



**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PRIORIZACIÓN DE
FLUJO DE VEHÍCULOS DE EMERGENCIA EN LOS SEMÁFOROS DE BOGOTÁ**

AUTORES:

JULIÁN ARTURO MOLINA CASTIBLANCO

LAURENS MAYERLI ROMERO PARRA

LUISA FERNANDA SÁNCHEZ OSPINA

DIRECTOR:

DIANA PAOLA FIGUEROA HERNÁNDEZ

INGENIERÍA DE SISTEMAS

INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C

2024

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen Ejecutivo	3
2. Introducción.....	4
3. Objetivo General.....	6
3.1 Objetivos Específicos	6
4. Definición Del Problema	7
5. Justificación	8
6. Análisis de Requerimientos	11
7. Marco de Referencias	20
7.1 Antecedentes	20
7.2 Orientaciones	21
7.3 Marco Teórico	24
7.3.1 Definiciones claves.....	25
8. Análisis de Restricciones	26
8.1 Ambientales	26
8.2 Económicos.....	26
8.3 Legales	27
8.4 Salud y Seguridad	27
8.5 Socioculturales.....	27
8.6 Servicio	28
8.7 Proceso.....	29
9. Metodología.....	29
9.1 Resultados.....	31
10. Presentación de Prototipo	37
11. Análisis de costos.....	41
11.1 Definición de necesidades.....	42
11.2 Análisis - Diseño	42
11.3 Desarrollo.....	42
11.4 Pruebas-Validación.....	43
12. Conclusiones.....	47
13. Bibliografía.....	48

1. Resumen Ejecutivo

Este proyecto tiene como objetivo diseñar y desarrollar una aplicación móvil que ayude a facilitar la priorización del paso de vehículos de emergencia en los semáforos de Bogotá, creando rutas en tiempo real en el transporte terrestre urbano de la ciudad empleando algoritmos de geolocalización para rastrear la posición y ruta del vehículo, utilizando tecnologías de GPS y mapas, similares a los servicios de navegación como Waze o Google Maps, con el fin de notificar el paso del vehículo por los semáforos, solicitando su habilitación para brindar una alternativa que pueda contribuir al tránsito eficiente y seguro de los vehículos de emergencia en busca de mejorar los tiempos de respuesta en situaciones críticas.

La aplicación móvil ha sido nombrada Emergency Transport Priority (ETP), destacando su enfoque en la priorización del tránsito de vehículos de emergencia, está desarrollada en Flutter y Node.js e integra APIs públicas como Google API Routes y Google Matrix API junto con la base de datos pública de semáforos de Bogotá, lo cual permite identificar los semáforos en las vías de la ciudad para poder enviar notificaciones de proximidad y poder especificar cuáles semáforos deben ser habilitados.

Esta aplicación móvil está diseñada para ser usada por personal de emergencias sin conocimiento técnico previo, con una interfaz intuitiva y fácil de manejar, para su acceso será requerido una autenticación del usuario que cuente con previo registro y estará disponible para dispositivos móviles iOS y Android que cuentan con acceso a internet y GPS activo.

2. Introducción

De acuerdo con las proyecciones del DANE, se estima que para el año 2024 Bogotá alcanzará una población de 7.93 millones de habitantes (Telencuesta, 2024), representando un crecimiento del 0.76% en comparación con los 7.87 millones de personas registradas en 2022 (Telencuesta, 2022). Este crecimiento poblacional plantea desafíos significativos en diversas áreas de la ciudad, especialmente en la movilidad, ya que a medida que la población aumenta, también lo hace el número de vehículos de la ciudad; según las cifras entregadas por el Registro Distrital Automotor RDA de la Secretaría Distrital de Movilidad, para agosto de 2024 se encuentran registrados 2.589.804 vehículos en la ciudad, lo que representaría un crecimiento del 1.23% en comparación con las cifras entregadas para el 2022, en las que los vehículos registrados eran 2.558.46, destacando que el número de vehículos del parque automotor crece un 47.24% más que el crecimiento de la población (Observatorio de Movilidad, 2024).

En el estudio *Global Traffic Scorecard* de Inrix, en el cual se analizan demoras, costos, tendencias y patrones de viaje de diversas áreas metropolitanas, Bogotá se posicionó en el 2022 como la sexta ciudad más congestionada a nivel mundial, con tiempos de retraso de 122 horas, representando un aumento de tráfico del 30% con respecto al 2021 y estando 34 horas por debajo de Londres, la ciudad más congestionada para ese año (Inrix, 2024). En busca de mejorar la situación crítica del tráfico en Bogotá, en 2021 se finalizó el proceso de implementación de sistemas de semaforización inteligentes con el fin de dar una gestión en tiempo real de acuerdo con la demanda del tráfico, para lo cual, el señor José Stalin Rojas director del observatorio de Movilidad de la Universidad Nacional, resaltó que estos sistemas aún no son del todo óptimos, ya que se tiene la

necesidad de priorizar los vehículos de emergencia para que estos fluyan con rapidez. (Mercado, 2023).

Ante la congestión vehicular de la ciudad y en busca de dar una solución para el flujo de los vehículos de emergencia, se encuentra la existencia de leyes que priorizan el paso de estos vehículos, como lo es la ley 769 de 2002 del Código Nacional de Tránsito, la cual indica mediante el artículo 64 que *“Todo conductor debe ceder el paso a los vehículos de ambulancias, cuerpo de bomberos, vehículos de socorro o emergencia y de la policía o ejército orillándose al costado derecho de la calzada o carril y deteniendo el movimiento del vehículo”* (Ministerio de Transporte, 2002).

Sin embargo, se enfrenta un obstáculo adicional para que estos vehículos puedan fluir rápidamente, los semáforos en rojo, los cuales no solo prologan los tiempos de llegada, sino que también incrementan el riesgo de accidentes de tránsito, como se puede observar en un caso publicado en la página web de RCN, en el cual, el pasado 17 de mayo de 2023, una persona casi fue atropellada por dos ambulancias que se estrellaron por saltarse un semáforo en rojo en camino a atender un accidente en la Avenida Caracas con calle 49 (Ríos, 2023), esta situación refleja uno de los numerosos incidentes que ocurren en las calles de la capital, en la cual entre 500 a 600 personas mueren en accidentes de tránsito cada año (World Resources Institute, 2023).

Adicionalmente, ante la presencia de un vehículo de emergencia en un semáforo en rojo muchos conductores no ceden el paso, ya que en muchas ocasiones esto implicaría pasarse el semáforo que se encuentra inhabilitado, lo que se clasifica como una infracción de tipo D4 y es sancionado bajo los artículos 135 y 136 del Código Nacional de Tránsito con una multa de 30 SMLDV (Salario mínimo legal vigente) que en 2024 equivaldrían a

\$1.300.000 y si no se encuentra suficiente evidencia que el conductor se saltó el semáforo por darle el paso a un vehículo de emergencia, no será posible apelar el comparendo para que este sea anulado (Paredes, 2024).

La movilidad ha sido apoyada mediante diversas aplicaciones; como lo son Waze y Google Maps, que ofrecen información de tráfico en tiempo real y en base a esto pueden entregar sugerencias de rutas para los conductores (Uberall, 2024), Waze puede notificar la presencia de vehículos de emergencia en ruta con el fin de brindar una circulación a los conductores más segura y conveniente. (Berkovich, 2024).

Por lo tanto, desde la rama de la ingeniería se otorga una solución mediante el diseño de una aplicación móvil para dar un aporte al Plan Nacional de Seguridad Vial 2022-2031, el cual es principal instrumento de materia para la seguridad vial (Función Pública, 2022), que permita la notificación de proximidad de un vehículo de emergencia a un semáforo: Bomberos, ambulancias, fuerzas militares, policía y autoridades de tránsito y transporte (Sura ARL, 2022), con el fin de solicitar su habilitación para el facilitar el paso del vehículo de emergencia.

3. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil que permita a los vehículos de emergencia notificar su proximidad a un semáforo y solicitar su activación para facilitar su paso.

3.1 Objetivos Específicos

1. Analizar el contexto de movilidad en Bogotá identificando los principales factores que retrasan a los vehículos de emergencia.

2. Desarrollar una interfaz intuitiva para la aplicación móvil que facilite una interacción rápida y sencilla para el personal de emergencia.
3. Integrar APIs de geolocalización y rutas con la base de datos de semáforos de Bogotá en la aplicación, para identificar en tiempo real el semáforo que debe ser activado.
4. Realizar pruebas para asegurar el desempeño adecuado de la aplicación.

4. Definición Del Problema

La desproporción del crecimiento poblacional de Bogotá y su infraestructura vial han ocasionado que se generen varios retos de movilidad para la ciudad. Con el fin de dar una solución a la problemática de congestión en el 2019 por parte de la alcaldía se realizó la propuesta de semáforos inteligentes, la cual finalizó su implementación en 2021; un elemento de esta propuesta se encontraba basado en reducir los tiempos de semáforos dando prioridad al carril con más vehículos en tiempo real (González, 2019)

A pesar de su implementación, en 2023 se debatía la efectividad de estos semáforos inteligentes, ya que los ciudadanos no percibían el cambio en el tráfico, ante esto se pronunciaron algunos expertos indicando que la ausencia de percepción de cambio podría ser un indicador positivo, ya que el tráfico podría ser peor, sin embargo, indicaban que al sistema le hace falta aún más, ya que se tiene la necesidad de priorizar los vehículos de emergencia para que estos fluyan con rapidez a través de estos sistemas. (Mercado, 2023).

Los estándares internacionales de salud Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (PAHO) señalan que el tiempo de repuesta de un servicio de emergencia deber ser de 8 minutos; en Colombia, el tiempo de respuesta de acuerdo con la congestión vehicular puede llegar a ser de 30 minutos hasta 1 hora en

promedio (iMedicalServices, 2024), ocasionando demoras críticas en la atención de emergencias.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, surge la necesidad de que los sistemas de semáforos inteligentes de Bogotá prioricen a los vehículos de emergencia, ya que el sistema de semaforización que se tiene implementado en la actualidad solamente se ajusta dinámicamente de acuerdo con las condiciones de tráfico (Babca, 2022), se observa la oportunidad de integración de la tecnología ya existente con la tecnología de geocalización que ya se requiere en las ambulancias para poder otorgar esta priorización, las cuales son reguladas bajo la Resolución Única Compilatoria en Materia de Tránsito del Ministerio de Transporte (20233040026535 de 2023), en la cual, en la sección 2 señala que las ambulancias terrestres deben contar con un sistema de georreferencia y comunicación (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2023), encontrando una posible implementación en todos los vehículos de emergencia y con esta implementación poder dar una alternativa que ayude a su priorización ante la presencia de un semáforo.

