DISEÑO DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL DE UNA APLICACIÓN MÓVIL CROWDSOURCING PARA EL RUTEO EN TIEMPO REAL DEL SITP

AUTORES:

Alejandra Laverde Infante

Katherin Lizeth Neira Jiménez

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE MONOGRAFÍA PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

DIRECTOR:

Salomón Eistein Ramírez Fernández

MSc.Ciencias de la Información y las Comunicaciones con énfasis en Geomática

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

2019

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6
3. JUSTIFICACIÓN 8
4. ALCANCE 9
5. OBJETIVOS 10

GENERAL: 10

ESPECÍFICOS: 10

6. ESTADO DEL ARTE 11

6.1. MARCO TEÓRICO 11

6.2. ANTECEDENTES 133

7. METODOLOGÍA 15

7.1. FASES DEL PROYECTO 17

8. RESULTADOS 19

8.1. Análisis de requerimientos (FASE 1) 19

8.2. Diseño del prototipo (FASE 2) 22

8.3. Implementación y Lanzamiento (FASE 3 y 4) 28

9. CONCLUSIONES 31
10. REFERENCIAS. 32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Integración de modelos de desarrollo del proyecto. 16
Figura 2. Metodología de desarrollo del proyecto. 17
Figura 3. Fases de ejecución del proyecto. 18
Figura 4. Diagrama Casos de Uso 21
Figura 5. Modelo de clases 23
Figura 6. CU-8 Visualizar rutas cercanas en tiempo real 24
Figura 7. Diagrama de paquetes desde la perspectiva de casos de uso 25
Figura 8. Diagrama de paquetes desde la perspectiva de clases 26
Figura 9. Diagrama de componentes 27
Figura 10. Diagrama de despliegue 28
Figura 11. Secuencia de las funciones principales de EasyBus. 29
Figura 12. Base de datos asociada a la aplicación. 30

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la tecnología ha tenido un importante crecimiento y se ha vuelto indispensable para mantener a los ciudadanos informados y en constante comunicación con el fin de fortalecer la planificación y administración de las ciudades, promoviendo la evolución de las mismas a *Smart Cities*. El transporte no ha sido la excepción ante dichos desarrollos ya que se ha visto un acelerado crecimiento en la oferta de aplicaciones que permiten monitorear el estado del tráfico y seleccionar rutas o medios de transporte.

Actualmente existen aplicaciones que ofrecen a los ciudadanos optimizar los tiempos de traslado de un lugar a otro; y aunque en el caso del transporte público también hay un amplio abanico de opciones, específicamente para la ciudad de Bogotá aún no hay aplicaciones que permitan mantener constantemente informada a la población sobre el estado de las rutas del servicio público incluyendo los problemas de inseguridad y movilidad a los que se enfrentan a diario los usuarios; es por ello que muchos ciudadanos sienten actualmente inconformidad con el servicio de transporte público, tal y como lo demuestra la última encuesta de percepción ciudadana que indica que la satisfacción de los usuarios del transporte público disminuyó con respecto al año 2017 (Programa Nacional de Servicio al ciudadano, 2018).

Sumado a lo anterior, aunque en un comienzo la iniciativa de integrar el transporte público de Bogotá trajo grandes beneficios a la población debido a la posibilidad de disminuir gastos de transporte, aún muchas rutas se encuentran por fuera del sistema y no están incluidas dentro de las aplicaciones comúnmente utilizadas perdiendo así la posibilidad de que los ciudadanos aprovechen los beneficios económicos del SITP, estén constantemente informados y puedan interactuar con el sistema de transporte público en tiempo real para identificar a tiempo situaciones que puedan disminuir su percepción de satisfacción. Teniendo en cuenta lo anterior y aprovechando el constante uso de la tecnología, el objetivo principal de este proyecto fue realizar un prototipo de una aplicación móvil crowdsourcing que aproveche la gran cantidad de datos que generan los usuarios de teléfonos inteligentes en tiempo real, con el fin de transformarlos en

información para los demás usuarios y así poder realizar seguimiento de las rutas del SITP oficial y provisional para optimizar los tiempos de espera mediante un sistema participativo y por lo tanto más confiable y mantener a los usuarios informados ante posibles eventualidades que se presenten en el sistema.

El prototipo se realizó principalmente mediante técnicas enfocadas en *refactoring,* las cuales permitieron la reutilización de *frameworks*, *apis* y códigos para el diseño funcional de la aplicación; dicho método se escogió ya que como se mencionó antes, existen diversos avances de aplicaciones enfocadas en la movilidad lo cual mediante el uso eficiente de código permitió partir de una base y dirigir los esfuerzos al objetivo crowdsourcing del presente desarrollo. Al finalizar las etapas mencionadas se obtuvo el prototipo de la aplicación *EasyBus* la cual dentro de las principales funciones permite a los usuarios registrar la ruta del SITP en la cual se transporten en tiempo real y consultar según su posición las rutas más cercanas registradas por otros usuarios, lo cual se espera se convierta en una herramienta para mejorar la movilidad en Bogotá.

Las aplicaciones crowdsourcing permiten la inclusión de los usuarios en la disponibilidad y optimización de la información impulsando así la transición a los principios de *Smart cities*, en el caso del prototipo de *EasyBus* se espera que por sus funcionalidades se convierta en una herramienta de información para la toma de decisiones de los usuarios sobre sus tiempos de movilidad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Sistema Integrado de transporte público – SITP empezó su implementación desde el año 2012 en la ciudad de Bogotá. Durante sus comienzos se realizaron diferentes jornadas de divulgación para que los usuarios lograran realizar un uso adecuado del sistema sin verse afectados. Sin embargo; diversos problemas financieros con los operadores que prestan el servicio, ocasionaron una grave crisis del sistema que en un comienzo esperaba ser implementado en su totalidad para diciembre de 2013 (Redacción Bogotá. El Tiempo, 2012).

Actualmente, el Sistema integrado de transporte de Bogotá, cuenta con 244 rutas documentadas en la página oficial del SITP. Sin embargo, muchas de estas rutas no pasan con frecuencia por los paraderos establecidos debido a la difícil situación de movilidad que afronta hoy la ciudad (trancones, imprudencias viales, vías en mal estado, mala planificación de las rutas, entre otras) por lo que los usuarios deben destinar más tiempo del necesario a esperar una ruta que los lleve a su destino.

Sumado a lo anterior, el Sistema integrado de transporte de Bogotá aún no logra suplir la demanda de todas las rutas a las que estaban acostumbrados los bogotanos antes de la implementación. Por esta razón muchos ciudadanos se ven en la necesidad de utilizar rutas del sistema público tradicional, hoy mal llamadas rutas provisionales. Sin embargo, estas rutas no están documentadas en las aplicaciones de transporte público, por lo tanto, en muchas localidades no hay certeza sobre la existencia de estas rutas ya que periódicamente muchas son eliminadas o sustituidas por rutas similares siendo en muchos casos la única ruta que les sirve a muchos ciudadanos para llegar a su destino.

De igual modo, a pesar de que los servicios del SITP oficiales son monitoreados en tiempo real, la ubicación de los buses no está disponible para los usuarios y tampoco están disponibles las ubicaciones de los servicios provisionales ya que estos no son gestionados mediante GPS.

Aunque sí existen aplicaciones como *Moovit* y *Google Transit* que le indican al usuario

las posibles rutas y tiempos de llegada, muchos usuarios reportan quejas en cuanto a la veracidad de la información ya que algunas rutas no están actualizadas y muchas veces el tiempo de espera no es acorde a lo que indica la aplicación, lo cual ha generado pérdida de confiabilidad en dichas aplicaciones.

Así mismo hay casos extremos en los que usuarios han tenido que esperar más de 40 minutos una ruta del sistema integrado de transporte, generando inconformidad con la frecuencia del servicio y sin la posibilidad de ver una solución real a los problemas del servicio.

Por todo lo anterior, se desarrolló una herramienta SIG participativa (*Crowdsourcing*), que permita a los usuarios resolver las necesidades planteadas principalmente mediante las siguientes funcionalidades:

- Esta herramienta permite a los usuarios identificar su ubicación en un mapa de la ciudad de Bogotá, visualizar las rutas que paran en dicha zona (incluyendo las rutas del SITP provisional), ver los tiempos estimados de la llegada de la rutas a su ubicación de acuerdo al seguimiento de la posición de otros usuarios en el sistema, lo cual permitirá a los usuarios planificar mejor su viaje y optimizar mejor su tiempo.

