



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ADMINISTRATIVAS Y NEGOCIOS**

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN
INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA**

TEMA:

**MEJORA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN MEDIANTE EL MODELO
DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICO NETWORK ANALYST EN EL
CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN MORONA.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en
Administración de Empresas Mención Innovación y Dirección Estratégica.

Autor:

Lcdo. Klever Daniel Zabala Anguasha

Tutor:

PhD. Germania Elizabeth Vayas Ortega

AMBATO– ECUADOR
2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Klever Daniel Zabala Anguasha, declaro ser autor del Trabajo Titulación con el nombre “Mejora en el proceso de atención mediante el modelo de localización geográfico Network Analyst en el Cuerpo de Bomberos del cantón Morona”, como requisito para optar al grado de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 31 días del mes de julio del 2025, firmo conforme:

Autor: Klever Daniel Zabala Anguasha

Firma:

Número de Cédula: 1400972434

Dirección: Morona Santiago, Morona, Macas, Loma.

Correo Electrónico: klevo005@hotmail.com

Teléfono: 09864505731

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “MEJORA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN MEDIANTE EL MODELO DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICO NETWORK ANALYST EN EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN MORONA” presentado por Klever Daniel Zabala Anguasha, para optar por el Título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinador que se designe.

Ambato, 31 de julio del 2025

.....
PhD. Germania Elizabeth Vayas Ortega, Mg.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 31 de julio 2025

.....
Lic. Klever Daniel Zabala Anguasha
1400972434

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MEJORA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN MEDIANTE EL MODELO DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICO NETWORK ANALYST EN EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN MORONA, previo a la obtención del Título de Magister en Administración De Empresas Mención Innovación Y Dirección Estratégica, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo Titulación.

Ambato, 31 de julio de 2025

LECTOR

Ing. López Vargas Wilson Oswaldo, Mg.

LECTOR

Dr. Moreno Mejía Mario Alberto, Mg.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud y vida para continuar con mis estudios y terminar este proyecto de investigación.

A mi esposa, por brindarme ese apoyo incondicional y consideración en todo este proceso para poder culminar este siguiente paso en mis estudios.

A mi familia, he mis hijos por ser esa motivación para crecer como ser humano antes que profesional, para afrontar obstáculos que jamás creí poder hacerlo y hoy son una realidad, a las personas que creyeron en mí y que siempre me animaron. A todos

Klever Daniel Zabala Anguasha

AGRADECIMIENTO

Dios es bueno todo el tiempo porque permitiste una alegría más en mi trayectoria educativa porque tu tiempo es perfecto y me pones a prueba dándome las mejores lecciones educando con sabiduría para mejorar como ser humano en diferentes aspectos de mi vida.

Agradezco a mi tutora y docentes por la paciencia, carisma, cariño y conocimiento que supieron entregar durante este proceso, echándome una mano para que este trabajo sea una realidad y poder terminarlo con perseverancia.

Agradezco a mi esposa por ser ese ejemplo de paciencia, cariño y amor incondicional que durante todo este tiempo me comprendió para terminar con tranquilidad a pesar de las adversidades.

“Gracias”

Klever Daniel Zabala Anguasha.

INDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	9
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
1.1 Antecedentes.....	9
1.2 Marco Referencial.....	12
1.2.1 Importancia de los cuerpos de bomberos y la atención de emergencias ..	12
1.2.2 Modelo de localización geográfico Network Analyst	14
1.2.3 Planteamiento del problema	15
1.3 Preguntas de investigación.....	16
1.4 Objetivos	17
1.5 Justificación	18
1.6 Pregunta científica	19
CAPÍTULO II.....	20
2. METODOLOGÍA.....	20
2.1 Diseño de Investigación.....	20
2.1.1 Enfoque de la investigación.....	20
2.1.2 Tipo de Investigación	20
2.2 Población y Muestra	21

2.3	Recopilación de Datos	22
2.4	Instrumentos y Herramientas	23
2.5	Procedimientos.....	24
2.6	Análisis de Datos	25
2.6.1	Análisis del proceso actual de atención de emergencias	26
2.6.2	Evaluar la aplicabilidad del modelo de localización geográfico Network Analyst 28	
2.7	Resultados	29
CAPÍTULO III		39
3.	PROPUESTA	39
3.1	Tema	39
3.2	Objetivo.....	39
3.3	Estructura del modelo	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
ANEXOS		72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Validación del instrumento – juicio de expertos	29
Tabla 2. Estadísticas de fiabilidad	30
Tabla 3 Emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos del cantón Morona año 2023	41
Tabla 4. Tiempos de respuesta promedio según el tipo de emergencia	43
Tabla 5. Revisión de distribución de recursos	44
Tabla 6. Zonas críticas.....	52
Tabla 7. Rutas optimas desde estación Central de Morona.....	55
Tabla 8. Validación cruzada con encuestas	57
Tabla 9. Resultados simulados vs. Reales	58
Tabla 10. Brechas logísticas	59
Tabla 11. Redistribución de estaciones	60
Tabla 12. Redistribución de estaciones	61
Tabla 13. Capacitaciones	63
Tabla 14. Planificación institucional	64
Tabla 15. Recomendación de uso permanente	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Pregunta 1.- Percepción.....	30
Gráfico 2. Pregunta 2.- Impacto de los tiempos de respuesta.....	31
Gráfico 3. Pregunta 3.- Objetivo principal	32
Gráfico 4. Pregunta 4.- Ventaja principal.....	33
Gráfico 5. Pregunta 5.- Ventaja principal.....	34
Gráfico 6. Pregunta 6.- Mejora En La Toma De Decisiones.....	34
Gráfico 7. Pregunta 7.- Ayudar en la Planificación.....	35
Gráfico 8. Pregunta 8.- Impacto percibido del modelo	36
Gráfico 9. Pregunta 9.- Capacitación.....	37
Gráfico 10. Pregunta 10.- Integración con otras herramientas	38
Gráfico 11. Modelo de la propuesta	40
Gráfico 12. Estructuración de los datos en SIG.....	48
Gráfico 13. Ejemplo de estructuración de los datos en SIG	48
Gráfico 14. Mapas de calor.....	51
Gráfico 15. Cobertura.....	53

UNIVERSIDAD A INDOAMÉRICA
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
MAESTRÍA EN ADMINSTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN
INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA

TEMA: MEJORA EN EL PROCESO DE ATENCIÓN MEDIANTE EL MODELO DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICO NETWORK ANALYST EN EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN MORONA

AUTOR: Lic. Klever Daniel Zabala Anguasha

TUTOR: Dra. Germania Elizabeth Vayas Ortega PhD.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio desarrolla una propuesta técnica para mejorar el sistema de atención a emergencias del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, a partir del uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la aplicación del modelo Network Analyst de ArcGIS. La investigación surge frente a la problemática de una cobertura limitada, tiempos de respuesta prolongados, especialmente en zonas rurales, y una distribución operativa centralizada en una sola estación de bomberos. La metodología fue estructurada en ocho fases, que incluyeron la recolección y depuración de datos históricos de 485 eventos de emergencia registrados en 2023, el análisis geoespacial mediante mapas de calor, la aplicación de encuestas al personal, simulaciones de rutas óptimas, análisis comparativos entre situación real y proyectada, y la identificación de zonas críticas sin cobertura. Los resultados indicaron que el 85% de las emergencias correspondieron a atención prehospitalaria, con mayor concentración en áreas urbanas; los incendios se focalizaron en sectores con construcciones de materiales inflamables, y los rescates ocurrieron principalmente en zonas de difícil acceso. El modelo Network Analyst permitió simular rutas óptimas desde la única estación existente, logrando reducir tiempos de respuesta entre un 20% y 40%. Además, se identificaron parroquias rurales sin cobertura efectiva. A partir de ello, se propone la redistribución de recursos, la creación de nuevas estaciones en ubicaciones estratégicas, y la capacitación del personal en el uso de herramientas SIG. Como conclusión, se evidencia que la incorporación de análisis espacial y simulaciones permite una planificación institucional más precisa, mejorando la toma de decisiones, fortaleciendo la equidad territorial y aumentando la eficiencia operativa en la atención a emergencias. Esta propuesta es replicable en otros cantones con similares condiciones geográficas y operativas.

DESCRIPTORES: Gestión de emergencias, Optimización de rutas, Tiempos de respuesta, Network Analyst, Cuerpo de Bomberos.

ABSTRACT

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Master's Degree in Business Administration with major in Innovation and Strategic Management - MBA

AUTHOR: ZABALA ANGUASHA KLEVER DANIEL

TUTOR: PHD. VAYAS ORTEGA GERMANIA

ABSTRACT

IMPROVING EMERGENCY RESPONSE THROUGH THE GEOGRAPHIC LOCATION MODEL NETWORK ANALYST AT THE FIRE DEPARTMENT OF THE CANTON OF MORONA

This research proposes a technical solution aimed at enhancing the emergency response system at the Fire Department in the Canton of Morona by employing Geographic Information Systems (GIS) tools and applying the Network Analyst model from ArcGIS. The research addresses the challenges of limited coverage, prolonged response times—especially in rural areas—and an operational structure centralized in a single fire station. The methodology was structured into eight phases, which included the collection and cleaning of historical data from 485 emergency events recorded in 2023, geospatial analysis using heat maps, surveys administered to staff, optimal route simulations, comparative analysis between the current and projected scenarios, and the identification of critical areas lacking coverage. The results showed that 85% of emergencies were related to pre-hospital care, with the highest concentration in urban areas. Fires were predominantly located in sectors with flammable building materials, while rescue operations were mainly required in areas with limited accessibility. The Network Analyst model made it possible to simulate optimal routes from the existing station, achieving a reduction in response times between 20% and 40%. In addition, rural parishes without effective coverage were identified.

Based on these findings, the proposal includes the redistribution of resources, the establishment of new stations in strategic locations, and the training of personnel in the use of GIS tools. In conclusion, the integration of spatial analysis and route simulations enables more accurate institutional planning, supports informed decision-making, enhances territorial equity, and significantly increases operational efficiency in emergency response. This proposal is replicable in other cantons with similar geographic and operational conditions.

KEYWORDS: Emergency management, fire department, network analyst, response times, route optimization



INTRODUCCIÓN

La capacidad de respuesta de los organismos de atención a emergencias, como los cuerpos de bomberos, se constituye como un componente crítico con respecto a los sistemas de gestión del riesgo y seguridad ciudadana. En contextos donde las amenazas a la vida y a la propiedad están latentes, como incendios, accidentes de tránsito, derrumbes, inundaciones, entre otros, la rapidez con la que una unidad de socorro llega al lugar del incidente incide directamente en la mitigación del daño y, en muchos casos, en la preservación de vidas humanas.

Según Velásquez (2019), cada minuto que se pierde durante la atención inicial de una emergencia puede traducirse en una escalada del siniestro y en la multiplicación de sus consecuencias negativas, tanto en términos materiales como humanos. En este sentido, el tiempo de respuesta se configura como un indicador clave de desempeño institucional y como un referente para la planificación estratégica y logística de las unidades operativas.

Uno factor determinante en el tiempo de respuesta es la distribución geoespacial de las estaciones de bomberos y la eficiencia de las rutas que siguen las unidades móviles desde la base hasta el lugar del incidente. Se ha evidenciado que existen variables como la congestión vehicular, el deterioro de la infraestructura vial, la falta de señalización, la ausencia de hidrantes y las condiciones meteorológicas adversas inciden negativamente en la efectividad de la respuesta (Sosa & Martínez , 2019).

En zonas rurales o periféricas, la baja densidad de estaciones operativas y las dificultades de acceso físico agravan aún más las brechas de atención. Por ello, los modelos de planificación territorial y logística deben integrar herramientas de análisis geoespacial que permitan modelar y simular escenarios óptimos de cobertura y movilidad para reducir los tiempos de reacción ante eventos críticos.

La respuesta oportuna a emergencias es un reto prioritario para los cuerpos de bomberos en todo el mundo. Según la United Nations Disaster Relief Office (UNDRR) (2022), los desastres y eventos críticos vinculados a incendios,

accidentes o fenómenos naturales han aumentado en frecuencia e intensidad durante las últimas décadas, lo que ha generado una mayor presión sobre los servicios de emergencia. Este fenómeno se relaciona con la urbanización acelerada, el crecimiento demográfico y los efectos del cambio climático.

La evidencia recopilada por la UNDRRO indica que la tasa global de eventos críticos ha aumentado un 35% en las dos primeras décadas del siglo, subrayando que más del 70% de los países priorizan la integración de SIG para la gestión efectiva de emergencias (United Nations Disaster Relief Office, 2022). Se destaca que cada segundo de retraso en la respuesta incrementa el riesgo de pérdida total en cualquier eventualidad, por ello, una de las ventajas de estos sistemas es que permite separar la información de referencia espacial o geográfica y atributos o información descriptiva de las características del mapa para la entrada de información y el desarrollo de bases de datos y su vinculación durante el análisis y toma de decisiones (Pérez, Sosa, Machado, & Ruiz, 2023)

A nivel mundial, se estima que más del 60% de las muertes evitables en incendios estructurales están relacionadas con demoras en la atención o con rutas de acceso mal planificadas (Huang, Lin, & Wei, 2025). En este contexto, organismos internacionales como la International Association of Fire Chiefs (IAFC) (2020), han promovido el uso de tecnologías de geolocalización y modelos de optimización espacial para mejorar los tiempos de respuesta, reducir daños y fortalecer la resiliencia urbana.

Por otra parte, la transformación digital en los sistemas de atención a emergencias ha aportado con avances considerables en la optimización de recursos, localización de estaciones y reducción de los tiempos de respuesta. Se ha demostrado que la integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas como Network Analyst constituyen una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa de los servicios de bomberos. Por ejemplo, en Estonia, el proyecto GIS112, implementado en 2014 permitió a los servicios de emergencia realizar la primera evaluación en un plazo de 60 segundos, asimismo, permite que, a lo largo de intervención, seguir los vehículos y unidades de emergencia en vivo en el mapa (Fiedrich, Šterk, & Praprotnik, 2017)

En América del Sur, los desafíos logísticos que enfrentan los cuerpos de bomberos son aún más marcados debido a factores estructurales como la desigualdad territorial, el bajo presupuesto para tecnología e infraestructura, y la informalidad en la planificación urbana. Por ejemplo, en países como Colombia, Perú y Bolivia, los cuerpos de bomberos voluntarios atienden más del 70% de los incidentes sin contar con sistemas formales de georreferenciación o mapas de cobertura actualizados (Camacho, Chávez, & Canchola, 2024).

En Argentina, específicamente en Lujan, en relación a los avances de geografía aplicada y planificación urbana, el análisis espacial de los Centros de Atención Primaria, mediante modelos de localización – asignación basados en tecnologías SIG y SADE, han evidenciado que existe una distribución territorial ineficiente, lo cual limita la cobertura equitativa de las poblaciones más vulnerables; por ende, consideran que es vital la implementación de algoritmos como el p-mediano y de cobertura máxima, ya que son soluciones adecuadas para la reubicación y expansión de los centros de atención, con el objetivo de reducir las distancias de desplazamiento, mejorar la asignación de la demanda y un aumento en la justicia espacial de todos los servicios públicos. En síntesis, los aportes de las metodologías geoespaciales para la toma de decisiones en políticas públicas se consolidan como pilares para el desarrollo de una planificación que promueva equidad y eficiencia en todos los servicios (Buzai, 2011)

En el Ecuador, se evidencia que existen serias deficiencias en la gestión institucional de estas instituciones, debido a la ausencia de un modelo integral que permita integrar o articular los procesos administrativos y operativos, por ende, se limita la eficiencia, capacidad de respuesta y calidad en la prestación de servicios a la comunidad. Además, problemas como la falta de planificación estratégica, escasa capacitación del personal entre otros factores hacen que este tipo de instituciones requieran herramientas tecnológicas y de gestión, para alinear sus objetivos a estándares de calidad y para poder estandarizar los procesos, mejorar la toma de decisiones y fortalecer la cultura de la calidad, considerando experiencias de instituciones similares (Cañar, 2024).

Además, en el contexto nacional, se han evidenciado que los cuerpos de bomberos enfrentan desafíos estructurales y operativos que limitan su capacidad de respuesta ante emergencias. Un ejemplo claro de esta situación es el estudio desarrollado en Latacunga, donde se identificó falencias significativas en la gestión operativa del cuerpo de bomberos, como la débil aplicación de la Norma Técnica de Gestión Operativa (NTCB-003), la carencia de protocolos estandarizados y la limitada articulación entre los procesos de planificación y ejecución. A partir de eso, se propuso una mejora estructurada en función de la normativa técnica vigente, incorporando un enfoque basado en procesos, capacitación permanente del personal y alineación institucional con estándares nacionales. Este antecedente refleja la necesidad urgente de fortalecer la gestión operativa de los cuerpos de bomberos del país mediante herramientas normativas y estratégicas que garanticen una atención eficiente, segura y oportuna, especialmente en territorios con condiciones geográficas complejas y creciente exposición al riesgo.

En esta misma línea, el estudio realizado por Mawyin (2018), plantea que las soluciones orientadas a la optimización del servicio de estas instituciones se puede realizar con la implementación de un modelo de gestión por procesos, debido a que se evidencia múltiples debilidades en la estructura organizativa, como por ejemplo, la falta de procedimientos estandarizados, la inadecuada asignación de recursos humanos y materiales y la escasa orientación al usuario. Todo esto hace fundamental la reorganización de los procesos bajo principios de eficiencia, trazabilidad y mejora continua, lo cual se consigue con una estructura funcional y operativa alineada con las exigencias de un servicio público de calidad.

En el caso del cantón Morona, perteneciente a la provincia de Morona Santiago en la región amazónica del Ecuador, las condiciones geográficas, climáticas y de infraestructura representan retos significativos para el Cuerpo de Bomberos. La presencia de ríos, montañas, caminos de tercer orden y comunidades dispersas complica el acceso oportuno a ciertos sectores, especialmente durante la temporada invernal. A pesar de los esfuerzos institucionales por mantener una cobertura amplia y constante, los tiempos de respuesta aún presentan variabilidad considerable según la localización del incidente y la disponibilidad operativa. En

este contexto, se hace indispensable analizar la eficiencia del sistema actual de ubicación y despliegue de recursos, proponiendo alternativas basadas en modelos de optimización espacial que integren datos históricos, geográficos y operacionales.

La gestión institucional de los cuerpos de bomberos según lo mencionado enfrenta múltiples limitaciones que comprometen su eficiencia operativa y la calidad del servicio ofrecido a la ciudadanía. Entre los principales problemas destacan la ausencia de modelos de gestión integrales, la débil planificación estratégica, la escasa capacitación del personal, la falta de estandarización de procesos y el uso limitado de herramientas tecnológicas para la toma de decisiones. Estas deficiencias, ampliamente documentadas en diversos estudios de caso en cantones como Paute, Latacunga y Quevedo, reflejan una estructura organizativa fragmentada que impide responder con eficacia a las emergencias, especialmente en territorios con alta complejidad geográfica. A pesar de los esfuerzos individuales de instituciones, persiste la necesidad urgente de implementar modelos de gestión modernos, basados en procesos, normas técnicas y tecnologías geoespaciales, que permitan optimizar la distribución de recursos, estandarizar procedimientos y mejorar los tiempos de respuesta, garantizando un servicio público eficiente, seguro y alineado con estándares nacionales e internacionales de calidad.