Pregunta de Investigación

¿Cómo puede una aplicación móvil ayudar a la priorización de los semáforos para el paso de vehículos de emergencia en Bogotá?

5. Justificación

Priorizar el paso de vehículos de emergencia en los semáforos es una necesidad que predomina en los semáforos de Bogotá, dado el aumento de congestión vehicular y el crecimiento poblacional en los últimos años. Según el estudio de Inrix, la ciudad se posicionó para 2022 en el sexto lugar de las ciudades más congestionadas a nivel mundial con un retraso

de 122 horas (Inrix, 2022) lo cual representa un empeoramiento en comparación con el estudio de 2021, cuando Bogotá ocupaba dos puestos abajo (Inrix, 2021), lo cual ha provocado retrasos en los tiempos de respuesta de los vehículos de emergencia, haciendo que estos vehículos puedan tardar de 30 minutos hasta 1 hora en atender una emergencia. (iMedicalServices, 2024)

En la capital ya se cuenta con sistemas de semáforos inteligentes implementados en 2021, pero se ha venido cuestionando su funcionalidad, dado que estos sistemas aún no logran priorizar el paso de vehículos de emergencia (Mercado, 2023), sino solamente priorizan el tráfico en tiempo real (Babca, 2022). Resaltando la necesidad de contar con una herramienta tecnológica que aporte a la movilidad con el fin de abordar esta problemática, la cual pueda integrarse con la infraestructura tecnológica existente.

Los retrasos de estos vehículos representan una gran relevancia social para implementar una herramienta que ayude a reducir estos tiempos, debido a que esta dilatación puede ocasionar graves riesgos para los ciudadanos, especialmente en situaciones críticas; la demora puede ser fatal para aquellas personas que sufren de alguna lesión grave o se encuentran bajo entornos peligrosos, que comprometan su salud e incluso poner en riesgo sus vidas, como los casos de accidentes de tránsito o incendios. Para comprender su magnitud se encuentran cifras de estos incidentes atendidos en la ciudad: En el año 2023 se registraron 2.175 casos de incidentes atendidos por el cuerpo de Bomberos (Sarmiento, Ortiz y Balaguer, 2023) y 12.982 siniestros de tránsito (Observatorio de Movilidad, 2024).

La implementación de esta herramienta tecnológica podría traer mejoras en la gestión del paso de vehículos de emergencia al buscar integrarse con los sistemas de semáforos ya existentes, buscando lograr una priorización efectiva de los vehículos, reduciendo los retrasos

que actualmente enfrentan. Este sistema se ha podido ver reflejado en ciudades como Alemania, en el cual un servicio de emergencia informa de su presencia en el semáforo y este cambia inmediatamente a verde para concederle el paso (García, 2022)

Adicionalmente, este sistema presenta un alto valor teórico, ya que puede funcionar como modelo de estudio de sistemas de movilidad y su interacción con la tecnología emergente, proporcionando bases para futuras investigaciones. De acuerdo con sus resultados se podrá evaluar la efectividad de los servicios de emergencia y plantear nuevas hipótesis con respecto a sus demoras, así como identificar patrones que contribuyan a comprender las causas subyacentes de estos retrasos. Ya que los retrasos de estos vehículos no solamente son ocasionados por el tráfico de la ciudad y su sistema de semaforización, sino que también incurren otros factores como lo son las retribuciones económicas, en el caso de las ambulancias, ya que cuando hay un accidente de tránsito las ambulancias se pelean por quien llega primero al accidente, mencionó el concejal Leandro Castellanos (Redacción Nacional, 2024)

Para concluir, esta aplicación podría integrarse en próximas versiones con un modelo de Machine Learning (Aprendizaje automático), los cuales son usados en diversas aplicaciones como lo es Uber, para conectar pasajeros, conductores, identificar riesgos y detectar posibles fraudes (Pritesh, 2023) Mediante esta tecnología el sistema con la información recopilada ofrecería una mejora continua de los algoritmos de priorización en tiempo real, con el reconocimiento de patrones y el uso de predicciones (Communications, 2024), ofreciendo un valor metodológico al brindar una actualización tecnológica significativa a los sistemas de movilidad, teniendo en cuenta que en la ciudad ya se usan estas

tecnologías en diferentes ámbitos, como lo es el sector de la salud, la búsqueda de empleo y la atención a los ciudadanos (Forbes Staff, 2024).

6. Análisis de Requerimientos

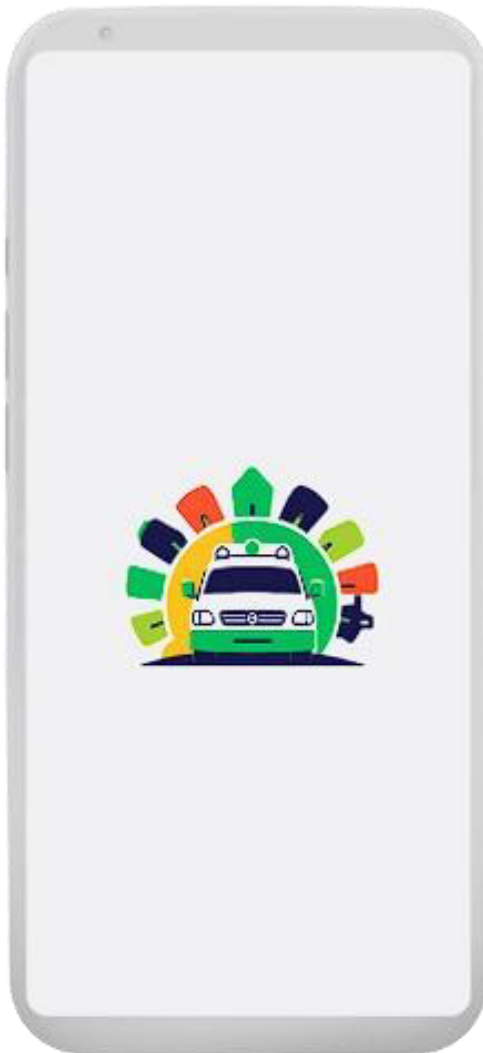
A continuación, se presentan los análisis de requerimientos de la aplicación Emergency Transport Priority (ETP), tomando como base las necesidades específicas de los usuarios finales, en este caso, el personal de emergencias. Se consideraron los desafíos actuales en la movilidad de Bogotá y el manejo de tecnológicas existentes y a partir de estas consideraciones, se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación, priorizando características que ayuden a su utilidad y facilidad de uso.

Requerimientos funcionales:

Los requisitos funcionales de este proyecto evidencian las características puntuales y técnicas que ofrecerá la solución tecnológica detallada.

1. Crear una aplicación móvil integrada con la tecnología creada por Google: Se desarrollará mediante la aplicación Flutter en lenguaje Dart, ya que permite abarcar varios segmentos de usuarios en diferentes plataformas tecnológicas, específicamente para las plataformas iOS de Apple, Android.
2. La aplicación ETP tiene un splash o pantalla de bienvenida, la cual incluye el logo de la aplicación y se mostrará en pantalla durante 5 segundos.

Figura 1. Splash de bienvenida de aplicación



Fuente: Elaboración propia

3. La aplicación tiene un formulario de inicio de sesión que muestra el logo de la aplicación y dispone de campos para ingresar el nombre de usuario y la contraseña. Estos campos permiten a los usuarios registrados autenticar sus credenciales. Además, se incluye un botón que facilita el acceso una vez se hayan ingresado los datos requeridos.

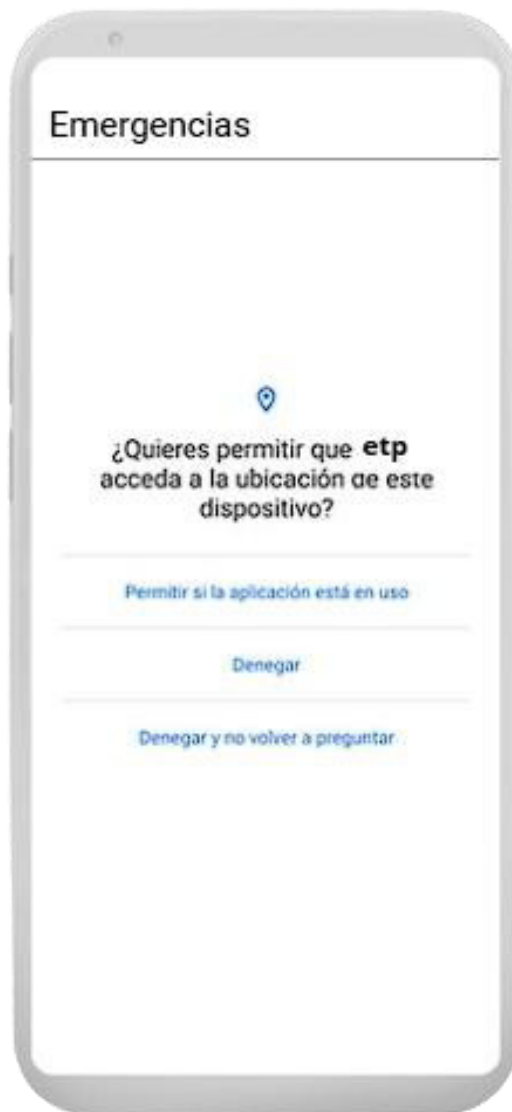
Figura 2. Formulario de inicio de sesión



Fuente: Elaboración propia

4. La aplicación debe solicitar utilizar el GPS del dispositivo móvil donde está instalada la aplicación para obtener la latitud y longitud en tiempo real del vehículo de emergencia cuando está en movimiento.

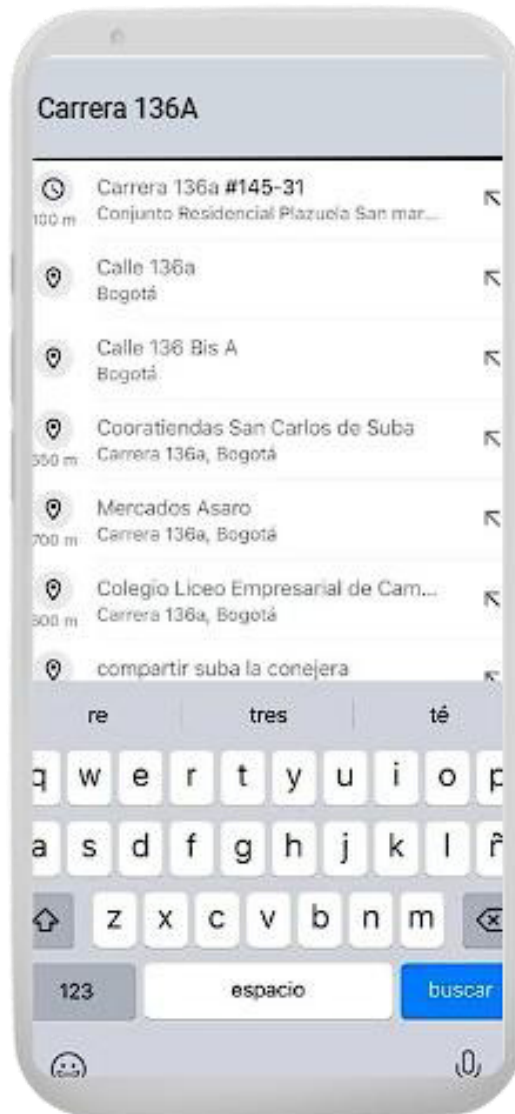
Figura 3. Visualización de solicitud de permisos de ubicación.



