas rurales de Zipaquirá enfrentan mayores dificultades en cuanto al tiempo de acceso, las cuales se destacan en la imagen 1 en pequeñas sombras de color rojo sobre las vías que conducen a la periferia del perímetro urbano del municipio y representan cerca del 1% de la cobertura del servicio de atención prehospitalaria (ver tabla 1).

Tabla 1**Cobertura de servicio APH en Zipaquirá.**

Intervalos de tiempo de respuesta (en minutos)	Porcentaje (%) de cobertura
(10, 15]	0,8
(5, 10]	38,6
(0, 5]	60,6

Fuente: Autor

En las áreas de servicio identificadas que representan tiempos de respuesta no superiores a 10 minutos (en color amarillo) y que en la realidad pueden representar un costo superior, se encuentran barrios que tienen un acceso limitado, ya que no poseen más de un acceso, en estas zonas se debe concentrar la estrategia de respuesta rápida que implementará el cuerpo de socorro de brindar atención médica veloz a situaciones que no requieren un traslado asistido en el primer llamado de emergencia (Gutiérrez, entrevista grabada. 2023). Este resultado confirma la coherencia entre el modelo de zonificación y las prácticas operativas existentes, lo que respalda la efectividad de su enfoque.

En lo que respecta a los espacios de alta afluencia de público, mencionados en la tabla 2, fueron parcialmente identificados a través de la Resolución 3316 de 2019, se pudo constatar la presencia de 24 locaciones situadas dentro del perímetro urbano de Zipaquirá. De estos, 23 se ubican dentro del área de cobertura que garantiza un tiempo máximo de respuesta de 5 minutos que representan el 60,6% de la cobertura (ver tabla 1).

Tabla 2

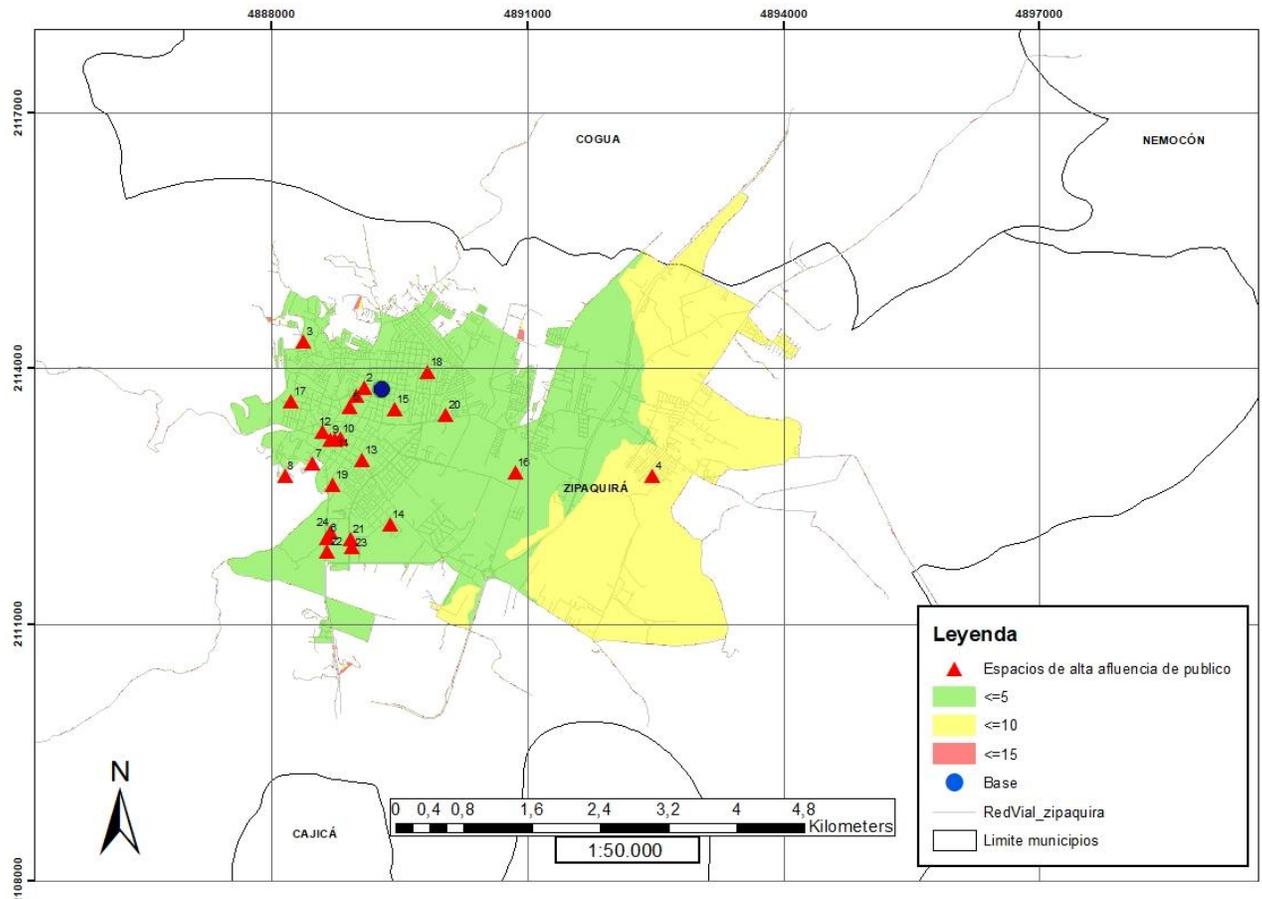
Espacios de alta afluencia de público.