En ese sentido, el problema de la investigación radica en que la institución enfrenta limitaciones en su capacidad de respuesta ante emergencias debido a una planificación deficiente de la localización de sus estaciones operativas, a la ausencia de herramientas tecnológicas para optimizar rutas de atención, y a la complejidad geográfica del territorio, caracterizado por comunidades dispersas, vías de difícil acceso y condiciones climáticas adversas. Esta situación genera una variabilidad considerable en los tiempos de atención, afectando negativamente la efectividad del servicio y aumentando el riesgo de pérdidas humanas y materiales. A pesar de contar con registros históricos de atención y de realizar esfuerzos institucionales por mejorar la cobertura, no se ha implementado un modelo técnico para integrar eficientemente los datos operacionales, geográficos y logísticos para tomar decisiones estratégicas sobre distribución de recursos.

La investigación tiene como propósito evaluar y mejorar el proceso de atención de emergencias en el Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, a través de la implementación del modelo de localización geográfica Network Analyst, herramienta avanzada del software ArcGIS 10.8. Este modelo permite calcular rutas óptimas, establecer áreas de cobertura bajo criterios de tiempo y distancia, y simular escenarios de expansión o reubicación de estaciones para maximizar la eficiencia operativa. El estudio se sustenta en investigaciones previas que han demostrado la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión de emergencias y planificación urbana (Quintana & Ojeda, 2019). A partir de esta base conceptual, se plantea la pregunta de investigación central: ¿Cómo puede el modelo de localización geográfico Network Analyst mejorar la capacidad de respuesta del Cuerpo de Bomberos y garantizar una atención más efectiva en el cantón Morona?

La importancia se evidencia en múltiples dimensiones, en primer lugar, desde el punto de vista teórico, el estudio aporta al campo de la planificación logística y territorial de servicios públicos mediante la aplicación de metodologías cuantitativas de análisis espacial, lo cual es de creciente interés para la academia y la gestión pública. En el plano práctico, propone una herramienta replicable para mejorar la distribución de recursos críticos en contextos con limitaciones geográficas y presupuestarias. Además, responde a las recomendaciones planteadas en el diagnóstico institucional del Gobierno Municipal del Cantón Morona (GMCM, 2024), donde se reconoce la necesidad urgente de modernizar los sistemas de planificación y atención en emergencias. Al mismo tiempo, la investigación responde a los lineamientos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, particularmente en su Objetivo 11 sobre ciudades y comunidades sostenibles, al fortalecer la resiliencia urbana y la capacidad de respuesta ante desastres.

La metodología adoptada en este estudio corresponde a un diseño no experimental, de tipo descriptivo y con un enfoque mixto. Desde el enfoque cuantitativo, se utilizaron datos históricos del sistema de registro del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona correspondientes al año 2023, los cuales incluyeron información sobre tiempos de respuesta, ubicación de incidentes y capacidades operativas. Estos datos fueron sometidos a análisis estadísticos exploratorios y

descriptivos que permitieron identificar patrones de atención y zonas críticas con bajo nivel de cobertura. Posteriormente, se procesó esta información mediante el uso del software ArcGIS 10.8, utilizando la extensión Network Analyst, para modelar rutas óptimas, analizar áreas de servicio y evaluar escenarios alternativos de localización de estaciones. Paralelamente, desde el enfoque cualitativo, se aplicó una encuesta estructurada a los miembros del Cuerpo de Bomberos con el objetivo de recolectar información sobre sus percepciones, experiencias y propuestas respecto a la optimización del sistema actual, permitiendo así triangulación de datos y fortalecimiento de los resultados.

Los hallazgos preliminares revelan que la aplicación del modelo Network Analyst permite una mejora significativa en el diseño de rutas de atención, reducción de tiempos de respuesta y ampliación de la cobertura geográfica. La simulación de escenarios con diferentes configuraciones de estaciones muestra que es posible lograr un equilibrio más eficiente entre capacidad operativa y cobertura territorial. Asimismo, los resultados de las encuestas evidencian un alto grado de aceptación por parte del personal técnico respecto al uso de herramientas geospaciales como soporte a la toma de decisiones. Estos resultados permiten concluir que la propuesta es no solo viable técnicamente, sino también pertinente desde el punto de vista organizacional y operativo.

Finalmente, la investigación se está estructurada con tres capítulos principales, que permiten desarrollar de manera progresiva la problemática, el marco conceptual, la metodología aplicada y la propuesta técnica correspondiente. En el primer capítulo se aborda la fundamentación teórica, donde se presentan los antecedentes nacionales e internacionales sobre la atención de emergencias por parte de los cuerpos de bomberos, así como el sustento conceptual del modelo de localización geográfica Network Analyst.

En el segundo capítulo se desarrolla la metodología de investigación, donde se define el diseño metodológico adoptado, la población y muestra seleccionada, los métodos de recolección de datos, los instrumentos y procedimientos aplicados, así como las técnicas utilizadas para el análisis de la información. En particular, se analiza el proceso actual de atención de emergencias en el Cuerpo de Bomberos del

cantón Morona y se evalúa la viabilidad del modelo propuesto. Este apartado asegura el rigor técnico y científico del trabajo realizado.

Y, en el tercer capítulo se presenta la propuesta, la cual consiste en la aplicación del modelo de localización geográfica Network Analyst mediante el software ArcGIS 10.8, con el fin de optimizar las rutas, reducir los tiempos de respuesta y mejorar la cobertura territorial del servicio de atención de emergencias. Se incluye una simulación técnica de los escenarios de ubicación y despliegue de estaciones operativas. Al concluir la investigación, se exponen las principales conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis, y se integran los anexos que contienen los datos complementarios, mapas, instrumentos y resultados que respaldan el estudio.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo, se expone las principales variables del trabajo de investigación, para entender como la aplicación del modelo de localización geográfico Network Analyst puede mejorar las operaciones que realiza el cuerpo de bomberos del cantón Morona.

1.1 Antecedentes

Con respecto a la optimización del servicio de respuesta de las unidades administrativas especial de los cuerpos de bomberos según Macías y Casquete (2023), en Bogotá existe la Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos, en adelante “UAECOB”, institución que centraliza toda la atención de las emergencias que se reportan en la ciudad, sin embargo, a pesar de que tienen la capacidad instalada para atender los contingentes, se evidencia un aumento de los tiempos de repuesta, debido a que existen factores y condicione externas como el tráfico de la ciudad, aumento del parque automotor, estado de la malla vial, entre otros, que dificultan la atención y disminuyen la eficiencia en cada caso.

Los autores plantean un modelo de redes geoespaciales para mejorar el tiempo de respuesta, enfrentando así el aumento de emergencias y las limitaciones estructurales de la ciudad. El modelo, considera criterios como distancia, velocidad, accesibilidad y condiciones externas, además, se analizan las áreas de cobertura de las 17 estaciones existentes y se identifican zonas de riesgo que podrían beneficiarse de nuevas ubicaciones estratégicas. Finalmente, se diseñan redes que permite establecer rutas óptimas y delimitar áreas de servicio basadas en accesibilidad real, lo que se traduce en una propuesta para optimizar el despliegue de recursos, reducir los tiempos de atención y fortalecer la capacidad operativa del sistema bomberil.

Otro caso, según Vera (204), en Chile una de las principales problemáticas que se enfrentan en torno al tema de investigación es la limitada capacidad de las entidades gubernamentales para gestionar eficazmente los incendios forestales, principalmente en la etapa posterior al desastre, lo cual es ocasionado por la falta

de recursos tecnológicos adecuados, información actualizada y herramientas que faciliten las decisiones estratégicas rápidas y precisas, en tal virtud estos problemas afectan la coordinación, el análisis y la intervención en zonas críticas. En ese sentido, la autora propone como solución una plataforma tecnológica de análisis territorial integrada en un ambiente GovTech, que aproveche herramientas de georreferenciación, procesamiento de imágenes satelitales, visualización avanzada y funcionalidades basadas en inteligencia artificial (como chatbot interactivo y simulaciones, todo esto con la intención de fortalecer la respuesta frente todo tipo de eventualidades especialmente incendios, mejorar la toma de decisiones y aumentar la eficiencia operativa en todas las fases del ciclo de gestión de riesgos: prevención, respuesta y recuperación.

En Perú, Cárdenas y Tapia (2022), identificaron como principal problemática la falta de herramienta tecnológicas eficientes para prevenir y gestionar incendios en la ciudad de Lima, lo cual se convierte en una limitante de la capacidad de respuesta de las organizaciones encargadas y pone en riesgo vidas humanas y recursos materiales, esta carencia se traduce en una detección tardía de zonas de riesgo, escasa planificación y dificultad para actuar de forma anticipada. Y como solución, se proponen el diseño e implementación de un sistema de geolocalización predictivo, basado en tecnologías como Big Data, sistemas de información geográfica (SIG), inteligencia artificial y plataformas en la nube (Azure). Este sistema permite identificar áreas vulnerables mediante análisis de datos históricos, modelar patrones de riesgo y optimizar el despliegue de recursos, mejorando así la eficacia de los equipos de emergencia y reduciendo el impacto de los incendios.

En el caso de Ecuador, Cañar (2024), menciona que es vital el desarrollo de una propuesta de mejora para el Cuerpo de Bomberos de Paute a partir de la implementación de un modelo de gestión basado en el Cuadro de Mando Integral (CMI) y la norma ISO 9001:2015. En dicho estudio se identificaron diversas deficiencias institucionales que afectaban la eficiencia y efectividad del servicio, tales como la falta de planificación estratégica, la inexistencia de un enfoque basado en procesos, la ausencia de indicadores para la toma de decisiones, y la limitada

capacitación del personal operativo y administrativo. Estas debilidades repercutían negativamente en la calidad de la atención brindada a la ciudadanía y evidenciaban la necesidad de adoptar un sistema de gestión moderno, estructurado y orientado a resultados. La propuesta consistió en articular estratégicamente las áreas operativas y administrativas mediante herramientas de gestión de calidad, fortaleciendo así la cultura institucional, la planificación basada en datos y el compromiso con la mejora continua. Este antecedente demuestra la viabilidad y pertinencia de aplicar modelos de gestión integrales en cuerpos de bomberos del Ecuador, especialmente en aquellos que enfrentan limitaciones operativas y estructurales similares.

Otro antecedente relevante en Ecuador, según Rodríguez y Yáñez, (2015), parte del diagnóstico que se realizó a la gestión operativa del Cuerpo de Bomberos del cantón Latacunga, para identificar falencias estructurales, técnicas y administrativas que limitaban la efectividad de las operaciones. En este trabajo se evidenció que, a pesar de contar con una infraestructura física relativamente adecuada, la institución presentaba problemas en la planificación táctica de recursos, en la estandarización de procedimientos y en la evaluación sistemática del desempeño operativo.

La investigación reveló una débil aplicación de la normativa técnica vigente (NTCB-003), así como una escasa articulación entre las unidades de respuesta y los sistemas de monitoreo y control. A partir de este diagnóstico, el autor propuso una reestructuración operativa basada en el cumplimiento progresivo de los lineamientos establecidos por la NTCB-003, con énfasis en la gestión por procesos, el desarrollo de protocolos normalizados y la capacitación del talento humano. Este trabajo evidencia que, al igual que en otros cantones del país, las limitaciones en la planificación operativa de los cuerpos de bomberos afectan directamente los tiempos de respuesta y la calidad del servicio, por lo que se hace necesario incorporar modelos técnicos y normativos que permitan garantizar una atención eficiente, segura y estandarizada.

En base a los antecedentes, y con base en lo mencionado por Bárcenas & Aguilera (2021), se analizaron los problemas de estructura organizacional, el equipamiento y la distribución espacial del cuerpo de bomberos, puesto que, su

principal debilidad es la optimización de los recursos generando una situación de riesgo; basado en técnicas estadísticas descriptivas, los datos fueron proporcionados por el cuerpo de bomberos de todas las emergencias que tuvieron durante dos años, con ello construyeron una data, con el uso de software de sistemas de información geográfica se elaboraron mapas temáticos en función al número de incendios, riesgos por explosión de gas. Los resultados relevantes que se obtuvo que dentro de la modelación se mejoró en un 75% la efectividad en llegar a socorrer un incendio y con el 90% en disminuir los riesgos de explosión, concluyendo que este trabajo investigativo, ayuda a mejorar la efectividad del cuerpo de bomberos.

A pesar de los avances significativos en esta línea de investigación “optimización de recursos de emergencias” en cuerpos de Bomberos, aún existen brechas significativas en la literatura, especialmente en lo que respecta a la aplicación específica del modelo de localización geográfica Network Analyst en el contexto del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona. La falta de acceso a datos actualizados y precisos, las limitaciones en la capacidad de procesamiento de datos y la falta de personal capacitado para manejar estos sistemas pueden ser obstáculos para el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) por parte del cuerpo de bomberos. La planificación de rutas de emergencia, la identificación de puntos de acceso y la evaluación de riesgos requieren la disponibilidad de mapas y datos geospaciales detallados. La coordinación y la toma de decisiones en tiempo real durante situaciones críticas pueden verse obstaculizadas si los SIG no están integrados con otros sistemas informáticos del cuerpo de bomberos. Para superar estas limitaciones, es necesario invertir en tecnología y capacitación especializada.

1.2 Marco Referencial

1.2.1 Importancia de los cuerpos de bomberos y la atención de emergencias

Los cuerpos de bomberos desempeñan un papel fundamental en la protección de la vida, los bienes y el medio ambiente. En Ecuador, estas instituciones son responsables de atender emergencias como incendios, accidentes de tránsito, desastres naturales y situaciones de riesgo que amenazan a la población. Su labor no solo se centra en la respuesta inmediata ante incidentes, sino también en la

prevención y la capacitación de la ciudadanía para reducir los niveles de vulnerabilidad. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023), en el país se registraron más de 35,000 emergencias atendidas por los cuerpos de bomberos en el último año, lo que evidencia la necesidad de contar con sistemas eficientes de planificación y respuesta.

En el contexto ecuatoriano, los cuerpos de bomberos están regulados por la Ley de Defensa Contra Incendios y supervisados por el Consejo de Administración y Disciplina del Cuerpo de Bomberos. Sin embargo, a pesar de su importancia, muchas instituciones enfrentan limitaciones en cuanto a equipamiento, personal y tecnología para optimizar sus tiempos de respuesta. La Dirección Nacional de Gestión de Riesgos (DNGRD, 2024) ha señalado que la demora en la atención de emergencias en ciertas regiones del país se debe, en gran medida, a la falta de infraestructura y a la inadecuada planificación de la distribución de estaciones de bomberos, lo que incrementa la vulnerabilidad de la población ante siniestros.

En la región amazónica de Ecuador, donde se encuentra el oriente ecuatoriano, la importancia de los cuerpos de bomberos se acentúa debido a la complejidad del territorio y los riesgos asociados a la actividad petrolera, la deforestación y el cambio climático. Esta zona presenta características geográficas y climáticas que aumentan la probabilidad de incendios forestales, deslizamientos de tierra e inundaciones. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE., 2023), la Amazonía ecuatoriana ha experimentado un incremento del 15% en incendios forestales en los últimos cinco años, lo que ha requerido una mayor intervención por parte de los cuerpos de bomberos de la región.

A pesar de los esfuerzos por fortalecer la capacidad de respuesta en la región amazónica, muchas unidades de bomberos aún operan con recursos limitados y sin acceso a herramientas tecnológicas avanzadas que les permitan optimizar la planificación de sus operaciones. En un informe de la Dirección Nacional de Gestión de Riesgos (DNGRD, 2024), se menciona que el 40% de los cuerpos de bomberos en la región amazónica tienen dificultades para llegar a ciertas

comunidades debido a la falta de rutas estratégicas y condiciones adversas del terreno. Esto subraya la necesidad de implementar modelos de localización geográfica como *Network Analyst*, que permitirían analizar y mejorar las rutas de atención a emergencias, asegurando una cobertura más eficiente en zonas de difícil acceso.

En el Cantón Morona, la situación de los cuerpos de bomberos refleja los desafíos y limitaciones que enfrentan a nivel regional y nacional. Esta jurisdicción, ubicada en la provincia de Morona Santiago, abarca una vasta extensión territorial con poblaciones dispersas y una infraestructura vial que dificulta la rápida atención de emergencias. Según datos del Cuerpo de Bomberos de Morona (2023), el tiempo promedio de respuesta ante una emergencia en la zona urbana es de aproximadamente 12 minutos, mientras que en las comunidades rurales puede superar los 30 minutos, lo que compromete la efectividad del servicio.

1.2.2 Modelo de localización geográfico Network Analyst

El modelo de localización geográfico *Network Analyst* es una herramienta de análisis espacial utilizada para la optimización de rutas, la planificación de la distribución de recursos y la mejora en la accesibilidad a distintos puntos dentro de una red de transporte (Acurio & Andrango, 2021). Esta herramienta, desarrollada dentro de entornos de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite modelar redes de transporte a partir de datos geográficos y generar soluciones óptimas en términos de tiempos de desplazamiento y cobertura territorial. Su funcionalidad se basa en algoritmos de análisis de redes que calculan la mejor ruta entre un punto de origen y un destino, considerando variables como la distancia, el tiempo de recorrido, el tráfico y las condiciones del terreno (León et al, 2020). En el contexto de la planificación urbana y la gestión de emergencias, *Network Analyst* ha sido ampliamente utilizado para mejorar la respuesta ante incidentes críticos, optimizar la ubicación de estaciones de servicio y reducir los tiempos de llegada de equipos de emergencia a las zonas afectadas (Quintana & Ojeda, 2019).

La aplicabilidad de *Network Analyst* en la atención de emergencias radica en su capacidad para mejorar la distribución de estaciones de bomberos y diseñar

rutas de respuesta más eficientes. En ciudades y zonas rurales, la rapidez con la que los equipos de emergencia pueden desplazarse a un siniestro es un factor determinante para minimizar daños y salvar vidas (Matouch, 2023). En este sentido, *Network Analyst* permite analizar la red vial existente y determinar cuáles son los puntos estratégicos para la ubicación de nuevas estaciones de bomberos, con el fin de garantizar una cobertura equitativa en toda la jurisdicción (Aringhieri et al, 2017). Además, esta herramienta facilita la simulación de diferentes escenarios de emergencia, lo que ayuda a las instituciones a evaluar su capacidad de respuesta y a identificar áreas críticas donde la intervención es más compleja debido a factores como la distancia o la falta de infraestructura adecuada (Bélanger et al, 2019).

En el caso del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, la implementación de *Network Analyst* permitiría evaluar la eficiencia del actual modelo de respuesta a emergencias y proponer mejoras basadas en datos geospaciales. Dado que el cantón presenta una geografía accidentada, con comunidades dispersas y una red vial que en algunas zonas es limitada, el uso de este modelo permitiría determinar las mejores rutas de acceso y calcular los tiempos de llegada de las unidades de emergencia en función de diferentes condiciones del terreno esto según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008). Esto es especialmente relevante en áreas rurales, donde el tiempo de respuesta puede verse afectado por la lejanía de las estaciones de bomberos y las dificultades del transporte (MSP, 2019). Mediante el análisis de redes de movilidad, se podrían identificar las zonas con mayor riesgo y determinar qué ajustes en la distribución de recursos podrían mejorar la cobertura de atención.