3. JUSTIFICACIÓN

La movilidad en Bogotá es un tema crítico, a diario afecta a la totalidad de la población, así mismo los constantes problemas con la frecuencia de las rutas del sistema de transporte público hacen que los ciudadanos se sientan insatisfechos con los servicios. A pesar de que existen diversas aplicaciones que permiten a los usuarios consultar las rutas con el fin de planear sus viajes, presentan inconsistencias en los tiempos reportados y no se consideran los diferentes eventos durante el trayecto de las rutas; debido a esto, las aplicaciones actuales son cada vez menos eficientes y no se ajustan a las necesidades de los ciudadanos ya que no permiten al usuario planear su viaje teniendo en cuenta los tiempos reales de las rutas

Lo anterior se hace aún más crítico si se tiene en cuenta que el servicio de transporte público actual se encuentra muy fraccionado ya que hay un gran número de rutas del SITP provisional que debieron haber realizado la transición al SITP oficial desde hace más de 5 años, es por esto que muchos usuarios no tienen claridad sobre la totalidad de rutas disponibles para movilizarse ya que estas rutas no se encuentran disponibles en la página oficial del SITP ni son tenidas en cuenta por las diferentes aplicaciones existentes para calcular posibles trayectos y rutas.

En respuesta a lo anterior, esta herramienta en posteriores alcances permitirá a los usuarios visualizar la ubicación de todas las rutas disponibles en tiempo real, consultar los trayectos de las rutas oficiales y provisionales del SITP y realizar denuncias en tiempo real sobre el mal uso de los carriles preferenciales, eventos en las estaciones del SITP y dentro de los vehículos de servicio.

En respuesta a la implementación de la aplicación debido a sus funcionalidades relacionadas principalmente con la accesibilidad de la información precisa a partir de una red colaborativa de usuarios, se espera que está que contribuya a la toma de mejores decisiones de los usuarios respecto a su movilidad.

4. ALCANCE

Mediante este proyecto se realizó la primera versión del prototipo de la aplicación *EasyBus* y la validación de la funcionalidad de reporte y seguimiento en tiempo real de las rutas en la cual se movilizan los usuarios.

La aplicación permite realizar consultas de las rutas urbanas y complementarias que componen el SITP incluyendo las rutas del SITP provisional que no están integradas, con el fin de obtener una visión completa de las opciones de transporte público que tiene el usuario en determinada ubicación.

La aplicación está dirigida todos los usuarios del Sistema Integrado de transporte Público de Bogotá, sin embargo, en posteriores desarrollos se espera se extienda a otras ciudades debido a su carácter participativo por lo cual la información recolectada depende directamente de los usuarios.

5. OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar un prototipo funcional de una aplicación móvil crowdsourcing SIG para el seguimiento de las rutas en tiempo real del SITP.

ESPECÍFICOS:

- ➢ Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación crowdsourcing SIG.
- ➢ Diseñar la arquitectura de software que satisfaga los requerimientos de la aplicación.
- ➢ Implementar un prototipo funcional que cumpla con los requerimientos establecidos y el diseño propuesto.

6. ESTADO DEL ARTE

6.1. MARCO TEÓRICO

El SITP es el sistema de transporte integrado público de la ciudad de Bogotá adoptado mediante el Decreto 309 de 2009. Este sistema está integrado por 6 tipos de servicios que se detallan a continuación:

- Troncal: los buses de este servicio transitan por los carriles exclusivos de Transmilenio a través de las troncales construidas para tal fin, conectando las estaciones y los portales del Sistema Transmilenio (TRANSMILENIO S.A., 2019).
- Alimentador: consiste en una flota de buses complementarios al sistema de Transmilenio que permite a los usuarios que viven en zonas alejadas de las troncales conectarse con el servicio. Estos buses no utilizan las troncales para movilizarse.
- Urbano: este tipo de servicio consiste en una flota de buses diseñados para movilizar entre 19 y 80 pasajeros. Estos buses se movilizan por las vías de la ciudad y tienen un número de paraderos previamente definido. Su nomenclatura se basa en un número o en la combinación de una letra y un número (TRANSMILENIO S.A., 2019)
- Complementario: "este servicio es de gran utilidad para transportarse desde y hacia los puntos de acceso al servicio troncal, algunos portales y estaciones." (TRANSMILENIO S.A., 2019)
- Especial: "este servicio transita desde y hacia las zonas periféricas de la ciudad. Estas zonas son aquellas a las que el sistema de transporte actual aún no llega." (TRANSMILENIO S.A., 2019)
- Rutas provisionales: consiste en aquellos buses que se encuentran aún en transición hacia el SITP oficial y son rutas que no cuentan con estaciones predeterminadas, sino que se detienen a recoger y dejar pasajeros en cualquier punto de la vía. El sistema de pago es en efectivo. El problema de estas rutas es que su transición lleva más de 5 años prorrogándose y no ha sido posible ajustarlas al sistema del SITP por problemas con los operadores.

Como se ha planteado a lo largo del documento, la aplicación consiste en una herramienta basada en *crowdsourcing* de información geográfica. *Crowdsourcing* ha sido definido como

el proceso de obtener información a partir un gran grupo de personas para obtener conocimiento, experiencia, tiempo o recursos (Gómez Barrón Sierra, 2014). De igual modo existen casos de desarrollo de aplicaciones de accesibilidad urbana crowdsourcing, las cuales tienen como principal enfoque la identificación de los problemas de accesibilidad urbana mediante del uso del potencial de la colaboración ciudadana coordinada y dirigida para este fin (Ruiz, Temes, & Cámara, 2018). A partir de la anterior definición la aplicación propuesta en este proyecto será funcional en la medida en que los usuarios sean sensores y actores voluntarios que capturen información y la transfieran a la aplicación por medio del uso de la misma.

De acuerdo a las aplicaciones crowdsourcing existentes se identifican principalmente dos enfoques de acuerdo al tipo de desarrollo y gestión de la información; las aplicaciones *crowdsourcing free*, basadas en una colaboración abierta por parte de todos los usuarios sin una coordinación fuerte por el equipo desarrollador, lo cual genera inconvenientes en la calidad de la información obtenida, en contraste existen las aplicaciones basadas en *crowdsourcing led,* las cuales se diferencian por la presencia de un grupo de trabajo que coordina la gestión de la información aumentando la calidad de la misma antes de su disposición final (Gómez Barrón Sierra, 2014).

A nivel de impacto en los usuarios se espera que esta aplicación contribuya al desarrollo de la Movilidad Sostenible en la ciudad, la cual se enmarca dentro de la conclusión de la Feria de Movilidad y Transporte y el 8vo Congreso Internacional de Movilidad (Bogotá, 2018): “el sistema de transporte masivo, independiente del sitio donde operen, se definen como 'buenos' cuando garantizan rapidez, frecuencias continuas del medio de transporte (bus, cable, metro), la posibilidad de caminar con facilidad en los sistemas, comunicación clara sobre horarios, tarifas y rutas y el uso de tecnología y aplicaciones para facilitar la movilidad” (García Ramírez, 2018).

6.2. ANTECEDENTES

Alrededor del mundo hay numerosos casos de aplicaciones que funcionan a partir de crowdsourcing orientadas hacia la movilidad, sin embargo, el presente documento se enfocará hacia las aplicaciones más importantes dentro del contexto actual (movilidad en la ciudad de Bogotá) y más específicamente aquellas relacionadas con el seguimiento en tiempo real de rutas del SITP y denuncias ciudadanas de movilidad.

Waze: es una aplicación de navegación de código abierto que está disponible actualmente para teléfonos inteligentes y tabletas. La aplicación brinda información en tiempo real sobre el tráfico, alertas sobre eventos importantes que están ocurriendo en las vías, detalles sobre rutas y ubicación de puntos de interés mientras que al mismo tiempo descarga la información relativa a la localización para brindar a los usuarios ("*Wazers*") información completa referente a rutas óptimas en tiempo real y eventos relacionados (Graaf & Ballon, 2018)

Esta aplicación ha sido ampliamente utilizada y aceptada alrededor del mundo ya que provee datos completos y muy cercanos a la realidad. Sin embargo, la aplicación va dirigida principalmente a usuarios del transporte privado y no brinda información sobre demoras en las rutas del SITP o las rutas cercanas respecto a la ubicación del usuario.