Fuente: Elaboración propia

5. Al iniciar sesión la aplicación muestra un mapa utilizando el servicio de Google Maps. Se encuentran un campo en la parte superior para digitar por parte del usuario, en el cual se digitará el destino, se puede digitar palabras claves o direcciones completas; el origen es cargado predeterminadamente por la aplicación de acuerdo con la ubicación actual del usuario.

Figura 5. Visualización de Google Platform



Fuente: Elaboración propia

7. Una vez seleccionado el destino, la aplicación debe mostrar en la parte inferior la disponibilidad de un botón para iniciar la ruta, adicionalmente, se mostrarán en pantalla los semáforos de acuerdo con la ruta trazada, para esto la aplicación debe cargar o tener disponible la base de datos de 'Red_Semaforica_Bogota.csv' tomada

desde la web de la Secretaría de Movilidad de Bogotá y se lanzará una nueva actualización en caso de cambios publicados por la Secretaría de Movilidad.

Figura 6. Disponibilidad de botón para iniciar emergencia y visualización de semáforos en ruta.



Fuente: Elaboración propia

8. La aplicación debe mostrar una ventana emergente que indique la notificación a la Secretaría de Movilidad de proximidad de un vehículo de emergencia a un semáforo

a 50 metros, ya que se estima que a esta distancia los conductores cercanos pueden reaccionar sin provocar maniobras peligrosas, dando un tiempo de llega del vehículo al semáforo para que el sistema pueda ajustarse y poder darle paso de forma segura.

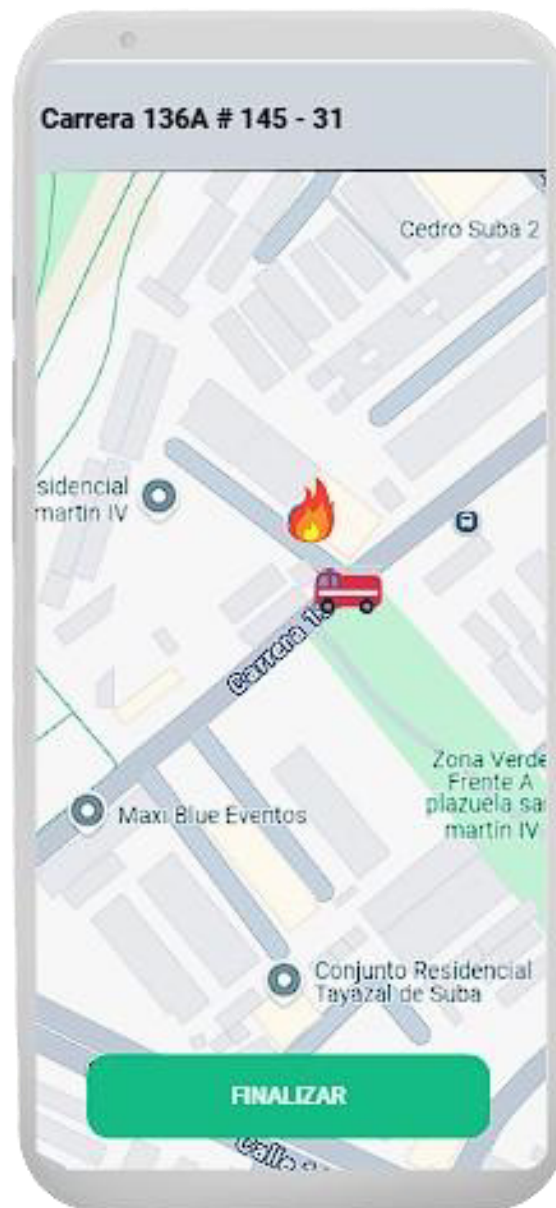
Figura 7. Visualización de ventana emergente notificando la proximidad de un vehículo de emergencia a un semáforo



Fuente: Elaboración propia

9. La aplicación debe mostrar la disponibilidad de un botón de finalización de ruta en la parte inferior de la pantalla una vez se ha llegado al destino.

Figura 8. Visualización de botón de finalización de emergencia.



Fuente: Elaboración propia

Requerimientos no funcionales:

1. Los usuarios deben contar con un dispositivo que tenga sistema operativo Android versión 12 o superior, o iOS versión 14 o superior.
2. Todo dispositivo debe contar con sistema de GPS activo e internet.
3. Los usuarios deben tener mínimo 300mb de espacio disponibles en el dispositivo utilizado para ejecutar la aplicación.
4. Seguridad: Es prioritario que los datos recolectados por el sistema estén protegidos, una fuga de datos y de seguridad sería catastrófica e implicaría quizás la caída del proyecto, por lo cual, todos los datos de la aplicación deberán estar cifrados.
5. La aplicación debe tener un rendimiento óptimo al hacer los cálculos de las rutas y geolocalización, por lo que debe responder en menos de 800 milisegundos cada petición.

7. Marco de Referencias**7.1 Antecedentes**

Bogotá es una de las ciudades de Latino América posicionadas en el ranking con mayores inconvenientes en términos de movilidad (Preciado Rojas, 2024), esta situación ha generado un profundo impacto en la gestión de emergencias en la ciudad, haciendo que los vehículos operativos de emergencias tarden más tiempo de lo esperado, el tiempo de repuesta de un servicio de emergencia deber ser en un tiempo máximo de 8 minutos de acuerdo con los estándares de la OMS (iMedicalServices, 2024).

Sin embargo, de acuerdo con la información reportada por la oficina de prensa del Consejo de Bogotá (Consejo de Bogotá, 2024), en promedio un ciudadano debe esperar entre 30 minutos y 1 hora para recibir asistencia de una ambulancia en Bogotá. Hay factores que

resaltan en el informe, el primero es la capacidad instalada de la ciudad en términos de vehículos para la atención de emergencias y, por otro lado, se hace énfasis que, en determinadas horas, el tráfico de la ciudad dificulta el tránsito de los vehículos de emergencia.

Una investigación realizada por expertos señala que uno de los factores que influyen en la baja movilidad de la ciudad, son los semáforos que actualmente se encuentran en uso, los cuales son fijos y no tienen la capacidad de administrar el flujo del tránsito (Jimenez Moreno, Aviles Sanchez, Espinosa Varcacel & Gordillo Chaves, 2024). Por lo anterior, se considera relevante identificar aquellos estudios y casos de uso, donde la tecnología ha sido un instrumento vital para dar solución a una problemática que afecta a millones de personas en la ciudad de Bogotá.

7.2 Orientaciones

Este marco de referencia busca contextualizar el problema de movilidad en la ciudad de Bogotá y su impacto en la gestión de emergencias, presentando diferentes estudios y propuestas que abordan este tema. A continuación, se exponen datos relevantes y soluciones planteadas por diversos autores que permiten comprender el panorama actual y las posibles mejoras en el sistema de tránsito para atender situaciones de emergencia de manera más eficiente.

La investigación de los especialistas Jiménez Moreno, Avilés Sanchez, Espinosa Valcárcel y Gordillo Chaves busca solventar la actual situación de movilidad de la ciudad, con la implementación de un sistema dinámico que permita establecer los cambios del semáforo de acuerdo con diversas variables configuradas en un algoritmo inteligente. Su solución abarca el uso de cámaras con detección de movimiento, velocidad y que este sistema sea capaz de distinguir los vehículos de emergencia, con el fin de dar prelación a este tipo de

vehículos en los casos que se requiera. El sistema, también estaría en la capacidad de recopilar información estadística con el fin de mejorar continuamente el algoritmo. (Jiménez Moreno, Avilés Sanchez, Espinosa Valcárcel & Gordillo Chaves, 2024) Esta solución es relevante para el proyecto, ya que, a partir de la información recopilada de cada dispositivo, se retroalimenta el modelo, lo que permite automatizar cada uno de los semáforos, refinando la calidad de los datos de entrada y permitiendo al modelo tomar mejores decisiones.

Otra solución al problema de movilidad ha sido planteada por Antichán, Morán y Núñez (2023), quienes proponen la integración de la georreferenciación de vehículos de emergencia en el sistema de control de semáforos. Esta integración permitiría establecer una comunicación directa y eficaz, mejorando así la administración vial en situaciones de emergencia. El objetivo principal es transmitir datos de georreferenciación de los vehículos de emergencia a una estación de control que cuente con información relevante del sistema de emergencia y esté conectada al sistema de monitoreo y control del tránsito. De esta manera, se podrían generar rutas de forma eficiente. Sin embargo, la implementación de esta solución requiere la integración de diversas tecnologías y sistemas de información, enfrentando el reto de lograr que esta integración proporcione información en línea sin necesidad de intervención por parte de personal operativo.

Por su parte, en un estudio publicado en el *International Journal of Scientific & Engineering Research*, los investigadores Saeed, Khan, Ahmed y Mubashar (2011) desarrollaron un modelo para la gestión autónoma de semáforos, introduciendo mecanismos de detección mediante GPS y sensores que permitieran acceder a información en tiempo real. Esta información sería utilizada en el modelo junto con otras variables, como la cantidad de vehículos en la ruta, la velocidad promedio, la distancia de los vehículos al semáforo, y la

identificación de vehículos de emergencia, entre otras, para determinar el cambio de semáforo de rojo a verde, de acuerdo con la prioridad de movilidad establecida. Sus conclusiones sugieren que el uso del modelo autónomo genera un impacto positivo en la gestión del tráfico, reduciendo accidentes y disminuyendo el tiempo de espera para los conductores.

Los hallazgos de Saeed, Khan, Ahmed y Mubashar (2011) indican que su algoritmo es lo suficientemente flexible como para actualizarlo y mejorarlo para satisfacer necesidades futuras. Sin embargo, su investigación se limita al monitoreo de intersecciones utilizando redes de sensores físicos. Por el contrario, este proyecto utiliza un servicio de transferencia de información a través de una API que permite la integración en tiempo real de datos georreferenciados sin necesidad de infraestructura física adicional. Esta capacidad de transmitir datos continuamente permite que nuestra aplicación recomiende rutas óptimas para vehículos de emergencia en función de variables dinámicas como la ubicación del vehículo, las condiciones del tráfico y la disponibilidad de la carretera. Como resultado, el proyecto no sólo aumenta la eficiencia de los tiempos de respuesta, sino que también aumenta la confiabilidad de las rutas creadas, adaptándose en tiempo real a las circunstancias específicas de cada emergencia.