ID	Espacios de alta afluencia de publico	Coordenadas	
		Este	Norte
1	Terminal de transportes	4888997	2113692
2	Plaza de mercado	4889089	2113787
3	Sub Estación de policía San Juanito	4888384	2114321
4	Sub Estación de policía Barandillas	4892473	2112749
5	Estación de policía la floresta	4888928	2113553
6	Comando de policía de distrito Zipaquirá	4888661	2112017
7	Distrito militar 57	4888487	2112891
8	Catedral de sal	4888168	2112749
9	Palacio municipal	4888696	2113177
10	Alcaldía municipal	4888811	2113185
11	Parque de los comuneros	4888747	2113170
12	Parque de la independencia	4888606	2113261
13	Parque de la esperanza	4889074	2112940
14	Coliseo villa de la sal	4889397	2112181
15	Estadio municipal	4889452	2113532
16	Unidad penitenciaria de justicia UPJ	4890865	2112785
17	ICBF	4888236	2113621
18	IMCRDZ	4889838	2113962

19	Centro comercial “la Casona”	4890053	2113470
20	Centro comercial “Megacity”	4888726	2112638
21	Biblioteca Regional	4888936	2112007
22	Casa de la justicia	4888663	2111867
23	Universidad minuto de Dios	4888951	2111921
24	SENA sede Zipaquirá	4888692	2112091

Fuente: Secretaria de Salud.

La mayoría de los espacios de alta afluencia de público en Zipaquirá se encuentran dentro del área de servicio con tiempo de respuesta óptimo. Esta coincidencia estratégica puede deberse a análisis previos en la toma de decisiones en la ubicación de la base de operaciones, en este sentido la distribución de asistencia APH debe concentrarse de manera eficiente. Al descubrir que la mayoría de estos lugares ya están cubiertos por tiempos de respuesta adecuados, se puede optimizar la distribución de recursos al garantizar que las unidades de respuesta se encuentren en ubicaciones estratégicas dentro de las áreas que están señaladas en color amarillo para atender de manera eficiente a la población, garantizando una atención rápida en el 100% del perímetro urbano.

Imagen 6**Ubicación de los EAAP respecto a la zonificación de tiempos de respuesta.**