Google Maps: esta aplicación ampliamente conocida integra información útil sobre diferentes medios de transporte incluidas las rutas del servicio público. *Google maps* permite a los usuarios identificar cuál es la ruta óptima a utilizar, qué rutas seleccionar, donde tomar los diferentes servicios, que transbordos realizar y brinda una hora estimada en la que el usuario puede abordar el servicio basado en la información de horarios del SITP.

Esto último presenta una gran desventaja ya que no tiene en cuenta la ubicación real de las rutas; a pesar de que actualmente *Google maps* ha incluido funcionalidades en tiempo real permitiendo al usuario indicar en qué momento toma el servicio y algunas características adicionales como si el bus lleva sillas vacías, si hay suficiente espacio para ir de pie, entre otras características; aún con dichas inclusiones, la información en tiempo real todavía no

está disponible a los usuarios y la información de las rutas provisionales no se incluye en la aplicación.

Moovit: esta aplicación gratuita está disponible para dispositivos móviles Android, Windows Phone e IOS. A diferencia de *Waze, Moovit* está dirigida para usuarios del servicio público de diferentes ciudades del mundo (Otero, 2015). Esta aplicación es muy útil ya que permite al usuario planear su ruta, ver diferentes opciones de rutas, consultar horarios y los paraderos o estaciones del servicio público. Sin embargo, esta aplicación tiene algunas deficiencias con los datos brindados a los usuarios ya que se basa en información disponible en la página del SITP, Transmilenio y la página del cerro de Monserrate por lo que muchas de las rutas se encuentran desactualizadas, no se tienen en cuenta las rutas provisionales y los horarios en muchas ocasiones no corresponden con el tiempo de espera real por lo que muchos usuarios Bogotanos se encuentran insatisfechos con la funcionalidad de la aplicación.

7. METODOLOGÍA

El desarrollo de aplicaciones móviles para facilitar el transporte a nivel global es ampliamente abordado por diferentes desarrollos, lo cual se refleja en una amplia gama de aplicaciones relacionadas con movilidad ofrecidas en las diferentes plataformas móviles, es importante aclarar las características diferenciales de la aplicación desarrollada:

1 Es una herramienta SIG participativa para efectos de movilidad específicos del Sistema integrado de transporte, donde la información se obtiene a partir de los datos proporcionados por cada uno de los usuarios en tiempo real, lo cual aumenta la veracidad de la aplicación.

  Permite la integración de las rutas provisionales del sistema a diferencia de otras aplicaciones como *moovit* y *transmisitp* que solo cuentan con el registro de las rutas oficiales.

El presente proyecto se categoriza como un proyecto pequeño que fue desarrollado en un tiempo menor a 6 meses, realizando entregas ágiles (versiones piloto) con lo cual se obtuvieron los aspectos mejorar para así ajustar las funcionalidades de la aplicación.

De igual modo otra característica importante del proyecto fue el acceso a componentes ya establecidos para la función de la aplicación principalmente el uso del componente de *Google Maps* para la obtención de funciones como mapa base y ubicación del usuario.

Debido a lo anterior se planteó como modelo del proyecto un modelo con características incrementales que permitió generar varias versiones del proyecto generando la fácil adaptación a los ajustes de los requerimientos, enfocándose en una reducción de costos. Además, debido al uso de componentes establecidos se usaron características de un modelo orientado a la reutilización. La interacción de dichos modelos se puede observar en la Figura 1.

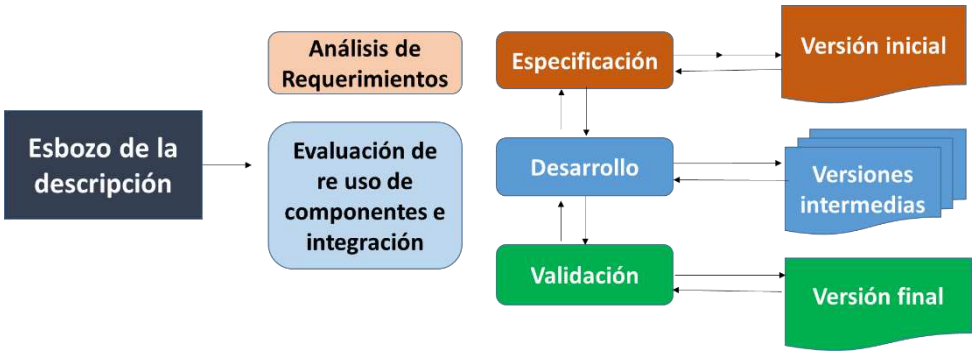


Figura 1. Integración de modelos de desarrollo del proyecto.
Fuente: Modificado de Sommerville, 2011

Como se mencionó anteriormente a nivel de desarrollo hay dos características principales en el presente proyecto: 1) La necesidad de hacer entregas incrementales con el fin de poner versiones pruebas que permitan ajustar la versión final (Modelo incremental) y 2) los antecedentes de desarrollo de las aplicaciones enfocadas a movilidad los cuales permitieron enfocar el desarrollo de la aplicación en la refactorización de código ya que muchas de estas aplicaciones están basadas en plataformas de uso libre que permiten reutilizar dichos códigos, ajustarlos y complementarlos de acuerdo a los requisitos funcionales del proyecto.

Debido a esto se usará el método *Extreme Programming* (o XP) que es el método ágil posiblemente más conocido y ampliamente utilizado; este permite: 1)Basar el "desarrollo del código" en prácticas enfocadas en *refactoring* y por lo tanto usar el código disponible, 2) Hacer liberaciones de versiones rápidas poniéndolas a prueba y ajustar las versiones de acuerdo a los aspectos a mejorar observados, generando así una versión final depurada, y 3) Prever los cambios futuros sobre el sistema generando una reducción de costos debido a dicha flexibilidad; esta metodología se representa en la Figura 2.



Figura 2. Metodología de desarrollo del proyecto.
Fuente: Modificado de Sommerville, 2011

7.1. FASES DEL PROYECTO

Se identificaron 5 principales fases de ejecución del proyecto las cuales se resumen en el Esquema 3. A continuación se presenta una breve descripción de cada fase:

1. **Análisis de requerimientos:** En esta primera fase, se identificaron los requerimientos enmarcados en el propósito de la aplicación, se identificaron los requerimientos funcionales asociados con los servicios de la app, y los requerimientos no funcionales que determinaron las restricciones y calidad en el proyecto. De acuerdo a esta identificación se establecieron los casos de uso de la aplicación mediante un Diagrama UML, y se generaron las fichas técnicas correspondientes a dichos casos de uso.
2. **Diseño del prototipo:** En esta fase, se diseñó la arquitectura de la aplicación mediante la representación de diagrama de clases, comportamentales, de paquetes, de componentes y de despliegues.

   Por último, se realizó el diseño de la interfaz gráfica del usuario (GUI), mediante la técnica *digital mockup* usando como principal herramienta *Ionic (mobile app framework).*

3. **Implementación:** En esta fase se desarrolló el prototipo funcional de la aplicación en respuesta a los requerimientos funcionales definidos en la Fase 1, de igual modo se eligió la plataforma en la cual se subirá la aplicación.
4. **Lanzamiento:** Se realizó una primera prueba al prototipo funcional con el fin de realizar la validación de las funciones principales de la aplicación, registro de rutas en tiempo real y visualización de rutas cercanas.
5. **Evaluación**: Se recolectaron los resultados obtenidos en la fase 4, y de acuerdo a estas se establecieron actividades de mejora para un posterior alcance de desarrollo de la aplicación.



Figura 3. Fases de ejecución del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

8. RESULTADOS

8.1. Análisis de requerimientos (FASE 1)

Especificaciones de requerimientos de software

De acuerdo a los objetivos del presente proyecto, reflejados en el desarrollo de la aplicación y con el fin de controlar el acceso a los datos la aplicación cuenta con un sistema de registro que permite a los usuarios crear o asociar una cuenta con la cual podrán posteriormente autenticarse en el sistema y acceder a las distintas funcionalidades.

En el primer alcance de la aplicación *EasyBus,* el usuario puede registrar las rutas en las cuales se moviliza dentro del SITP en tiempo real, lo cual es el insumo para construir la base de datos de rutas que permite realizar las consultas de las rutas más cercanas respecto a la ubicación en tiempo real de los usuarios.
Dado que es un sistema de información geográfica participativo, la aplicación incluye un módulo geográfico que utiliza los servicios de *Google Maps* para proporcionar al usuario su ubicación real en un mapa e información asociada al transporte público como lo son las estaciones del SITP.
La información de registro del usuario es almacenada en una base de datos.