En el trabajo de grado de Ospina Tuberquia en el año 2023, se plantea que la utilización de una aplicación móvil para reportar accidentes o incidentes que puedan afectar la movilidad en la ciudad de Medellín puede contribuir a mejorar dicha movilidad. El autor destaca la importancia de que la aplicación sea fácil de usar y esté diseñada para maximizar la experiencia del usuario. Además, se mencionan los desafíos relacionados con la administración de los datos personales de los usuarios (Ospina Tuberquia, 2023). Dado que

la solución propuesta en este trabajo también implica el uso de información personal de los usuarios, es fundamental que, dentro de los requisitos para el registro, se incluya un formulario de autorización para el tratamiento de datos personales, conforme a la normativa vigente.

7.3 Marco Teórico

Para el desarrollo de la aplicación es indispensable el uso de diferentes tecnologías que permitan la comunicación instantánea entre los sistemas de información de movilidad y el usuario. Para que la herramienta sea funcional, es requerido el uso de Sistemas de Semáforos Inteligentes (SSI) en la ciudad de Bogotá, los cuales utilizan un sistema de comunicación abierto (OCIT), que permite transmitir y recibir información, lo que facilita tener un sistema adaptativo para el control inteligente del tráfico. (Subsecretaría de la Gestión de Movilidad, 2021).

Otro aspecto fundamental en la herramienta es el uso del Sistema de Georreferenciación de los dispositivos móviles de cada uno de los usuarios, “el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), una herramienta de navegación que utiliza red de satélites en órbita terrestre para proporcionar información precisa sobre la ubicación y el tiempo en cualquier parte del mundo” (Antichán, Morán, & Núñez, 2023). A partir de esta herramienta, la aplicación podrá determinar la concentración de vehículos en diferentes tramos de la ciudad, al igual que podrá conocer la velocidad promedio de éstos, conformando dos de las variables de entrada.

El uso de la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de Google Maps permite acceder a mapas dinámicos e interactivos que se pueden integrar en diversas aplicaciones. Una API es un conjunto de reglas y protocolos que permite la comunicación entre diferentes

softwares, facilitando el intercambio de datos y funciones. El API de Google Maps proporciona a los usuarios la capacidad de encontrar la mejor ruta, teniendo en cuenta las condiciones del tráfico en tiempo real, que son monitoreadas a través de datos de usuarios y otras fuentes (Google, 2024).

7.3.1 Definiciones claves

A continuación, se relacionan definiciones claves usadas a lo largo del documento:

AWS (Amazon Web Services): es una plataforma de servicios en la nube que proporciona una variedad de recursos, como almacenamiento, bases de datos y capacidades de procesamiento, permitiendo el desarrollo y la escalabilidad de aplicaciones web y empresariales (Amazon Web Services, 2023).

Backend: Es la parte de una aplicación o sistema que gestiona la lógica de negocio, bases de datos y la comunicación con el frontend (Platzi, 2023).

Diseñador UX (experiencia del usuario): Se enfoca en mejorar la interacción del usuario con un producto digital, diseñando prototipos, ejecutando pruebas de usabilidad y realizando iteraciones continuas hasta lograr un resultado que cumpla con las expectativas del usuario (Interaction Design oundation, 2023).

Figma: Herramienta de diseño en línea que facilita la creación colaborativa de interfaces de usuario, prototipos y elementos gráficos (Figma, 2023).

Google Maps: es una plataforma en línea creada por Google que ofrece imágenes satelitales, vistas panorámicas, planificación de rutas para varios medios de transporte y herramientas de navegación en tiempo real para usuarios globales (Google, 2023).

Product Owner: es un rol en equipos ágiles, especialmente en Scrum, responsable de maximizar el valor del producto, gestionando y priorizando las tareas, y asegurándose de que las necesidades del cliente y los objetivos del negocio estén alineadas (Schwaber & Sutherland, 2020).

TRM (Tasa Representativa del Mercado): en Colombia es la tasa oficial que define el valor del dólar estadounidense en pesos colombianos y es calculada diariamente por la Superintendencia Financiera de Colombia (Superintendencia Financiera de Colombia, 2023).

8. Análisis de Restricciones

El análisis de restricciones presentado a continuación aborda los aspectos ambientales, económicos, de servicio, legales, socioculturales, y de salud seguridad a considerar en el proyecto, lo que permite identificar de manera oportuna los alcances y características relevantes a considerar para una adecuada implementación.

8.1 Ambientales

No se identifican implicaciones ambientales significativas asociadas al proyecto.

8.2 Económicos

- **Costos en servicios de Google:** A pesar de que la herramienta y los servicios que emplea son de uso gratuito, Google impone un límite de uso para sus servicios, como lo es el uso de las APIs de rutas; esto significa que después de consumir la capa gratuita (200 USD) mensuales, se pagaría por los servicios de acuerdo con el consumo (Ausum Cloud, 2023). Para mantener el funcionamiento de la aplicación con estos

servicios, el proyecto implementa un modelo de negocio basado en una economía de escala, donde los clientes con mayor demanda o volumen de usuarios financian el uso del servicio para aquellos con menor tráfico, de esta manera, el apoyo financiero de entidades como el distrito, hospitales, IPS, o alcaldías locales permiten mantener la aplicación con un servicio estable y rentable.

8.3 Legales

- **Manejo de información personal:** La gestión de la información personal de los usuarios registrados se deberá realizar conforme a la Ley 1581 de 2012, la cual establece las normas para la recolección y el manejo de datos personales (Ministerio de Educación, 2024). Esto incluye el manejo adecuado de sus datos de registro y su ubicación geográfica.
- **Acceso a la base de datos pública de semáforos de Bogotá:** Se debe exigir el derecho al acceso a la información pública mediante la Ley 1712 de 2014 (Ministerio de Educación, 2024), garantizando que la información entregada por la entidad sea precisa y confiable.

8.4 Salud y Seguridad

- **Seguridad vial:** Es crucial asegurar que la aplicación pueda dar prioridad a los vehículos de emergencia teniendo en cuenta la seguridad de otros agentes de la vía.

8.5 Socioculturales

- **Impacto en la comunidad:** De acuerdo con el cambio del flujo de tráfico se pueden producir cambios que afecten en la movilidad, que pueden no ser recibidos de la mejor forma por los ciudadanos.

- **Percepción de prioridades:** La forma en la que se priorizan los vehículos de emergencia puede estar influenciada por percepciones culturales en cuanto a que situaciones requieren mayor atención, generando así posibles conflictos.
- **Mal uso de la aplicación:** A pesar de que la aplicación está diseñada para dar prioridad a emergencias reales, aspectos éticos pueden variar en cuanto a un mal uso de la aplicación, en la cual los usuarios la usen para su propio beneficio, por lo cual se espera el uso sea supervisado por entidades gubernamentales.

8.6 Servicio

- **Conectividad y acceso a internet:** El uso de la aplicación dependerá de la disponibilidad de una conexión a internet estable.
- **Compatibilidad:** La aplicación es compatible con dispositivos iOS y Android en sus versiones recientes.
- **Cambios en la normativa:** Cualquier cambio en las políticas de transporte o emergencias puede impactar la operatividad de la aplicación, requiriendo ajustes constantes para cumplir con nuevas normativas.
- **Margen de error:** Se encuentra un margen de error en cuanto a la información entregada por la API de Google, debido a que el servicio utiliza datos de usuarios, predicciones y datos autorizados de los gobiernos locales para poder notificar el tiempo real sobre las estimaciones de tráfico, sin embargo, puede no ser del todo preciso. (Aguilar Ricardo, 2020). Adicionalmente, se encuentra un margen de error de acuerdo con la red semafórica, debido a la que la base de datos en la que está construida la primera versión de la aplicación fue publicada el 27 de diciembre de 2023 (Secretaría de Movilidad, 2023).

8.7 Proceso

- **Uso de Flutter y Node.js:** La aplicación se diseñará en Flutter mediante lenguaje Dart para la construcción del Frontend y Node.js para la construcción del backend, debido al conocimiento y competencia técnica de la herramienta por parte del equipo.
- **Uso de APIs de Georreferencia:** Se utilizarán las herramientas que ya se encuentran desarrolladas para optimizar tiempo y recursos del proyecto.

9. Metodología

El desarrollo de este proyecto (ETP) se basó en una metodología mixta, ya que permite analizar datos medibles (cuantitativos) como cualitativos (basados en percepciones y experiencias) con el fin de evaluar el acogimiento de la aplicación con el personal de emergencias y poder recopilar posibles mejoras de acuerdo con sus necesidades.

Por la parte del enfoque cuantitativo, se recopiló y analizó datos específicos, como la velocidad de respuesta de la notificación ante la proximidad de un semáforo y la precisión en la geolocalización; con estos datos se podrán analizar métricas de evaluación del sistema de notificación con respecto a la ubicación en tiempo real y cómo esta implementación puede ayudar al flujo más eficiente de estos vehículos.

En la parte cualitativa, se recogieron opiniones de posibles usuarios de la aplicación (personas que operan los vehículos de emergencia) mediante encuestas, para poder recibir sugerencias y comprender sus percepciones sobre el uso y la utilidad de la aplicación, lo cual permitirá identificar oportunidades de mejora tanto en la funcionalidad como en el diseño de la herramienta, con el fin de hacer la aplicación más intuitiva de acuerdo a las percepciones de los usuarios, luego de dar su opinión y valoración de la solución, para evaluar si se

considera que la aplicación sería valiosa en sus labores y que la puedan adaptar como una herramienta útil en sus operaciones diarias.

A continuación, se presenta la matriz de variables con la cual se diseñó la encuesta para la recopilación de información cualitativa y el respectivo enlace a la visualización de la encuesta <https://forms.office.com/r/3UzMYWQCMT>

Tabla 1. Matriz de variables de modelo de encuesta

Esta tabla describe las variables con sus respectivas especificaciones para la recolección de datos de percepciones del personal de la salud con las aplicaciones móviles en ayuda a sus labores y la valoración de la aplicación elaborada.

