CICLOMAP, UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL FÁCIL RECORRIDO EN BICICLETA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Autores:

PILAR ANDREA POVEDA VARGAS

DIANA MARCELA SARMIENTO PRIETO

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 Einstein Ramírez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá D.C., Colombia

Noviembre 2017

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción 1
2. Problema 3
3. Justificación 5
4. Alcance 7
5. Objetivos 8
6. Marco Teórico 9
7. Antecedentes 11
8. Metodología 13
9. Resultados 15
10. Conclusiones 28
11. Recomendaciones de uso 30
12. Bibliografía 31

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de metodología RUP para la aplicación CicloMap 14

Figura 2. Diagrama casos de uso aplicación CicloMap 16

Figura 3. Diagrama de secuencia 17

Figura 4. Diagrama de componentes 18

Figura 5. Diagrama de clases 18

Figura 6. Diagrama de despliegue 19

Figura 7. Diagrama vista de alto nivel 20

Figura 8. Estructura de carpetas de la aplicación 22

Figura 9. Visual aplicación CICLOMAP 25

Figura 10. Evaluación de usabilidad 26

1. Introducción

La movilidad en la ciudad de Bogotá se ha visto deteriorada en los últimos años por el incremento en el número de habitantes y la deficiente infraestructura de las vías que cada vez más se quedan reducidas por el número de carros que transitan a diario, esto se ha convertido en una dificultad para los ciudadanos que todos los días necesitan movilizarse hacia sus trabajos, lugares de estudio y hogares ya que los tiempos de recorrido se hacen más largos y la calidad de vida decrece. Es por esto que muchos habitantes han optado por usar la bicicleta como medio de transporte por su economía, facilidad de uso, comodidad y en algunos casos disminución en tiempos de recorrido; este cambio respecto al uso de bicicleta se ve evidenciado en personas de diferentes estratos, edades y géneros, lo que indica que la problemática de movilidad se ve reflejada en toda la ciudad y que no hay ningún patrón espacial que lo delimite.

Si bien la alcaldía de Bogotá ha implementado infraestructura vial para esta clase de transporte como los son los tramos de ciclorruta, cicloparqueaderos, conexiones en puentes peatonales, etc, la falta de conocimiento sobre el uso adecuado de las mismas y de la norma de movilidad han ocasionado el incremento de accidentes de biciusuarios que en el momento de un choque vial son los principales afectados por su evidente exposición al entorno y a vehículos más grandes y con mayor velocidad. Es por esta razón que es necesario el uso de una aplicación móvil que informe a los biciusuarios la red de ciclorrutas que se encuentra disponible en toda la ciudad, además de la ubicación de lugares exclusivo de parqueadero para ciclas y los tramos con mayor índice de inseguridad, logrando brindar un recorrido más confiable, tiempos de demora y conexiones recomendables entre vías en donde no existe infraestructura disponible de ciclorrutas, indicando al usuario una alternativa de enlace entre los tramos de ciclorruta incompletos.

La aplicación móvil CicloMap fue desarrollada en cuatro fases principales iniciando por la definición de los requerimientos y finalizando con la disponibilidad de uso; desde un comienzo se pensó en las necesidades de los biciusuarios definidos como actor principal, teniendo en cuenta la problemática de movilidad y uso de las ciclorrutas, de allí se determinó la funcionalidad principal de la aplicación que es el cálculo de la ruta optima y la visualización de ciclorrutas, cicloparqueaderos y alertas de seguridad. El alcance se definió exclusivamente para el recorrido en bicicleta en la ciudad de Bogotá mediante información descargada de la página del IDECA de la red de ciclorrutas de la ciudad y posteriormente se definió la implementación de la aplicación para el sistema operativo Android y iOS. Un vez planteadas las características principales de la aplicación móvil, se realizó un prototipo virtual en el entorno proto.io en el que se proyectaron las funcionalidades y diseño requerido de CicloMap y finalmente en el entorno de desarrollo Ionic se implementó el código en typescript de las funcionalidades logradas de la aplicación además del mapa base de desarrollo.

El resultado es una aplicación móvil para sistemas operativos Android y iOS que permite al usuario calcular la ruta optima y visualizar: la red de ciclorrutas conectadas en tramos a vías alternativas, cicloparqueaderos ubicados en diferentes lugares de la ciudad de Bogotá y alertas de seguridad reportadas por las victimas durante los últimos dos años. Dentro del menú principal puede ingresar una alerta de seguridad (robos) o de información (ubicación de cicloparqueaderos ó lugares con poca iluminación), adicionalmente en la pantalla principal de la app el usuario puede enfocar o alejar la vista y desplazarse por toda la extensión del mapa de acuerdo a su necesidad.