Requerimientos no funcionales

Dentro de los requerimientos no funcionales se parte de que a nivel de seguridad el sistema tiene un mecanismo de protección de privacidad que asegure que La información personal de los *usuario*s no debe ser vista por otros *usuario*s, la única información a la que se tiene acceso es a la ubicación; en la vista aparece un ícono con el número de la ruta reportada por un *usuario*, pero no se indicará a qué *usuario* está asociada dicha ruta, de igual modo en un segundo alcance de la aplicación se debe ejecutar un mecanismo de revisión de información proporcionada por los usuarios con el fin de impedir que suban videos o imágenes inapropiadas a la aplicación.
En cuanto a desarrollo la aplicación se desarrolló de tal forma que esta soportada por diferentes *sistema*s operativos como *Android, iOS* y *Windows Phone*; de igual modo para que el funcionamiento de la aplicación sea adecuado el sistema puede conectarse a los

servicios de *Google Maps*.

En cuanto a la usabilidad la aplicación es intuitiva por lo que cuenta con las funcionalidades más comunes de plataformas geográficas para móviles como el uso de funcionalidades táctiles tradicionales, además de que la interfaz gráfica es amigable la resolución es ajustable a cualquier tamaño de pantalla de dispositivos móviles.

Definición de Actores

Debido al alcance de la aplicación en este proyecto el único actor es el Usuario el cual puede ser cualquier persona natural que se encuentre en Bogotá y que utilice el Sistema integrado de transporte, con acceso a un dispositivo móvil con función de GPS; y que cuente con capacidades básicas en el manejo de aplicaciones móviles con datos geográficos mínimos (mapa base). Este actor debe estar en la capacidad de realizar registro de trayectos del SITP a través de la aplicación.

Reglas de Negocio

La cuenta del usuario deberá estar asociada a un correo electrónico o número móvil que no podrá repetirse en dos cuentas diferentes ya que esta será la manera en la cual se almacenará el historial de los usuarios en la aplicación.

La información asociada a la cuenta de cada usuario incluido el historial de denuncias y de rutas registradas se almacena en un sistema administrador de bases de datos libre.

Para facilitar el manejo de la información y evitar que se generen inconsistencias, los usuarios solo podrán registrar una ruta al mismo tiempo.

Casos de uso

En la figura 4 se presenta el diagrama de casos de uso, elaborado usando la notación UML, en el cual se definieron 12 casos de uso que permitieron dar cumplimiento a los requerimientos de la aplicación, está no va a interactuar con ningún sistema externo por lo que el único actor identificado es el usuario de la aplicación; en este diagrama se evidencia las relaciones existentes entre los casos de uso y cómo estos interactúan con el usuario.

En este diagrama se pueden evidenciar principalmente dos tipos de relaciones; la relación

directa entre el usuario y un caso de uso, lo cual está dado para los casos de uso 1,2,3,9 y 10; y una relación entre casos de uso (*extend*).

Dicha relación entre los casos de uso se encuentra dentro de la categoría *extend,* lo cual quiere decir que la ejecución de determinado caso de uso es dependiente de la ejecución previa de otro caso de uso pero opcional; por ejemplo, los casos de uso 4, 5 y 6 que determinan las funciones que se pueden realizar con la vista de las capas geográficas de la aplicación, son un *extend* del caso de uso 3 el cual permite visualizar el mapa base por defecto y las herramientas de la aplicación entre esas las correspondientes a los casos de uso mencionados.

En la figura 4, se evidencian todas las relaciones dentro del sistema para el funcionamiento lógico de la aplicación.

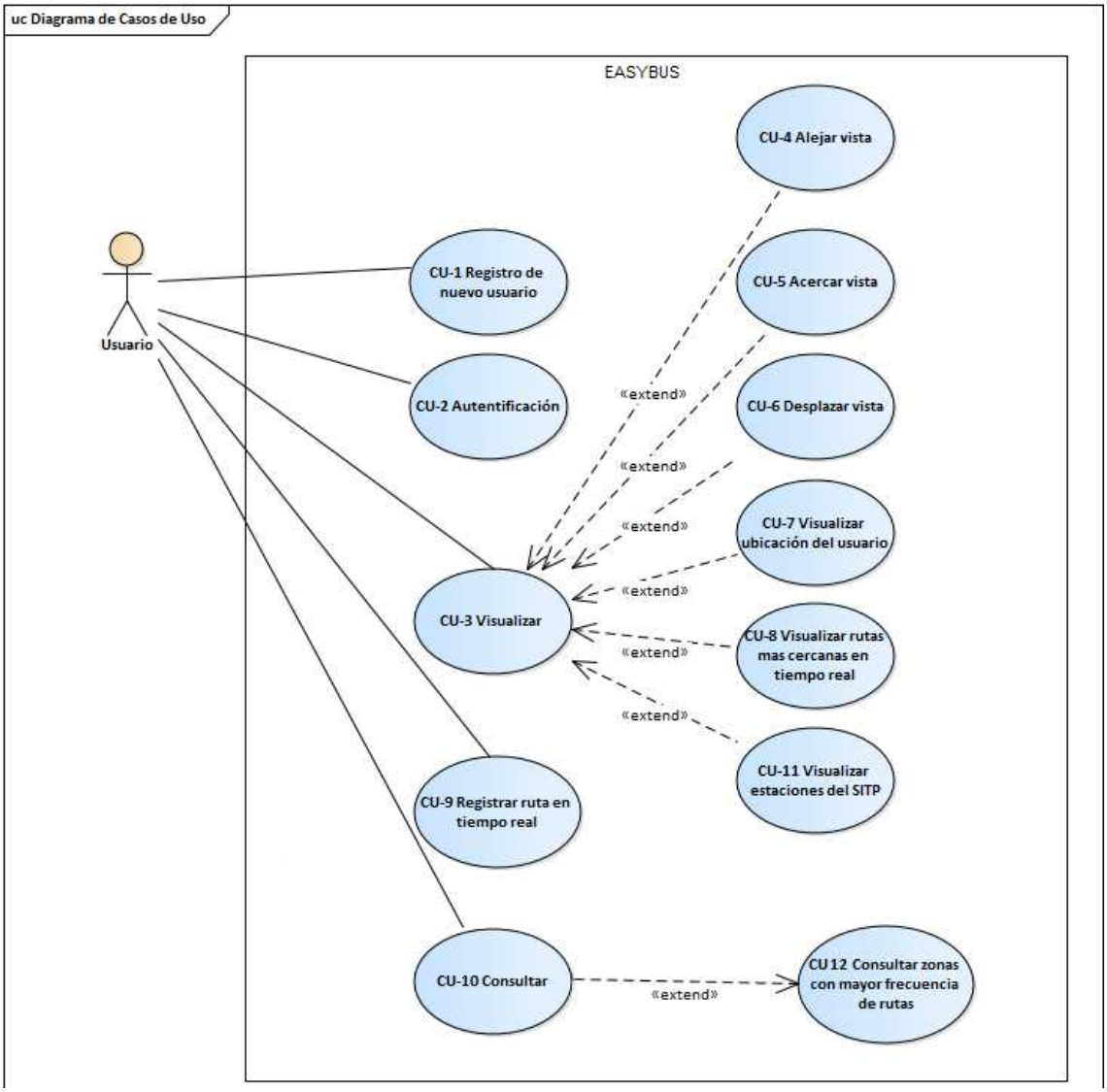


Figura 4. Diagrama Casos de Uso
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe el caso de uso correspondiente al registro de ruta por parte del usuario ya que este es central dentro del funcionamiento de la aplicación:

CU-EB-9 Registrar ruta en tiempo real:

Permite a los usuarios del sistema registrar y proporcionar información de la ruta del SITP que estén usando en tiempo real; esta información será utilizada para mostrar a los demás usuarios de la aplicación las rutas cercanas. Para que esta función se ejecute, el usuario deberá ingresar a la opción de "Registrar ruta" dentro del menú lateral desplegable. Posteriormente, debe diligenciar los datos de la ruta que se solicitarán en un formulario tales como el código de la ruta, nombre y el tipo de ruta (provisional u oficial); una vez ingrese los datos podrá seleccionar la opción de "Iniciar" para que la información de su ubicación se redireccione a una base de datos y quede disponible para otros usuarios en tiempo real. La información de la ubicación será según la modificación de coordenadas geográficas de acuerdo a la posición del usuario. Cuando el usuario termine su recorrido deberá seleccionar la opción de "Finalizar".