Variable	Descripción conceptual	Definición operacional	Unidades	Tipo de valor	Escala de medición	Rol en la investigación
Edad	Cantidad de tiempo que ha vivido una persona	Se mide en años completos	Años	Numérico	De razón	Moderadora
Tipo de vehículo de emergencia	Clasificación de vehículos utilizados para responder a emergencias	Se categoriza según su función principal	Tipos (Categorías)	Categorico	Nominal	Moderadora
Uso de aplicaciones móviles en la labor diaria	Utilización de aplicación en dispositivos móviles	Se mide a través de respuestas binarias	Si/No	Categorico	Nominal	Independiente
Aplicaciones móviles utilizadas	Diversas aplicaciones que los usuarios emplean en su trabajo diario	Se recopila una lista de aplicaciones	Nombres de aplicaciones	Categorico	Nominal	Independiente
Utilidad	Percepción de los usuarios sobre la	Se mide mediante escala de Likert	Escala de Likert	Ordinal	Ordinal	Dependiente

	efectividad de la aplicación					
Funcionalidades importantes	Características y funciones que los usuarios consideran esenciales para la aplicación	Se recopila lista de funcionalidades	Nombre de funcionalidades	Categórico	Nominal	Independiente
Mejoras o características adicionales	Sugerencias y comentarios de los usuarios sobre posibles mejoras	Se recopilan respuestas abiertas	Texto descriptivo	Cualitativo	No estructurada	Dependiente
Dificultades	Obstáculos o problemas que los usuarios puedan experimentar	Se recopilan respuestas abiertas	Texto descriptivo	Cualitativo	No estructurada	Dependiente
Importancia	Percepción de los usuarios sobre el nivel de relevancia de la aplicación	Se mide en una escala del 1 al 5	Puntuaciones del 1 al 5	Numérico	Ordinal	Dependiente

Fuente: Elaboración propia

9.1 Resultados

A continuación, se describen los resultados de la encuesta realizada a 5 personas del personal de emergencias de acuerdo con la recopilación y análisis de las respuestas de la encuesta.

En la figura 9 se observa que los conductores de los vehículos de emergencia oscilan alrededor de 25 a 35 años, solamente se encontró un caso excepcional, en el cual la persona tenía 47 años.

Figura 9. Resultados de pregunta de edad.

1. ¿Cuál es tu edad?

5 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous IDA SANCHEZ OSPINA	25
2	anonymous	30
3	anonymous	28
4	anonymous	35
5	anonymous	47

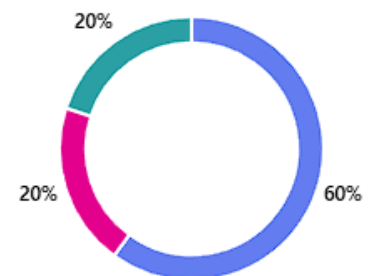
Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se presentan los resultados sobre el tipo de vehículo operado por las personas entrevistadas. La mayoría corresponde a operadores de ambulancias (tres personas), seguidos por un operador de vehículos de bomberos y otro de patrullas de policía, con un entrevistado para cada caso.

Figura 10. Resultados de pregunta tipo de vehículo de operación.

2. ¿Qué tipo de vehículo de emergencia operas? (0 punto)

● Ambulancia	3
● Vehículo de bomberos	1
● Patrulla de policía	1
● Vehículo fuerzas militares	0
● Vehículo de autoridad de tránsito y transporte	0

*Fuente: Elaboración propia*

La figura 11 presenta los resultados sobre el uso de aplicaciones móviles en las labores diarias, revelando que el 80% del personal de emergencias entrevistado utiliza estas herramientas tecnológicas en su trabajo.

Figura 11. Resultados de pregunta uso de aplicaciones móviles en la labor diaria.

3. ¿Utilizas aplicaciones móviles en tu labor diaria? (0 punto)



Fuente: Elaboración propia

La figura 12 muestra los resultados sobre las aplicaciones utilizadas por el personal de emergencias en sus labores diarias, destacándose Waze como la más usada, seguida por Google Maps.

Figura 12. Resultados de pregunta aplicaciones móviles usadas en labores diarias.

4. Si en la anterior respuesta repondiste "sí", ¿qué aplicaciones usas actualmente?

4 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Waze y Google Maps
2	anonymous	Waze
3	anonymous	Maps
4	anonymous	Waze

Fuente: Elaboración propia

La figura 13 presenta las respuestas sobre la percepción de utilidad de la aplicación ETP, donde el 80% la considera "muy útil" o "útil", mientras que el 20% la califica como "poco útil".

Figura 13. Resultados de pregunta de percepción de utilidad de la aplicación ETP.

5. ¿Consideras que una aplicación móvil que notifique la aproximación de vehículos de emergencia a un semáforo sería ...

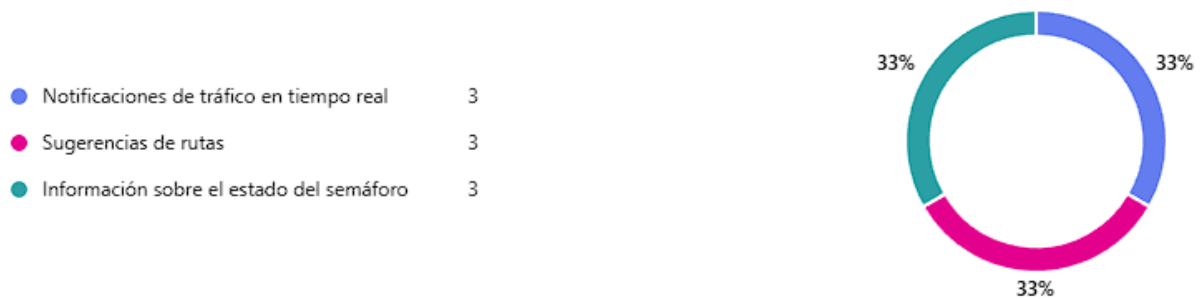


Fuente: Elaboración propia

La figura 14 presenta los resultados sobre las funcionalidades que el personal de emergencias considera más importantes en la aplicación, destacándose las tres funcionalidades principales, cada una con un 33% de relevancia entre los usuarios.

Figura 14. Resultados de pregunta de funcionalidades más importantes para la aplicación.

6. ¿Qué funcionalidades consideras más importantes para esta aplicación? (0 punto)



Fuente: Elaboración propia

La figura 15 recoge las observaciones de mejora sugeridas por el personal de emergencias. Entre las más destacadas se incluyen la incorporación de tráfico en tiempo real, la posibilidad de seleccionar múltiples rutas, la opción de definir el origen, un historial de emergencias y una guía paso a paso para el correcto uso de la aplicación.

Figura 15. Resultados de pregunta de mejoras para la aplicación.

7. ¿Qué mejoras o características adicionales te gustaría ver en la aplicación?

5 Respuestas

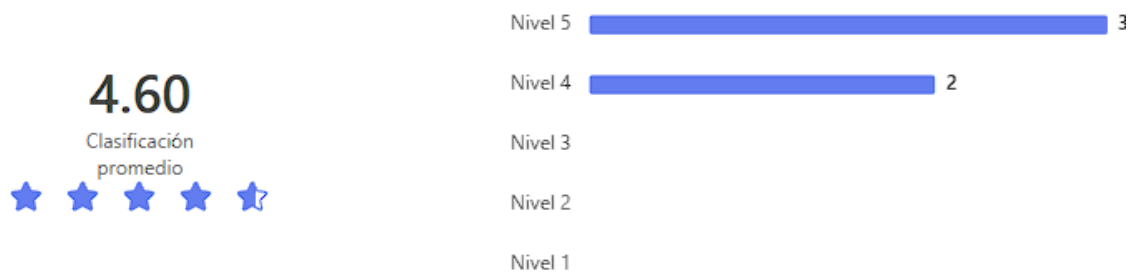
ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Que muestre el tráfico
2	anonymous	Que la aplicación arroje más rutas alternas
3	anonymous	Que se pueda seleccionar el origen así como el destino
4	anonymous	Que se pudiera ver un historial de emergencias en la aplicación
5	anonymous	Un paso a paso para el uso correcto de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

La figura 16 muestra la valoración de la importancia de la aplicación en las labores diarias, obteniendo una calificación promedio de 4.6 por parte del personal de emergencias entrevistado

Figura 16. Resultados de pregunta de valoración de importancia de la aplicación en las operaciones diarias del personal de emergencias.

9. En una escala del 1 al 5, ¿Cómo valorarías la importancia de esta aplicación en tus operaciones diarias? (0 punto)



Fuente: Elaboración propia

9.2 Hallazgos

El análisis de los resultados obtenidos revela que un alto porcentaje del personal de emergencias, específicamente el 80%, utiliza aplicaciones móviles en su labor diaria. Estas aplicaciones son principalmente herramientas de georreferenciación y selección de rutas, lo que facilita la rapidez y eficiencia en la atención de emergencias, dentro de las aplicaciones más utilizadas, Waze sobresale notablemente, siendo la preferida por los usuarios, seguida por Google Maps, indicando la importancia de contar con herramientas que optimicen el tiempo y el desplazamiento en situaciones de urgencia.

Además, en cuanto a la edad del personal encargado de conducir vehículos de emergencia, se observa que la mayoría tiene entre 25 y 37 años, representando la mayor parte de los entrevistados, lo que sugiere una adopción considerable de la tecnología móvil entre los conductores jóvenes. Sin embargo, se registra un solo caso de un conductor de 47 años, quien no utiliza aplicaciones móviles en su labor diaria, lo que podría indicar una brecha tecnológica relacionada con la edad o el acceso a dispositivos.

La aplicación móvil ETP demostró una excelente acogida entre los usuarios a los que está destinada (Personal de emergencias). La valoración general de la aplicación alcanzó un 80% de respuestas positivas, calificándola como "muy útil" o "útil", lo cual, indica el valor que los usuarios otorgan a ETP en sus labores diarias obteniendo una valoración promedio de 4.6, destacando la alta relevancia de contar con una herramienta adaptada a sus necesidades.

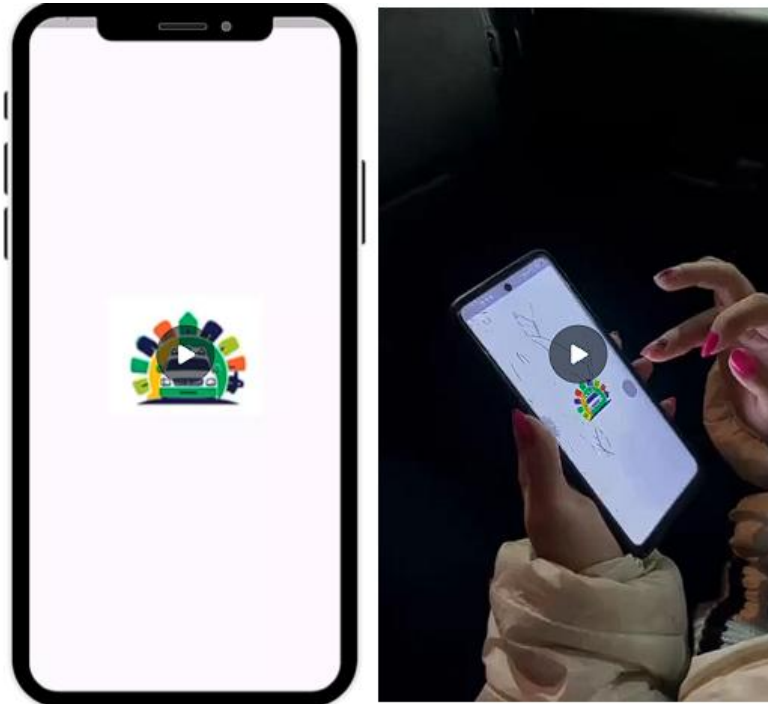
Por otro lado, también se identificaron varias sugerencias para mejorar la funcionalidad de la aplicación. Las tres principales funcionalidades que los usuarios consideran más importantes son la visualización de tráfico en tiempo real, la opción de

seleccionar rutas alternas y la posibilidad de definir el origen de la emergencia. La incorporación de estas funcionalidades podría hacer que ETP sea aún más útil, superando las capacidades de las aplicaciones actualmente en uso y ayudando a mejorar la eficiencia y efectividad del personal ante una emergencia.