2. Problema

En Bogotá D.C. la actual administración de la alcaldía pensando en que la movilidad es una de las mayores problemáticas de la ciudad, ha venido mejorando la infraestructura de la red de ciclorrutas existentes dando una alternativa de transporte amigable con el ambiente, incluyendo nuevas conexiones con puentes peatonales y tramos de bicicarriles, convirtiendo a la capital colombiana en la ciudad con más kilómetros de ciclorrutas en América Latina, incentivando a los ciudadanos a utilizar la bicicleta como una solución de transporte. Sin embargo, pese a los esfuerzos que se han hecho en invertir en esta infraestructura, no se cuenta con una pedagogía que promueva en la ciudadanía el uso responsable de bicicletas, bicicarriles, andenes compartidos, semáforos y todo el tipo de señalización vial y normas de tránsito existentes tanto para peatones como para conductores de todo tipo de vehículos.

El desconocimiento de toda la red de ciclorrutas, tramos, conexiones y en específico una ruta óptima de desplazamiento entre origen y destino, conlleva a que este sistema se encuentra subutilizado además de no generar el impacto esperado en la movilidad. De igual manera la falta de socialización de la red de ciclorrutas y la poca culturización del respeto hacia las normas de tránsito afecta el uso de la bicicleta puesto que los ciudadanos no podrían considerar esta alternativa como una solución sino como un riesgo constante para biciusuarios y peatones en el momento de transitar por los carriles vehiculares y andenes compartidos.

Si bien en la actualidad en la ciudad de Bogotá D.C. el uso de la bicicleta se ha incrementado en todos los niveles socioeconómicos, el empleo de las ciclorrutas no ha mostrado el mismo comportamiento ascendente, desaprovechando toda la infraestructura destinada para este fin, lo que genera problemas subyacentes como la invasión de los carriles vehiculares por parte de los

biciusuarios que produce un crecimiento en los índices de accidentalidad en la que se vean involucrados principalmente ciclistas y peatones, además del aumento de tráfico en las calzadas.

A fin de generar un aporte para atender esta situación, se propone el diseño e implementación de una aplicación móvil que muestre toda la red de ciclorrutas actualizada en la que se genere un espacio de información no solo del estado de las mismas, sino también de la ubicación de cicloparqueaderos, alertas de inseguridad e informativas además de proporcionar una ruta optima que indique las conexiones y las diferentes clases de infraestructuras dispuestas para el uso exclusivo de bicicletas.

La actualización de cada variable implícita en la aplicación se obtiene de la información suministrada por cada usuario, alimentando un histórico de eventos o casos que son de utilidad para la comunidad ya que hoy en día existen varios aspectos que los biciusuarios desconocen tales como: ubicación de cicloparqueaderos, bicicorredores con préstamo de bicicletas, señales reglamentarias de descenso obligatorio, circulación no compartida, entre otros y que pueden ser advertidos por medio de la aplicación, brindando un mayor nivel de confianza a quienes se transportan por este medio e incentivando a aquellos que quieran incursionar en el mismo.

3. Justificación

El incremento en el uso de la bicicleta es evidente para todas las personas que deben salir cada mañana a trabajar en la ciudad de Bogotá D.C., situación que se presenta ante la deficiencia de los sistemas de transporte público reflejados en quejas diarias de los usuarios del SITP que ponen de manifiesto que la población ha superado la oferta de buses que circulan hoy en día. Debido a esta situación las diferentes administraciones de la Alcaldía Mayor de Bogotá han promovido el uso de la bicicleta como un medio alternativo de transporte; apoyando esta iniciativa se implementa como parte de la solución una aplicación móvil que busca impulsar a más ciudadanos a movilizarse de manera diferente, más rápido y a hacer su propio aporte para disminuir el cambio climático, el cual cada día manifiesta temperaturas desconocidas para los habitantes de antaño.

Nubia Camacho en su blog 'Bien por los usuarios de bici… ¿y las normas, maestro?, plantea que en unos pocos años o meses va a ocurrir con las bicicletas lo mismo que está pasando hoy con las motos en esta ciudad que son las principales causantes de accidentes, por su imprevisión, su falta de control y su temeridad. El mal uso de la bicicleta es una problemática que debe ser tomada en serio, por lo cual la aplicación móvil mediante la visualización de alertas de accidentalidad pretende incentivar el uso de la ciclorruta, dado que por diversos motivos los usuarios prefieren en muchas ocasiones hacer uso del carril vehicular aun cuando una zona habilitada para su uso exclusivo se encuentre próxima a ellos. Además de aumentar el tráfico en las calzadas debido al creciente volumen de ciclistas, los índices de accidentalidad también se hacen sentir, como por ejemplo según el informe 'Bogotá Cómo Vamos' del año 2016 por el incorrecto uso de la infraestructura vial para bicicletas, la cantidad de biciusuarios que perdieron la vida creció en un 16% respecto a 2015.