Como precondición para que se ejecute de manera exitosa este caso de uso, el usuario debe autorizar el permiso de ubicación e iniciar sesión dentro de la aplicación. Como postcondición, en caso de haberse realizado el procedimiento de manera exitosa, el sistema almacena dentro de la base de datos la ubicación del usuario para cada intervalo de distancia definido.

8.2. Diseño del prototipo (FASE 2)

Arquitectura lógica

Desplegar la arquitectura lógica por medio del análisis de diagramas comportamentales y estructurales permitió validar los requerimientos funcionales y no funcionales, con el fin de verificar que los elementos del sistema sean suficientes para alcanzar el objetivo de la aplicación. Así mismo permitió identificar aspectos que no se habían tenido en cuenta o se habían pasado por alto por parte del programador o el cliente.

Modelo de Clases

El propósito de este diagrama fue identificar todas las relaciones existentes entre objetos, así como el tipo de relación y la dependencia entre los mismos. De igual manera como se realizó una identificación previa por medio del diagrama de dominios, este diagrama incluye los hallazgos de objetos o información faltante que se hayan encontrado.

El diagrama de clases mostrado está conformado por 6 objetos que interactúan de tal manera que se logró la consistencia lógica del sistema.

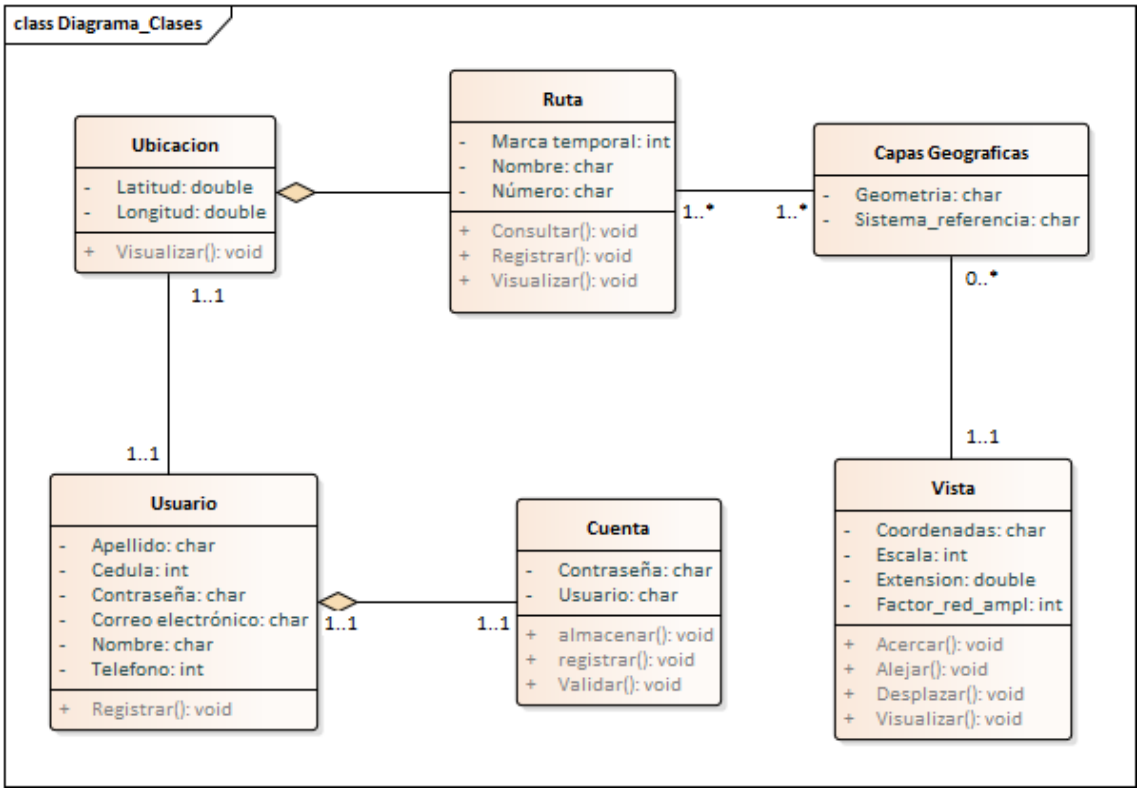


Figura 5. Modelo de clases
Fuente: Elaboración propia.

Modelo de Interacción

Este diagrama de tipo comportamental tiene como finalidad identificar las diferentes interacciones o secuencias por las que se somete al objeto para conseguir el objetivo final que en este caso hace referencia al caso de uso. Así mismo indica las funciones o métodos que realiza cada objeto; por lo tanto, sirve también para identificar posibles métodos u objetos que no se hayan incluido en el diagrama de clases.

En general todos los diagramas de secuencias incluyen al usuario quien a pesar de ser un actor dentro del sistema debe interactuar con el fin de que varias de las funciones se ejecuten y así se pueda cumplir satisfactoriamente con los distintos casos de uso propuestos.

A continuación, se presenta el modelo de interacción correspondiente al CU-8 Visualizar rutas cercanas en tiempo real, el cual responde a la necesidad central que busca resolver la aplicación desarrollada en este proyecto.

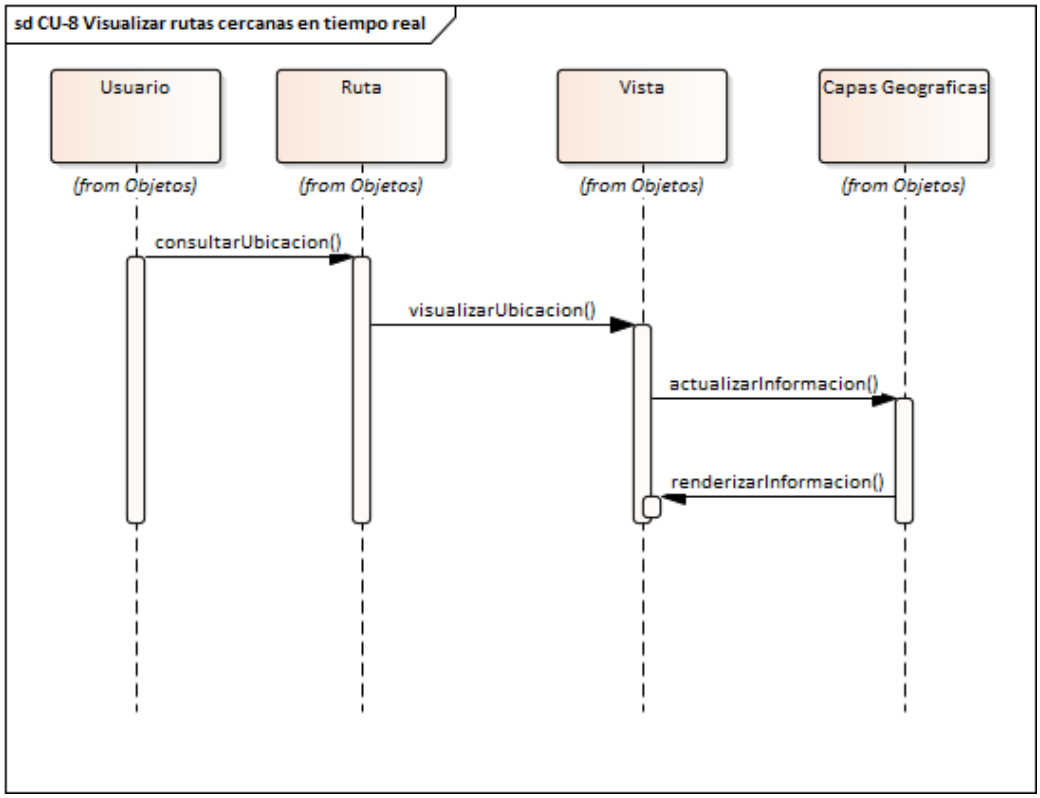


Figura 6. CU-8 Visualizar rutas cercanas en tiempo real
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6, se observa que existen 4 objetos interactuando en el CU-8, el primero es el usuario el cual es el emisor inicial dentro de la secuencia, emitiendo un mensaje al sistema donde requiere consultar la ubicación de las rutas cercanas a su posición, para responder este requerimiento el sistema primero ejecuta una consulta en la base de datos de las rutas registradas, y con el fin de que el usuario pueda visualizarlas se debe interactuar con la vista de la aplicación la cual contiene las capas geográficas que serán el objeto receptor final del mensaje y a partir de las cuales se actualizará la información sobre las rutas para así

renderizarla en la vista que podrá observar el usuario respondiendo a su consulta (mensaje) inicial.