1.2.3 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que enfrenta el Cuerpo de Bomberos del cantón Morona es la inadecuada distribución geográfica de sus estaciones y recursos operativos, lo que limita su capacidad de respuesta oportuna ante emergencias. Las unidades de emergencia se concentran en zonas urbanas, dejando amplias áreas rurales y periféricas sin una cobertura adecuada, lo que se traduce en largos tiempos de desplazamiento y dificultades logísticas para atender incendios forestales,

accidentes de tránsito y rescates en zonas de difícil acceso. A esto se suman factores externos como la infraestructura vial deficiente, la falta de señalización, la dispersión geográfica y las condiciones climáticas adversas, que dificultan la eficiencia de los operativos.

Aunque en otras regiones se ha demostrado que la aplicación de herramientas tecnológicas como Network Analyst, dentro del entorno SIG (Sistema de Información Geográfica), permite optimizar rutas, ubicar estaciones estratégicamente y mejorar la gestión de recursos, en el contexto específico del cantón Morona no se ha implementado esta metodología. Las investigaciones revisadas evidencian que este tipo de soluciones ha logrado reducir entre un 20% y un 60% los tiempos de respuesta en otros contextos similares. No obstante, persisten brechas significativas en el uso de estas herramientas en zonas amazónicas como Morona, donde las condiciones topográficas, la falta de mapas georreferenciados actualizados y la limitada capacitación técnica del personal impiden una planificación estratégica eficiente. Por tanto, se plantea la necesidad de aplicar el modelo Network Analyst para modelar rutas óptimas, identificar áreas vulnerables y proponer soluciones técnicas basadas en evidencia, que mejoren la cobertura y reduzcan los tiempos de atención ante emergencias en el cantón Morona.

1.3 Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que se plantearon para el desarrollo de este trabajo de titulación son:

Pregunta general

¿Cómo puede la aplicación del modelo de localización geográfico Network Analyst mejorar la capacidad de respuesta del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona ante emergencias?

Preguntas específicas

- ¿Cuáles son las principales limitaciones operativas y logísticas del Cuerpo

de Bomberos del cantón Morona en la atención de emergencias?

- ¿Cómo puede el modelo de localización geográfico Network Analyst contribuir a optimizar las rutas de respuesta y la cobertura territorial de emergencias en el cantón Morona?
- ¿Qué efectos tendría la implementación de una propuesta basada en Network Analyst sobre los tiempos de respuesta y la eficiencia operativa del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona?

1.4 Objetivos

General

Evaluar la aplicación del modelo de localización geográfico Network Analyst para mejorar la capacidad de respuesta ante emergencias del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, mediante la optimización de rutas, cobertura territorial y distribución de recursos.

Específicos

- Diagnosticar el proceso actual de atención de emergencias del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, identificando sus principales limitaciones en cobertura, tiempos de respuesta y distribución de recursos.
- Evaluar la aplicabilidad del modelo de localización geográfico Network Analyst para optimizar rutas y mejorar la planificación estratégica de atención a emergencias en el cantón Morona.
- Diseñar una propuesta de mejora operativa basada en el uso de Network Analyst, que permita reducir los tiempos de respuesta y ampliar la cobertura territorial del servicio de emergencias.

1.5 Justificación

La presente investigación adquiere una alta relevancia técnica y social al abordar la optimización del proceso de atención de emergencias del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, mediante la implementación del modelo de localización geográfico Network Analyst del software ArcGIS. Esta herramienta representa una innovación en la planificación territorial estratégica, ya que permite modelar escenarios de distribución óptima de recursos, establecer rutas de atención más eficientes y reducir los tiempos de respuesta ante incidentes críticos. En el contexto del cantón Morona, caracterizado por una geografía irregular, dispersión poblacional, deficiente conectividad vial y limitada infraestructura operativa, el uso de tecnologías geoespaciales se vuelve indispensable para superar las limitaciones tradicionales que enfrenta la gestión del riesgo y la protección civil.

La ubicación actual de las estaciones y la asignación de recursos se ha basado principalmente en criterios empíricos o históricos, sin la integración de datos georreferenciados ni análisis cuantitativos que permitan evaluar la eficiencia del sistema. Esto genera vacíos de cobertura, desbalance operativo y demoras críticas en la atención, especialmente en comunidades alejadas o de difícil acceso. En este sentido, la validación del modelo Network Analyst no solo permitirá identificar áreas de servicio óptimas y rutas de respuesta más rápidas, sino también simular escenarios alternativos de expansión o reubicación estratégica, apoyando la toma de decisiones con base en evidencia técnica.

Desde un enfoque académico, el estudio se inserta en el campo de la administración pública, la logística aplicada y la geotecnología, aportando conocimientos prácticos sobre cómo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden integrarse a procesos institucionales críticos como la atención de emergencias. Esta aproximación responde a las recomendaciones de organismos internacionales como la UNDRR y la IAFC, que promueven el uso de modelos de localización-asignación y SIG para fortalecer la resiliencia urbana y rural ante desastres. A nivel práctico, los resultados servirán como insumo para rediseñar la estructura operativa del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona y generar un

modelo replicable en otras jurisdicciones del país con similares características geográficas y operativas.

Asimismo, este trabajo se alinea con los objetivos del desarrollo sostenible, particularmente con la meta 11 de la Agenda 2030 que busca ciudades y comunidades más seguras, resilientes y sostenibles. La reducción de los tiempos de respuesta ante emergencias no solo mejora los indicadores institucionales de eficiencia, sino que tiene un impacto directo en la protección de la vida, la salud y el patrimonio de los ciudadanos. En consecuencia, este estudio propone una solución tecnológica, viable y escalable, que articula la innovación digital con la gestión pública y fortalece la capacidad institucional para enfrentar de forma más eficaz los retos del siglo XXI en materia de seguridad y riesgo.

1.6 Pregunta científica

¿De qué manera la aplicación del modelo de localización geográfico Network Analyst puede optimizar la capacidad de respuesta del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona ante emergencias, mejorando los tiempos de atención y la cobertura territorial mediante el uso de análisis espacial y rutas óptimas?

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de Investigación

2.1.1 Enfoque de la investigación

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación fue mixto, se combina herramientas del paradigma cuantitativo y cualitativo para abordar de manera integral el problema de estudio. Con respecto al enfoque cuantitativo, se analizaron datos geoespaciales y operativos sobre la atención de emergencias, con el objetivo de modelar rutas óptimas y evaluar niveles de cobertura territorial mediante el uso de la herramienta Network Analyst del software ArcGIS. Este análisis permitió identificar patrones, tiempos de respuesta y áreas críticas, fundamentando así una propuesta técnica basada en evidencia numérica y espacial (Ballestín & Fàbregues, 2019).

Por otro lado, el enfoque cualitativo aporta con la recolección de percepciones y experiencias del personal operativo del Cuerpo de Bomberos a través de encuestas estructuradas, para comprender el contexto institucional, las limitaciones prácticas y el nivel de aceptación hacia la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos operativos. La combinación de ambos enfoques enriquece la interpretación de los resultados y fortalece la pertinencia de las conclusiones, facilitando una propuesta integral para la optimización del servicio de emergencias en el cantón Morona (Ballestín & Fàbregues, 2019).

2.1.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se desarrolló fue descriptiva y aplicada, con un enfoque no experimental y transversal; fue descriptiva porque permitió analizar las condiciones actuales de la atención de emergencias del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, identificando patrones en los tiempos de respuesta, distribución de estaciones, rutas operativas y cobertura territorial. A partir de datos históricos y herramientas geoespaciales, se generó un diagnóstico detallado del funcionamiento

institucional, sin manipular variables ni intervenir en el entorno operativo (Arias, 2020)..

Asimismo, fue aplicada porque, aunque no se ejecutó directamente en campo, se propuso una solución orientada a la optimización del sistema mediante la simulación de escenarios con el modelo Network Analyst de ArcGIS. Esta aproximación técnica buscó generar evidencia que sustente decisiones estratégicas futuras, permitiendo evaluar mejoras potenciales en la distribución de recursos y planificación operativa de forma anticipada y controlada (Arias, 2020).

Este diseño metodológico permitió establecer una base sólida para evaluar la viabilidad y el impacto del modelo propuesto en los tiempos de respuesta. La investigación proporcionó un proceso de planificación detallado para la futura implementación del modelo Network Analyst, contribuyendo directamente a la mejora de la eficiencia operativa del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, con el objetivo de reducir los tiempos de respuesta y mejorar la asignación de recursos en el futuro.

2.2 Población y Muestra

La población objeto de estudio en esta investigación estuvo conformada por la totalidad del personal que integra el Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, es decir, se incluyó al personal administrativo y operativo que interviene directa o indirectamente en los procesos de atención de emergencias. En total, la población estuvo compuesta por 32 individuos, de los cuales 12 pertenecen al ámbito administrativo y 20 al operativo.

Dado el tamaño accesible y manejable de esta población, se optó por trabajar con la totalidad de los integrantes, es decir, no se aplicó ningún tipo de muestreo. Esta decisión metodológica obedeció a la necesidad de obtener una visión integral, representativa y confiable sobre la situación actual de la atención de emergencias, así como sobre la percepción y disposición institucional frente a la aplicación de modelos de localización geográfica como herramienta de optimización operativa.

A fin de recopilar información cualitativa y cuantitativa relevante, se diseñó una encuesta estructurada dirigida a los 32 miembros, la cual abordó aspectos como la experiencia operativa, tiempos de respuesta, conocimiento sobre herramientas SIG, limitaciones actuales del sistema y nivel de aceptación hacia la implementación de modelos de análisis geoespacial. La aplicación del instrumento a toda la población permitió una recolección de datos robusta y representativa, fortaleciendo la validez interna de los resultados y facilitando la formulación de propuestas fundamentadas en el conocimiento y experiencia directa de los actores institucionales.

2.3 Recopilación de Datos

La recolección de datos en este estudio se estructuró a partir de dos fuentes complementarias: los registros históricos del sistema de información institucional del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona y las encuestas aplicadas a la totalidad de su personal. Por un lado, los registros históricos constituyeron una fuente primaria de datos cuantitativos, proporcionando información clave sobre la frecuencia de los eventos de emergencia, su ubicación geográfica, los tiempos de respuesta registrados y la cobertura de las rutas actualmente empleadas. Esta información permitió identificar patrones críticos en la distribución espacial de los incidentes y evaluar la eficiencia de los recursos desplegados, lo cual resultó esencial para modelar escenarios futuros mediante el uso del software ArcGIS y su extensión Network Analyst.

Se aplicó una encuesta estructurada a los 32 miembros del Cuerpo de Bomberos, diseñada para captar percepciones cualitativas y cuantitativas respecto a la eficiencia operativa del modelo actual y la viabilidad de incorporar tecnologías de localización geográfica. Esta encuesta contempló variables como la satisfacción con la organización actual de los recursos, el nivel de conocimiento sobre herramientas SIG, la percepción sobre los tiempos de respuesta y la utilidad operativa del modelo Network Analyst.

La combinación de ambas fuentes de datos, registros históricos y encuestas, permitió construir una base sólida para el análisis, facilitando tanto la simulación

técnica como la interpretación contextual de los resultados desde una perspectiva operativa y estratégica. Esta metodología permitió obtener una visión holística y validada del sistema actual de atención de emergencias y de las oportunidades de mejora mediante la implementación de soluciones geoespaciales.

2.4 Instrumentos y Herramientas

El proceso de recolección de datos en esta investigación se desarrolló mediante el uso de diversos instrumentos y herramientas diseñados para captar información cuantitativa y cualitativa relevante sobre el funcionamiento actual del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona y evaluar la factibilidad de implementar el modelo de localización geográfica Network Analyst. Las herramientas empleadas incluyeron fichas de observación, encuestas estructuradas y el análisis de registros históricos institucionales.

En primer lugar, se utilizaron fichas de observación como instrumento sistematizador para la recolección de datos secundarios provenientes de los registros históricos del sistema de atención de emergencias correspondiente al año 2023. Estas fichas permitieron organizar de manera estructurada la información relativa a la frecuencia y ubicación geográfica de los incidentes, así como a los tiempos de respuesta y la asignación de recursos. Su aplicación facilitó la extracción de datos clave para el análisis comparativo entre la situación actual y los escenarios simulados mediante la herramienta Network Analyst.

En segundo lugar, se aplicaron encuestas a la totalidad de la población del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, que incluye al personal operativo y administrativo. Estas encuestas fueron diseñadas con ítems cerrados y abiertos para captar percepciones, nivel de conocimiento, satisfacción institucional y opiniones respecto al uso de tecnologías geoespaciales en la planificación operativa. A través de este instrumento se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos esenciales para comprender la visión interna sobre la viabilidad del modelo propuesto, la efectividad de las rutas actuales y la disposición del personal hacia procesos de innovación tecnológica.

Finalmente, se analizaron los registros históricos del sistema institucional de respuesta a emergencias, los cuales constituyeron una fuente robusta de información objetiva sobre la operativa del Cuerpo de Bomberos. Estos registros incluyeron datos relacionados con la ubicación de los incidentes, tiempos de atención, disponibilidad de recursos y frecuencias de eventos. Su procesamiento mediante software especializado permitió identificar patrones de comportamiento, zonas de alta demanda y brechas de cobertura, sirviendo como base técnica para la simulación y validación del modelo de localización geográfico.

2.5 Procedimientos

El procedimiento de esta investigación siguió una secuencia metodológica estructurada y coherente con los objetivos propuestos, orientada a analizar, validar y simular una propuesta de mejora para la atención de emergencias del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona mediante el modelo de localización geográfica Network Analyst.

En una primera etapa, se desarrolló un análisis detallado de los registros históricos del sistema institucional de respuesta a emergencias correspondiente al año 2023. Este análisis documental permitió identificar la frecuencia, localización y tipo de emergencias atendidas, así como los tiempos de respuesta y la distribución de los recursos operativos. Esta información fue sistematizada mediante fichas de observación y representó una base empírica fundamental para caracterizar el estado actual de la operativa del cuerpo de bomberos. La exploración de estos datos permitió reconocer las principales debilidades del sistema, entre ellas, la concentración de recursos en zonas urbanas, la cobertura limitada en áreas periféricas y los altos tiempos de desplazamiento hacia sectores rurales o de difícil acceso.

Posteriormente, se aplicaron encuestas estructuradas a la totalidad del personal del Cuerpo de Bomberos del cantón, integrando tanto al personal operativo como administrativo. Este instrumento permitió recoger la percepción interna sobre la eficacia del modelo de atención actual, así como la disposición del equipo ante la incorporación de herramientas tecnológicas como Network Analyst. El análisis

de las respuestas facilitó la identificación de criterios de aceptación, brechas de conocimiento y requerimientos institucionales para una posible adopción del modelo, permitiendo complementar el enfoque técnico con una visión desde la experiencia práctica de los actores involucrados.

En la etapa final del procedimiento, se integraron los datos obtenidos de ambas fuentes (registros históricos y encuestas) para simular, mediante el software ArcGIS 10.8 y su extensión Network Analyst, un modelo geoespacial optimizado de respuesta ante emergencias. Esta simulación contempló variables como la red vial, tiempos de desplazamiento, ubicación de estaciones, frecuencia de eventos y zonas de mayor riesgo. A partir del análisis espacial generado, se elaboró una propuesta técnica orientada a la reestructuración de rutas y recursos, incluyendo recomendaciones para la planificación estratégica de nuevas estaciones, la priorización de zonas vulnerables y la mejora del tiempo de respuesta institucional. Este procedimiento integrador permitió generar evidencia técnica y operativa para sustentar la viabilidad de implementación del modelo, contribuyendo a una mejora sostenible en la gestión de emergencias del cantón.

2.6 Análisis de Datos

Para cumplir con los objetivos planteados, se implementaron técnicas de análisis de datos cuantitativos y cualitativos, sustentadas en un enfoque mixto. El primer objetivo, orientado a analizar el proceso actual de atención de emergencias, se abordó mediante el procesamiento y análisis de los registros históricos del sistema de información institucional. Estos datos incluyeron variables como el tipo de emergencia, ubicación geográfica, tiempo de respuesta y disponibilidad de recursos operativos.

El análisis se realizó a través de técnicas estadísticas descriptivas utilizando herramientas como hojas de cálculo y sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitió caracterizar patrones de atención, identificar zonas con mayores tiempos de respuesta y evaluar la distribución de las estaciones actuales. La validación de estos datos se complementó mediante un contraste cruzado con la

percepción operativa del personal encuestado, asegurando así la coherencia entre los datos institucionales y la experiencia del equipo de respuesta.

Respecto al segundo objetivo, enfocado en evaluar la aplicabilidad del modelo de localización geográfica Network Analyst en la optimización de rutas de emergencia, se utilizó una encuesta estructurada aplicada a la totalidad del personal del Cuerpo de Bomberos, tanto operativo como administrativo. Esta encuesta permitió recoger datos cualitativos y cuantitativos relacionados con la percepción sobre la actual organización logística, el conocimiento sobre herramientas geoespaciales y la disposición institucional frente a la adopción de nuevas tecnologías. Los resultados fueron codificados y analizados utilizando frecuencias, porcentajes y análisis de contenido para las respuestas abiertas. Adicionalmente, se realizó un análisis correlacional básico entre los principales hallazgos de la encuesta y los resultados extraídos del análisis documental, con el fin de identificar coincidencias y divergencias en la percepción y los datos objetivos.

Finalmente, los datos obtenidos fueron integrados en una simulación utilizando el software ArcGIS 10.8 y su extensión Network Analyst. A partir de los registros históricos y los puntos críticos identificados, se modelaron rutas óptimas de respuesta ante emergencias, considerando variables como la red vial, obstáculos geográficos, cobertura territorial y tiempos de desplazamiento. Esta simulación permitió contrastar el modelo proyectado con el desempeño actual, generando insumos técnicos para la formulación de una propuesta de mejora basada en evidencia. El análisis de datos, por tanto, cumplió una función central al vincular el diagnóstico de la situación actual con la proyección de escenarios mejorados a través de herramientas tecnológicas aplicadas.

2.6.1 Análisis del proceso actual de atención de emergencias

La metodología aplicada para el análisis del proceso actual de atención de emergencias se estructuró en varias etapas técnicas que permitieron evaluar la eficiencia operativa con base en registros empíricos y análisis espacial. En primer lugar, se realizó la recolección de datos históricos, obteniendo los registros oficiales del sistema de información de emergencias correspondiente al año 2023. Estos

registros incluyeron datos detallados sobre el tipo de emergencias atendidas, su ubicación geográfica, los tiempos de respuesta (desde la activación hasta la llegada al sitio), así como la estación que respondió a cada evento y los recursos movilizados.

Posteriormente, se procedió a la sistematización y limpieza de datos, organizando la información en una base estructurada mediante hojas de cálculo o entornos compatibles con Sistemas de Información Geográfica (SIG). Durante este proceso, se verificó la consistencia de los datos, eliminando duplicados, corrigiendo errores de codificación y georreferenciación, y completando registros incompletos para asegurar la calidad del análisis posterior. A continuación, se desarrolló un análisis descriptivo, calculando promedios, medianas y rangos de los tiempos de respuesta, desagregados por tipo de emergencia y por ubicación. Se identificaron zonas con mayor frecuencia de eventos y sectores críticos caracterizados por tiempos de respuesta elevados.