10. Presentación de Prototipo

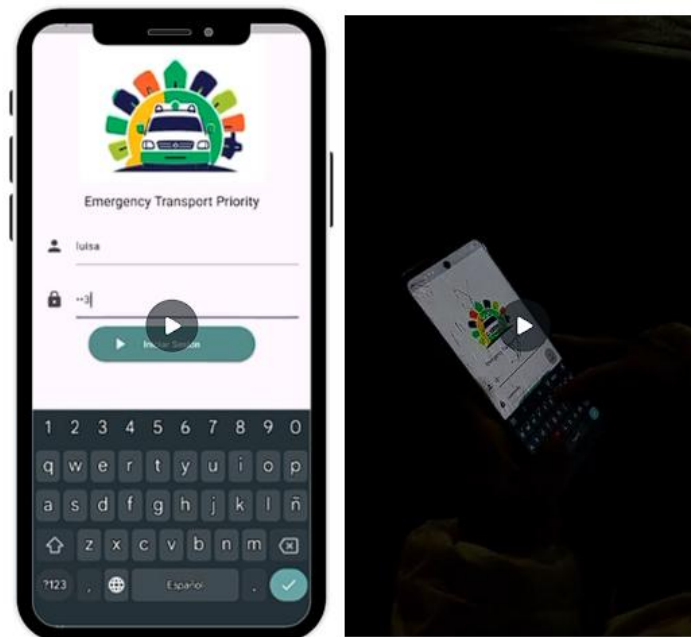
A continuación, se adjunta video de la funcionalidad del prototipo realizado. En el video se observa la funcionalidad en tiempo real de la aplicación, se muestra el splash de bienvenida, el inicio de sesión de un usuario con sus credenciales y el inicio de una emergencia desde un punto de inicio hasta el hospital más cercano (Hospital de Suba) en el cual, se puede apreciar como de acuerdo con la proximidad de llegada a un semáforo se activa la notificación de activación en la aplicación. Se describen unas pequeñas imágenes de las principales funcionalidades del prototipo, enlace de acceso al video: <https://youtu.be/5KeE7yzXcIg>

Figura 17. Visualización de splash de bienvenida.



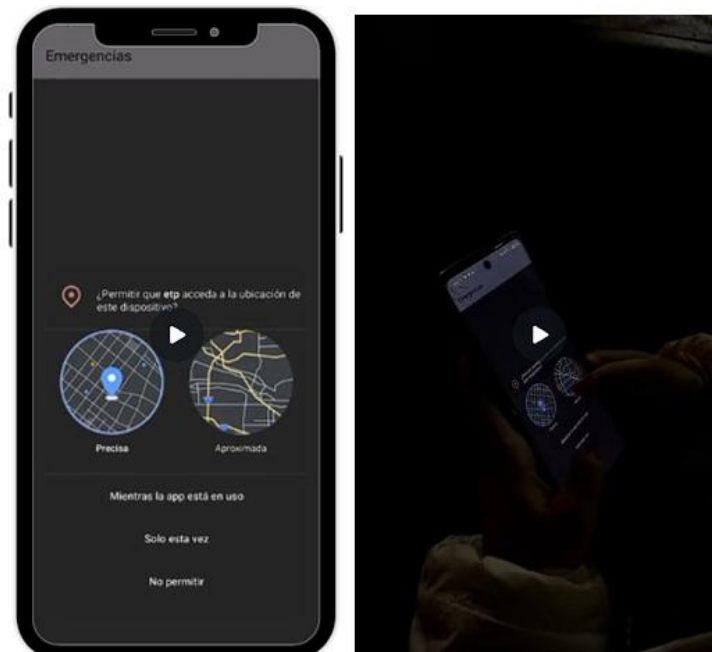
Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Visualización de login de usuario.



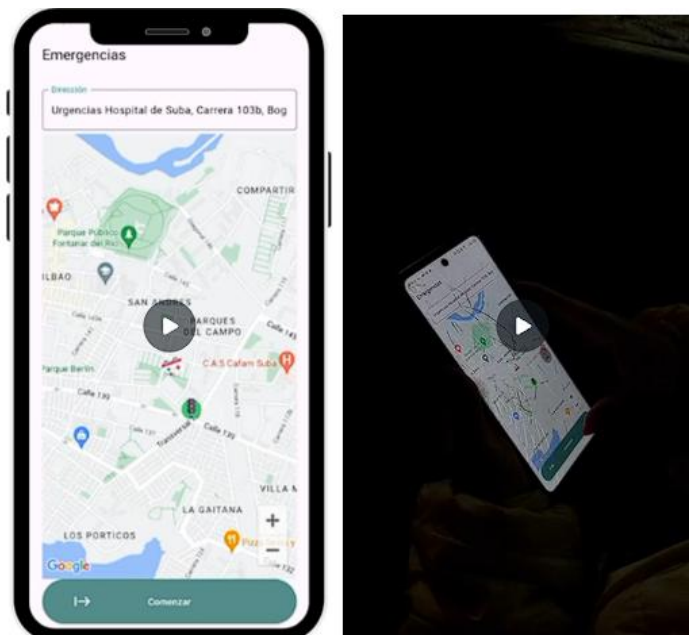
Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Visualización de solicitud de permisos de GPS.



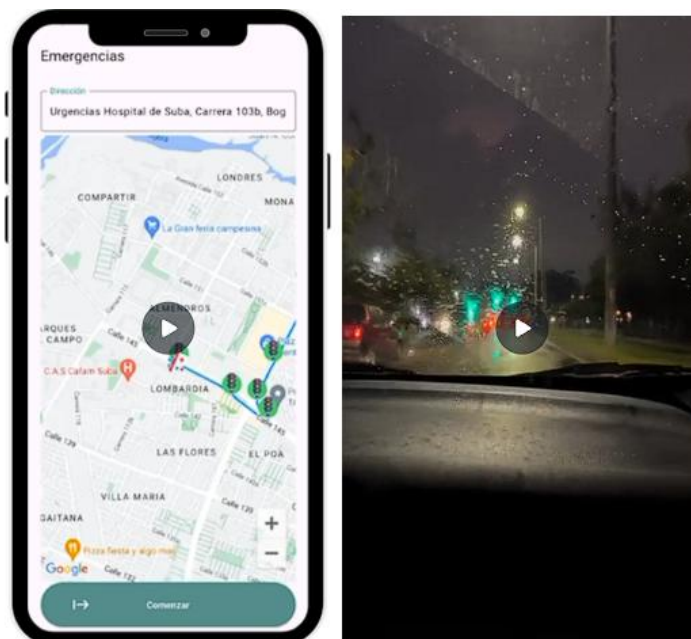
Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Visualización de selección de destino y disponibilidad de botón de inicio.



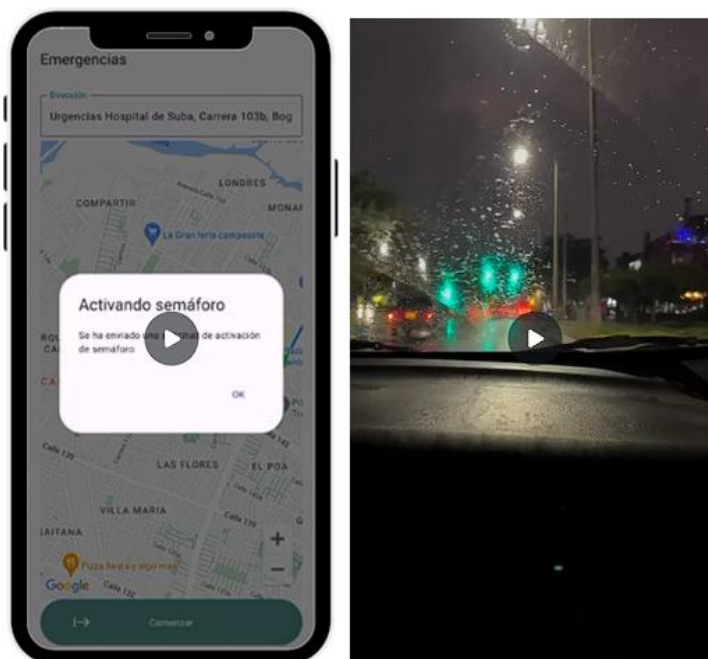
Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Visualización de ruta trazada en tiempo real.



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Visualización de notificación de aproximación.



Fuente: Elaboración propia

11. Análisis de costos

A continuación, se detallan los costos asociados al desarrollo y la implementación de una aplicación móvil que facilite la movilización de vehículos de emergencia en la ciudad de Bogotá, D.C. La aplicación está concebida para integrarse con la infraestructura de semáforos de la ciudad mediante las bases de datos disponibles, utilizando Flutter como plataforma de desarrollo, Node.js para la lógica de backend y APIs de Google para la transmisión de información sobre tiempos de ruta y tiempos estimados de llegada.

Para el análisis de costos, se evalúan tanto los costos fijos como los variables, teniendo en cuenta el ciclo de vida completo del software

Figura 23. Ciclo de vida del software



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el nivel de integración de la aplicación y que se trata de una APP multiplataforma, se considera que su desarrollo es de complejidad media, esto implica requerir a un equipo de profesionales dedicados al diseño, desarrollo y pruebas durante un período estimado de 4 a 6 meses.

11.1 Definición de necesidades

En la etapa de desarrollo de necesidades, se requiere un equipo multidisciplinario para agrupar los requerimientos funcionales y técnicos de la aplicación. En este punto, se desarrolla conceptualmente la solución y se identifican las capacidades las restricciones técnicas y funcionales. En esta etapa se involucra al Product Owner de la iniciativa, el ingeniero de arquitectura y el diseñador de UX. En términos de infraestructura tecnológica, se debe realizar una inversión inicial de equipos de cómputo.