Diagrama de Paquetes desde la perspectiva de casos de uso

Este diagrama tiene como objetivo principal visualizar el sistema desde la perspectiva del usuario para así identificar posibles módulos en los que se pueda dividir la interfaz gráfica del usuario.

Por medio de este diagrama se identificaron 2 módulos principales que van a ser utilizados para el diseño de la interfaz gráfica del usuario.

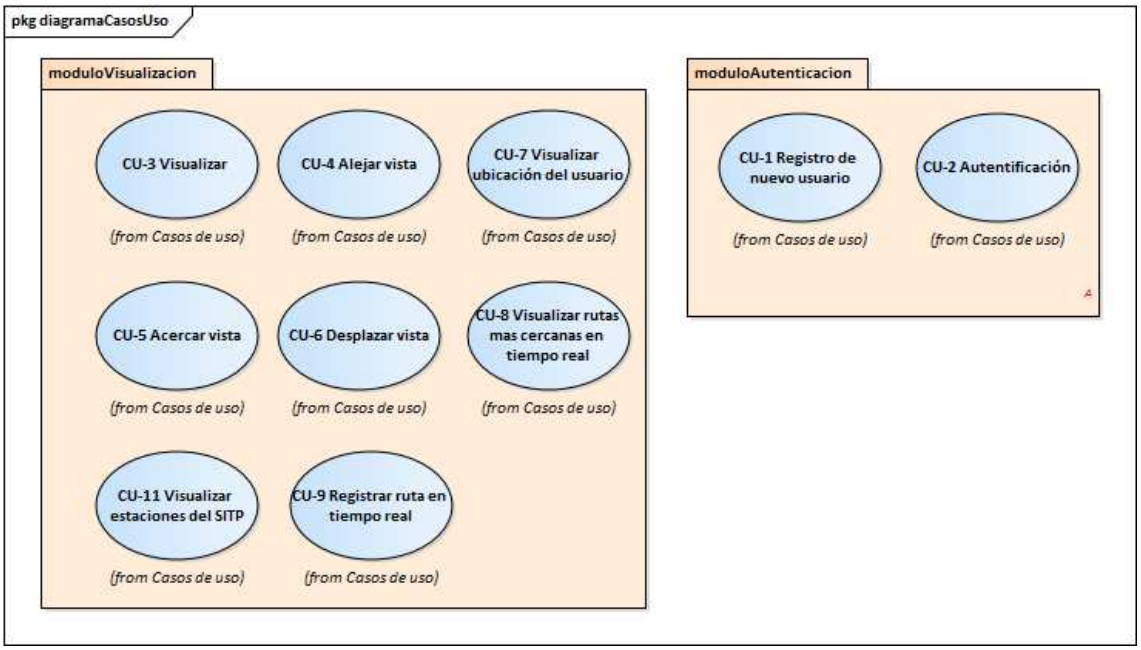


Figura 7. Diagrama de paquetes desde la perspectiva de casos de uso
Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de paquetes desde la perspectiva de Clases

Este diagrama tiene como objetivo principal visualizar el sistema desde la perspectiva del desarrollador con el cual se identificó las necesidades en cuanto a requerimientos físicos ya que cada uno de los paquetes que conforman las clases se traducirá en componentes del sistema.

Por medio de este diagrama se logró establecer que hay 2 paquetes principales que requieren de un esfuerzo focalizado en el diseño y programación para el correcto funcionamiento de todo el sistema ya que son los ejes fundamentales que dan respuesta a los requisitos funcionales.

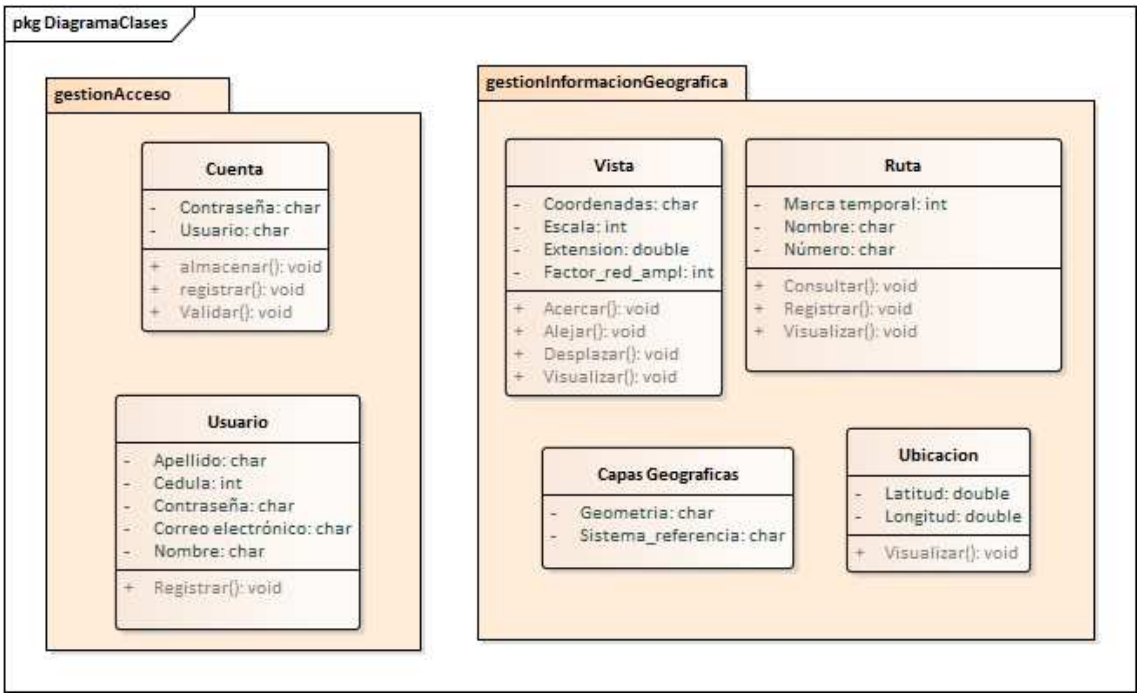


Figura 8. Diagrama de paquetes desde la perspectiva de clases
Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de componentes

Este modelo permitió identificar cada una de las interfaces necesarias. Así mismo se identificaron los componentes que van a implementar las interfaces y los que requieren acceder a los servicios proporcionados por las mismas. De allí se logró explicar que la información geográfica compuesta por la interacción de ubicaciones, trayectos, rutas y estaciones requiere de la interfaz proporcionada por los servicios de *Google Maps* y de la base de datos espacial. Por otro lado, la interfaz gráfica del usuario recibe información de los módulos de denuncias, acceso y de información geográfica (a través de *Google Maps*). La base de datos alojada en *firebase* recibe información proveniente del módulo de acceso para almacenar y administrar la información de las cuentas de usuarios y el historial de rutas.

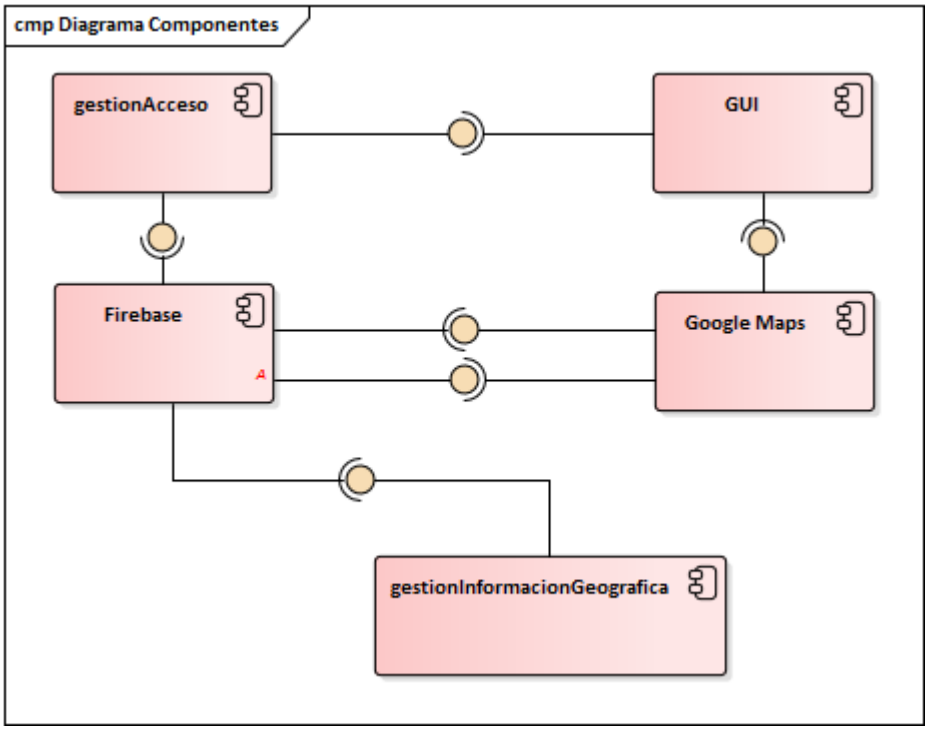


Figura 9. Diagrama de componentes
Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de despliegue