La aplicación móvil está diseñada para facilitar el tránsito de los biciusuarios por las diferentes localidades de la ciudad de Bogotá D.C. integrando información actualizada de la infraestructura dispuesta para el tránsito de bicicletas y diversas variables de reconocimiento del recorrido a realizar tales como: el tipo de vía, alertas de inseguridad de las zonas conectadas, ubicación de cicloparqueaderos, identificación de lugares de poca iluminación, sitios de mantenimiento, vía en mal estado, entre otras. El conocimiento de este tipo de información facilita la toma de decisiones por parte del usuario de acuerdo a las mejores opciones de recorrido que indica la herramienta sobre la mejor ruta a seguir, es decir, los riesgos asociados a pedalear por una ciclorruta o por un bicicarril son diferentes, por lo cual los inconvenientes que se pueden presentar durante su recorrido podrían ser reconsiderados.

Observando detalladamente el tipo de ciclistas que normalmente recorren las calles de la ciudad, se puede concluir que en su mayoría son hombres y que en contraste el número de bici usuarias disminuye en muchas ocasiones no solo por condición física sino también por las cuestiones de inseguridad que genera transitar por rutas desconocidas y como consecuencia se abstiene diariamente de hacer sus recorridos al trabajo, al estudio o a casa en bicicleta, ya que no ven confiable este tipo de transporte. La aplicación móvil se convierte entonces en la mejor aliada de los ciudadanos capitalinos que quieran empezar a hacer sus recorridos en bicicleta y que no tengan conocimiento sobre toda su infraestructura, mejorando así la calidad de vida y recorrido de cada viaje.

4. Alcance

4.1 Alcance temporal

La capa de ciclorrutas utilizada es de la red de ciclorrutas del IDECA actualizada hasta el año 2017, la capa de alertas fue digitalizada del servicio de ArcGIS Online con información recolectada desde el mes de junio del año 2016 hasta el año 2017 y de igual manera los datos de cicloparqueaderos fue descargada del repositorio de ArcGIS.

4.2 Alcance espacial

CicloMap se desarrolló para brindar información a diferentes usuarios para el recorrido en bicicleta en la ciudad de Bogotá. D.C.

4.3 Alcance técnico

En el contenido del siguiente documento se observa un modelo de prototipo vertical para la aplicación CicloMap cuya funcionalidad principal se basa en el cálculo de la ruta óptima para las ciclorrutas teniendo en cuenta el punto de origen como la ubicación actual del usuario o una ubicación específica que él indique y el punto de destino requerido por el mismo. Adicionalmente el usuario puede ingresar alertas de seguridad como eventos de robo o informativas como ubicación de cicloparqueaderos, iluminación y estado de la vía. En la ventana principal la aplicación permite la visualización de la infraestructura disponible para el desplazamiento en bicicleta y las diferentes alertas mencionadas anteriormente, de igual forma realiza el desplazamiento en el mapa así como el zoom de alejar y acercar al objetivo.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General:

Diseñar e implementar una aplicación móvil en la cual se visualice la red de ciclorrutas de Bogotá para cualquier recorrido que se encuentre dentro del perímetro urbano y que permita la validación de alertas a lo largo de toda la ciudad.

5.2 Objetivos Específicos:

1. Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la aplicación móvil que sirva a los biciusuarios como herramienta de información en su recorrido.
2. Implementar la herramienta de una ruta óptima que cumpla con los requerimientos funcionales y no funcionales identificados para la aplicación, mediante la estructura de la red de ciclorrutas suministrada por el IDECA.
3. Diseñar una interfaz que cumpla con los términos de usabilidad requerida por los usuarios, que integre toda la información procesada para la aplicación.

6. Marco Teórico

El uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá D.C., se ha desarrollado desde el año de 1976 como una iniciativa de recuperación del espacio público, esto ha implicado un cambio cultural de los ciudadanos llegando a implementar exitosas actividades como lo son el famoso día sin carro, las ciclovías y la construcción de más de 300 kilómetros de ciclorrutas en toda su extensión, por lo cual diferentes países de América Latina han venido adoptando esta alternativa como una solución a la problemática de movilidad en las ciudades más transitadas (IDRD, 2017).