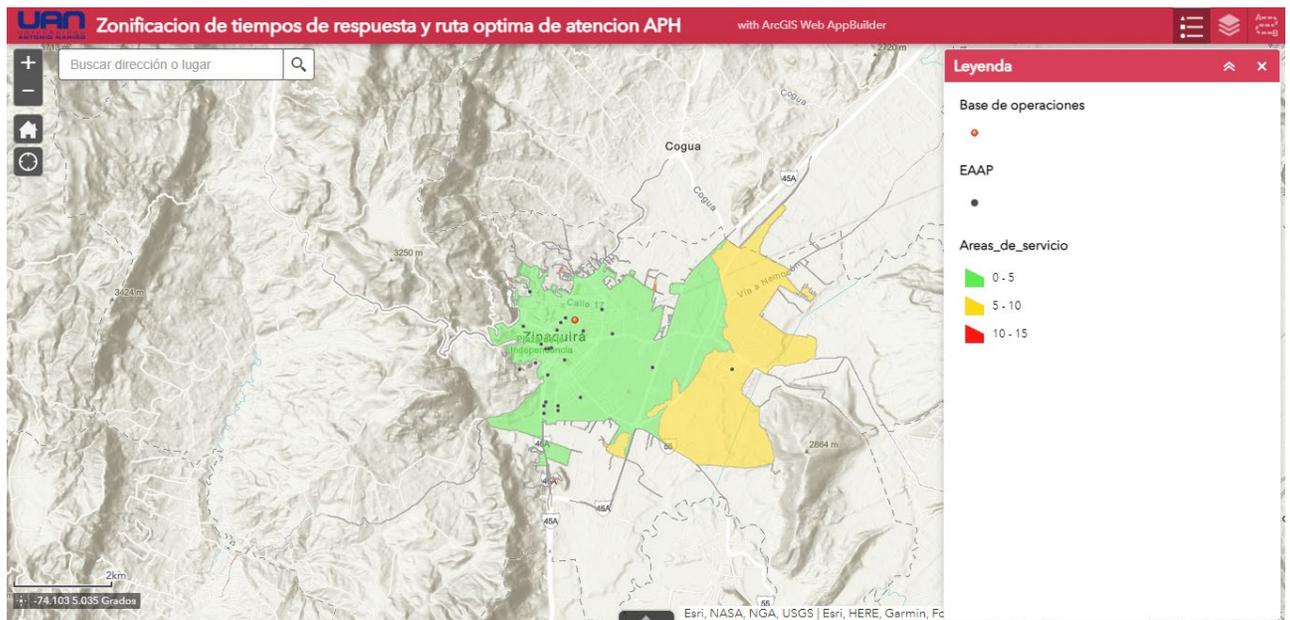
Fuente: Autor

Próximas investigaciones podrían enfocarse en evaluar el verdadero impacto de esta zonificación en la mejora de la atención prehospitalaria, no solo de paros cardiorrespiratorios en la comunidad de Zipaquirá. Esta evaluación ayudaría a medir los beneficios tangibles de la estrategia, que incluyen una mejora en la calidad de la atención, un aumento en la tasa de supervivencia y una reducción en los tiempos de respuesta.

En lo que respecta al aplicativo web, esta herramienta integra un servicio de geo codificación de ESRI que presenta la mejor ruta que debe seguir una ambulancia en caso de emergencia. Los algoritmos de enrutamiento y análisis geoespacial avanzados de la aplicación pueden calcular las rutas más eficientes y seguras desde la ubicación actual de la ambulancia hasta el lugar de emergencia. Este aplicativo puede ser visitado a través de la URL <https://arcg.is/1nvHnD2>