11.2 Análisis - Diseño

En la etapa del análisis el equipo profundiza la solución, se generan los diagramas de arquitectura e integraciones. El equipo de UX genera en el FIGMA con el diseño vista-cliente de la solución. Los costos asociados en esta etapa corresponden a los salarios de los ingenieros designados en el diseño de la aplicación y el salario del Product Owner que representa a la voz del cliente.

Para el diseño de la solución, es requerido el pago de la licencia de FIGMA, la cual es una herramienta colaborativa Online, a través de la cual, se puede generar los diagramas técnicos, funcionales y de diseño. (Figma, 2024)

11.3 Desarrollo

En la etapa de Desarrollo, se realiza una entrega formal del diseño de la aplicación (Técnico-funcional) hacia el equipo de desarrolladores, quienes en esta etapa inician la codificación de la APP.

En términos de infraestructura tecnológica, se costea:

- **Servidores Backend:** Para su costeo se tiene en cuenta que el sistema operativo para el desarrollo de la APP fuese Linux, el cual es recomendado para aplicaciones en Node.js, adicionalmente, teniendo en cuenta la complejidad de la aplicación y tráfico, se recomienda un workload de 3 instancias.
- **Seguridad Amazon Cloud:** El cual es un servicio de monitoreo y de seguridad. El cual permite recopilar métricas en tiempo real y configurar alarmas.
- **Servicios de API de Google Maps:** Las cuales permiten a los desarrolladores características de Google Maps a las aplicaciones.

11.4 Pruebas-Validación

En la etapa de pruebas, el equipo de desarrollo entrega la aplicación en funcionamiento para que el equipo de QA (Aseguramiento de calidad) realice las pruebas correspondientes. Esta etapa es iterativa y se requiere de la participación del equipo de desarrollo, como del equipo de pruebas, en tanto si el equipo de QA identifica un error en la aplicación, se debe solicitar al equipo de desarrollo su ajuste.

A continuación, se genera el resumen de los Costos asociados al desarrollo de la aplicación:

Para el rubro de salarios, se realizó una estimación basada en los salarios promedios de un profesional en las áreas de ingeniería de software (Platzi, 2023), con un tipo de contratación de prestación de servicios, por lo que no se toma en cuenta la carga prestacional.

Tabla 2. Estimación de costos fijos y variables

Costos fijos	Mes 1 Requerimientos	Mes 2 Análisis-Diseño	Mes 3 Desarrollo	Mes 4 Desarrollo	Mes 5 Pruebas	Mes 6 Validación
Salarios	\$ 9.000.000	\$ 9.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 12.000.000	\$ 5.000.000
Herramienta de diseño Figma		\$ 63.780	\$ 63.780	\$ 63.780	\$ 63.780	\$ 63.780
Infraestructura y tecnología	\$ 21.000.000	\$ -	\$ 1.679.455	\$ 1.679.455	\$ 1.679.455	\$ 1.679.455
Servidores Backend y Bases de Datos (Amazon EC2)			\$ 391.099	\$ 391.099	\$ 391.099	\$ 391.099
Seguridad-Amazon Cloud Watch			\$ 437.956	\$ 437.956	\$ 437.956	\$ 437.956
APIs Google Maps			\$ 850.400	\$ 850.400	\$ 850.400	\$ 850.400
Computadores	\$ 21.000.000					
Arriendo	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
Total costos fijos	\$ 32.100.000	\$ 11.163.780	\$ 13.843.235	\$ 13.843.235	\$ 15.843.235	\$ 8.843.235

Costos Variables	Mes 1 Requerimientos	Mes 2 Análisis-Diseño	Mes 3 Desarrollo	Mes 4 Desarrollo	Mes 5 Pruebas	Mes 6 Validación
Servicios públicos	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se detallan los requerimientos de personal de acuerdo con cada una de las etapas del desarrollo de software.

Tabla 3. Requerimiento de personal

Capital Humano		Mes 1 Requerimientos	Mes 2 Análisis-Diseño	Mes 3 Desarrollo	Mes 4 Desarrollo	Mes 5 Pruebas	Mes 6 Validación
Salarios	Cantidad						
Product Owner	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Desarrolladores	2			\$ 7.000.000	\$ 7.000.000	\$ 7.000.000	
UX designer	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000				
QA	1					\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Ingeniero arquitectura	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000				
		\$ 9.000.000	\$ 9.000.000	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	\$ 12.000.000	\$ 5.000.000

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de los requerimientos de infraestructura, se utilizaron los cotizadores web de AWS y Google, con el fin de determinar el costo aproximado del uso de su infraestructura en el desarrollo de la aplicación, los costos mostrados a continuación se

encuentran en dólares, por lo que se tomó la tasa representativa del mercado para el día 27 de Octubre de 2024, para realizar la conversión a pesos colombianos. TRM: 4250

Para los servicios de Amazon Web Services (AWS) descritos en la figura 25 se utiliza como referencia los precios de publicados en la página web la página web, teniendo en cuenta una estimación de uso 100GB para la aplicación. Los 100 GB estimados corresponden al volumen de eventos que se monitorean a través de la aplicación y al número de usuarios previstos para utilizar el servicio. Según la guía de usuario de Amazon CloudWatch (2024), cada evento tiene un tamaño máximo de 1 KB. En la aplicación, se pretende realizar el seguimiento de 10 métricas, con un estimado de 1000 usuarios activos. Cabe destacar que actualmente, la ciudad de Bogotá cuenta con 834 ambulancias (Alcaldía de Bogotá, 2022).

Figura 24. Cotización de AWS para los servidores de Backend y Base de datos (BD)

27/10/24, 12:16 My Estimate - AWS Pricing Calculator

Contact your AWS representative: [Contact Sales](#)

Export date: 27/10/2024 Language: English

Estimate URL: <https://calculator.aws/#/estimate?id=478cf2f697bdf4c51465fd0d8ee7e3ceb268c791>

Estimate summary

Upfront cost	Monthly cost	Total 12 months cost
0.00 USD	91.98 USD	1,103.76 USD
Includes upfront cost		

Detailed Estimate

Name	Group	Region	Upfront cost	Monthly cost
Amazon EC2	No group applied	Peru (Lima)	0.00 USD	91.98 USD

Status: -
Description:
Config summary: Tenancy (Shared Instances), Operating system (Linux), Workload (Consistent, Number of instances: 3), Advance EC2 instance (t3.medium), Pricing strategy (Compute Savings Plans 3yr No Upfront), DT Inbound: Not selected (0 TB per month), DT Outbound: Not selected (0 TB per month), DT Intra-Region: (0 TB per month)

Fuente: Cotizador de AWS el 27/10/2024.

Figura 25 Precios AWS-CloudWatch

TB de datos	Envío a CloudWatch Logs Standard	El envío a CloudWatch registra un acceso poco frecuente	Envío a S3	Envío a Kinesis Data Firehose
Datos recibidos	 	 	 	
Primeros 10 TB al mes	0,50 USD por GB	0,25 USD por GB	0,25 USD por GB	0,25 USD por GB
Próximos 20 TB al mes	0,25 USD por GB	0,15 USD por GB	0,15 USD por GB	0,15 USD por GB
Próximos 20 TB al mes	0,10 USD por GB	0,075 USD por GB	0,075 USD por GB	0,075 USD por GB
Más de 50 TB al mes	0,05 USD por GB	0,05 USD por GB	0,05 USD por GB	0,05 USD por GB
Datos almacenados	0,03 USD por GB comprimido (0,15 de relación de compresión por cada byte sin comprimir)	0,03 USD por GB comprimido (0,15 de relación de compresión por cada byte sin comprimir)	A partir de 0,023 USD/GB (estándar) hasta 0,00099 USD/GB (Glacier Deep Archive)	No se aplica

Fuente: Cotizador de AWS el 27/10/2024.

Teniendo en cuenta que la aplicación se basa en los servicios de Google, se incorpora un rubro correspondiente al pago del servicio de Google Maps, el cual tiene un costo de acuerdo con la información de su página web de \$200 dólares mensuales (MapsPlatform, 2024)

12. Conclusiones

- El análisis de contexto de movilidad en Bogotá reveló que la congestión vehicular y la falta de priorización en los sistemas de semáforo son los principales obstáculos para los vehículos de emergencia.
- La interfaz de usuario fue diseñada exitosamente para ser intuitiva y accesible, obteniendo una calificación de 4.6 por parte del personal de emergencias de acuerdo con la encuesta metodológica realizada.
- Se logró la integración afectiva de APIs de geolocalización con la base de datos de la red semafórica de Bogotá, permitiendo la identificación de semáforos en tiempo real.
- Para nuevos desarrollos de la aplicación es fundamental actualizar anualmente la base de datos de la red semafórica de Bogotá conforme a las actualizaciones proporcionadas por la Secretaría de Movilidad.
- Las pruebas relacionadas confirmaron que la aplicación cumple con los requerimientos funcionales establecidos, incluyendo la precisión en la geolocalización, la generación de rutas y la interacción con la base de datos semafórica.

13. Bibliografía

Acosta Javier (2024) Desafíos y oportunidades para las empresas con la llegada de la inteligencia artificial <https://www.portafolio.co/tecnologia/desafios-y-oportunidades-para-las-empresas-con-la-llegada-de-la-inteligencia-artificial-601677>

Aguilar Ricardo (2020) Google explica cómo Maps analiza el tráfico en tiempo real gracias al aprendizaje automático <https://www.xatakandroid.com/aplicaciones-android/google-explica-como-maps-analiza-trafico-tiempo-real-gracias-al-aprendizaje-automatico>

Alcaldía de Bogotá. (16 de Diciembre de 2022). bogota.gov.co. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/salud/como-solicitar-una-ambulancia-en-bogota-y-que-costo-tiene-servicios#:~:text=Bogot%C3%A1%20cuenta%20con%20una%20red,de%20salud%20p%C3%BAblico%20como%20privado.>

Antichán, M., Morán, J., & Núñez, S. (2023). Sistema de posicionamiento global aplicado al tráfico inteligente para organismos de emergencia. *Dialnet*, 56-69. Recuperado el 03 de octubre de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3101472>

Alcaldía Mayor de Bogotá (2023) Resolución 20233040026535 de 2023 Ministerio de Transporte <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jspi=154960&dt=S#:~:text=Los%20veh%C3%ADculos%20de%20emergencia%20deber%C3%A1n,la%20modifique%2C%20adicione%2C%20sustituya.>

Ausum Cloud (2023) Google Cloud gratis: cómo usar la nube de Google sin coste <https://ausum.cloud/google-cloud-gratis/>

AWS. (24 de 07 de 2024). Amazon CloudWatch Pricing

<https://aws.amazon.com/es/cloudwatch/pricing/>

AWS. (24 de 07 de 2024). AWS Pricing Calculator <https://calculator.aws/#/estimate>

AWS. (19 de 11 de 2024). Amazon CloudWatch. Obtenido de

[https://docs.aws.amazon.com/es_es/AmazonCloudWatch/latest/monitoring/CloudWatch_E](https://docs.aws.amazon.com/es_es/AmazonCloudWatch/latest/monitoring/CloudWatch_Embedded_Metric_Format_Specification.html)

[mbedded Metric Format Specification.html](https://docs.aws.amazon.com/es_es/AmazonCloudWatch/latest/monitoring/CloudWatch_Embedded_Metric_Format_Specification.html)

Amazon Web Services. (2023). Computación en la nube con AWS. Obtenido de

<https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/>

Babca. (2023, August 2). Around the World with Yunex Traffic: Colombia | Yunex Traffic.