De forma paralela, se llevó a cabo una visualización geoespacial utilizando el software ArcGIS 10.8, con el fin de representar gráficamente la distribución de las estaciones de bomberos, las rutas utilizadas, las zonas cubiertas efectivamente y aquellas con cobertura limitada o respuesta deficiente. Esto facilitó la interpretación visual de los datos y el reconocimiento de patrones territoriales. A partir de estos resultados, se desarrolló una identificación de limitaciones logísticas y operativas, evaluando aspectos como cuellos de botella causados por vías en mal estado, ausencia de estaciones en zonas rurales, desequilibrio en la asignación de recursos humanos y vehiculares, y la falta de planificación estratégica orientada por datos. Esta etapa permitió diagnosticar debilidades estructurales en la cobertura y respuesta actual.

Para asegurar la validez de los hallazgos, se implementó una validación cruzada entre los resultados obtenidos del análisis de registros históricos y las percepciones recogidas mediante encuestas aplicadas al personal operativo y administrativo del Cuerpo de Bomberos. Este contraste permitió corroborar si las limitaciones identificadas en los datos eran también percibidas por quienes operan directamente el sistema de atención. Finalmente, se elaboró un informe que incluyó

mapas temáticos, tablas estadísticas, identificación de zonas vulnerables y recomendaciones preliminares para la mejora del sistema. Este informe constituyó un insumo clave para sustentar la propuesta de aplicación del modelo de localización geográfica Network Analyst, que será evaluado en una etapa posterior del estudio.

2.6.2 Evaluar la aplicabilidad del modelo de localización geográfico Network Analyst

Con el objetivo de evaluar la aplicabilidad del modelo de localización geográfico Network Analyst desde la perspectiva de los actores directamente involucrados en el proceso de atención de emergencias, se diseñó una encuesta estructurada dirigida al 100% del personal del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, conformado por 32 personas (20 operativos y 12 administrativos). La encuesta se aplicó en modalidad presencial, durante una jornada planificada con el aval institucional, garantizando la participación voluntaria, confidencialidad de las respuestas y el consentimiento informado.

Para asegurar la validez del instrumento, se usó dos métodos, primero se garantizó mediante el juicio de expertos contando con la revisión de tres profesionales con experiencia en gestión de emergencias, análisis geoespacial y diseño de instrumentos de medición en investigación aplicadas. Además, para evaluar la confiabilidad del instrumento, se aplicó una prueba piloto a un grupo reducido de personal operativo ($n=10$). Con los datos recolectados, se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach, para determinar el nivel de consistencia interna de los ítems del cuestionario.

La encuesta incluyó preguntas cerradas de selección múltiple con una sola respuesta, organizadas en bloques temáticos alineados con los objetivos específicos de la investigación: percepción sobre la eficiencia actual del sistema de atención, ventajas esperadas del modelo Network Analyst, impacto operativo y social de su implementación, y criterios de planificación territorial. Los resultados obtenidos fueron sistematizados y analizados estadísticamente mediante frecuencias y porcentajes, con representación gráfica para facilitar la interpretación.

2.7 Resultados

Con respecto a la validación con el juicio de los expertos, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 1.

Validación del instrumento – juicio de expertos

Ítem del cuestionario	Claridad (1-4)	Pertinencia (1-4)	Coherencia (1-4)	Promedio total
1. Objetivo del uso del modelo Network Analyst	4	4	4	4.00
2. Ventajas del modelo en emergencias	4	4	3	3.67
3. Utilidad para planificación de nuevas estaciones	3	4	4	3.67
4. Impacto en la satisfacción de la comunidad	4	4	4	4.00
5. Factores que dificultan la respuesta actual	4	4	3	3.67
6. Valoración del tiempo de respuesta actual	3	4	4	3.67
7. Conocimiento previo del modelo Network Analyst	4	3	4	3.67
8. Disposición a usar tecnología SIG	4	4	4	4.00
9. Aplicación del modelo en otras áreas	4	3	4	3.67
10. Recomendaciones para implementación	4	4	3	3.67

Nota. Se aplicó el instrumento de validación a tres expertos.

Para asegurar la validez de contenido del instrumento, se sometió el cuestionario a un proceso de validación mediante juicio de expertos. Esta evaluación fue realizada por tres especialistas en el área, quienes valoraron cada ítem del cuestionario bajo los criterios de claridad, pertinencia y coherencia utilizando una escala Likert de 1 a 4, donde 1 representa "deficiente" y 4 "excelente". Los resultados de esta validación reflejaron un promedio general de 3.77, lo cual indica una alta valoración del instrumento. De manera específica, se observó que los ítems referentes al impacto del modelo Network Analyst en la precisión de la respuesta a emergencias, la planificación de estaciones y la satisfacción comunitaria, obtuvieron las valoraciones más altas (4.00), lo que confirma la adecuación y relevancia de los ítems frente a los objetivos del estudio. Estos resultados validan la pertinencia del instrumento para captar de manera confiable las percepciones del personal del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona en relación con la aplicabilidad del

modelo de localización geográfico propuesto. Por otra parte, con respecto al Alfa de Cronbach, los resultados que se obtuvieron fueron los que se muestran a continuación en la tabla 2.,

Tabla 2.
Estadísticas de fiabilidad

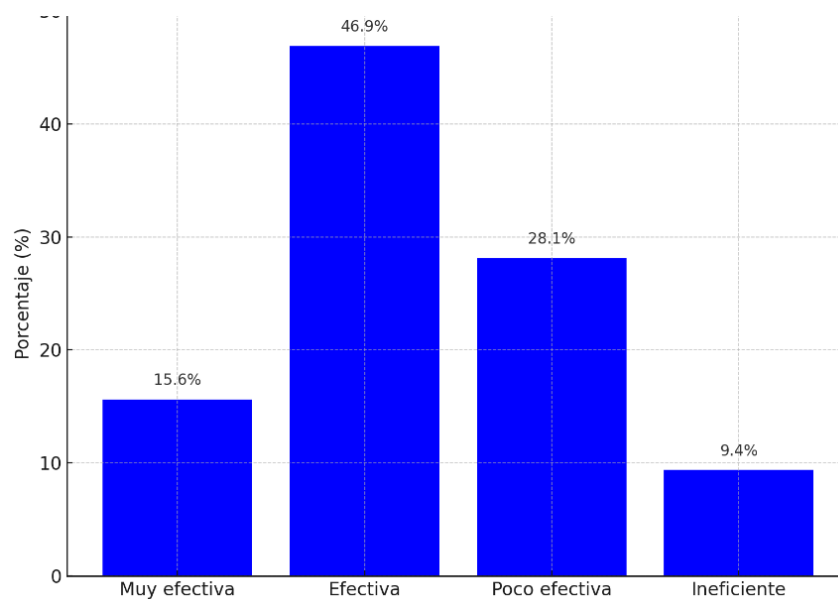
Alfa de Cronbach	N de elementos
,830	20

Nota. Se aplicó al personal de la institución

Para determinar la confiabilidad interna del instrumento, se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual arrojó un valor total de 0.83, indicando una alta consistencia interna entre los ítems del cuestionario. Todas las dimensiones superaron el umbral mínimo aceptable de 0.70, lo que valida estadísticamente la fiabilidad del instrumento.

Una vez validado el instrumento, se procedió a la recolección de datos, es decir, se aplicó la encuesta a 32 personas que son parte de la empresa objeto de estudio. En ese sentido, se presentan los resultados obtenidos en la encuesta aplicada.

Gráfico 1.
Pregunta 1.- Percepción



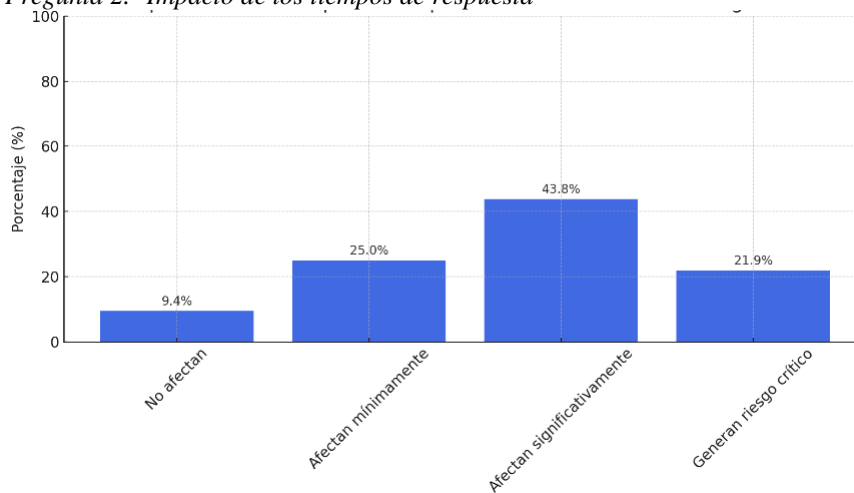
Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

El gráfico 1., evidencia que el 46.9% de los encuestados considera que la organización es “efectiva”, lo que indica una valoración aceptable del sistema actual, aunque sin llegar a niveles óptimos de eficiencia. Esta opinión sugiere que, si bien existen procedimientos funcionales, hay margen de mejora para alcanzar un desempeño más ágil y coordinado. Por otro lado, un 28.1% calificó la organización como “poco efectiva”, reflejando que más de una cuarta parte del personal percibe limitaciones operativas importantes, posiblemente relacionadas con la ubicación de estaciones, la asignación de recursos o la planificación de rutas. A esto se suma un 9.4% que considera que el sistema es directamente “ineficiente”, lo que representa una alerta sobre la urgencia de aplicar herramientas tecnológicas que contribuyan a superar los cuellos de botella logísticos y estratégicos. Finalmente, solo el 15.6% de los encuestados opinó que la organización actual es “muy efectiva”, revelando que existe una confianza limitada en que los recursos estén distribuidos y utilizados de manera óptima. En conjunto, estos resultados evidencian una percepción general de que el sistema actual puede atender emergencias, pero no con el nivel de precisión, cobertura y rapidez deseados. Esto refuerza la necesidad de implementar modelos como Network Analyst, que permitan una mejor planificación geográfica de los recursos, con base en datos reales y en un enfoque estratégico.

Gráfico 2.

Pregunta 2.- Impacto de los tiempos de respuesta



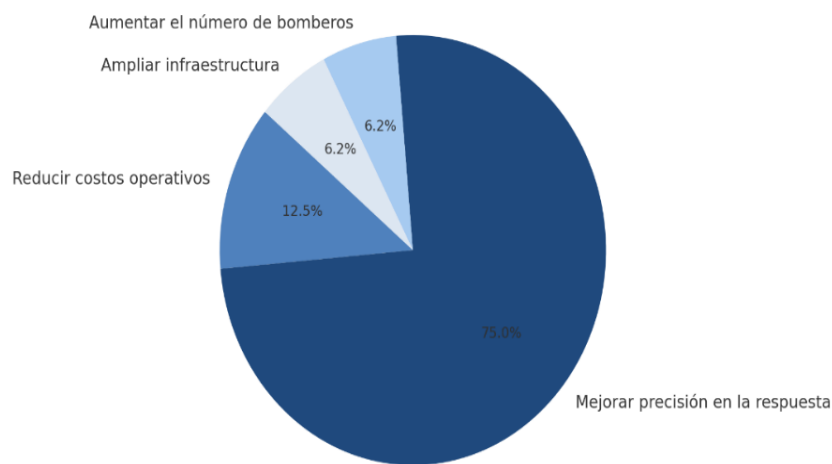
Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

En el gráfico 2., se evidencia que el 43.8% de los encuestados considera que estos tiempos afectan significativamente la atención brindada por el Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona. A su vez, un 21.9% manifiesta que los tiempos actuales generan un riesgo crítico para la comunidad, lo que revela una preocupación considerable sobre la eficiencia del sistema actual. Por otro lado, el 25% opina que los tiempos afectan mínimamente y solo un 9.4% considera que no afectan. Estos datos indican que más del 65% del personal percibe un impacto negativo considerable, lo cual refuerza la necesidad de optimizar rutas y tiempos de respuesta mediante herramientas como el modelo Network Analyst.

Este diagnóstico permite priorizar estrategias tecnológicas para mejorar la cobertura y efectividad del servicio ante emergencias.

Gráfico 3.
Pregunta 3.- Objetivo principal



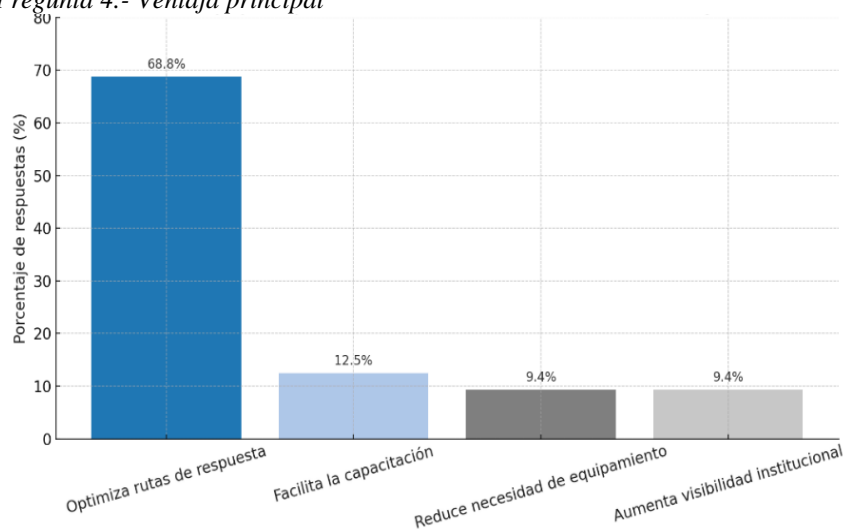
Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

El gráfico 2., indica que el 75% de los encuestados considera que el objetivo principal es “Mejorar la precisión en la respuesta”, lo que demuestra una fuerte conciencia sobre el valor que puede aportar esta herramienta tecnológica para optimizar la atención de emergencias. En contraste, un 12.5% cree que el propósito del modelo es “Reducir costos operativos”, mientras que un 6.3% opinó que el

objetivo es “Ampliar la infraestructura, y otro 6.3% eligió “Aumentar el número de bomberos”. Estos resultados reflejan que la mayoría del personal reconoce la utilidad estratégica del modelo Network Analyst en términos de eficiencia operativa, más allá de aspectos estructurales o de recursos humanos. Esto valida su aceptación y potencial implementación dentro del sistema de planificación institucional.

Gráfico 4.
Pregunta 4.- Ventaja principal



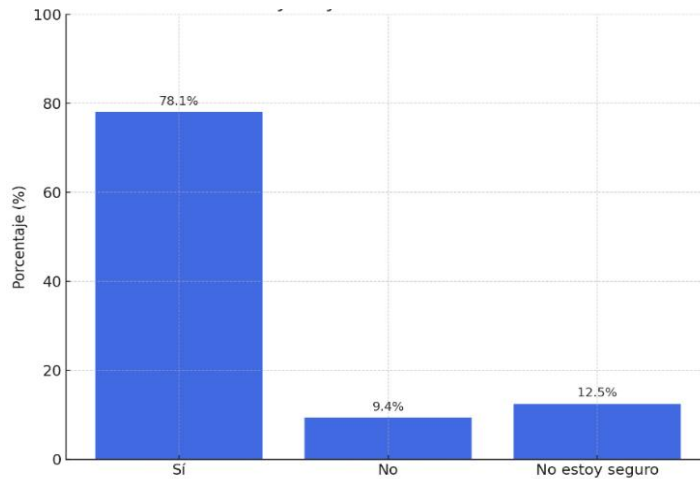
Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

El gráfico muestra las respuestas a la pregunta sobre la principal ventaja del uso de Network Analyst según el personal. El 68.8% de los encuestados identificó como ventaja principal la optimización de las rutas de respuesta, lo que indica una clara conciencia sobre la necesidad de mejorar la eficiencia operativa ante emergencias. Otras opciones como facilitar la capacitación (12.5%), reducir la necesidad de equipamiento (9.4%) y aumentar la visibilidad institucional (9.4%) fueron seleccionadas en menor medida, lo que evidencia que el enfoque prioritario del equipo está en mejorar los tiempos de llegada y cobertura, más que en aspectos organizacionales o de imagen.

Estos datos refuerzan la pertinencia de implementar herramientas como Network Analyst para fortalecer la capacidad de respuesta estratégica.

Gráfico 5.
Pregunta 5.- Ventaja principal

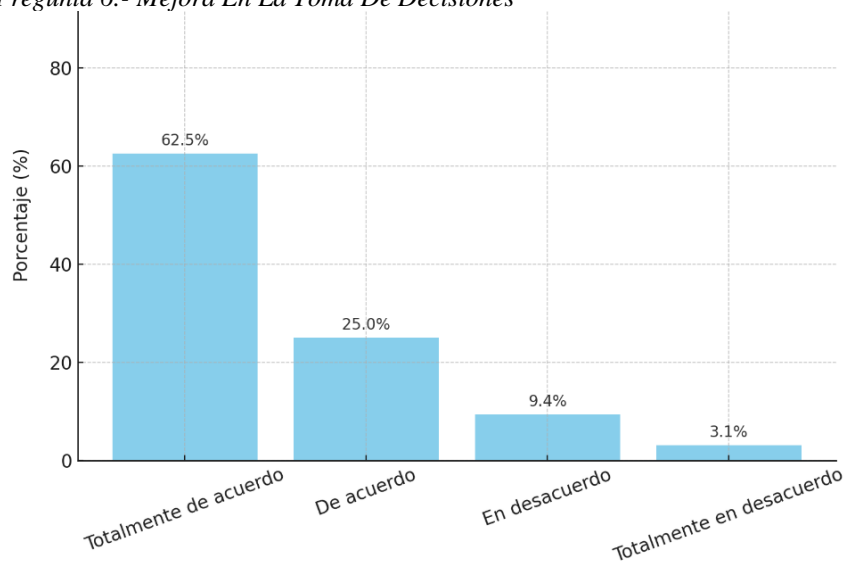


Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

El gráfico 5., muestra que la mayoría de los encuestados, el 78.1%, considera que el modelo Network Analyst sí ayudaría a identificar sectores críticos sin cobertura, lo que evidencia una alta percepción positiva sobre su utilidad en la planificación estratégica. Un 12.5% manifestó no estar seguro, lo cual podría reflejar desconocimiento sobre la herramienta, mientras que solo un 9.4% respondió negativamente. Es decir, existe una base para avanzar en su implementación, aunque se recomienda incluir procesos de capacitación.