Imagen 7

Aplicativo web zonificación de tiempos de respuesta

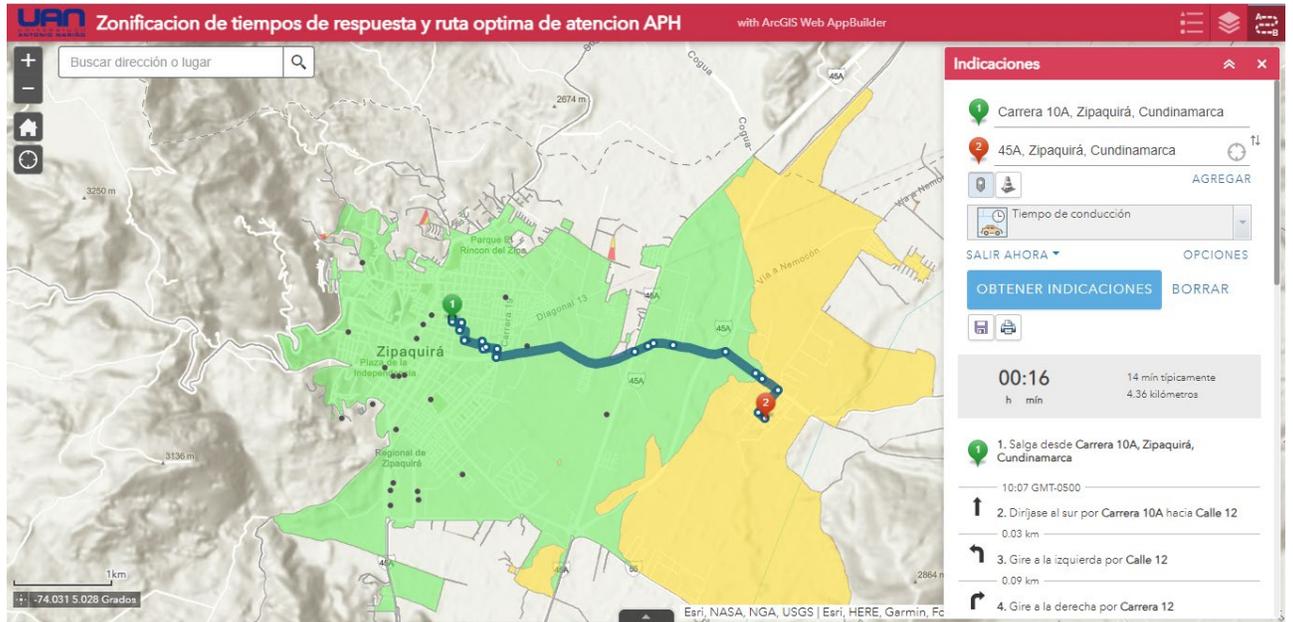


Fuente: autor

Dentro de ella también podrán encontrar la ubicación geográfica de los 24 espacios de alta afluencia de público y la base de operaciones. Los profesionales de la atención prehospitalaria pueden usar la aplicación para obtener instrucciones paso a paso sobre cómo llegar al destino de manera rápida y efectiva, reduciendo los tiempos de respuesta críticos.

Imagen 8

Cálculo de ruta óptima a través de aplicativo Web



Fuente: Autor.

Como se ha demostrado en numerosos estudios mencionados en el cuerpo de este documento, la velocidad en la atención y el transporte adecuado pueden marcar la diferencia en la supervivencia y recuperación de los pacientes en situaciones de emergencia, por lo que se convierte en una herramienta a tener en cuenta para optimizar la atención prehospitalaria. Como resultado, el aplicativo podría mejorar la respuesta y la atención a las víctimas de paro cardiorrespiratorio, ya que la prestación del servicio no cuenta con apoyo GPS de acuerdo con Gutiérrez, entrevista grabada. 2023, lo que puede resultar en una atención médica más eficiente y oportuna.

10. Conclusiones

Se identificaron tres áreas de servicio que dividen los diferentes tiempos de respuesta. Alrededor del 68% del perímetro urbano en estas áreas tiene una cobertura de respuesta de 5 minutos o menos, mientras que un 38% adicional tiene una cobertura de respuesta de 10 minutos o menos. El 0,8% restante se destina a tiempos de respuesta de hasta quince minutos.

Se confirmó que 23 de los 24 lugares de alta afluencia de público identificados por el municipio se encuentran dentro del área de tiempo de respuesta no mayores a 5 minutos, un hallazgo importante dado a la vulnerabilidad que representa el manejo de emergencias en eventos de aglomeración de público.

El municipio de Zipaquirá no cuenta con la infraestructura logística necesaria para alcanzar una respuesta en 5 minutos en casos de emergencia, lo que podría comprometer la eficacia de dicha respuesta. Con el propósito de superar esta limitación, se sugiere que futuros trabajos enfoquen sus esfuerzos en la modelación de las zonas, tomando en consideración factores de tráfico vehicular que influyen en los tiempos de respuesta estimados, lo cual permitiría una planificación más precisa y realista de la infraestructura logística necesaria para cumplir con el objetivo de respuesta en 5 minutos.

En las simulaciones con tráfico, es común que las ambulancias no cumplan con los 5 minutos de respuesta en rodaje para su área de servicio, lo que demuestra la complejidad del transporte y/o desplazamiento en la ciudad debido a la malla vial actual.

El modelo de zonificación sugiere atención a zonas caracterizadas con un tiempo de respuesta estimado no superior a 10 minutos, que con factores reales significaría un costo superior, la optimización de los tiempos de respuesta deberá enfocarse en estas zonas respecto a la ubicación de recursos futuros para la atención de emergencias en salud.

Se identifico que el área de tiempo de respuesta a víctimas de para cardio respiratorio de 5 a 10 minutos se traslapa con las comunas 3 y 4 que corresponden a las zonas donde se ubican los barrios nuevos y las zonas de expansión del municipio.

Los sistemas de información geográfica (SIG) se destacan como herramientas altamente eficaces para la localización de ambulancias, a través del análisis de redes, en contraste con las técnicas tradicionales de programación lineal, que carecen de un enfoque espacial en su análisis. Tanto el modelo propuesto como la aplicación web representan recursos valiosos que pueden ser considerados y validados en la toma de decisiones futuras en la optimización de la logística para la respuesta a emergencias por parte de la defensa civil.

11. recomendaciones

Se recomienda que en investigaciones posteriores donde este modelo sea tomado a consideración se determinen ubicaciones ideales para una base de apoyo adicional o móviles en puestos definitivos cercanos a áreas de difícil acceso.

Se recomienda que en investigaciones posteriores se delimiten rangos inferiores de tiempo con el fin de zonificar de manera más específica el área actual de atención en no menos de 5 minutos.

