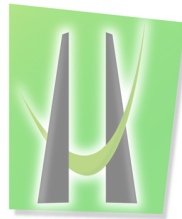


**ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE  
SOCORRO EN LA CIUDAD DE MANIZALES, EN TÉRMINOS DE  
SU TIEMPO DE RESPUESTA, APOYADO EN HERRAMIENTAS  
SIG**

**Johnatan Vallejo Cardona**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**Universidad de Manizales  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica  
Manizales  
2018**

# **ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN LA CIUDAD DE MANIZALES, EN TÉRMINOS DE SU TIEMPO DE RESPUESTA, APOYADO EN HERRAMIENTAS SIG**

**Johnatan Vallejo Cardona**

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Tecnologías de la Información Geográfica

Director :

Magister en Educacion y Desarrollo Humano y Msc. en Ingenieria (C)  
Luis Carlos Correa Ortiz

Línea de Investigación:

Análisis y Modelamiento Espacial

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica  
Manizales, 2018

## Resumen

La gestión el riesgo ha sido una preocupación real en Colombia en las últimas décadas. El país, vulnerable a diversos fenómenos padece año tras año la ocurrencia de tragedias ligadas diversos factores tales como el clima, accidentes industriales, atentados, entre otros. Manizales no ha sido la excepción y sus sucesivas administraciones han asumido la tarea responsable de la prevención y atención de desastres.

Sin embargo, el crecimiento natural de la ciudad, unido a las variantes condiciones de las vías y el tráfico, hacen necesario estimar la cobertura y el tiempo de los organismos de socorro ante una eventual emergencia, teniendo en cuenta los estudios previos realizados al respecto y el plan de gestión integral del riesgo actualmente vigente en la ciudad; partiendo de la ubicación actual y el análisis de los equipamientos urbanos en atención de desastres.

Para tal fin, en el marco del presente proyecto, se determinarán los procedimientos, variables, modelos y algoritmos necesarios para determinar dichos tiempos de respuesta y por ende las coberturas de los diferentes organismos asociados a la atención de desastres, utilizando estrategias asociadas al análisis de redes. Adicionalmente, se propondrán nuevas ubicaciones de dichos organismos, de tal manera que se garantice la cobertura de la totalidad del casco urbano de la ciudad de Manizales.

Es importante destacar aquí que el presente estudio está orientado, como fin último, a generar insumos para el planteamiento de política pública en materia de atención de desastres, brindando elementos a los entes gubernamentales en particular y la comunidad en general, que conduzcan a la mitigación del riesgo y por ende al desarrollo social de la ciudad.

**Palabras Clave:** Organismos de Socorro, Riesgo, Prevención y Atención de Desastres, SIG.

## Abstract

Managing risk has been a real concern in Colombia in recent decades. The country, vulnerable to various phenomena, suffers year after year the occurrence of tragedies linked to various factors such as weather, industrial accidents, attacks, among others. Manizales has not been the exception and its successive administrations have assumed the task responsible for disaster prevention and response.

However, the natural growth of the city, together with the different conditions of the roads and traffic, make it necessary to estimate the coverage and time of the relief agencies in the event of an emergency, considering the previous studies performed and the comprehensive risk management plan currently in force in the city; starting from the current location and the analysis of urban facilities in disaster response.

For this purpose, within the framework of this project, the procedures, variables, models and algorithms necessary to determine response times and, therefore, the coverage of the different organisms associated with disaster management will be determined, using strategies associated with the analysis of Additionally, new locations of these organizations will be proposed, in such a way as to guarantee coverage of the entire urban area of the city of Manizales.

It is important to highlight here that the present study is aimed, as a final goal, to generate inputs for the public policy approach to disaster relief, providing elements to government agencies in particular and the community in general, leading to mitigation of risk and therefore the social development of the city.

**Keywords:** Aid Agencies, Risk, Disaster Prevention and Assistance, GIS.

# Contenido

	Pág.
1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación .....	3
1.1 Descripción del área problemática .....	3
1.2 Formulación del problema .....	4
1.3 Justificación .....	4
2. Antecedentes.....	6
3. Objetivos.....	8
3.1 Objetivo General.....	8
3.2 Objetivos Específicos .....	8
4. Referente Contextual.....	9
5. Referente Normativo y Legal .....	12
6. Referente teórico .....	13
6.1 Sistemas de Información Geográfica.....	13
6.2 Prevención y Atención de Desastres – Marco Normativo .....	14
6.3 Plan Integral de Gestión del Riesgo en Manizales – Evolución .....	15
7. Metodología .....	17
7.1 Fase 1. Seleccionar el algoritmo para los cálculos de cobertura y tiempo de respuesta. ....	17
7.2 Fase 2. Determinar la cobertura y los tiempos de respuesta reales a partir de la descripción espacial y la normativa existente. ....	17
7.3 Fase 3. Estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que prestan el servicio a emergencias. ....	18
8. Resultados.....	19
8.1 Instalación más cercana y ruta óptima .....	19
8.2 Cobertura de los organismos de socorro.....	20
9. Impactos Esperados.....	23
10. Conclusiones.....	25
11. Recomendaciones.....	26

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Elementos constitutivos de un SIG .....	14
Figura 2. Hechos destacados en la gestión del riesgo en Manizales. ....	16
Figura 3. Instalación más cercana y ruta óptima. ....	19
Figura 4. Cobertura actual de los organismos de socorro en Manizales. ....	20
Figura 5. Propuesta nuevos organismos de socorro en Manizales .....	21
Figura 6. Nueva cobertura de la ciudad de Manizales con organismos de socorro actual y nuevas ubicaciones propuestas. ....	22

# Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Tiempos de respuesta NFPA 1710 .....	12

# Introducción

“Manizales es un espacio complejo, en ella se encuentran áreas industriales, comerciales, de servicios, barrios de todos los estratos y condiciones económicas, calles, parques y otros espacios públicos que conforman relaciones que van modificando el espacio de manera permanente [1]”. Abordar el estudio de los equipamientos sociales, de manera específica los institucionales tiene un profundo impacto para la geografía urbanística, pues en esencia la ubicación que lleguen a tener en el espacio físico de la ciudad los organismos de socorro, serán los que determinen la viabilidad de la prestación de los servicios que pueden brindar a la comunidad, no es sin razón alguna que estén situados en donde están, tras esta ubicación geográfica existe un fundamento y razón de ser. En la ciudad de Manizales dichos organismos están situados atendiendo no solo de manera estratégica una distribución dentro de la urbe, si no también tomando en consideración el factor social.

La intención del presente estudio es presentar de manera detallada un análisis de la ubicación espacial de los organismos de socorro vinculados a brindar atención de emergencias y desastres a la capital caldense, tomando en consideración para ello la delimitación geográfica, la capacidad de cobertura actual, determinando no solo la cobertura y tiempos de respuesta, también la ubicación idónea para la construcción de nuevas sedes necesarias, con miras a una oportuna prestación de los servicios.