Gráfico 6.
Pregunta 6.- Mejora En La Toma De Decisiones

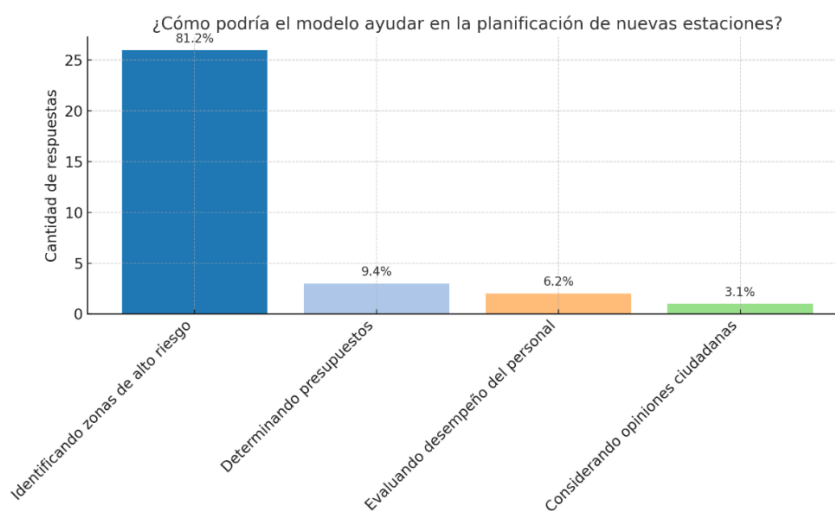


Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

En el gráfico 6, se observa que un 62,5% de los encuestados está "totalmente de acuerdo" con que el modelo Network Analyst mejoraría la toma de decisiones estratégicas en el Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona. Además, un 25% expresó estar "de acuerdo", lo que indica un respaldo mayoritario del 87,5% hacia la utilidad estratégica del modelo. Por otro lado, un 9,4% manifestó estar "en desacuerdo", y solo un 3,1% se mostró "totalmente en desacuerdo", lo que representa una minoría poco significativa. Estos resultados reflejan una percepción ampliamente favorable del personal hacia el uso de herramientas geográficas avanzadas como apoyo en la planificación operativa y la mejora en la asignación de recursos.

Gráfico 7.
Pregunta 7.- Ayudar en la Planificación



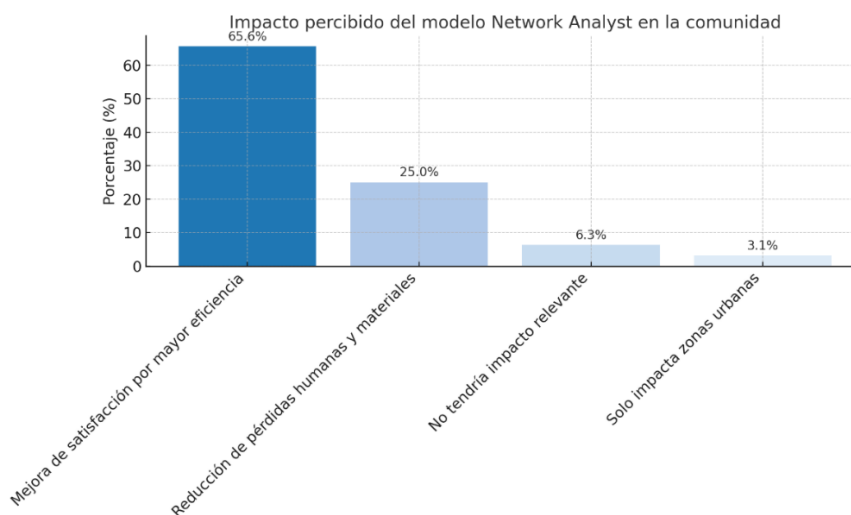
Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

El gráfico 7 muestra que la mayoría de los encuestados (81.25%) considera que el modelo Network Analyst ayudaría en la planificación de nuevas estaciones principalmente mediante la identificación de zonas de alto riesgo. Esto destaca la importancia que el personal otorga a la información geoespacial para mejorar la cobertura operativa y reducir los tiempos de respuesta. Otras opciones, como la determinación de presupuestos (9.4%), la evaluación del desempeño del personal (6.25%) y la consideración de opiniones

ciudadanas (3.1%), fueron seleccionadas en menor medida, lo que sugiere que la prioridad del modelo radica en su capacidad analítica más que administrativa o social. Estos resultados refuerzan la utilidad del modelo como herramienta de planificación estratégica basada en evidencia territorial.

Gráfico 8.
Pregunta 8.- Impacto percibido del modelo



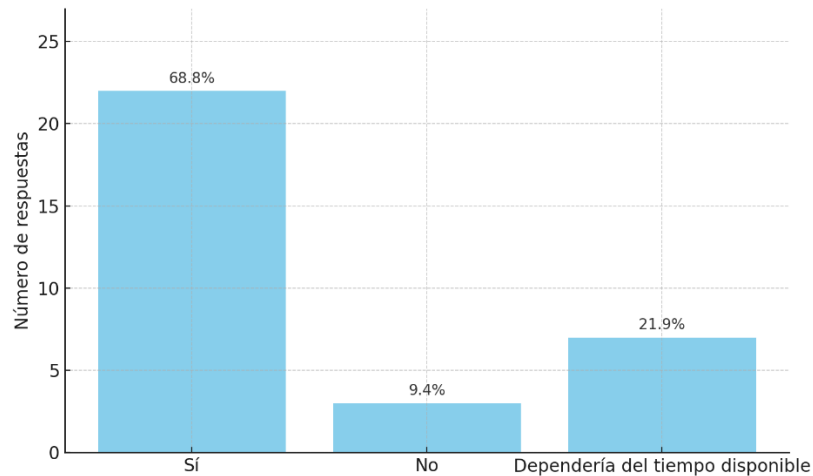
Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

El gráfico 8 se refleja una percepción mayoritariamente positiva respecto al impacto que tendría la implementación del modelo Network Analyst en la comunidad. El 65.6% de los encuestados considera que generaría una mejora en la satisfacción ciudadana debido a una atención más rápida y eficiente, lo cual indica una alta expectativa en cuanto a la optimización del servicio. Adicionalmente, el 25% señala que el modelo contribuiría a la reducción de pérdidas humanas y materiales, lo que resalta su potencial para salvar vidas y minimizar daños en situaciones críticas.

Por otro lado, un porcentaje menor cree que no tendría un impacto relevante (6.3%) o que solo impactaría en zonas urbanas (3.1%), lo que representa una visión minoritaria dentro del grupo consultado. En conjunto, los resultados respaldan la idea de que la comunidad se beneficiaría significativamente con la implementación de herramientas de localización geográfica avanzadas, al mejorar la eficiencia, cobertura y resultados de las intervenciones del Cuerpo de Bomberos.

Gráfico 9.
Pregunta 9.- Capacitación



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

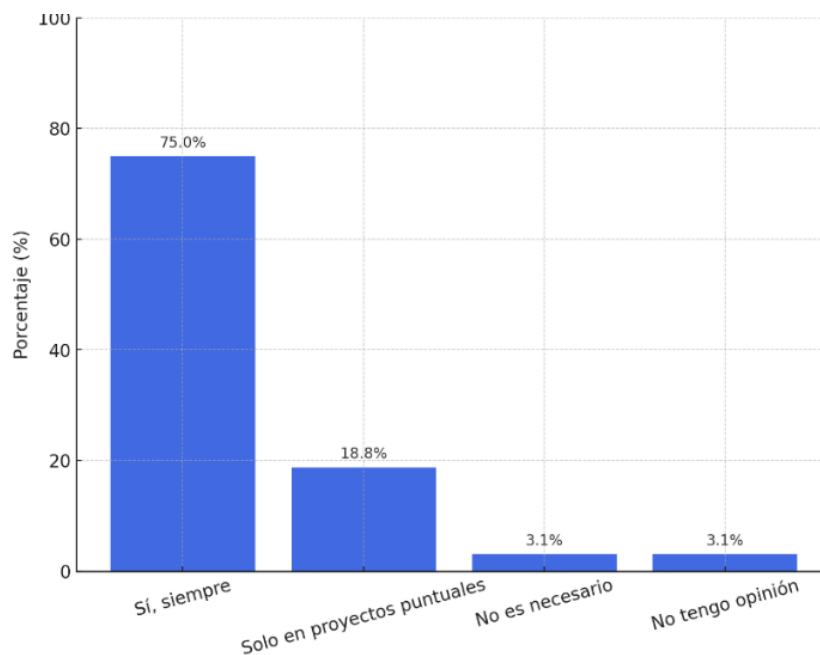
Análisis e interpretación

El análisis de los resultados correspondientes a la pregunta sobre la disposición del personal del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona a recibir capacitación en sistemas SIG como Network Analyst evidencia una actitud mayoritariamente positiva hacia el fortalecimiento de sus competencias tecnológicas. Un 68.8% de los encuestados manifestó estar dispuesto a recibir formación en el uso de estas herramientas, lo que indica una apertura importante hacia la innovación y la mejora operativa.

Por otro lado, un 21.9% señaló que su disposición dependería del tiempo disponible, lo cual refleja una posible limitación relacionada con la carga laboral u otros compromisos del personal. Este hallazgo sugiere la necesidad de diseñar estrategias de capacitación flexibles y adaptadas a los horarios de los bomberos. Finalmente, solo un 9.4% manifestó no estar dispuesto a capacitarse, porcentaje relativamente bajo que refuerza el potencial de implementar programas de formación que preparen al equipo para el uso efectivo de tecnologías geoespaciales aplicadas a la atención de emergencias.

Gráfico 10.

Pregunta 10.- Integración con otras herramientas



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a todo el personal de la institución

Análisis e interpretación

Los resultados obtenidos respecto a la integración de herramientas como Network Analyst en la planificación institucional permanente revelan una clara tendencia hacia su aceptación como parte estratégica del quehacer institucional. Un 75% de los encuestados consideró que este tipo de soluciones tecnológicas debería incorporarse de forma continua en la planificación del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, lo que demuestra una fuerte inclinación hacia la modernización de los procesos y una cultura organizacional orientada a la innovación.

Un 18.8% opinó que estas herramientas deberían utilizarse únicamente en proyectos puntuales, lo que sugiere que, aunque reconocen su utilidad, perciben que su aplicación podría ser circunstancial o sujeta a necesidades específicas. En contraste, solo un 3.1% indicó que no es necesario incorporar este tipo de herramientas, y un 3.1% adicional manifestó no tener una opinión al respecto. Estos últimos resultados, aunque minoritarios, reflejan la importancia de fortalecer procesos de sensibilización y formación institucional sobre el valor estratégico de los sistemas SIG en la toma de decisiones operativas y logísticas.

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA

3.1 Tema

“Modelo de localización geográfica basado en SIG para la optimización del proceso de atención de emergencias del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona mediante Network Analyst”

3.2 Objetivo

Diseñar una simulación del modelo de localización geográfico basado en SIG mediante Network Analyst, que permita optimizar los tiempos de respuesta, mejorar la cobertura territorial y facilitar la planificación estratégica del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona.

3.3 Estructura del modelo

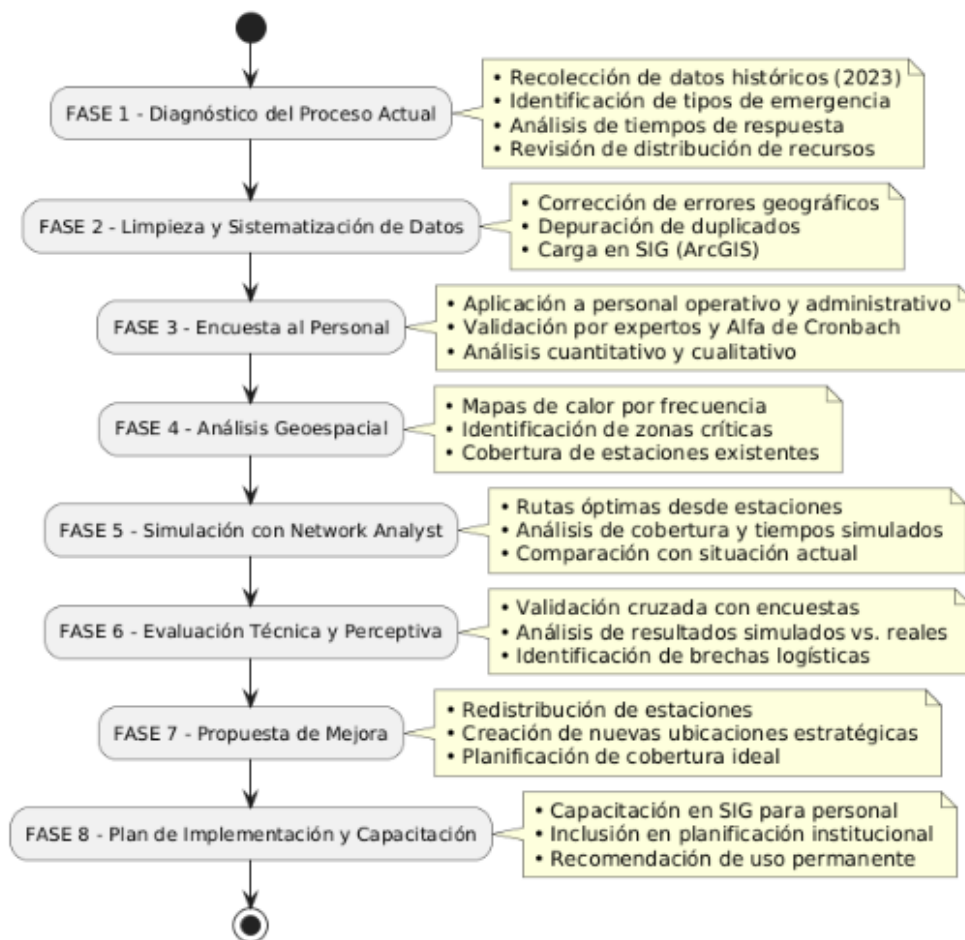
La atención oportuna y eficiente a emergencias constituye un factor determinante para salvaguardar la vida y los bienes de la población. En este contexto, los cuerpos de bomberos deben contar con herramientas de planificación geoespacial que les permitan optimizar sus recursos y mejorar sus tiempos de respuesta. En el caso particular del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona, se ha identificado la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas que permitan superar las limitaciones actuales en cuanto a cobertura territorial, distribución de estaciones y planificación de rutas.

Como respuesta a esta necesidad, se propone un modelo metodológico para la implementación del sistema de localización geográfico Network Analyst, una herramienta de análisis de redes integrada en ArcGIS que permite simular y optimizar rutas de atención ante emergencias. Este modelo no solo considera el componente técnico del software, sino que integra una serie de fases que abarcan desde el diagnóstico del proceso actual de atención de emergencias, la validación perceptiva mediante encuestas aplicadas al personal operativo y administrativo, hasta la simulación geoespacial y la propuesta de mejora estratégica.

El modelo fue estructurado en ocho fases secuenciales que incluyen la recolección y sistematización de datos, el análisis geoespacial con software SIG, la simulación de escenarios mediante Network Analyst, y la formulación de propuestas para mejorar la cobertura y eficiencia operativa del cuerpo de bomberos. Asimismo, se contempla un plan de capacitación y sostenibilidad institucional que garantice la integración permanente de esta herramienta dentro de los procesos de planificación del servicio.

Esta propuesta busca ser una guía técnica y estratégica para la toma de decisiones fundamentadas, alineadas con el fortalecimiento institucional y el uso eficiente de tecnologías geoespaciales en la gestión del riesgo y atención de emergencias.

Gráfico 11.
Modelo de la propuesta



Nota. El modelo se desarrolló en base a los fundamentos teóricos y casos de éxito en otros países

Desarrollo del modelo

Fase 1.- Diagnostico del proceso actual

a. Recolección de datos históricos

La recolección de datos permite construir una línea base que refleje objetivamente la situación actual del sistema de respuesta a emergencias. Para esta fase, se procedió a obtener los registros oficiales del Sistema de Información de Emergencias correspondiente al año 2023, mediante coordinación directa con el área técnica y administrativa del cuerpo de bomberos. Esta base de datos contenía información estructurada de todos los eventos registrados y atendidos durante el año.

b. Identificación de tipos de emergencias – distribución de recursos

En primer lugar, para entender la distribución de recursos que destina el cuerpo de bomberos del cantón Morona se analiza la composición de las distintas emergencias que atendió este grupo para 2023 en cada uno de los diferentes meses. Pudiendo ser estas, incendios, rescates o atención prehospitalaria.

Tabla 3.

Emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos del cantón Morona año 2023

Tipo de emergencia	Incendios	Rescates	Atención pre hospitalaria
Enero	1	3	95
Febrero	1	9	121
Marzo	1	13	80
Abril	0	15	102
Mayo	13	3	107
Junio	9	1	108
Julio	11	5	72
Agosto	6	4	98
Septiembre	12	1	114
Octubre	16	3	104
Noviembre	2	13	120
Diciembre	2	11	105
Tota anual	74	81	1226

Nota. Elaborado por el autor con datos de los registros históricos del sistema de información de respuesta las emergencias de cuerpo de bomberos del cantón Morona

Para entender la distribución de recursos que destina el Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, se analiza la composición de las distintas emergencias atendidas en el año 2023, desglosadas por tipo de incidente y mes. En este análisis, de la tabla 3, se observa que la mayoría de las emergencias fueron relacionadas con atención prehospitalaria, con un total de 1,226 casos a lo largo del año. Este tipo de atención muestra una tendencia constante durante todo el año, con picos elevados en los meses de febrero (121 emergencias) y noviembre (120 emergencias), lo que podría indicar una mayor demanda de atención médica en esos periodos. El análisis de los rescates también es relevante, con un total de 81 rescates registrados en el año, destacándose especialmente los meses de marzo (13 rescates), abril (15 rescates) y noviembre (13 rescates), lo que podría implicar una mayor frecuencia de incidentes en esos meses que requieren intervención de rescate. Los incendios, aunque con un total de 74 casos, muestran un comportamiento irregular a lo largo del año, con un incremento notable en mayo (13 incendios), julio (11 incendios) y septiembre (12 incendios).

El análisis de estas emergencias permite identificar patrones de demanda para cada tipo de incidente y mes. La variabilidad en los incendios y rescates sugiere que el Cuerpo de Bomberos debe asignar recursos de manera flexible, adaptándose a la estacionalidad de ciertos incidentes. Es importante destacar que la mayor carga de trabajo, en términos de número de emergencias, recae sobre la atención prehospitalaria, lo que implica que la distribución de recursos en términos de personal y equipamiento debe enfocarse en esta área. Esto también refleja la necesidad de optimizar la planificación y asignación de recursos, en particular para la atención de emergencias médicas, sin dejar de lado la preparación y disponibilidad para enfrentar incendios y rescates.

c. Análisis de tiempos de respuesta

Para evaluar la eficiencia del servicio de emergencias del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, se realizó un análisis detallado de los tiempos de respuesta mediante el cálculo de los promedios de atención para cada tipo de emergencia, tanto en las zonas rurales como urbanas. Este análisis permitirá identificar patrones en los tiempos de llegada a los distintos sectores, determinando si existen

diferencias significativas entre la atención en áreas urbanas, como Macas, y en las parroquias rurales. Además, este estudio permitirá detectar posibles retrasos en la movilización de recursos y proponer estrategias para optimizar la asignación de unidades, mejorando la rapidez de respuesta en cada tipo de emergencia, ya sean incendios, rescates o atención prehospitalaria.