Se sugiere al municipio considerar la zonificación de tiempos de respuesta al planificar futuras ubicaciones de bases de operaciones en las áreas de expansión. Esto se debe a que los resultados señalan limitaciones para garantizar respuestas rápidas en estas proximidades.

Se sugiere a la junta de defensa civil utilice la herramienta Web de zonificación y geocodificación en la implementación de la alternativa de vehículo de atención tipo motocicleta con el fin de identificar y corroborar los tiempos indicados por el aplicativo.

12. Referencias Bibliográficas

- Bejleri, I., Steiner, R. L., Yoon, S., Harman, J., & Neff, D. F. (2017). Exploring transportation networks relationship to healthcare access and as affected by urban sprawl. *Transportation Research Procedia*, 25, 3066–3078. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.314>
- Doncel, D., Morón, J. (2015). Zonificación mediante análisis de redes de transporte para la reducción de los tiempos de respuesta en la atención prehospitalaria (APH) de emergencias en Bogotá D.C.
- Brotcorne, L., Laporte, G., & Semet, F. (2003). Ambulance location and relocation models. *European Journal of Operational Research*, 147(3), 451–463. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00364-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00364-8)
- Chandra, A., Pani, A., & Sahu, P. K. (2020). Designing Zoning Systems for Freight Transportation Planning: A GIS-based approach for Automated Zone Design using Public Data Sources. *Transportation Research Procedia*, 48, 605–619. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.063>
- Cruz Roja Americana. (2010). *Primeros auxilios, RCP y DEA Manual del participante*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Dotación De Ambulancias; Transporte Asistencial Básico Y Medicalizado*. <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/ambulancias/PTambulancias.pdf>
- García, J. R., Davinson, G., & Vargas, P. (2014). *DISEÑO DEL DEPARTAMENTO DE ATENCIÓN PREHOSPITALARIA PARA CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE NUNCHÍA CASANARE 2014 CORPORACION UNIVERSITARIA ADVENTISTA*.

- Gómez, G. A. R., & Abadía, M. R. (2020). Cardiorespiratory arrest caused by electrocution successfully treated in an extra-hospital situation. *Revista Ciencias de La Salud*, 18(2), 1–8. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.9277>
- González, G., Mena González, T. M., Manuela, L., Ríos, M., & José, J. (2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MODELOS DE ATENCIÓN PREHOSPITALARIA ENTRE COLOMBIA Y MÉXICO INVESTIGADORES*.
- Hashemi, S. E., Jabbari, M., & Yaghoubi, P. (2022). A mathematical optimization model for location Emergency Medical Service (EMS) centers using contour lines. *Healthcare Analytics*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.health.2022.100026>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). *Guías Básicas de Atención Médica Prehospitalaria*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/GT/Guia-medicas-atencion-prehospitalaria.pdf>
- Moon, S., Ryoo, H. W., Ahn, J. Y., Lee, D. E., Shin, S. Do, & Park, J. H. (2020). Association of response time interval with neurological outcomes after out-of-hospital cardiac arrest according to bystander CPR. *American Journal of Emergency Medicine*, 38(9), 1760–1766. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.05.108>
- Ono, Y., Hayakawa, M., Iijima, H., Maekawa, K., Kodate, A., Sadamoto, Y., Mizugaki, A., Murakami, H., Katabami, K., Sawamura, A., & Gando, S. (2016). The response time threshold for predicting favourable neurological outcomes in patients with bystander-witnessed out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*, 107, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.08.005>

Salzberg, S., Baulos, J. G. ;, Díaz, H. P. ;, Patiño, I., Charask, A., & Granada, C. (2012). Paro cardiorrespiratorio prehospitalario. Desfibrilación de acceso público. *Revista Argentina de Cardiología*, 80(2), 160–164. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305326941011>

Zaffar, M. A., Rajagopalan, H. K., Saydam, C., Mayorga, M., & Sharer, E. (2016). Coverage, survivability or response time: A comparative study of performance statistics used in ambulance location models via simulation–optimization. *Operations Research for Health Care*, 11, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2016.08.001>

Gutierrez, J. (2023, 13 de octubre). Entrevista sobre la atención de emergencias médicas en el municipio de Zipaquirá. [Entrevista grabada]. Depositada en Google drive.

https://drive.google.com/drive/folders/1BOv6g9pLYiLFefTzZOfrAuvwbU_LLy03?usp=share_link

CMGRD. (2020). *Plan municipal para la gestión del riesgo de desastres*.

http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/32958/P_MGRD_Zipaquirá_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y