Esta investigación se convertirá en un instrumento eficaz para el ordenamiento territorial, ya que permite generar políticas públicas que implementen estrategias territoriales dirigidas a dar balance al espacio geográfico y la distribución equilibrada de los equipamientos institucionales, que busca entre sus objetivos mejorar la seguridad y la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Finalmente, y como elemento a destacar está la articulación del presente proyecto con el subprograma de investigación de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, la cual se encuentra explícita en la medida que los desarrollos asociados a los Sistemas de Información Geográfica – SIG - están ligados al componente de Sistemas de Información, uno de los vértices del subprograma [2]. De manera adicional apunta directamente al desarrollo social de Manizales y al de sus entes gubernamentales, tal como lo evidencia el núcleo mismo del subprograma: “Los sistemas y las tecnologías de la información y la comunicación se corresponden con el desarrollo social y de organizaciones, en la medida en que potencian el diseño y la implementación de sistemas que permiten la gestión eficaz de la información y el conocimiento para la toma de decisiones en problemas de contexto” [2].

# **1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación**

## **1.1 Descripción del área problemática**

Los organismos de socorro tienen como principal objetivo brindar una atención inmediata a la sociedad en caso de desastres, contingencias ocasionales, emergencias y otros eventos que amenacen la vida de cualquier persona sin discriminar género, raza, idioma, religión o condición social; además, les compete desarrollar programas de concientización, prevención e intervención que ayuden a evitar y disminuir el índice de accidentalidad y mortalidad en la ciudad, como lo estipula el artículo 2° de la Constitución Política de Colombia – inciso 2°. En particular el tiempo de respuesta de los organismos de emergencia en algunos casos toma más tiempo del estipulado, esto se da tanto al momento de llegar al punto donde se encuentra la emergencia como al momento de transportar a los pacientes al centro de salud correspondiente. El tiempo es una de las variables que más afectan a los afectados y con lo que se deben enfrentar los organismos de emergencias a diario, ya que de éste depende la atención oportuna e incluso la vida de las personas y así impedir que su estado de salud se complique.

Uno de los factores que influyen en el tiempo de respuesta que tienen los organismos es la congestión vehicular que existe en un determinado, el cual es provocado por el volumen de automóviles tiempo (un aproximado de 50.000 vehículos circulan por Manizales cada día), los estados de las vías por las que tienen que transitar y en general la movilidad.

Este proyecto delimitado en principio para ser realizado en el municipio de Manizales en su área urbana, se enfoca principalmente en determinar las zonas de cobertura y los tiempos de respuesta de los organismos de socorro; están involucrados además de los organismos de emergencia, las secretarías del municipio, la corporación autónoma y demás entes asociados a la gestión de riesgo, no sólo proporcionando información útil y necesaria para la construcción de un plan integral de la gestión de riesgo; sino en su ejecución.

## 1.2 Formulación del problema

Específicamente, el proyecto pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cuál es la cobertura actual del sistema de atención de emergencias de Manizales?, ¿Cuáles son los sitios en los que se hace necesario aumentar la cobertura de los organismos de emergencia?. Al dar respuesta a estos interrogantes, sin duda alguna se aportarán nuevos elementos que contribuyan a la descripción de la situación actual de la gestión de riesgo en el municipio, así como a la generación de política pública que contribuya a mejorar la atención no solo de los organismos de socorro, sino de la administración municipal y los entes vinculados.

## 1.3 Justificación

Una constante falencia al momento de atender emergencias, es el tiempo que tardan los organismos de socorro para llegar al punto del acontecimiento de cualquier siniestro y al momento de transportar a los pacientes hacia un centro de salud, si es necesario. Es importante para estos organismos tener pleno conocimiento constante y actualizado del estado de las vías, la movilidad y tráfico de las vías principales y alternas de la ciudad, así como el estado de las mismas, con el fin de que al momento de emprender con una respuesta a emergencia puedan hacer uso de vías alternas y así reducir el tiempo de respuesta con uso de las TIC como las herramientas SIG.

Por otro lado, se encuentran los centros de salud que brindan el apoyo a emergencias, los cuales están ubicados en puntos estratégicos para que al momento de ser requerido el servicio de atención especial, las personas que se encuentren atendiendo la emergencia sepan cual es el lugar más cercano y puedan prestar de un servicio más eficaz, sin pérdida de tiempo y teniendo en cuenta los niveles de atención del puesto de salud.

Se pretende realizar un estudio detallado de la ubicación espacial y el análisis de los equipamientos urbanos, en este caso los organismos de socorro vinculados a la atención de emergencias y desastres, en la ciudad de Manizales, determinando no solo la cobertura y tiempos de respuesta a emergencias sino la ubicación adecuada para la construcción de nuevas sedes de los organismos necesarios para la oportuna prestación de los servicios y una mejor cobertura.

Este estudio se convertirá en un instrumento eficaz del ordenamiento territorial que generará política pública y un impacto social significativo, ya que constituye una de las estrategias territoriales dirigidas al balance de un espacio geográfico y la distribución equilibrada de los equipamientos

institucionales, que busca entre sus objetivos mejorar la seguridad y la calidad de vida de las personas.

## 2. Antecedentes

A continuación se presentan una serie de investigaciones y estudios previos cuya lectura fundamenta el desarrollo de este proyecto.

Inicialmente se presentan investigaciones en el ámbito internacional relacionadas con la movilidad y la gestión del riesgo, dos categorías fundamentales en el proyecto. Tal es el trabajo de Vidal [3], quien analiza la red de transporte público urbano en la ciudad de Valladolid. El autor, desde un análisis del estado actual de la cuestión, referida tal a la utilización y aplicación de las herramientas SIG a la gestión pública y, más concretamente, al diseño, desarrollo y gestión de los sistemas públicos de movilidad urbana; hasta un análisis de la accesibilidad de la red de movilidad en función de las características demográficas de las áreas urbanas potencialmente afectadas por la red de transporte público objeto de análisis.

Fraile, en este caso en Madrid, estudia la mejora de la movilidad urbana mediante la ampliación de la red de suministro de combustibles alternativos. Este trabajo en particular da luces acerca del análisis especial para la ubicación de nuevos equipamientos, una de las tareas emprendidas en este proyecto [4].

En la Universidad Nacional del Litoral, dentro de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Pusineri [5] realizó un proyecto titulado “Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones” en el que involucra información referente al estado de la infraestructura –hospitales, escuelas, sedes estatales como policía y bomberos, lugares de esparcimiento- del área de estudio, vinculando variables socio económicas de la población, redes viales, entre otras, para determinar el riesgo de inundación y las áreas de evacuación, a la luz de la información de un evento específico ocurrido en 2003.