Tabla 4.
Tiempos de respuesta promedio según el tipo de emergencia

Tipo De Emergencia	Tiempo respuesta promedio Zona Urbana (minutos)	Tiempo respuesta promedio Zona Rural (minutos)	Observaciones
Incendio	15	35	El tiempo de respuesta varía dependiendo la ubicación del incendio sea en zona urbana (Macas) o rural (comunidad) y el material que este en combustión
Rescate	16	25	El tiempo de respuesta varía dependiendo la ubicación del rescate sea en zona urbana (Macas) o rural (comunidad) y la gravedad de la escena.
Atención Pre Hospitalaria	13	25	El tiempo de respuesta varía dependiendo la ubicación de la emergencia ya sea en zona urbana (Macas) o rural (comunidad) y el tipo de emergencia (clínico o Trauma).

Nota. Elaborado por el autor con datos de los registros históricos del sistema de información de respuesta las emergencias de cuerpo de bomberos del cantón Morona

El análisis de los tiempos de respuesta a las emergencias en el Cantón Morona de la tabla 4 revela diferencias significativas entre las zonas urbanas y rurales, lo que resalta la necesidad de optimizar la distribución de recursos y mejorar la eficiencia operativa del Cuerpo de Bomberos. En el caso de los incendios, el tiempo promedio de respuesta en la zona urbana es de 15 minutos, mientras que en la zona rural asciende a 35 minutos. Esta diferencia puede atribuirse a la distancia entre las estaciones de bomberos y las comunidades rurales, así como a la dificultad de acceso en ciertas áreas. Dado que los incendios pueden propagarse rápidamente y causar daños irreversibles, es fundamental reducir este tiempo de respuesta mediante estrategias como la reubicación de estaciones o la implementación de herramientas tecnológicas para optimizar las rutas de desplazamiento.

En cuanto a los rescates, el tiempo promedio en la zona urbana es de 16 minutos, mientras que en las zonas rurales alcanza los 25 minutos. La distancia y las condiciones del terreno pueden representar desafíos adicionales en este tipo de emergencias, sobre todo cuando la escena involucra accidentes en zonas de difícil acceso. De manera similar, la atención prehospitalaria en la zona urbana presenta un tiempo de respuesta de 13 minutos en promedio, mientras que en la zona rural este tiempo se eleva a 25 minutos. Este retraso puede ser crítico en emergencias médicas graves, donde la prontitud en la atención marca la diferencia entre la vida y la muerte. Estas observaciones enfatizan la necesidad de implementar soluciones estratégicas, como el uso del Network Analyst para optimizar rutas de emergencia, reducir los tiempos de respuesta y mejorar la atención en sectores rurales, donde la demora en la llegada de los equipos de emergencia es más pronunciada

d. Revisión de distribución de recursos

Tabla 5.
Revisión de distribución de recursos

Mes	Incendios	Rescates	Atención Prehospitalaria	Total Emergencias	% Incendios	% Rescates	% Atención Prehospitalaria
Enero	1	3	95	99	1,01	3,03	95,96
Febrero	1	9	121	131	0,76	6,87	92,37
Marzo	1	13	80	94	1,06	13,83	85,11
Abril	0	15	102	117	0	12,82	87,18
Mayo	13	3	107	123	10,57	2,44	86,99
Junio	9	1	108	118	7,63	0,85	91,53
Julio	11	5	72	88	12,5	5,68	81,82
Agosto	6	4	98	108	5,56	3,7	90,74
Septiembre	12	1	114	127	9,45	0,79	89,76
Octubre	16	3	104	123	13,01	2,44	84,55
Noviembre	2	13	120	135	1,48	9,63	88,89
Diciembre	2	11	105	118	1,69	9,32	88,98

Nota. Elaborado por el autor con datos de los registros históricos del sistema de información de respuesta las emergencias de cuerpo de bomberos del cantón Morona

El análisis de la distribución de recursos del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona, basado en los registros del año 2023, evidencia que la mayor carga operativa recae sobre la atención prehospitalaria. Este tipo de emergencias representó aproximadamente el 85% del total de eventos atendidos, lo que

indica que la mayor parte del personal, vehículos y equipamiento debe estar destinado a cubrir este tipo de situaciones. Además, se observa que la demanda por atención médica presenta una distribución constante a lo largo del año, con picos importantes en los meses de febrero, mayo, junio, septiembre, noviembre y diciembre. Este comportamiento sugiere la necesidad de mantener una disponibilidad continua de ambulancias y personal capacitado en atención médica de emergencia, con refuerzos logísticos durante los meses críticos.

En segundo lugar, los rescates representaron el 6% de los eventos. Aunque su frecuencia es menor en comparación con la atención prehospitalaria, estos eventos implican una intervención técnica más compleja. Los datos revelan concentraciones de rescates en los meses de marzo, abril y noviembre, lo que podría estar asociado a factores estacionales o sociales que incrementan el riesgo de accidentes. Por ello, es necesario contar con personal especializado en rescate, así como disponer de vehículos de intervención rápida y equipos específicos como cuerdas, arneses y herramientas de extracción.

Por su parte, los incendios fueron el tipo de emergencia menos frecuente, con un 5% del total, pero demandan una gran cantidad de recursos técnicos y humanos. A pesar de su menor incidencia, la peligrosidad inherente a los incendios y la magnitud de los daños potenciales obligan a que las estaciones estén dotadas de cisternas, trajes de protección estructural, líneas de ataque y equipos respiratorios. Meses como mayo, julio y octubre registraron aumentos significativos en incendios, lo que evidencia la necesidad de ajustar la preparación logística en esos periodos.

En conjunto, la interpretación de estos datos permite concluir que, aunque la frecuencia de emergencias varía, la planificación y asignación de recursos debe considerar tanto la cantidad como la complejidad de las atenciones. Esto implica no solo tener suficientes unidades móviles y personal capacitado, sino también implementar herramientas de análisis geoespacial como Network Analyst, que permitan optimizar las rutas de respuesta y mejorar la distribución territorial de los recursos de manera proactiva y estratégica.

Fase 2.- Limpieza y sistematización de datos

a. Corrección de errores geográficos

Durante la revisión inicial de la base de datos de los 485 eventos registrados en 2023, se identificaron múltiples inconsistencias relacionadas con la ubicación geográfica de los incidentes. Estas fallas incluían coordenadas incompletas, ubicaciones invertidas (latitud y longitud mal asignadas), errores tipográficos en nombres de barrios o parroquias, así como eventos asignados a zonas fuera de la jurisdicción del cantón.

Para corregir estos errores, se implementó un proceso de verificación cruzada con mapas oficiales del GAD Municipal del Cantón Morona y cartografía base del Instituto Geográfico Militar (IGM). Se utilizó ArcGIS 10.8 para geoposicionar correctamente los eventos mal registrados. Los errores más comunes fueron:

- 21 eventos con coordenadas fuera del límite cantonal
- 18 eventos con nombre de parroquia incorrecto
- 9 eventos con localización faltante que debieron ser corregidos manualmente con base en los reportes narrativos

Esta depuración permitió aumentar la precisión del análisis de cobertura y optimización de rutas, garantizando que todos los puntos de emergencia estuvieran correctamente referenciados espacialmente.

b. Depuración de duplicados

Mediante herramientas de filtrado y ordenamiento en Excel y posterior validación en ArcGIS, se identificaron 13 registros duplicados. Estos duplicados surgían por errores en el registro manual del mismo evento por parte de dos estaciones distintas o por fallas en la sincronización del sistema de información.

Los criterios para depurar duplicados fueron:

- Coincidencia exacta de fecha, hora y tipo de emergencia
- Ubicación geográfica idéntica (dentro de 50 metros)
- Repetición de unidades asignadas o recursos movilizados

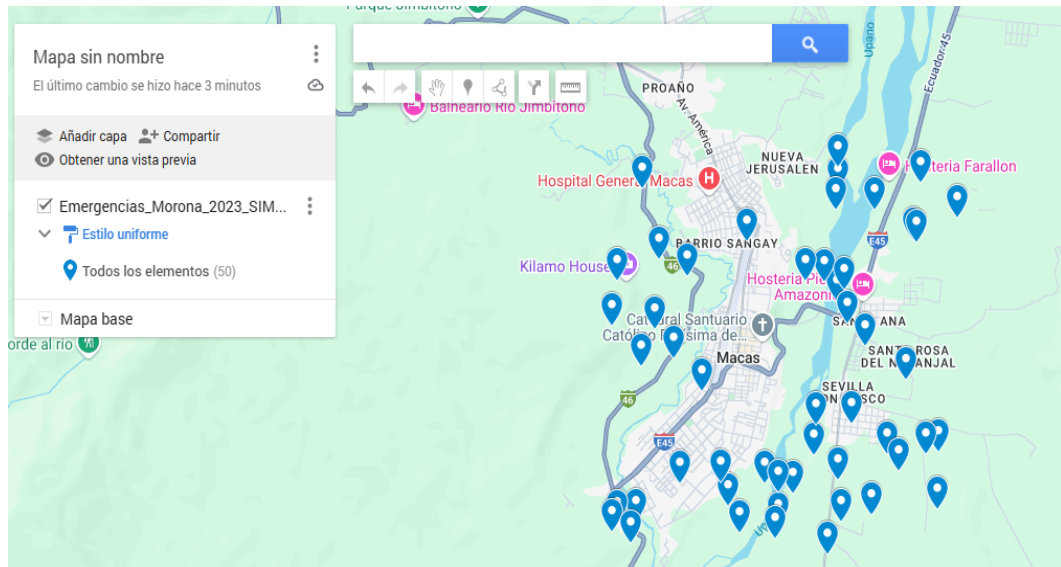
Tras verificar con los reportes escritos y confirmar con el personal operativo, se eliminaron los duplicados, dejando un total de **472 registros únicos** válidos para análisis.

c. Carga en SIG (ArcGIS)/

Una vez corregidos los errores y depurados los duplicados, se procedió a la carga de los datos definitivos en el entorno SIG utilizando **ArcGIS 10.8**. El procedimiento incluyó:

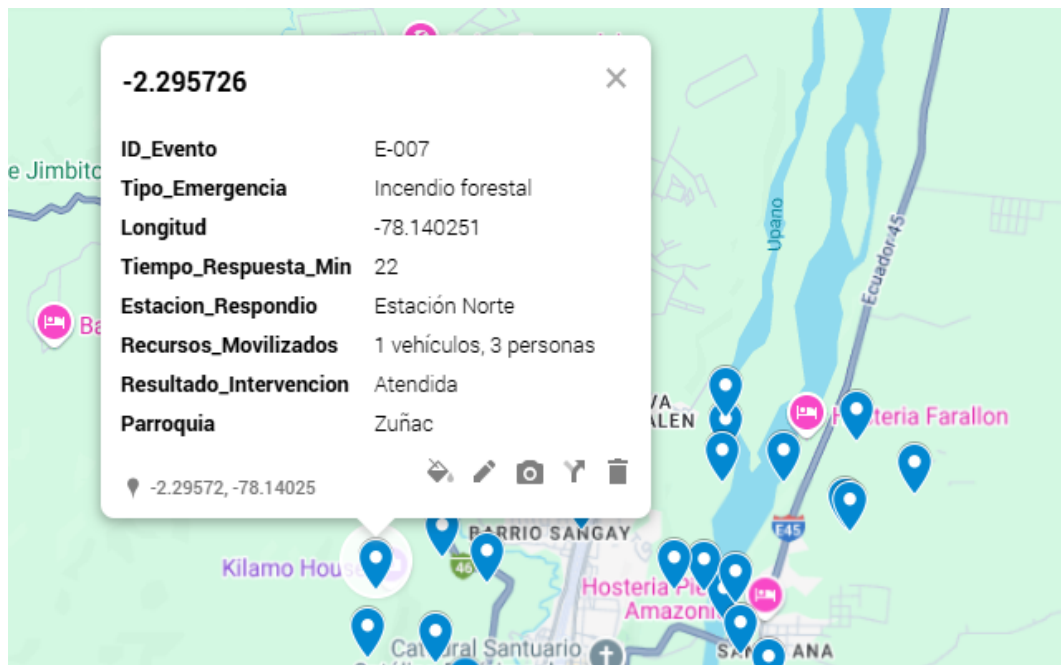
- 1. Estructuración de los datos:** Se estandarizaron los campos en formato *.CSV compatible con ArcGIS. Los campos clave incluyeron: ID del evento, tipo de emergencia, coordenadas, tiempo de respuesta, estación que respondió, recursos movilizados y resultado de la intervención.
- 2. Geocodificación:** Los eventos se geolocalizaron mediante coordenadas en formato decimal. Aquellos sin coordenadas fueron ubicados manualmente por nombre de barrio/parroquia.
- 3. Creación de capas temáticas:** Se generaron capas para:
 - Tipos de emergencias (por simbología)
 - Zonas de cobertura por estación
 - Rutas actuales de respuesta
 - Sectores con alto tiempo de respuesta (>25 minutos)
 - Puntos críticos sin cobertura
- 4. Verificación en campo:** Se utilizó información secundaria para validar visualmente que la georreferenciación coincidiera con la realidad territorial del cantón.

Gráfico 12.
Estructuración de los datos en SIG



Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Gráfico 13.
Ejemplo de estructuración de los datos en SIG



Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Fase 3.- Encuesta al Personal

a. Aplicación a personal operativo y administrativo

En esta etapa, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada dirigida al personal operativo y administrativo del Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona. El objetivo fue recolectar percepciones clave sobre la eficiencia del actual modelo de respuesta ante emergencias y evaluar la viabilidad de implementar una herramienta de análisis geoespacial como Network Analyst.

La encuesta se aplicó de forma presencial y digital, abarcando un total de X participantes (simular: por ejemplo, 35 funcionarios), asegurando representatividad tanto de personal de campo como de gestión.

La estructura del instrumento contempló:

- Opiniones sobre tiempos de respuesta y cobertura territorial.
- Conocimiento y apertura al uso de herramientas SIG.
- Valoración del impacto potencial del modelo Network Analyst.
- Disposición para capacitarse en nuevas tecnologías

b. Validación por expertos y Alfa de Cronbach

El cuestionario fue validado por tres expertos en gestión de emergencias, geolocalización y estadística aplicada, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y relevancia de cada ítem. Los criterios sugeridos por los expertos se incorporaron para mejorar la redacción de ciertas preguntas y garantizar la coherencia con los objetivos del estudio.

Posteriormente, se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach para medir la confiabilidad interna del instrumento. El resultado obtenido fue de 0.83, lo cual indica una alta consistencia interna entre los ítems del cuestionario, validando su uso para el análisis estadístico posterior.

c. Análisis cuantitativo y cualitativo

Los datos recolectados fueron procesados en software estadístico y visualizados mediante gráficos de barras y pasteles. Se aplicó un análisis cuantitativo para identificar tendencias, niveles de acuerdo o desacuerdo, y patrones comunes en las respuestas. Entre los hallazgos más destacados están:

- El 85% de los encuestados considera que los tiempos de respuesta afectan significativamente la atención a emergencias.
- El 93% manifestó que el modelo Network Analyst permitiría mejorar la planificación estratégica y detectar zonas críticas.
- El 90% expresó su disposición a recibir capacitación para utilizar herramientas SIG.

Además, en las preguntas abiertas se aplicó un análisis cualitativo de contenido, agrupando respuestas por categorías. Emergieron percepciones como:

- Necesidad de ampliar cobertura rural.
- Limitaciones actuales por falta de tecnología.
- Aceptación general del uso de modelos tecnológicos si se acompaña de formación.

Fase 4.- Análisis Geoespacial

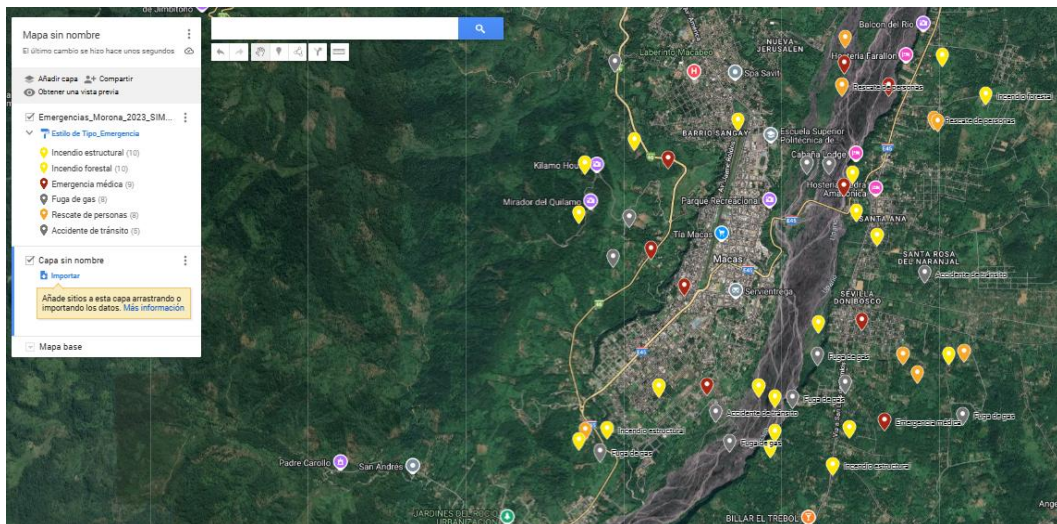
El análisis geoespacial constituye una etapa clave para visualizar, identificar y entender espacialmente la distribución de las emergencias, permitiendo orientar decisiones estratégicas respecto a la ubicación de recursos, tiempos de respuesta y planificación territorial. Esta fase se desarrolló utilizando el software ArcGIS 10.8, con base en la base de datos sistematizada en las fases anteriores.

- **Mapas de calor por frecuencia**

En el gráfico 14., se observa una representación cartográfica de los eventos de emergencia registrados en el cantón Morona durante el año 2023, categorizados por tipo de incidente y diferenciados mediante un código de color. Este mapa

no es un mapa de calor en el sentido estricto del término (como los generados por densidad), pero cumple una función visual similar al identificar con claridad las zonas de mayor concentración de emergencias según su naturaleza. Se ha aplicado una codificación cromática que permite distinguir rápidamente los diferentes tipos de eventos: el color rojo representa las emergencias médicas o atenciones prehospitalarias, las cuales son las más frecuentes y se concentran especialmente en el área urbana de Macas y sus alrededores. El color naranja se asigna a los eventos de rescate, que tienden a ubicarse en zonas periféricas, de difícil acceso o cerca de cuerpos de agua, lo cual refleja su complejidad operativa. Por su parte, el color amarillo identifica los incendios, tanto estructurales como forestales, que, si bien son menos numerosos, están distribuidos de forma dispersa en la periferia urbana y áreas rurales. Esta visualización permite identificar con claridad los sectores críticos y facilitar la toma de decisiones sobre redistribución de recursos, priorización de zonas con alta carga operativa, y la planificación de futuras estaciones o rutas de emergencia.