Mediante el modelo de despliegue se dividió en diferentes nodos cada uno de los componentes del sistema y se agruparon dependiendo de las necesidades de operación. De esta manera se logró una visión general de los servidores o nodos que fueron necesarios para que el sistema funcionara de manera óptima, logrando satisfacer las necesidades de almacenamiento, administración e integración de cada componente. Para la aplicación E*asyBus* se identificaron 2 nodos básicos. Uno de ellos orientado al funcionamiento de la interfaz gráfica del usuario y la conexión con los servicios de *Google Maps* y el segundo orientado a la administración y almacenamiento de la información por medio de un servidor de bases de datos (*firebase*).

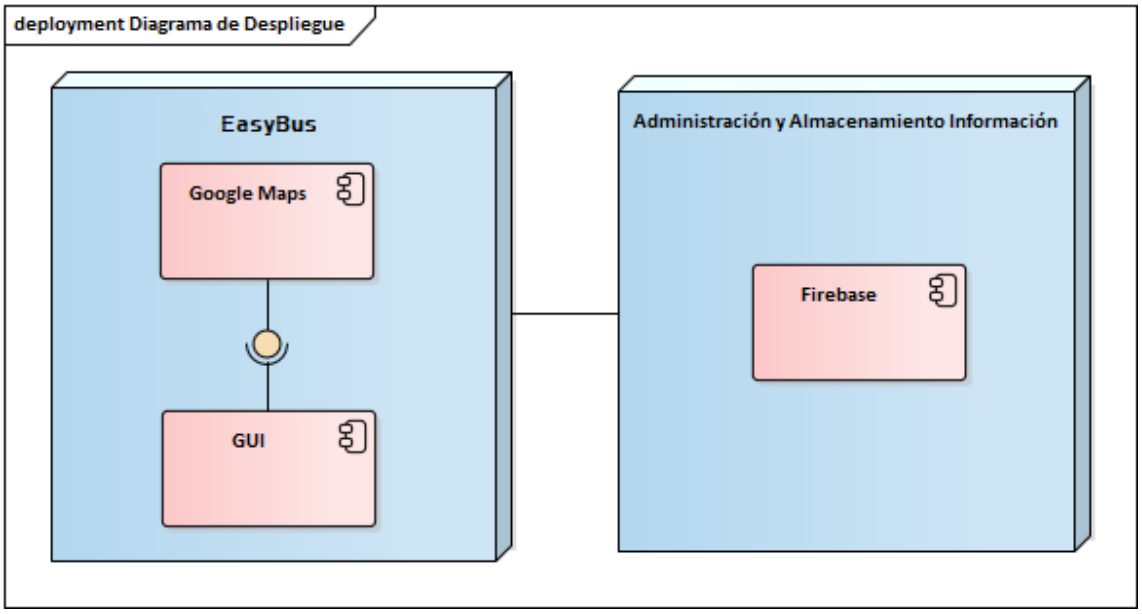
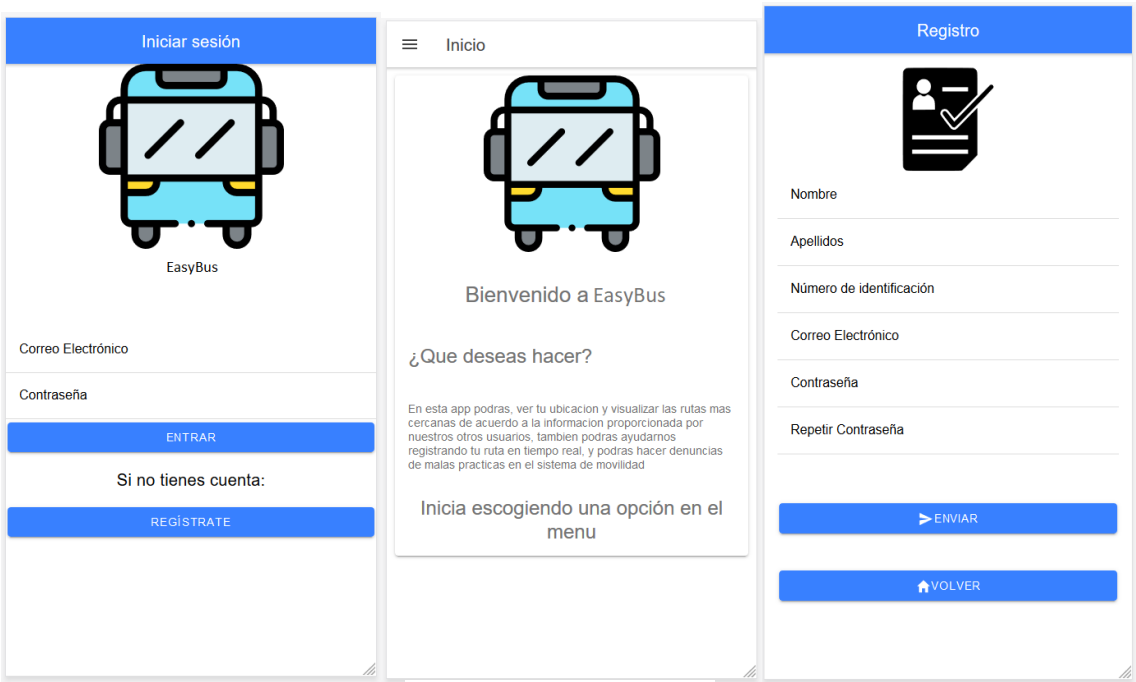


Figura 10. Diagrama de despliegue
Fuente: Elaboración propia.

8.3. Implementación y Lanzamiento (FASE 3 y 4)

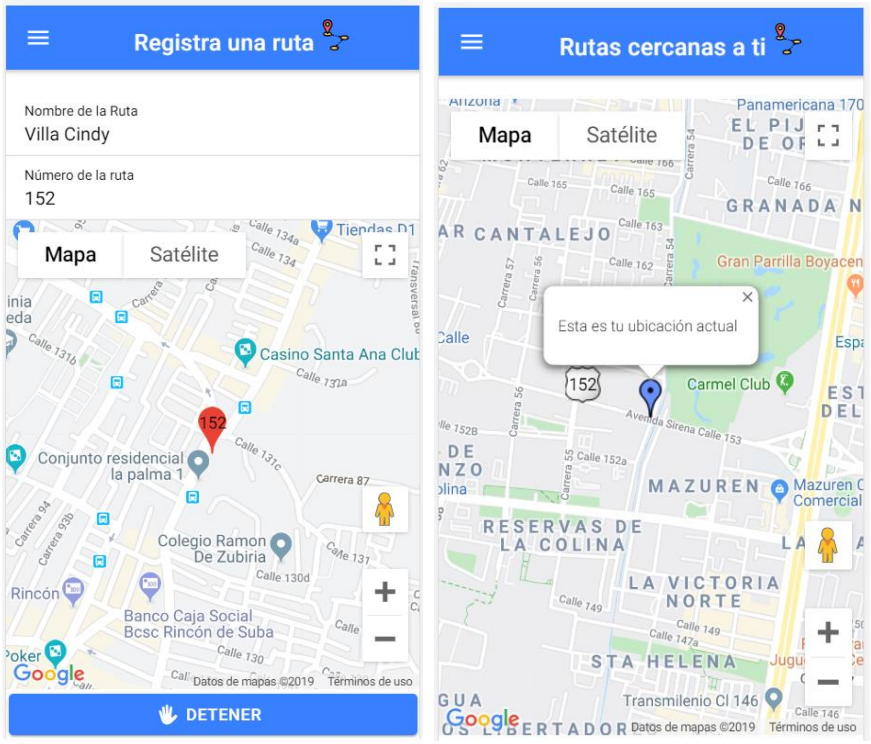
Como resultados en esta fase se obtuvo el prototipo funcional el cual se ve reflejado en las siguientes figuras que evidencian cada una de las funciones principales de la primera versión del prototipo de la aplicación:



a. Secuencia de las funciones principales de EasyBus

b. Pantalla de bienvenida

c. Registro



d. Registrar ruta *e. Ver rutas cercanas*

Figura 11. Secuencia de las funciones principales de EasyBus.
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realiza una breve descripción de las funciones ejemplificadas en la Figura 12:

a. Iniciar Sesión: cuando el usuario inicia la aplicación debe autenticarse en el sistema con el fin de acceder a las distintas funcionalidades que ofrece la misma. Por lo tanto, la primera opción que evidencia el usuario es iniciar sesión. En caso de que el usuario no tenga una cuenta creada puede acceder al botón de registro para crearla.