El Banco Mundial [6] también se preocupa por incluir en sus actividades el desarrollo del proyectos alrededor de la gestión del riesgo, entendiendo que es fundamental para salvar vidas y sus medios de sustento, así como para proteger sectores socioeconómicos fundamentales. Esta misma preocupación es compartida por la UNESCO [7], quien en este caso se enfoca en la gestión de riesgos y desastres en el patrimonio cultural.

Ya en el ámbito nacional, y en la misma vía, movilidad y gestión del riesgo, Matiz et. al. [8] desarrollaron un sistema de información vial para emergencias en la ciudad de Bogotá, D.C., destacándose la inclusión de una nueva alternativa para el análisis y desarrollo de SIG, el Lenguaje de Modelamiento de Metodologías y Procesos – LMMPS-, así como la generación de reportes de las rutas críticas para la atención de incidencias, tomando como caso de estudio el sector de El Chicó. En la misma vía, las rutas críticas, pero al interior de un edificio, Palma [9] plantea un SIG en el cual se generan 8 escenarios de ocurrencia de siniestro al interior de un edificio y se evalúan los tiempos y rutas de evacuación.

Un trabajo cercano a los objetivos de este proyecto se presentó en 2016, en el cual Aponte [10], estudió la accesibilidad de los organismos de socorro en la ciudad de Santiago de Cali y su impacto en la población. Su enfoque estaba en realizar un análisis de la distribución espacial de la localización de las sedes de los organismos de socorro, con respecto a la configuración y estructuración de la red vial de la ciudad de Cali y así determinar su accesibilidad en la atención de incidentes y emergencias. En la misma ciudad se emprendió también un estudio afín, en este caso enfocado a cobertura, en el cual Torres y Navarrete [11], realizan un análisis espacial de las estaciones de bomberos en el área metropolitana del municipio de Santiago de Cali.

En la ciudad de Manizales, área de estudio del proyecto, se formuló en 2014 un manual de procedimientos en emergencias, ejecutado por el cuerpo de bomberos de la ciudad, a partir de la guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia, de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja [12]. Posteriormente, en el año 2016, la ciudad generó el plan de atención de desastres, cuyo objetivo principal es: “Propiciar escenarios de inclusión social con oportunidades de empleo, que contribuyeran al mejoramiento de las condiciones de vida y bienestar y a la reducción drástica de la pobreza”. Finalmente, es importante mencionar el trabajo de Castellanos y López [13], quienes realizaron una primera aproximación, al analizar la distribución espacial de los organismos de socorro de la ciudad y analizaron las rutas y tiempos de respuesta de los mismos.

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

Estimar la cobertura de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales, en términos de su tiempo de respuesta, apoyado en herramientas SIG.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Seleccionar los algoritmos a usar para los cálculos de cobertura y tiempo de respuesta.
- Determinar las variables asociadas a la cobertura y los tiempos de respuesta reales a partir de la descripción espacial y la normativa existente.
- Estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que presten el servicio a emergencias.

## 4. Referente Contextual

La ciudad de Manizales es la capital del departamento de Caldas. Se encuentra situada en el centro occidente de Colombia, ubicada en la Cordillera Central, cerca del Nevado del Ruiz. Forma parte de la llamada Región paisa y del llamado Triángulo de oro, tiene una población de 397.466 habitantes de acuerdo con las proyecciones demográficas oficiales para el año 2011 [14], su área metropolitana conformada por los municipios de Manizales, Neira, Villamaria, Palestina y Chinchina llega a un población de 768.200 habitantes aproximadamente. Hace parte, junto con Risaralda, Quindío, el Norte del Valle y el Suroeste Antioqueño del Eje Cafetero colombiano.

Debido a su posición geográfica y que se encuentra situada en la Cordillera Central, cerca del Nevado del Ruiz, Manizales ha sufrido por cuestión de los sismos que son ocasionados por la fallas que dicha cordillera tiene y a su vez la cercanía al nevado del Ruiz de allí que el 4 de febrero de 1938 [15] a las 9:24 p.m. se registrara uno de los sismos más fuertemente sentido en Manizales a lo cual se le denominó el "Sismo del Gran Caldas", se estimó su magnitud de 6,7; destruyendo y averiando muchas edificaciones y negocios, causando la muerte de una persona en Manizales y por lo menos 40 heridos, varios incendios, daños en el acueducto y pánico en general; de no haberse tenido en la ciudad aún muchas viviendas de bahareque al estilo *temblorero* modernizadas, las pérdidas hubieran sido mayores.

Por otro lado Manizales también ha sufrido a causa de los incendios como por ejemplo el que ocurrió el de 3 julio de 1925, el cual se conoce como el más pavoroso incendio que la ciudad ha tenido en su historia ,este se inició en la Droguería Andina situada donde actualmente funciona Bancolombia, carrera 22 con calle 21, Los materiales inflamables que tenían almacenados en el sitio, avivaron las llamas con tal rapidez que en pocos minutos todo el centro de la ciudad quedó envuelto por las llamas, en total fueron 32 manzanas calcinadas por la acción devastadora del fuego. Como consecuencia de este desastre el gobierno contrata la asesoría de los capitanes Juan Antonio Guizado y Ernesto Arozemena, traídos de la ciudad de Panamá, para crear el Cuerpo de Bomberos, siendo instalado oficialmente por el decreto 023 del 1 de noviembre de 1925.

Para nadie es un secreto que hoy en día, la preocupación a nivel mundial por el aumento en la frecuencia y severidad de los desastres naturales sigue en

aumento; muchos de ellos asociados al cambio climático global. Según la ONU-HABITAT estos episodios son responsables por la pérdida de 100.000 vidas anuales y se estima que ellas serán 300.000 en el año 2050. La región de América Latina y el Caribe está particularmente expuesta a fenómenos naturales de gran intensidad. Terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, sequías e inundaciones han sido responsables por la pérdida de cerca 65,000 vidas y US\$20 billones en las últimas tres décadas. Ellos han afectado las vidas de más de 15 millones de personas [16]. Es por esto que la mayoría de los países están implementando políticas, técnicas, recursos económicos e institucionales para reducir los efectos destructivos en los modos de vida de las comunidades, que contribuyan al mejoramiento de los sistemas de Gestión de Riesgos existentes.

En Colombia, fue sólo hasta el 13 de noviembre de 1985, luego de que una serie de Flujo de sedimento, lodo y agua provocado por la erupción del Volcán Nevado del Ruiz, que se detectó la necesidad de contar con una entidad para la gestión de riesgos que coordinará las directrices de prevención y atención de desastres en el país. En consecuencia se crea el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres - SNPAD como red institucional para el cumplimiento de esta función [17].

El Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres vigente “Una Estrategia de Desarrollo” para el periodo 2015 – 2025 tiene como objetivo general orientar las acciones del Estado y la sociedad civil en cuanto al conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres en cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo, que contribuyan a la seguridad, bienestar, calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible del territorio nacional [18]. Dando respuesta a lo exigido por la Política Nacional, Manizales cuenta con el Comité Local para la Prevención, Atención y Recuperación de Desastres (COLPADE) según Decreto 200 de 2000. Este comité reglamenta las funciones específicas ante las situaciones de desastres que puede presentar el municipio

La ciudad de Manizales, a través de la gestión realizada por las entidades que conforman el Sistema Municipal para la Prevención y Atención de Desastres, ha venido desarrollando una serie de prácticas y políticas públicas en gestión integral de riesgos, sin embargo, es necesario efectuar un trabajo continuo de prevención del riesgo y de manejo de desastres por la presencia de factores de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que no han sido reducidos a niveles aceptables en la ciudad [19].

Finalmente la ciudad actualmente cuenta con un sistema de puesto de mando unificado el cual lo componen varios organismos de socorro como son los bomberos, la cruz roja, la defensa civil y el grupo de búsqueda y rescate, es así que en Manizales la Alcaldía ha venido trabajando en el tema de la gestión de riesgos y ha logrado que, en términos relativos, los organismos operativos de la ciudad tengan un nivel de respuesta aceptable para la atención de emergencias

regulares que se presentan en la ciudad. Por esta razón se han realizado eventos de simulación con el apoyo de sistemas de información geográficos y de capacitación sobre el manejo de emergencias, sin embargo, en reconocimiento de que dichos esfuerzos no son suficientes por sí solos y para garantizar una capacidad administrativa y operativa que permita asegurar una respuesta interinstitucional oportuna y eficiente para el manejo de un evento de dimensiones mayores [20] .

## 5. Referente Normativo y Legal

Al momento de revisar el referente normativo y legal del proyecto, es necesario partir de las dos categorías especificadas en el objetivo del proyecto: cobertura y tiempos de respuesta, sin embargo es poco lo establecido como norma.

La Norma NFPA 1710, norma para la organización y despliegue de operaciones de extinción de incendios, operaciones médicas de emergencia y operaciones especiales para el público llevadas a cabo por departamentos de bomberos profesionales [21], da la siguiente información en tiempo de respuesta para los bomberos consignada en la tabla 1.

Tabla 1. Tiempos de respuesta NFPA 1710

Evento	Tiempo de Respuesta
Realizar Llamada y Recibirla	1 min
Preparación y Salir	1 min
Movilización	4 min
Total:	6 min

Los demás organismos de socorro de la ciudad de Manizales no tienen establecido por norma un tiempo de respuesta, igualmente cada ciudad debe tener un plan de desarrollo en la atención de desastres que está establecido por el Decreto 919 de 1989, posteriormente derogado por el artículo 96 de la Ley 1523 de 2012 [22].

Algunos estudios han concluido que entre el centro de atención y el incidente debe existir cinco (5) minutos como tiempo máximo óptimo y en otros especifican que para urgencias de paro cardíaco de origen no traumático deben tener un tiempo máximo de cuatro (4) minutos [23].

## 6. Referente teórico

### 6.1 Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas informáticos que están diseñados para mostrar las características físicas y humanas de la tierra contenida en una base de datos con datos cartográficos y alfanuméricos que permite disponer de manera rápida información geográfica para la toma de decisiones. Un sistema de esta naturaleza separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al usuario la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podría obtenerse de otra forma.

Cabe anotar, que desde los años setenta se inicia con el desarrollo de los SIG y gracias a la rápida evolución de los sistemas informáticos, los SIG evolucionaron hasta lo que son hoy, sin embargo la definición y características ha cambiado a través del tiempo, sin embargo es posible verlos en términos de su funcionalidad, “un SIG es una herramienta tecnológica para comprender la geografía y tomar decisiones inteligentes” [24].

Adicionalmente Vila [25] menciona las principales características de un SIG, las cuales están acorde con la definición presentada anteriormente, se destacan:

- ✓ Sistema de representación referenciado con entidades gráficas (puntos, líneas, símbolos, etc.)
- ✓ Dispone de una base de datos adjunta, que permite realizar consultas y simulaciones.
- ✓ Dispone de un lenguaje de programación que permite la implementación de nuevas aplicaciones para dar respuesta a nuevas necesidades de los usuarios.
- ✓ Dispone de un sistema de importación y exportación de datos gráficos y alfanuméricos.

Debido a las propiedades mencionadas, los SIG se han vuelto indispensables para los administradores y planificadores del territorio como un

mecanismo en la toma de decisiones. Para lograr este objetivo, todos los datos en el SIG se almacenan por separado en diferentes capas y se utilizan de acuerdo con el propósito deseado [26]. Cabe anotar que a la par del desarrollo de estos sistemas de se han desarrollado herramientas de publicación de esta información que amplían el espectro de utilidad de estos programas tanto en niveles académicos como empresariales. La figura 1 muestra la estructura básica de un SIG.

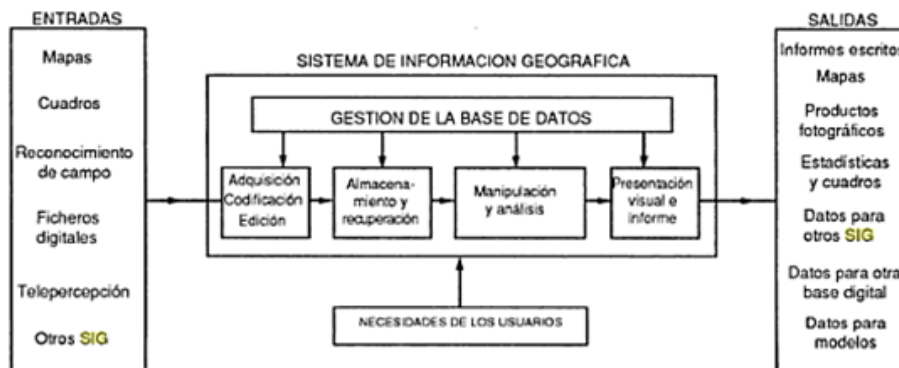


Figura 1. Elementos constitutivos de un SIG [14]

## 6.2 Prevención y Atención de Desastres – Marco Normativo

Las entidades dedicadas a la atención y prevención de emergencias se han visto beneficiadas al momento de analizar y aplicar herramientas con información relacionada con los SIG. Un claro ejemplo es al momento de prevenir una gran cantidad de desastres naturales como por ejemplo tsunamis, deslizamientos, tornados, entre otros. Gracias a los SIG, sensores, imágenes satelitales pueden ver el origen y el desarrollo de los desastres naturales mencionados anteriormente y pueden comenzar a realizar actividades de prevención y evacuación si es el caso.