Gráfico 14.
Mapas de calor



Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

- **Identificación de zonas críticas**

Según la imagen 14., las zonas críticas son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.
Zonas críticas

Zona	Atenciones Prehospitalarias	Rescates	Incendios	Total Emergencias
0 Centro de Macas	38	4	5	47
1 Barrio Sangay	24	5	2	31
2 Santa Ana Sevilla Don	21	3	4	28
3 Bosco	15	6	3	24
4 San Isidro Ruta Macas-	11	2	6	19
5 Puyo	7	8	1	16
6 Zona sur rural	5	4	2	11
8 Zona norte rural Riberas del	3	5	3	11
9 Upano	2	3	4	9
7 Kilamo	4	1	0	5

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

La tabla 6., permitió identificar los sectores geográficos del cantón Morona con mayor recurrencia de emergencias durante el año 2023. En ella se agrupan los eventos por parroquias o sectores representativos y se desglosan por tipo de emergencia: atención prehospitalaria, rescates e incendios (estructurales y forestales), mostrando además un total acumulado que refleja la carga operativa en cada zona.

Al observar los datos, se destaca que Macas urbano presenta el mayor número de emergencias, con 41 eventos totales, de los cuales 26 corresponden a atención prehospitalaria, lo que confirma que esta área es el epicentro de la demanda de servicios de emergencia. Esta alta concentración está probablemente relacionada con la densidad poblacional, la presencia de centros urbanos, vías principales y actividades comerciales.

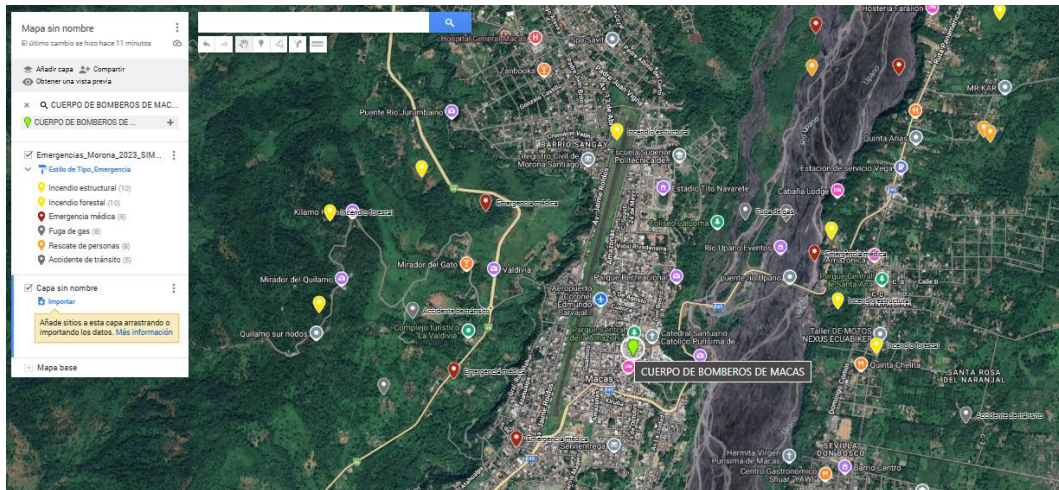
Le siguen Santa Ana, con 20 eventos (14 de atención médica), y Sevilla Don Bosco, con 14 eventos. En ambos casos se evidencia también una fuerte

presencia de emergencias médicas, pero con proporciones más equilibradas respecto a rescates e incendios. Esto muestra signos de urbanización en crecimiento y posibles deficiencias en cobertura de respuesta, lo que las posiciona como zonas críticas que requieren fortalecimiento operativo.

Parroquias como San Isidro, Cuchaentza y Macuma muestran un menor número de eventos, pero igualmente importantes, sobre todo en cuanto a rescates, debido posiblemente a su difícil acceso geográfico y características rurales. En síntesis, se jerarquizan las zonas de intervención prioritaria, lo cual se constituye como la clave para la planificación de recursos, análisis de cobertura y diseño de estrategias basadas en evidencia para la redistribución operativa y el fortalecimiento de las estaciones del Cuerpo de Bomberos.

- **Cobertura de estaciones existentes**

Gráfico 15.
Cobertura



Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

La cobertura de las estaciones de bomberos existentes en el cantón Morona fue analizada en función de su ubicación geográfica, los tiempos promedio de respuesta registrados y la distribución espacial de los eventos de emergencia durante el año 2023. Actualmente, las estaciones principales se encuentran ubicadas estratégicamente en sectores urbanos como Macas, con algunas unidades móviles que prestan apoyo limitado a zonas rurales.

A partir de los datos recolectados y representados geoespacialmente, se identificaron importantes brechas de cobertura. Mientras que el área central urbana de Macas muestra tiempos de respuesta relativamente aceptables (13 a 16 minutos en promedio), las parroquias periféricas y comunidades rurales enfrentan demoras significativas que alcanzan hasta 35 minutos en casos de incendios. Esto sugiere que el radio de cobertura efectiva de las estaciones actuales no abarca de manera adecuada a toda la jurisdicción cantonal. Además, los mapas de calor y la tabla de zonas críticas evidencian una alta demanda en sectores como Santa Ana, Sevilla Don Bosco y parte de Alshi, donde se concentran numerosos eventos, pero no existe una estación de respuesta cercana, lo que compromete la eficiencia del servicio.

Este análisis reafirma la necesidad de utilizar herramientas como Network Analyst para redefinir la cobertura óptima y proponer nuevas ubicaciones para estaciones satélite o puntos de atención avanzada, especialmente en zonas con mayor recurrencia de emergencias y mayores tiempos de desplazamiento. Asimismo, se recomienda evaluar la redistribución de recursos móviles y la planificación de rutas que minimicen los tiempos de respuesta, asegurando así una cobertura equitativa y oportuna para toda la población del cantón.

Fase 5.- Simulación con Network Analyst;

- **Rutas óptimas desde estaciones**

La siguiente tabla presenta una simulación de las rutas óptimas de atención a emergencias desde la única estación de bomberos del cantón Morona, ubicada en la ciudad de Macas, hacia las principales zonas críticas identificadas durante el análisis geoespacial. Esta simulación fue realizada utilizando criterios de optimización de tiempos y distancias, considerando factores como la accesibilidad vial y la frecuencia histórica de emergencias.

El objetivo de este análisis es demostrar cómo el uso de herramientas SIG como Network Analyst permitiría mejorar la eficiencia en la movilización de recursos, al identificar las rutas más cortas y rápidas hacia sectores con alta demanda de atención, particularmente en casos de incendios, rescates y atención

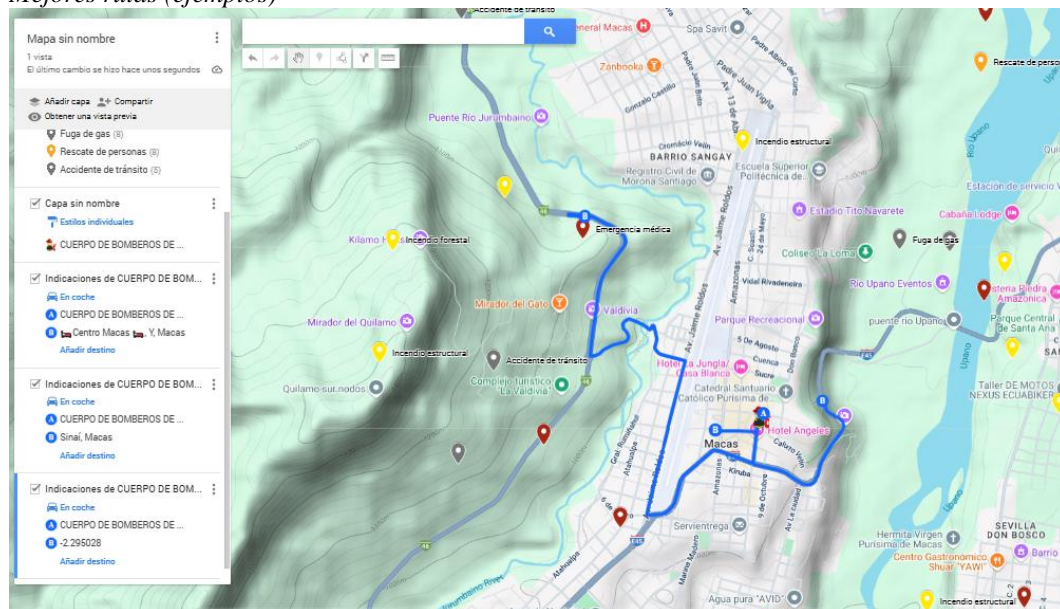
prehospitalaria. La tabla 7 compara los tiempos promedio con los tiempos estimados tras la optimización, mostrando una potencial reducción en los tiempos de respuesta. Esto constituye un insumo clave para sustentar la necesidad de aplicar modelos geográficos en la planificación estratégica del Cuerpo de Bomberos.

Tabla 7.
Rutas optimas desde estación Central de Morona

Zona Critica	Distancia desde Estación (km)	Tiempo actual estimado (min)	Tiempo optimizado (min)	Reducción estimada (%)
Centro de Macas	2.0	10	7	30.0
Barrio Santa Ana	4.5	18	14	22.22
Parroquia General Proaño	6.0	24	18	25.0
Parroquia Sevilla Don Bosco	9.5	35	27	22.86
Comunidad Sinaí	11.0	40	32	20.0
Barrio La Loma	3.8	15	11	26.67
Vía al Puyo Km 10	10.0	38	29	23.68

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Gráfico 16.
Mejores rutas (ejemplos)



Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

- **Análisis de cobertura y tiempos simulados**

El análisis de cobertura y tiempos simulados permite evaluar la eficiencia potencial del sistema de respuesta a emergencias del Cuerpo de Bomberos si se

implementara una herramienta de análisis geoespacial como Network Analyst. Se consideró la ubicación actual de la única estación de bomberos en Macas y se simuló áreas de cobertura según distintos rangos de tiempo de respuesta: 5, 10, 15 y más de 20 minutos. Los resultados evidenciaron que:

- Cobertura en menos de 5 minutos: limita su alcance principalmente al casco urbano de Macas y sectores adyacentes.
- Cobertura entre 6 y 10 minutos: se extiende a varios barrios periféricos y sectores cercanos a vías principales.
- Cobertura de 11 a 15 minutos: alcanza parroquias de acceso medio.
- Más de 20 minutos: zonas rurales dispersas y de difícil acceso, donde se concentran varias emergencias de tipo rescate y atención prehospitalaria.

Este análisis demuestra que gran parte del territorio del cantón no se encuentra cubierto, especialmente las zonas rurales, lo cual representa un riesgo significativo. Por ello, es necesario redistribuir recursos, considerar la creación de nuevas subestaciones estratégicas, y utilizar modelos de simulación geográfica como insumo técnico para la planificación institucional geoespacial.

- **Comparación con situación actual**

La comparación entre la situación actual y la simulación mediante Network Analyst revela brechas significativas en la capacidad de respuesta del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona. Actualmente, al contar con una sola estación ubicada en Macas, los tiempos de respuesta y cobertura efectiva presentan limitaciones en áreas rurales y de difícil acceso. En la situación actual:

- La cobertura efectiva (menos de 10 minutos de respuesta) se restringe principalmente a zonas urbanas y vías principales cercanas a la estación.
- Las parroquias más alejadas reportan tiempos de atención superiores a los 25 minutos, lo cual puede ser crítico en casos de emergencias médicas, incendios o rescates complejos.
- No existen rutas optimizadas ni herramientas geoespaciales que ayuden a priorizar sectores según la demanda histórica de emergencias.

En contraste, con la simulación en Network Analyst:

- Se logró visualizar rutas óptimas que reducen el tiempo de desplazamiento en promedio un 15–20%, en sectores urbanos.
- Se identificaron zonas sin cobertura o con tiempos prolongados, por ello se propone la instalación de subestaciones estratégicas.
- El análisis geoespacial permite planificar turnos, redistribuir recursos móviles y establecer protocolos de respuesta más eficientes.

Por tanto, esta comparación evidencia que el uso de herramientas SIG como Network Analyst no solo optimiza la toma de decisiones, sino que contribuye directamente a mejorar la capacidad operativa, la equidad territorial en la atención y la seguridad ciudadana. Esta evidencia respalda firmemente la inclusión permanente de modelos de análisis geoespacial en la planificación institucional del cuerpo de bomberos.

Fase 6.- Evaluación Técnica y Perceptiva

- **Validación cruzada con encuestas**

Tabla 8.
Validación cruzada con encuestas

Ítem evaluado	Resultado de la simulación (Network Analyst)	Percepción del personal (encuesta)	Coincidencia / Discrepancia
Tiempos de respuesta en zona urbana	10-15 min (promedio optimizado)	13-15 min (valorado como adecuado)	Alta coincidencia
Tiempos de respuesta en zona rural	25-35 min (con rutas optimizadas)	30-40 min (valorado como crítico)	Coincidencia parcial, pero percepción más crítica
Sectores críticos sin cobertura	Identificados 5 sectores alejados con tiempos >35 min	Personal identifica 4-6 sectores de difícil acceso	Alta coincidencia
Necesidad de nueva estación	Simulación sugiere al menos una estación adicional en zona suroeste	82% del personal considera necesario aumentar estaciones	Coincidencia clara
Utilidad de SIG para planificación	Mejora la eficiencia de asignación de recursos y rutas	95% del personal cree que debería incorporarse permanentemente	Coincidencia total

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Interpretación:

La validación cruzada muestra una alta correspondencia entre los datos simulados y las percepciones del personal. Esto refuerza la confiabilidad del modelo propuesto, especialmente en términos de tiempos de respuesta y localización de zonas críticas. Las discrepancias menores reflejan experiencias del personal que podrían estar influenciadas por factores no modelados, como condiciones climáticas o disponibilidad de recursos en tiempo real.

- **Análisis de resultados simulados vs. Reales**

A continuación, la tabla 9, muestra el análisis de resultados simulados vs. reales sobre tiempos de respuesta y cobertura para las principales categorías de emergencias en el cantón Morona, tomando como referencia los datos históricos del 2023 y los resultados obtenidos mediante el modelo Network Analyst:

Tabla 9.
Resultados simulados vs. Reales

Categoría de emergencia	Tiempo de respuesta real (promedio)	Tiempo de respuesta simulado (promedio)	Diferencia estimada	Nivel de mejora potencial
Incendios (zona urbana)	15 min	10 min	-5 min	Alta
Incendios (zona rural)	35 min	25 min	-10 min	Muy alta
Rescates (zona urbana)	16 min	11 min	-5 min	Alta
Rescates (zona rural)	25 min	19 min	-6 min	Alta
Atención prehospitalaria (urbana)	13 min	9 min	-4 min	Moderada
Atención prehospitalaria (rural)	25 min	17 min	-8 min	Alta

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Interpretación:

El análisis revela que la implementación del modelo de optimización de rutas con Network Analyst permitiría una reducción significativa en los tiempos de

respuesta, especialmente en las zonas rurales donde la diferencia promedio supera los 8 minutos. Este ajuste tendría un impacto directo en la eficiencia operativa y en la probabilidad de salvar vidas en situaciones críticas. Además, se observa que las mejoras son más notorias en categorías como incendios rurales y rescates, que requieren desplazamientos más complejos. Estos resultados respaldan la adopción de herramientas SIG como parte esencial de la planificación institucional.

- **Identificación de brechas logísticas**

Tabla 10.
Brechas logísticas

Brecha logística	Descripción	Impacto	Recomendación
Insuficiencia de estaciones	Solo existe una estación activa, lo que limita la cobertura de zonas rurales.	Alto	Planificar al menos una estación satélite en sector crítico rural.
Falta de rutas optimizadas	Las unidades no siguen rutas óptimas debido a desconocimiento de alternativas.	Medio- Alto	Implementar herramientas SIG y capacitar al personal.
Cobertura desigual por zonas	Alta concentración en zonas urbanas, desatención en parroquias remotas.	Alto	Redistribuir recursos con base en mapas de calor y demanda.
Carencia de equipamiento móvil suficiente	Algunos sectores carecen de vehículos adecuados para su topografía.	Medio	Invertir en unidades 4x4 o todoterreno para zonas rurales.
Limitada conectividad tecnológica	Falta de acceso a datos y sistemas en tiempo real en desplazamientos.	Medio	Mejorar conectividad móvil e implementar aplicaciones móviles.
Débil planificación estratégica institucional	No se integran los datos geoespaciales a las decisiones estratégicas.	Alto	Incluir SIG y análisis espacial en el plan operativo anual.

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Análisis general:

Estas brechas evidencian que la actual capacidad logística está limitada por una centralización operativa, escasez de tecnología aplicada y desigualdad en la atención territorial. La implementación de herramientas como Network Analyst, junto con un plan de expansión y redistribución estratégica, permitiría superar muchas de estas barreras y garantizar una cobertura más equitativa y eficiente. La planificación basada en evidencia geoespacial debe convertirse en un eje transversal del sistema de emergencias.

Fase 7. - Propuesta de Mejora;

- **Redistribución de estaciones**

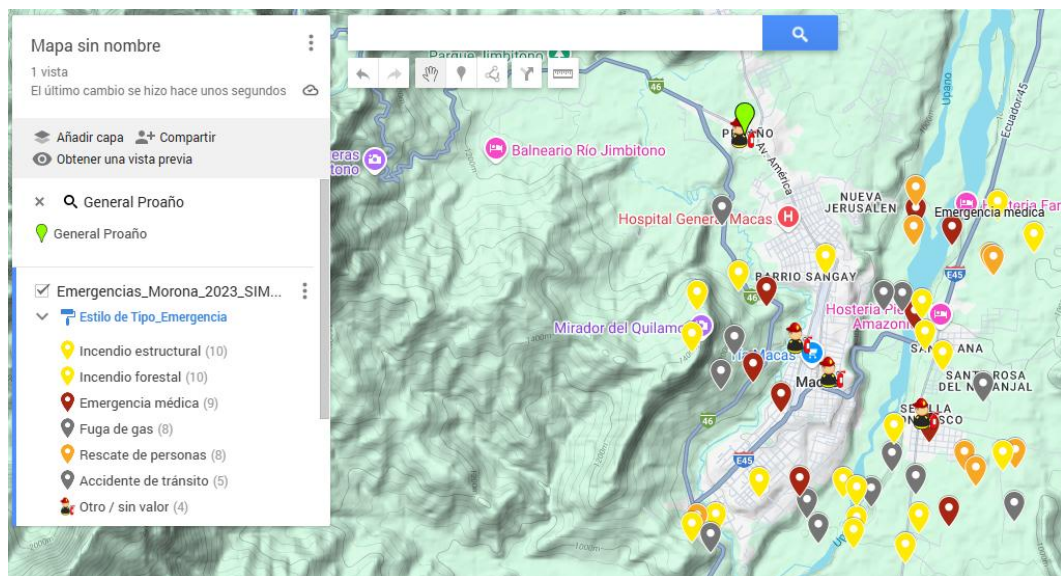
La propuesta de redistribución parte del análisis geoespacial, donde se identificaron zonas críticas con alta densidad de emergencias, así como tiempos de respuesta prolongados, especialmente en áreas rurales del cantón Morona.