b. Pantalla de bienvenida: una vez ingresa a la aplicación por medio de sus credenciales, el usuario observa una pantalla de bienvenida en donde se le indica que puede seleccionar una opción del menú desplegable y se le brinda un resumen general de lo que puede realizar dentro de la aplicación.

c. Registro: cuando el usuario selecciona la opción de registrarse debe diligenciar un formulario y enviar la información para que sea validado el registro. En caso de que el usuario haya seleccionado por error la opción de registro o desea volver a la pantalla inicial podrá hacerlo mediante la opción “Regresar”.

d. Registrar una ruta: si el usuario selecciona dentro del menú la opción de registrar ruta puede realizarlo indicando la información básica de la ruta como el nombre por el cual se conoce la ruta y el número o código que tiene la misma.

e. Rutas cercanas a ti: Cuando el usuario selecciona esta opción en el menú podrá visualizar las rutas más cercanas a él, registradas por otros usuarios según su ubicación.

De igual modo externo a la interfaz gráfica con la que interactúa el usuario existe una base de datos en la cual se almacena la información correspondiente al registro de cada usuario y las rutas registradas por los mismos, como se ejemplifica en la figura 13.

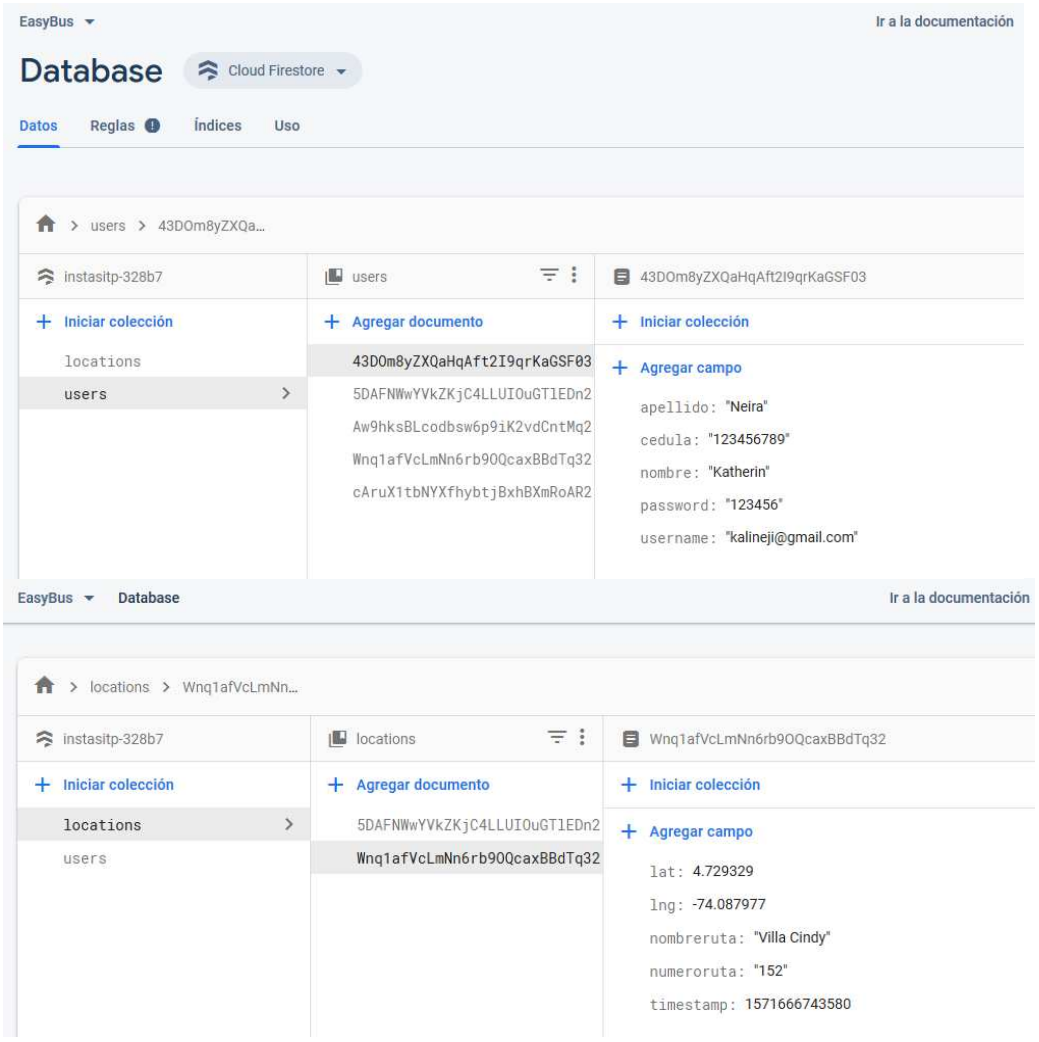


Figura 12. Base de datos asociada a la aplicación.
Fuente: Elaboración propia

9. CONCLUSIONES

- La identificación de los requerimientos funcionales de la aplicación *EasyBus* permitió asociar las necesidades planteadas en el proyecto a una respuesta funcional en la aplicación por medio del uso de herramientas como la diagramación de los casos de uso mediante la notación UML y la matriz de completitud.

- El desarrollo del prototipo funcional de la aplicación móvil *EasyBus*, se basó principalmente en prácticas enfocadas en *refactoring* lo cual se evidencia en el uso de código disponible como por ejemplo la incorporación de API´s como las de *Google maps* y el uso de *Ionic (mobile app framework)* para el de la interfaz.

- Mediante las funciones de registro y consulta de ruta de la aplicación se responde a las necesidades planteadas en este proyecto donde se busca que los usuarios puedan acceder a un sistema de información más confiable para tomar decisiones y optimizar su trayectos en el sistemas de transporte público, esta confiabilidad radica principalmente en el carácter participativo de la aplicación lo cual permite construir una base de datos asequible mediante la información proporcionada por los usuarios.

- Por último, cabe resaltar que en este proyecto solo establece el desarrollo del primer prototipo de la aplicación, por lo cual para los posteriores alcances se incorporaran nuevas funciones como el reporte de irregularidades en el sistema, canales de comunicación entre los usuarios, entre otras que permitan seguir dinamizando las funciones y las interacciones de los usuarios con la aplicación.

10. REFERENCIAS.

García Ramírez, O. Y. (2018). *Más allá de transporte: movilidad urbana sostenible.* Obtenido de Instituto de Estudios Urbanos - IEU: http://ieu.unal.edu.co/noticias-del-ieu/item/del-transporte-a-la-movilidad-urbana-sostenible

Graaf, S. v., & Ballon, P. (2018). Navigating platform urbanism. Technological Forecasting and Social Change, 364-372.

Otero, R. B. (Julio de 2015). Desarrollo de una app de servicios relacionados con los transportes públicos para ciudades inteligentes. Obtenido de Universidad Politécnica de Cataluña: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26594/108719.pdf

Programa Nacional de Servicio al ciudadano. (2018). Encuesta de Percepción Ciudadana 2018. Bogotá.

Ruiz, A., Temes, R., & Cámara, C. (2018). Accesibilidad y tecnologías de información colaborativas. Cartografías para una ciudad inclusiva. *Bitácora Urbano Territorial*.

Sommerville, I. (2005). Ingeniería de software. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. S.A.

Transmilenio S.A. (7 de Septiembre de 2016). *Servicios del SITP*. Obtenido de TransMilenio: https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146270/servicios_del_sitp/