Estas entidades no tienen establecido por norma un tiempo de respuesta a la atención, ya que influyen múltiples características, pero si debe, por cada ciudad, existir un plan de desarrollo en la atención de desastres establecido por el Decreto 919 de 1989, por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Tal como se manifiesta en [27] “ en la Ley 388 de 1997 se establecen los principios que rigen el ordenamiento territorial en el país, los propósitos que debe cumplir el urbanismo en cumplimiento de su función pública, define los conceptos

y términos bajo los cuales se debe abordar el ordenamiento territorial y, se establece para ello, la formulación de los planes de ordenamiento como instrumento fundamental en la planificación y el desarrollo territorial.”

Finalmente, para el plan de ordenamiento territorial en Manizales se establece que fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas e incendios, son las principales amenazas que tiene la ciudad, y para la determinación de estos fenómenos, la alcaldía de la ciudad de Manizales por medio de mapas temáticos y el uso herramientas SIG estableció las amenazas y riesgos en el POT de Manizales.

### **6.3 Plan Integral de Gestión del Riesgo en Manizales – Evolución**

La ciudad sin duda alguna, y debido en gran parte a las diferentes tragedias que la asolado desde su fundación y consolidación como centro urbano, ha tomado seriamente el asunto de la prevención de riesgos. Múltiples evidencias de políticas publicas asociadas a la prevención de desastres pueden observarse en Manizales [28]. La siguiente figura ilustra la evolución de la prevención y atención del riesgo en la ciudad de Manizales:

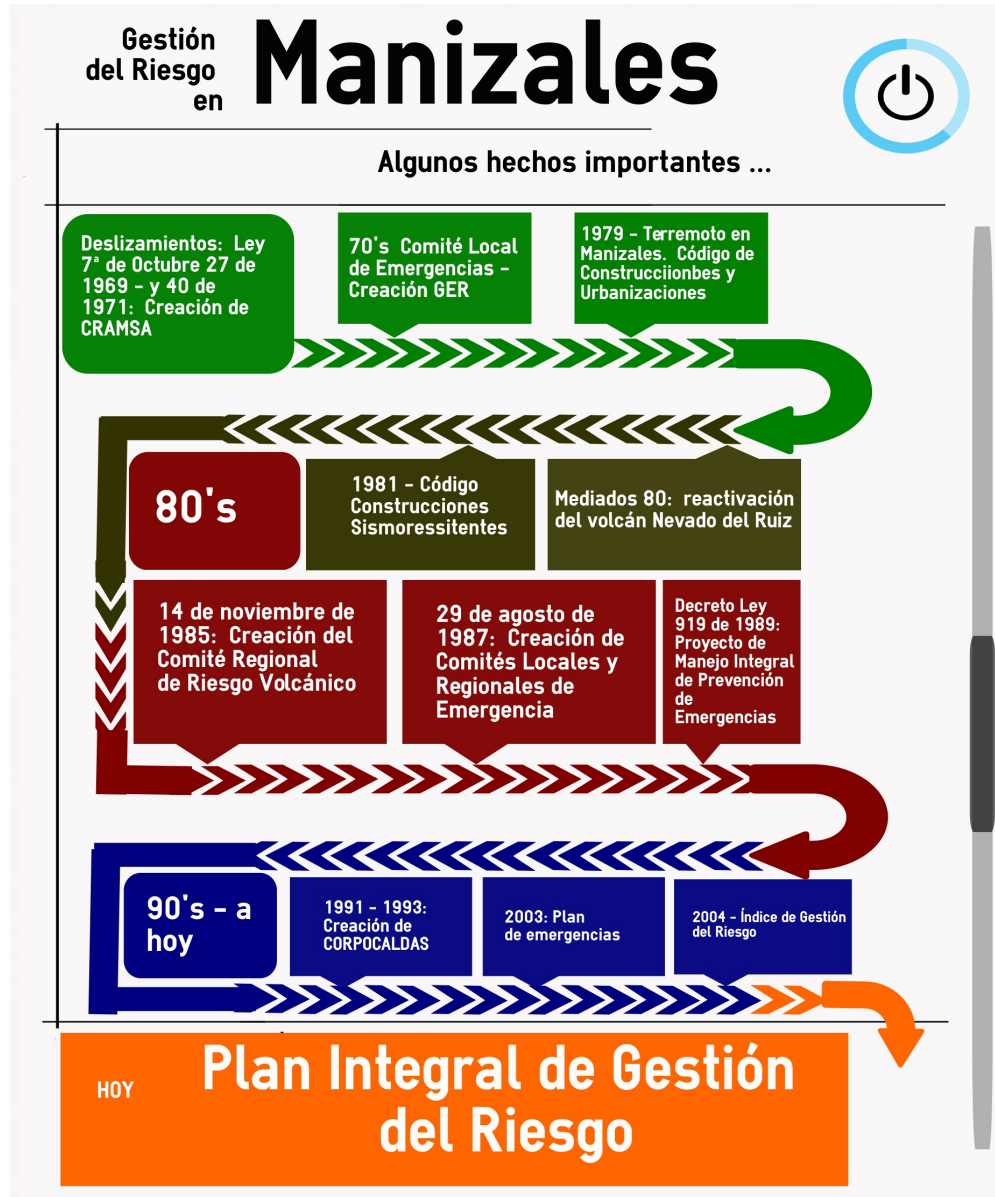


Figura 2. Hechos destacados en la gestión del riesgo en Manizales. Construcción propia a partir de [16].

## **7. Metodología**

A continuación se describe brevemente el procedimiento que se realizó, expuesto en fases y actividades, para alcanzar los objetivos planteados.

### **7.1 Fase 1. Seleccionar el algoritmo para los cálculos de cobertura y tiempo de respuesta.**

En esta fase, partiendo de los antecedentes consultados, se determinaron las variables asociadas al cálculo de los tiempos de respuesta y cobertura, para así estimar qué información se requiere, tanto cartográfica, como espacial y demográfica. Posteriormente, evaluando los requerimientos matemáticos y computacionales, se utilizó la extensión Network Analyst del software ArcGis, que a partir de ligeras modificaciones del algoritmo de Dijkstra permite encontrar la ruta más corta entre dos puntos, el área de servicio para encontrar entidades (vértices) que cumplan con los requerimientos, la generación de rutas para vehículos para encontrar la minimización en los tiempos de trayectoria y otra serie de funciones que permitirán encontrar resultados de interés.

- Actividad 1. Levantamiento de la información asociada a la gestión del riesgo.
- Actividad 2: Georreferenciación de la información.
- Actividad 3: Modelamiento espacial usando herramientas SIG y análisis geoespacial de la información recolectada.