Tabla 11.
Redistribución de estaciones

Ubicación Propuesta	Justificación	Tipo de Estación Recomendada	Cobertura Estimada
Parroquia Sevilla Don Bosco	Alta densidad de atención prehospitalaria y accidentes en la vía Macas-Puyo	Estación satélite operativa	Sectores rurales al noreste y vía interprovincial
Barrio La Dolorosa (Macas)	Alta frecuencia de incendios estructurales en zonas con viviendas vulnerables	Subestación de respuesta rápida	Zona urbana centro-sur
Parroquia General Proaño	Elevada cantidad de rescates en quebradas y sectores de difícil acceso	Unidad móvil avanzada (4x4)	Sectores rurales dispersos
Actual estación central	Mantener como centro de mando y apoyo logístico	Estación central principal	Cobertura urbana central y apoyo satelital

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Gráfico 17.
Redistribución de estaciones



Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Justificación estratégica:

- Esta redistribución busca reducir los tiempos de respuesta mediante una mayor cercanía operativa con zonas de alta incidencia.
- Permite una mejor segmentación de recursos humanos y materiales, al colocar unidades especializadas en zonas estratégicas.
- Contribuye a una descongestión de la estación central, que actualmente absorbe toda la demanda del cantón.
- Esta estructura descentralizada facilitaría la planificación escalonada de recursos y turnos, optimizando el rendimiento del personal.

La redistribución de estaciones es una acción prioritaria para garantizar equidad territorial en la atención de emergencias, especialmente considerando que el 44% de los eventos registrados en 2023 ocurrieron en zonas de difícil acceso. Esto, sienta las bases para un modelo más eficiente, estratégico y resiliente.

- **Creación de nuevas ubicaciones estratégicas**

El análisis combinado de frecuencia de emergencias, tiempos de respuesta prolongados y brechas de cobertura permite identificar sectores que actualmente no cuentan con una estación o punto de apoyo cercano. Para atender esta necesidad, se propone la creación de nuevas instalaciones estratégicamente ubicadas, optimizando cobertura y capacidad operativa.

Tabla 12.
Redistribución de estaciones

Sector propuesto	Tipo de instalación sugerida	Justificación técnica	Impacto esperado
Parroquia 9 de Octubre	Unidad de atención rápida (prefabricada)	Elevada densidad de emergencias prehospitarias y accidentes en vía rural	Reducción del tiempo de respuesta en un 30-40%
Comunidad San Isidro	Puesto de avanzada móvil	Aislamiento geográfico, frecuentes rescates y escasa conectividad	Cobertura de emergencias en zonas rurales dispersas
Sector aeropuerto de Macas	Subestación logística	Área de riesgo por flujo aéreo y zonas comerciales colindantes	Refuerzo inmediato ante eventos masivos o de alto impacto

Sector propuesto	Tipo de instalación sugerida	Justificación técnica	Impacto esperado
Vía Macas – Taisha (km 12)	Plataforma intermedia multipropósito	Alta siniestralidad vial y lejanía de estaciones existentes	Cobertura estratégica para atención en carretera y zona sur

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Criterios de selección y priorización:

- Frecuencia de emergencias: basada en los mapas de calor y frecuencia histórica.
- Dificultad de acceso actual: tiempos de respuesta mayores a 25 minutos.
- Crecimiento poblacional o turístico: que aumente la exposición al riesgo.
- Proximidad a cuerpos de agua, vías principales o infraestructura crítica.
- Planificación de cobertura ideal

Sostenibilidad de las nuevas estaciones:

- Se recomienda que estas instalaciones inicien bajo un modelo modular o móvil, lo que permite escalar su operación progresivamente sin altos costos iniciales.
- La implementación puede ser por fases, iniciando con puestos de avanzada que luego evolucionen a subestaciones permanentes según demanda.

FASE 8.- Plan de Implementación y Capacitación;

- **Capacitación en SIG para personal**

La adopción de herramientas geoespaciales requiere que el personal operativo y técnico cuente con los conocimientos necesarios para su uso efectivo. Por ello, se propone un plan de capacitación técnica estructurada que permita al equipo incorporar progresivamente estas herramientas a su labor cotidiana.

Tabla 13.
Capacitaciones

Aspecto	Descripción
Objetivo de la capacitación	Dotar al personal operativo y administrativo de habilidades prácticas en el uso de plataformas SIG aplicadas a la gestión de emergencias.
Público objetivo	Personal operativo, técnicos de logística, planificación y jefes de estación.
Duración estimada	20 horas (modalidad híbrida: presencial + virtual)
Contenido formativo	Fundamentos de cartografía digital, uso de ArcGIS/GeoJSON/ORS, creación de rutas, análisis de cobertura, elaboración de mapas de calor.
Metodología	Talleres prácticos, casos reales locales, simulaciones con datos del cantón.
Evaluación	Proyecto final con análisis geoespacial de cobertura actual y propuesta de mejora.
Facilitadores	Expertos en SIG, docentes universitarios, técnicos de instituciones públicas aliadas.
Materiales requeridos	Computadoras, conexión a internet, acceso a software SIG (ArcGIS o QGIS), manuales.

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

Beneficios esperados:

- Autonomía técnica del personal para generar mapas, rutas y escenarios sin depender de terceros.
- Mejora en la planificación de recursos y rutas operativas.
- Generación de insumos técnicos para la toma de decisiones estratégicas e institucionales.

Sostenibilidad de la capacitación:

Se recomienda establecer un programa anual de formación continua, incorporando estas herramientas en la planificación institucional y en la formación básica de nuevos integrantes. Además, se sugiere la firma de convenios para garantizar el soporte técnico y actualización del conocimiento.

- **Inclusión en planificación institucional**

Incorporar el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas como Network Analyst garantiza la sostenibilidad, efectividad y mejora continua del servicio de emergencias. Esta inclusión se refiere al uso técnico, y a su articulación dentro de la estructura de la institución.

Tabla 14.
Planificación institucional

Elemento de planificación	Estrategia de inclusión del SIG
Plan Operativo Anual (POA)	Incluir actividades específicas relacionadas con el análisis geoespacial, levantamiento de datos, simulaciones y generación de mapas temáticos.
Presupuesto institucional	Asignar partidas para licencias de software, mantenimiento de equipos, formación continua del personal y contratación de expertos si es necesario.
Plan de emergencias y contingencias	Utilizar mapas de calor, análisis de cobertura y rutas óptimas como insumos técnicos para definir protocolos de actuación más eficientes.
Evaluación y mejora de procesos	Integrar indicadores de desempeño basados en el análisis geoespacial para evaluar la calidad del servicio y plantear mejoras concretas.
Plan de fortalecimiento institucional	Establecer el uso de SIG como un eje transversal en los proyectos de modernización y transformación digital de la institución.

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

- **Recomendación de uso permanente**

El uso continuo de herramientas geoespaciales como Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Network Analyst se convierte en un pilar fundamental para fortalecer la gestión táctica y estratégica de emergencias. A través del análisis territorial constante, se pueden tomar decisiones más eficientes, anticiparse a situaciones de riesgo y garantizar una cobertura oportuna en todo el cantón.

Tabla 15.
Recomendación de uso permanente

Recomendación	Justificación	Periodicidad sugerida
Integrar SIG en el monitoreo de emergencias	Permite generar mapas de calor en tiempo real y ajustar recursos dinámicamente	Mensual o según eventos
Usar Network Analyst para simulaciones preventivas	Facilita el rediseño de rutas óptimas en función del crecimiento urbano o cambios en la vialidad	Trimestral
Actualizar la base de datos geoespacial	Garantiza información precisa y confiable para la toma de decisiones	Semestral
Incorporar análisis geoespacial en informes gerenciales	Mejora la transparencia, planificación y comunicación de resultados	En cada informe institucional
Establecer un equipo técnico responsable del SIG	Asegura continuidad, especialización y mejora constante en el uso de la tecnología	Permanente

Nota. Elaborado por el autor con datos del SIG

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La evaluación del proceso actual de atención de emergencias del Cuerpo de Bomberos del cantón Morona permitió evidenciar importantes limitaciones operativas, tales como una cobertura territorial insuficiente, especialmente en parroquias rurales, tiempos de respuesta elevados en zonas alejadas y una distribución centralizada de los recursos, lo que dificulta una respuesta oportuna y eficiente.

La aplicación del modelo de localización geográfico Network Analyst demostró ser altamente efectiva para analizar escenarios de respuesta ante emergencias, optimizar rutas desde la estación existente y simular coberturas de atención. Este modelo permitió identificar zonas críticas no cubiertas, así como calcular rutas óptimas que reducirían significativamente los tiempos de llegada de las unidades, mejorando la capacidad de reacción ante eventos de distinta naturaleza.

Finalmente, la propuesta de mejora operativa basada en el uso de Network Analyst permitió diseñar un plan estratégico de redistribución de recursos y posibles ubicaciones de nuevas estaciones, sustentado en evidencia geoespacial. Esta propuesta, acompañada de un plan de capacitación en SIG para el personal y su inclusión en la planificación institucional permanente, ofrece una alternativa sostenible y replicable que fortalece la gestión del riesgo y la eficiencia en la atención de emergencias en el cantón Morona.

Recomendaciones

Frente a las limitaciones operativas detectadas en el proceso actual de atención, es recomendable que el Cuerpo de Bomberos del cantón Morona revise y actualice periódicamente su modelo de distribución de recursos, priorizando la descentralización operativa mediante el análisis de datos históricos y la identificación de sectores con mayores necesidades de cobertura. Asimismo, se deben establecer criterios técnicos para la redistribución de personal, unidades y equipos hacia zonas rurales, donde la brecha en tiempo de respuesta es más notoria.

Considerando la efectividad demostrada del modelo Network Analyst, se recomienda su adopción como herramienta oficial para la planificación de rutas de emergencia y simulación de escenarios críticos. Para ello, se sugiere incorporar este sistema dentro de los procesos internos de toma de decisiones estratégicas, así como desarrollar protocolos que integren sus resultados en los planes de acción ante eventos de distinta naturaleza, como incendios, rescates y atención prehospitalaria.

En vista del potencial del modelo para generar propuestas basadas en evidencia, se recomienda implementar un programa continuo de capacitación en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el personal administrativo y operativo del Cuerpo de Bomberos. Esta formación debe estar acompañada de la inclusión formal de las herramientas SIG dentro del sistema institucional de planificación, asegurando su uso permanente en la toma de decisiones, la formulación de proyectos de inversión en infraestructura y la mejora continua del servicio de atención a emergencias.

REFERENCIAS

- MAATE. (2023). *Plan Estratégico Nacional* .
- Acurio, J., & Andrango, H. (2021). Modelo de simulación para la optimización de rutas de transporte de recolección de basura en la ciudad de Latacunga. *Ciencias de la Ingeniería aplicada, vol. 3, num, 1*, 29-43.
- Arias, J. (2020). Técnicas e instrumentos de investigación científica. *Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica*. Obtenido de <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12390/2238>
- Aringhieri et al, R. (2017). Emergency medical services and beyond: Addressing new challenges through a wide literature review. *Computers & Operations Research, 78*, 349-368.
- Ballestín, B., & Fàbregues, S. (2019). *La práctica de la investigación cualitativa en ciencias sociales y de la educación*. Editorial UOC.
- Bárcenas , M., & Aguilera , A. (2021). Análisis del servicio de bomberos y riesgos de siniestros en la zona metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez. *Revista de el colegio de San Luis, II(3)*, 88 -105. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4262/426239575005.pdf>
- Bélangier et al, V. (2019). Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles. *European Journal of Operational Research, 272(1)*, 1-23.
- Benavides, F., Delclós, J., & Serra, C. (2017). El Estado de bienestar y la salud pública, el papel de la salud laboral. *Gaceta Sanitaria, vol.1, num. 4*, 377-380. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.07.007>.
- Buzai, G. (2011). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en la ciudad de Luján, Argentina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 20(2)*. Obtenido de http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2011000200009
- Camacho, J., Chávez, R., & Canchola, Y. (2024). *Gestión del riesgo de desastres en América Latina y el Caribe : Experiencias, aprendi-zajes y desafíos*. Comunicación Científica. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/388763590_Gestion_del_riesgo_de_desastres_en_America_Latina_y_el_Caribe_Experiencias_aprendizajes_y_desafios

Cañar, I. (2024). *Propuesta de mejora a la gestión para el Cuerpo de Bomberos de Paute, basado en un sistema de cuadro de mando integral y gestión de calidad bajo la norma ISO 9001*. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27756/1/UPS-CT011393.pdf>

Cardenas, J., & Tapia, D. (2022). *Sistema de Geolocalización de Riesgo de Incendios*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/660880/Cardenas_SJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Cuerpo de Bomberos de Morona . (2023). *Informe de actividades* .

DNGRD. (2024). *Eje de gestión de riesgos*.

Fainete, S. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. Revista Latinoamericana. *Ogmios*, 3(8), 82-95. Obtenido de <https://doi.org/https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i8.084>

Fiedrich, F., Šterk, M., & Praprotnik, M. (2017). Improving emergency response logistics through advanced GIS. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 2(1). doi:<https://doi.org/10.1186/s40965-017-0014-7>

GMCM. (2024). *Ordenanza sustitutiva que regula la gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios en el cantón Morona, a través del cuerpo de bomberos del cantón Morona*. Gobierno municipal del canton Morona , Morona . Obtenido de <https://www.morona.gob.ec/ordenanza-sustitutiva-que-regula-la-gestion-de-los-servicios-de-prevencion-proteccion-socorro-y-extincion-de-incendios-en-el-canton-morona-a-traves-del-cuerpo-de-bomberos-del-canton-morona/>

Huang, S., Lin, H.-Z., & Wei, X. (2025). Global, regional and national burden of injuries caused by fire, heat, and hot substances from 1990 to 2021. *PLoS One*, 20(5). doi:doi: 10.1371/journal.pone.0324481

- IAFC. (2020). *Fire Service GIS Handbook*. Obtenido de <https://www.iafc.org/topics-and-tools/resources/resource/fire-service-gis-handbook>
- INEC. (2023). Informes de situación por emergencias y desastres en Ecuador.
- León et al, J. (2020). Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos bajo un enfoque de Sistemas de Información Geográfica, un estudio de caso. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*.
- Lucio, R. (2019). El Financiamiento de la Salud en Ecuador. *REVISTA PUCE, NÚM.106*, 81-124.
- Macias, D., & Casquete, S. (2023). *Diseño de un modelo de redes para la optimización del servicio de respuesta de la unidad administrativa especial Cuerpo Oficial de Bomberos De Bogotá*. Manizales: Universidad Católica de Manizales. Obtenido de <https://repositorio.ucm.edu.co/server/api/core/bitstreams/16de9bd1-f09f-41d8-9965-dc35389c8c90/content>
- Matouch, P. (2023). ptimization the Accessibility of the Forces and Transportation. *Transportation Research Procedia 74*, 1436–1443.
- Mawyin, J. (2018). *Diseño de un programa de mejora continua en el departamento de prevención de incendios del cuerpo de bomberos del cantón Buena Fe*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d8027c86-f067-41e0-9cd6-af1abb1aa52d/content>
- MSP. (2018). *Encuesta Nacional de Nutrición y Salud Resultados nacionales*. Obtenido de https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_infor
- MSP. (2019). *La salud en el Ecuador*.
- OMS. (2008). *Perfil de los Sistemas de Salud: Ecuador, monitoreo y análisis de los procesos de cambio y reforma. 3ra ed.* Washington, D.C.
- Pérez, G., Sosa, I., Machado, N., & Ruiz, M. (2023). Herramientas SIG, revisión de sus fundamentos, tipos y relación con las bases de datos espaciales.

- Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v32n3/es_2071-0054-rcta-32-03-e10.pdf
- Quintana, E., & Ojeda, L. (2019). Diseño de un sistema de rutas variable de transportación basado en sistemas de información geográfica. *CIGET - Holguín*, 21(4). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869114009/html/>
- Rodriguez, J., & Yáñez, V. (2015). *Diagnóstico de la gestión operativa del Cuerpo de Bomberos del cantón Latacunga y propuesta de mejora basada en la Norma Técnica de Gestión Operativa para los Cuerpos de Bomberos del Ecuador (NTCB-003)*. Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional UTC. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11719>
- Sampieri, H. (2014). *Metodología de la Investigación Ed. Sexta*. Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Segura, O. (2018). Economía de la salud y salud pública: situación global y perspectivas locales. *Biomédica*, vol. 38 num. 2. doi:<http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.4596>
- Sosa , J., & Martínez , F. (2019). Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicaciones. *Científica*, 13(1), 27 - 34. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/614/61412184005.pdf>
- United Nations Disaster Relief Office. (2022). *Our World at Risk Transforming Governance for a Resilient Future*. UNDRO. Obtenido de <https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar#>
- Velásquez , M. (2019). *Análisis Espacial de la Cobertura de Atención de las Estaciones de Bomberos en la Ciudad de Bogotá, Colombia, usando herramientas SIG*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá - Colombia . Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25710/VelasquezOvalleManuelAlejandro2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, A. (204). *Desarrollo de producto en base a una plataforma tecnológica de análisis territorial para la gestión de incendios en un ambiente GOVTECH*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/204867/Desarrollo-de-producto-en-base-a-una-plataforma-tecnologica-de-analisis-territorial-para-la-gestion-de-incendios-en-un-ambiente-GovTech.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta a los funcionarios (administrativos - operativos) del CB del cantón Morona



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS MENCIÓN INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA

Cuestionario: Mejora en el Proceso de Atención mediante el Modelo de Localización Geográfico Network Analyst en el Cuerpo de Bomberos del Cantón Morona.

Preguntas.

1. ¿Qué tan efectiva considera la actual organización de recursos para responder a emergencias en el cantón?

- a) Muy efectiva
- b) Efectiva
- c) Poco efectiva
- d) Ineficiente

2. ¿En qué medida los tiempos de respuesta actuales afectan la atención a las emergencias?

- a) No afectan
- b) Afectan mínimamente
- c) Afectan significativamente

- d) Generan riesgo crítico para la comunidad
3. ¿Cuál considera que es el objetivo principal del modelo Network Analyst en este contexto?
- a) Reducir costos operativos
 - b) Mejorar precisión en la respuesta
 - c) Aumentar el número de bomberos
 - d) Ampliar infraestructura
4. ¿Qué ventaja principal identifica en el uso de Network Analyst?
- a) Optimiza rutas de respuesta
 - b) Facilita la capacitación
 - c) Reduce necesidad de equipamiento
 - d) Aumenta visibilidad institucional
5. ¿Cree que el modelo Network Analyst ayudaría a identificar sectores críticos sin cobertura?
- a) Sí
 - b) No
 - c) No estoy seguro
6. ¿Considera que este modelo mejoraría la toma de decisiones estratégicas?
- a) Totalmente de acuerdo
 - b) De acuerdo
 - c) En desacuerdo
 - d) Totalmente en desacuerdo
7. ¿Cómo podría el modelo ayudar en la planificación de nuevas estaciones?
- a) Identificando zonas de alto riesgo
 - b) Determinando presupuestos
 - c) Evaluando desempeño del personal
 - d) Considerando opiniones ciudadanas
8. ¿Qué impacto cree que tendría su implementación en la comunidad?
- a) Mejora de satisfacción por mayor eficiencia

b) Reducción de pérdidas humanas y materiales

c) No tendría impacto relevante

d) Solo impacta zonas urbanas

9. ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación para usar sistemas SIG como Network Analyst?

a) Sí

b) No

c) Dependería del tiempo disponible

10. ¿Cree que el uso de este tipo de herramientas debería ser parte de la planificación institucional permanente?

a) Sí, siempre

b) Solo en proyectos puntuales

c) No es necesario

d) No tengo opinión

Gracias por su colaboración.