Yunex Traffic. <https://www.yunextraffic.com/newsroom/around-the-world-with-yunex-traffic-colombia/>

Berkovich, G. (2024, March 15). 6 updates to Waze to help you get around safely and conveniently. Google. [https://blog.google/waze/6-updates-to-waze-to-help-you-get-around-](https://blog.google/waze/6-updates-to-waze-to-help-you-get-around-safely-and-conveniently/)

[safely-and-conveniently/](https://blog.google/waze/6-updates-to-waze-to-help-you-get-around-safely-and-conveniently/)

Bogotá Reduces Traffic Accidents, Inspires National Speed Limit. (2023, June 5). *World*

Resources Institute. <https://www.wri.org/outcomes/bogota-reduces-traffic-accidents-inspires-national-speed-limit>

Communications. (2024, Julio 16). “Machine learning”: ¿qué es y cómo funciona el maestro en reconocer patrones? *BBVA NOTICIAS*. [https://www.bbva.com/es/innovacion/machine-](https://www.bbva.com/es/innovacion/machine-learning-que-es-y-como-funciona/)

[learning-que-es-y-como-funciona/](https://www.bbva.com/es/innovacion/machine-learning-que-es-y-como-funciona/)

El colombiano (2023) Estudio reveló que una ciudad de Colombia tiene el peor tráfico vehicular del mundo, ¿cuáles están? <https://www.elcolombiano.com/colombia/estudio-revelo-bogota-ciudad-con-mas-trafico-vehicular-en-mundo-NI21925967>

Figma. (27 de 07 de 2024). Figma. Obtenido de <https://www.figma.com/es-la/pricing/>

Figma. (2023). Figma. Obtenido de <https://www.figma.com/es-la/design/>

Forbes Staff. (2024, Febrero 15). Así es como Bogotá está usando la inteligencia artificial para mejorar la movilidad, educación y empleo. *Forbes Colombia*. <https://forbes.co/2024/02/15/actualidad/asi-es-como-bogota-esta-usando-la-inteligencia-artificial-para-mejorar-la-movilidad-educacion-y-empleo>

Función Pública (2022) Plan Nacional de Seguridad Vial 2022 – 2031 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/documentos/anexo-tecnico-decreto-1430-2022.pdf>

García, D. G. (2022, Marzo 30). Ambulancias que se abren paso a través de los semáforos: así es el sistema que está desarrollando Ford para vehículos de emergencia. *Motorpasión*. <https://www.motorpasion.com/ford/ford-desarrolla-tecnologia-que-comunica-vehiculos-semaforos-tardaremos-disfrutarla>

Google. (2024). *Google Maps Platform*. Obtenido <https://developers.google.com/maps/apis-by-platform?hl=es-419>

Google Maps Platform. (27 de 07 de 2024). Google Maps Platform. <https://mapsplatform.google.com/>

Google. (2023). Convierte el mundo en tu plataforma. obtenido de <https://mapsplatform.google.com/intl/es/>

González Valentina. (2019, Junio 17). La semaforización inteligente llegó para mejorar la movilidad e Bogotá. Bogota.gov.co. <https://bogota.gov.co/asi-vamos/conoce-la-semaforizacion-inteligente-en-bogota>

Jimenez Moreno, R., Aviles Sanchez, O., Espinosa Varcacel, F., & Gordillo Chaves, C. (2024). Controlador de Tráfico Inteligente con Prelación para Vehículos de Emergencia. *Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*. Obtenido de <https://geox.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/download/3845/5677>

IMedicalServices (2024) El tráfico vehicular afecta el tiempo de respuesta del servicio de emergencias <https://www.imedicalservices.com/post/el-trafico-vehicular-afecta-el-tiempo-derespuesta-del-servicio-de-emergencias>

Inrix. (2022, June 9). INRIX 2021 Global Traffic Scorecard: As lockdowns ease UK city centres show signs of return to 2019 levels of congestion - INRIX. Inrix. <https://inrix.com/press-releases/2021-traffic-scorecard-uk/>

Inrix. (2024, June 27). Global Traffic Scorecard | INRIX Global Traffic Rankings. Inrix. <https://inrix.com/scorecard-2022/>

Interaction Design Foundation. (2023). UX Designer Job Descriptions: The Comprehensive Guide obtenido de <https://www.interaction-design.org/literature/article/ux-designer-job-descriptions-the-comprehensive-guide>

Mercado, L. V. (2023). Semáforos inteligentes en Bogotá: ¿han funcionado para gestionar tráfico en la ciudad? *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-semaforos-inteligentes-han-funcionado-para-gestionar-trafico-825038>

Ministerio de Educación (2024) Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública <https://www.minjusticia.gov.co/programas-co/tejiendo-justicia/Documents/publicaciones/transparencia/ABC.pdf>

Ministerio de Educación (2024) Política de Tratamiento de Datos Personales https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-353715_recurso_3.pdf

Ministerio de Transporte (2002) Ley 769 de 2002: Código Nacional de Tránsito https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf

Observatorio de Movilidad (2024) Registro Distrital Automotor (RDA) <https://observatorio.movilidadbogota.gov.co/indicadores/registro-distrital-automotor>

Oficina de Prensa Diana Diago. (2024). *Más de una hora se demora la atención de ambulancias en Bogotá, Diana Diago revela la cifra*. Bogotá: Concejo de Bogotá. <https://concejodebogota.gov.co/mas-de-una-hora-se-demora-la-atencion-de-ambulancias-en-bogota-diana/cbogota/2024-07-24/113443.php#:~:text=La%20atenci%C3%B3n%20para%20el%20servicio,solicitado%20por%20la%20concejal%20Diago.>

Ospina Tuberquia , D. V. (2023). Implementación de un prototipo de una aplicación móvil para el reporte de incidentes de tránsito en términos de mejora de la movilidad de la ciudad de Medellín. *Institución Universitaria Pascual Bravo*. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/2027>

Paredes Arianna (2024, Enero 09) Multa por pasarse el semáforo en rojo en 2024 <https://www.autofact.com.co/blog/mi-carro/comparendos/multa-semaforo-rojo>

Platzi (2023). ¿Qué es Backend? obtenido de <https://platzi.com/blog/que-es-frontend-y-backend/>

Preciado Rojas, M. C. (2024). *Diseño y Evaluación de un Modelo Computacional Basado en Aprendizaje Profundo para la Predicción Del tráfico vial en el segmento de Vía de la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86045>

Pritesh. (2023, August 4). How is Uber using AI and ML in its Application? - Artificial Corner - Medium. Medium. <https://medium.com/artificial-corner/how-is-uber-using-ai-and-ml-in-its-application-8d7b35b12503>

Radio Santa Fe (2018) El 1,8% de las empresas en Colombia utiliza Inteligencia Artificial <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/MinTIC-en-los-medios/79933:El-1-8-de-las-empresas-en-Colombia-utiliza-Inteligencia-Artificial>

Redacción Nacional. (2024, Julio 26). ¿Por qué están demorando las ambulancias en responder llamados? | El Nuevo Siglo. *El Nuevo Siglo*. <https://www.elnuevosiglo.com.co/nacion/en-que-va-parar-la-crisis-de-las-ambulancias>

Ríos, V. A. (2023, Mayo 17). Guarda de RCN Radio se salvó de ser embestido por una ambulancia. *RCN Radio*. <https://www.rcnradio.com/bogota/guarda-de-seguridad-de-rcn-radio-se-salvo-de-ser-embestido-por-una-ambulancia>

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide*. Recuperado de <https://scrumguides.org/scrum-guide.html#product-owner>

Saeed, Y., Khan, S. M., Ahmed, K., & Mubashar, A. S. (2011). A Multi-Agent Based Autonomous Traffic Lights Control System Using Fuzzy Control. *Volume 2*(Issue 6).

chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38869862/A_Multi-

Agent_Based_Autonomous_Traffic_Lights_Control_System_Using_Fuzzy_Control-libre.pdf?1443046167=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_M

Sarmiento Luz Mery, Ortiz Anyerson y Balaguer Jazmín. (2023). AL RESCATE: Nuestro Legado 2020-2023. AIRescate, 21–22.

<https://www.bomberosbogota.gov.co/sites/default/files/Documentacion/Prensa/Revista/AIRescate6.pdf>

Subsecretaría De Gestión De La Movilidad. (2021). *Sistema de Semáforos Inteligentes Bogotá*. [http://colibri.veedurriadistrital.gov.co/sites/default/files/2021-](http://colibri.veedurriadistrital.gov.co/sites/default/files/2021-08/AVANCE%20SISTEMA%20DE%20SEMAFOROS%20INTELIGENTES-SSI.pdf)

<08/AVANCE%20SISTEMA%20DE%20SEMAFOROS%20INTELIGENTES-SSI.pdf>

Sura ARL (2022) Movilidad segura en vehículos de respuesta a emergencias <https://www.arlsura.com/demos/seguridad-vial->

2/docs/guia_preencion_vehiculos_emergencia.pdf

Telencuestas (2022) Cuántos habitantes tenía Bogotá, Colombia, en 2022 <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2022/bogota>

Telencuestas (2024) Cuántos habitantes tiene Bogotá, Colombia, en 2024 <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2024/bogota>

Superintendencia Financiera de Colombia. (2023). Tasa Representativa del Mercado (TRM).

Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov.co/publicaciones/60819/informes-y-cifras-cifras-establecimientos-de-credito-informacion-periodicad-ari-tasa-de-cambio-representativa-del-mercado-trm->

[60819/#:~:text=La%20Tasa%20de%20Cambio%20Representativa,efectuadas%20por%201os%20Intermediarios%20del](#)

Uberall. (2024, February 29). Waze. The Ultimate Guide to Navigating with Waze

<https://uberall.com/en->

[us/directory/waze#:~:text=Waze%20is%20a%20community%2Dbased,help%20you%20avoid%20traffic%20congestion.](#)