### **7.2 Fase 2. Determinar la cobertura y los tiempos de respuesta reales a partir de la descripción espacial y la normativa existente.**

En esta fase, usando la herramienta mencionada previamente, se determinaron la cobertura y tiempo de respuesta de los organismos de socorro, comparando los resultados con la normativa existente para tal fin.

- Actividad 1. Análisis de la normativa existente en cuanto a atención de emergencias y el plan de gestión del riesgo de la ciudad de Manizales.

- Actividad 2. Análisis vial de la ciudad en términos de sus atributos (orientación y tráfico).
- Actividad 3. Creación de la base de datos espacial asociada a las vías y los puntos de interés.
- Actividad 4. Simulación de incidentes y cálculo de rutas, cobertura y tiempo de respuesta.

### **7.3 Fase 3. Estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que prestan el servicio a emergencias.**

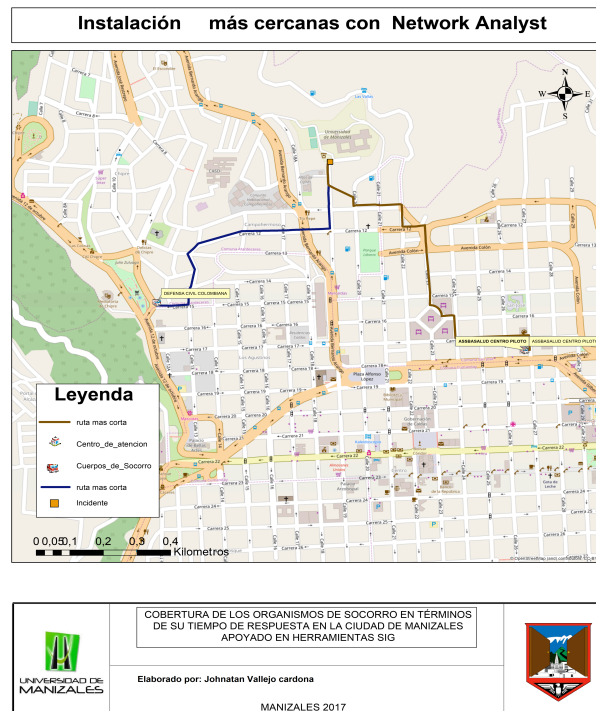
Finalmente, a la luz de los resultados obtenidos en las fases precedentes, se estimaron las nuevas ubicaciones de los centros de atención a emergencias en la ciudad.

- Actividad 1: Estimación de zonas carentes de cobertura.
- Actividad 2: Estimación de ubicaciones de nuevos centros de atención emergencias.

## 8. Resultados

### 8.1 Instalación más cercana y ruta óptima

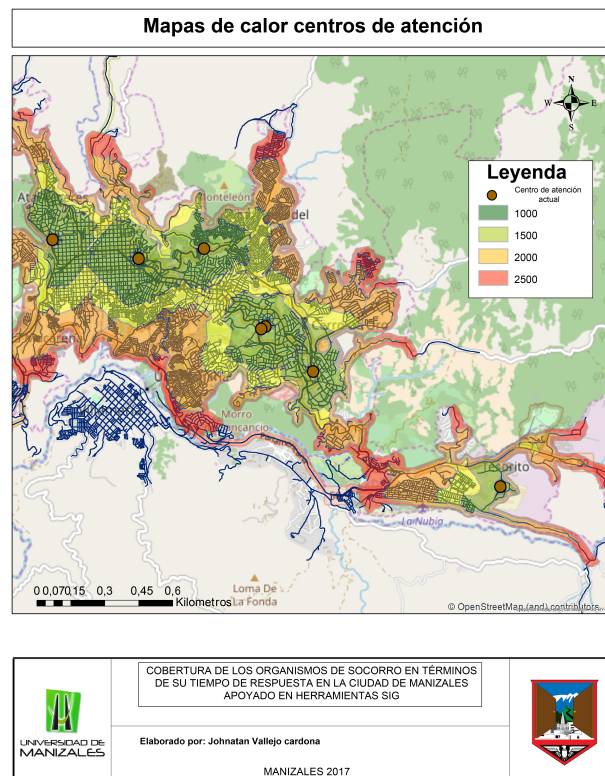
La normatividad existente sobre el tiempo de respuesta es de 5 minutos, definida como el tiempo máximo óptimo para atender una urgencia vital, donde en distancia radial es aproximadamente de 5 kilómetros. En ArcGIS utilizando el módulo de *Network Analyst* y la opción de vecino más cercano, el solucionador de instalación más cercana mide el coste de viajar entre incidentes e instalaciones, y determina cuáles están más próximos entre sí, muestra las mejores rutas entre incidentes e instalaciones, informa de sus costes de viaje y devuelve instrucciones para conducir. Primero encuentra el organismo más cercano para prestar los primeros auxilios luego traza la ruta al centro de asistencia.



*Figura 3. Instalación más cercana y ruta óptima.*  
Construcción propia.

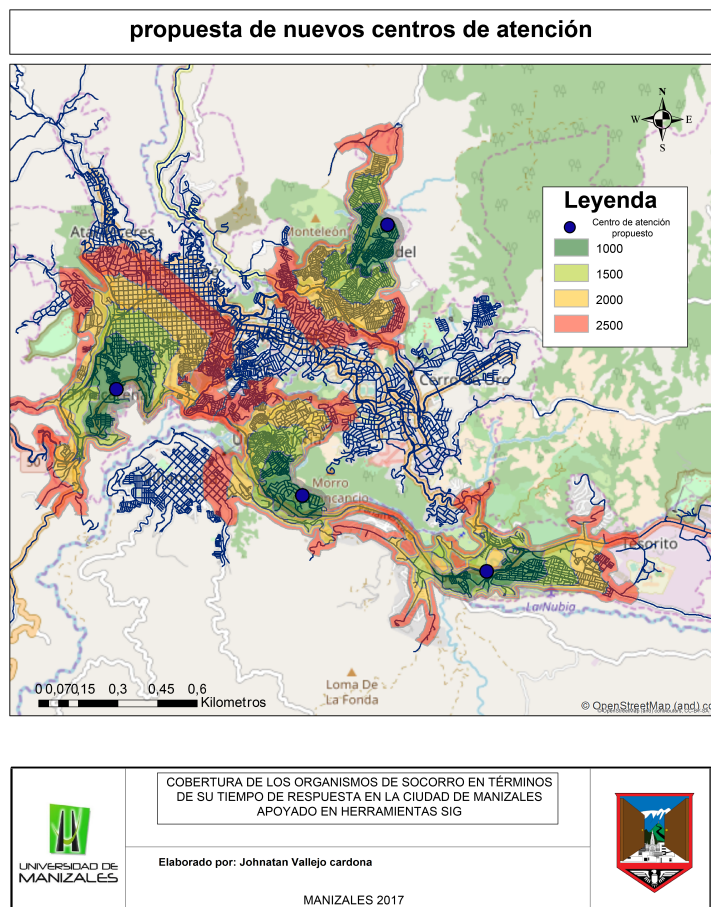
## 8.2 Cobertura de los organismos de socorro

En caso de un accidente el organismo de socorro más cercano debe prestar el servicio de ambulancia esperando una pronta respuesta, por esto es importante hacer un análisis del área de cobertura que tienen actualmente la ciudad. Actualmente se tienen siete organismos de socorro en la ciudad y esta es su área de cobertura, tal como se muestra en la figura 4.



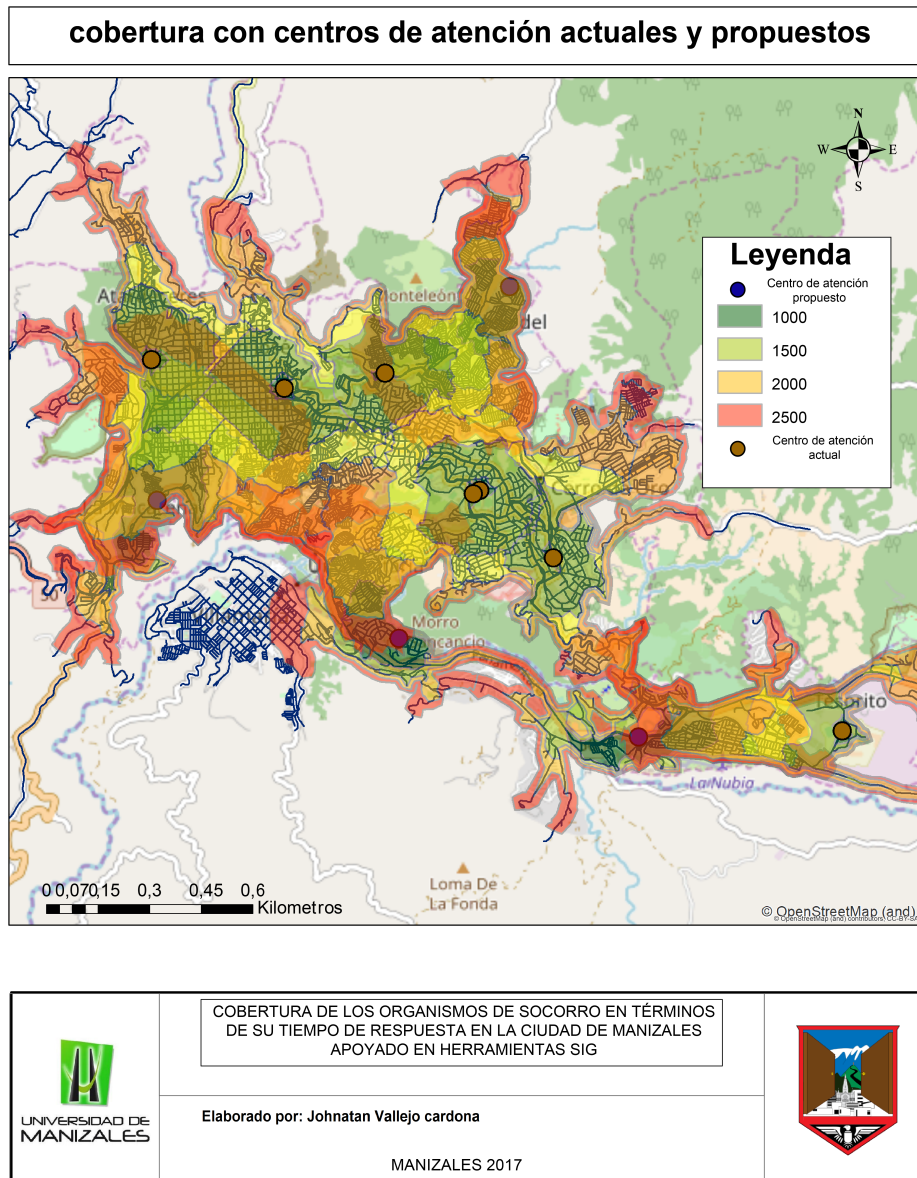
*Figura 4. Cobertura actual de los organismos de socorro en Manizales.  
Construcción Propia*

Al observar la figura 4 se puede concluir que en la ciudad áreas tan importantes como la zona de terminal de transportes, el aeropuerto y laderas de la ciudad se encuentran sin una buena cobertura para permitir una pronta respuesta en caso de algún siniestro. Para estimaciones de posibles ubicaciones de centros de servicio, ArcGIS tiene un módulo en el cual se puede trabajar y encontrar la ubicación idónea para este problema. En las zonas de menos cobertura se recomienda crear organismos de socorro para una pronta respuesta, los nuevos puntos serían los presentados en la figura 5.



*Figura 5. Propuesta nuevos organismos de socorro en Manizales  
Construcción propia*

Uniando la figura 4 y 5 se tiene una cobertura más amplia en la ciudad como se muestra en la figura 6.





 UNIVERSIDAD DE MANIZALES	COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN TÉRMINOS DE SU TIEMPO DE RESPUESTA EN LA CIUDAD DE MANIZALES APOYADO EN HERRAMIENTAS SIG	
	Elaborado por: Johnatan Vallejo cardona  MANIZALES 2017	

Figura 6. Nueva cobertura de la ciudad de Manizales con organismos de socorro actual y nuevas ubicaciones propuestas.  
Construcción propia

## **9. Impactos Esperados**

Sin duda alguna, la gestión en riesgo y medio ambiente es un área prioritaria en la ciudad de Manizales, tanto así que las cifras de afectaciones por emergencias en la ciudad han disminuido ostensiblemente en los últimos años. Sin embargo, fenómenos climáticos del Niño y la Niña, unidos al crecimiento urbano, vehicular e industrial, han acentuado sus efectos en el país y la ciudad no es ajena a estos fenómenos, lo que implica que las autoridades locales no deben bajar la guardia.

Este proyecto apunta en esta dirección, con el objeto de generar información adicional que contribuya a la generación de política pública fortaleciendo el plan integral de gestión del riesgo en los años venideros, de tal manera que en Manizales siga siendo ejemplo en el ámbito nacional en el establecimiento y ejecución de estas políticas. Finalmente, una de las labores adicionales será la divulgación de los resultados, no solo a los entes asociados a dicha gestión, sino a la comunidad en general, contribuyendo a la consolidación de una cultura de la prevención del riesgo.

## 10. Conclusiones

- Se evidencia que Manizales tiene un alto nivel de cobertura frente a la accidentalidad, pero aun así es totalmente necesario la implementación de nuevos puntos de atención para evitar los retrasos en la atención a los ciudadanos.
- Se evidencia que algunos organismos de socorro deben asistir a varios puntos que se encuentra fuera de su área de cobertura en caso que se presente un accidente, lo que hace pertinente sugerir nuevos puntos de atención, ubicados en puntos estratégicos de la ciudad.
- Los tiempos de respuesta de los cuerpos de socorro en Manizales no son los estipulados en la norma NFPA 1710 (4 minutos), dadas las condiciones de tráfico, la congestión vehicular y peatonal en algunos sectores de la ciudad, lo que dificulta el tránsito, los tiempos de respuesta reales son de 5 minutos y en ciertas partes de hasta 6 minutos [29].

## **11. Recomendaciones**

- Implementar el proyecto en la ciudad de Manizales a través de un geoportal que preste servicios a aplicaciones móviles para los organismos de socorro, lo cual generaría un gran impacto social pues tiene un enfoque hacia el bienestar de la comunidad en general.
- Se pueden incluir dentro de la propuesta no solo organismos de socorro y centros de atención hospitalaria de carácter público, sino además centros privados, generando una ampliación de cobertura hospitalaria en el momento de la atención de un incidente.

# Referencias

- [1] Subgerencia Cultural del Banco de la República. *Geografía urbana*. 2015. Recuperado de: [http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/geografia\\_urbana](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/geografia_urbana)
- [2] Universidad de Manizales, "Subprograma de Investigación Sistemas de Información y Comunicación" en *Sistema de Planificación*, Universidad de Manizales. 2012. pp. 325 - 338.
- [3] D. Vidal, "Utilización de herramientas SIG en los sistemas de movilidad: análisis de la red de transporte público urbano en la ciudad de Valladolid", Trabajo de Grado, Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Valladolid, 2016.
- [5] G. Pusineri. "Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones". Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). Japón. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Lima. 2004.
- [4] A. Fraile "Mejora de la movilidad urbana sostenible en el municipio de Madrid: aplicación del análisis geoespacial en la ampliación de la red de suministro de combustibles alternativos", Trabajo de Grado, E.T.S.I. en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid. 2015.
- [6] Banco Mundial, "Gestión del riesgo de desastres para un desarrollo con capacidad de adaptación", *Proyectos y Operaciones*, 2014. [En Línea]. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/12/managing-disaster-risks-resilient-development>. [Recuperado: 07- Ene- 2018].
- [7] UNESCO, ICCROM, ICOMOS and UICN, *Gestión del Riesgo de Desastres para el Patrimonio Mundial*, 1a ed. París: UNESCO, 2014.
- [8] Matiz-León, A. González-Rodríguez, L. Blanco-González and S. Bolaños-Castro, "Sistema de información vial para emergencias en Bogotá D.C. modelado con lenguaje de metaprosesos", *UD y la geomática*, vol. 7, pp. 53-64, 2013.
- [9] J. Palma-Moreno, "Implementación de un Sistema de Información Geográfica que Plantee Rutas Opimas de Evacuación para una Pronta Respuesta en Caso de Siniestro en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas", Trabajo de Grado, Ingeniería Catastral y Geodesia., Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.

- [10] F. Aponte-Hincapié, "Accesibilidad de los Organismos de Socorro en la Ciudad de Santiago de Cali y su Impacto en la Población", Trabajo de Grado, Maestría en Geografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2016.
- [11] D. Torres, D. Navarrete. "Análisis Espacial de las Estaciones de Bomberos en el Área Urbana del Municipio Santiago de Cali para el Año 2014, Estimación de su Cobertura y Tiempo de Respuesta". Trabajo de Grado. Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Manizales, 2014
- [12] Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, *Guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia*, Ginebra, 2008.
- [13] L. Castellanos, M.A. López. "Estimación de rutas y tiempos de respuesta de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales, apoyado en herramientas SIG". Trabajo de Grado. Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Manizales, 2016.
- [14] Eje 21, "Crecimiento lentísimo de la población en Manizales", 2016.
- [15] Alcaldía de Manizales, "Actividad Sísmica", *Historia de Manizales*, 2014. [En Línea]. Disponible: <http://www.manizales.gov.co/Contenido/Alcaldia/27/historia-de-manizales>. [Consultado: 09- Ene- 2018].
- [16] ONU-Habitat, "Programa de Perfiles de Ciudades Resilientes", *Es.unhabitat.org*, 2018. [En Línea]. Disponible: <https://es.unhabitat.org/iniciativas-urbanas/iniciativas-programas/perfiles-ciudades-resilientes/>. [Consultado: 08- Ene- 2018].
- [17] UNGRD, "Historia del Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres", *Contenido*, 2014. [En Línea]. Disponible: <http://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/pagina.aspx?id=79>. [Consultado: 08- Ene- 2018].
- [18] *Decreto 308 de 2016, Por medio del cual se adopta el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres*. Bogotá: Presidencia de la República, 2016.
- [19] Corpocaldas, "Proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manizales", Corpocaldas, Manizales, 2017.
- [20] O. Cardona, "Plan de Emergencias de Manizales", Alcaldía de Manizales, Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres, Manizales, 2006.
- [21] NFPA, "Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments Scope, NFPA 1710", 2016. Recuperado de:

<http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1710>

[22] *Ley 1523 de 2012, Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.* Bogotá: Congreso de Colombia, 2012.

[23] P. Pons, "Paramedic Response Time: Does It Affect Patient Survival?", *Academic Emergency Medicine*, vol. 12, no. 7, pp. 594-600, 2005.

[24] ESRI. *Gis Best Practices, Gis and Science.* 2008. Recuperado de: <http://www.esri.com/library/bestpractices/gis-and-science.pdf>

[25] J. Vila, J., & D. Vargas, "Los Sistemas de Información Geográfica" en *Evaluación y Prevención de Riesgos ambientales en Centroamérica*. Girona, España: Documenta Universitaria. 2008. pp 357 - 376.

[26] FAO. "Funcionamiento y Uso de los Sistemas de Información Geográfica" en *Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura.* Roma, Italia: FAO, 1992, pp. 133-189

[27] Instituto de Estudios Ambientales – IDEA – Plan de Ordenamiento Territorial. 2005. Recuperado de: [http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion\\_riesgos/planterritorial.php](http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/planterritorial.php).

[28] Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS, "Antecedentes" en *Proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manizales*, Corpocaldas, 2002, pp. 6-12.

[29] Cruz Roja Seccional Caldas, "Descripción del la prestación de servicio de atención de incidentes.", Entrevista. Sede Cruz Roja Seccional Caldas, Manizales, 2017.