Con el paso del tiempo se ha venido mejorando toda la infraestructura vial para el uso de bicicletas en la ciudad creando espacios exclusivos como: ciclorrutas segregadas sobre andén que es la sección del mismo destinada para el tránsito de vehículos no motorizados tipo bicicleta, ciclorruta segregada sobre calzada o bicicarriles, es la franja delimitada con dispositivos fijos para el uso preferencial de bicicletas, ciclorruta delimitada sobre calzada, que al igual que la ciclorruta segregada se encuentra sobre la calzada vehicular pero esta va delimitada con demarcación sobre pavimento y los cicloparqueaderos, que son un complemento de los corredores de la infraestructura para bicicletas que permiten el estacionamiento de las mismas. Cabe anotar que existe una diferencia entre ciclovía y ciclorruta, siendo la primera los espacios reservados únicamente para el tránsito seguro de bicicletas todos los domingos entre 7am y 2 pm y esporádicamente una noche entre semana y la definición de ciclorruta como la infraestructura urbana de carriles de uso exclusivo para la circulación de bicicletas y afines (Secretaría Distrital de Planeación, 2013).

La ciudad de Bogotá D.C. cuenta con la red de ciclorrutas más extensa de América Latina (Caracol Radio, 2015) aunque hayan diversos temas de debate en cuanto al estado y ubicación de las

mismas, cabe destacar que el uso de este medio se está incentivando desde hace décadas por medio de la ciclovía recreativa (Universidad de los Andes, 2009). El uso de la bicicleta es fundamental para reducir los efectos del cambio climático además de ayudar en la construcción de una sociedad más desarrollada (Reinoso, 2000), este medio de transporte se propone dado que el impacto ambiental es tal que cada hora en un espacio urbano de 3,5 metros un coche individual sólo puede transportar a 2000 personas mientras que en el mismo espacio una bicicleta puede llevar a 14.000 personas a sus destinos (Botma & Papendrecht, 1991).

En Europa algunas ciudades han sido líderes en incentivar el uso de este medio, como por ejemplo Åhrus (Dinamarca) se desarrolló una iniciativa llamada "ciclobusistas" lo que demostró que aún en un país desarrollado donde se tiene fácil acceso a los automóviles se puede cambiar la mentalidad a una alternativa ecológica (Comisión Europea DG Medio Ambiente, 2000). El denominado Viejo Continente ha sido desde hace décadas un impulsor de este pensamiento, como se expresa en el Libro Verde que afirma que las políticas de transporte en cuanto a los vehículos motorizados son insostenibles (Comisión Europea, 1995). La ciudad de Londres es un gran ejemplo ya que ésta invirtió más presupuesto en enseñar a los ciudadanos las rutas más seguras en lugar de crear carriles exclusivos, por lo que se generaron 19 mapas mostrando los recorridos más adecuados para ciclistas (Fundación Vida Sostenible, 2012).

7. Antecedentes

En el año de 1974 en la ciudad de Bogotá D.C. se realizó el primer ensayo de una ciclovía al que asistieron más de 5000 personas lo cual llevo con el tiempo a que la Alcaldía de la ciudad en 1976 tomara la decisión de destinar vías estratégicamente situadas para el tránsito exclusivo de peatones y bicicletas. Gracias a ello en 1976 mediante los decretos 566 y 567 se establece la creación definitiva de las ciclovías definiendo parámetros de carácter transitorio e implementando ciclo-pistas que es a lo que actualmente conocemos como ciclorrutas. Después de dos décadas debido a la reducción en su importancia y al deterioro de algunos elementos para señalizarla, el programa de ciclovías pasa de la dirección de la Secretaría de Tránsito a ser administrada por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte IDRD, realizando algunas modificaciones entre los años 1995 y 2000 bajo la dirección de Antanas Mockus, desde ese momento se han realizado cambios en su estructura y funcionamiento como la construcción de módulos para los vendedores, módulos para mascotas, cambio de logo, entre otras mejoras (IDRD, 2017).

Actualmente la Secretaría Distrital de Ambiente en su portal SIAC tiene un mapa de la red de ciclorrutas de Bogotá D.C. en donde muestra las ciclorrutas ya implementadas y las que están en proceso de construcción, así mismo la Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá (IDECA) en articulación con la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) han reunido información espacial actualizada de las ciclorrutas y está se encuentra disponible en el visor de la entidad identificando ciclorrutas y cicloparqueaderos en toda la ciudad, información de gran importancia para los biciusuarios (Secretaría Distrital de Movilidad, 2016).

Con la llegada de los Smartphones y todas las aplicaciones que se pueden encontrar en las tiendas virtuales, hay un espacio dedicado a las *apps* para biciusuarios, con distintos enfoques claro está,

pero todas diseñadas para hacer los recorridos más fáciles (Cívico, 2016). Ride the city, es una de las actuales herramientas disponibles, esta se caracteriza por encontrar la mejor ruta entre dos puntos a través de las vías destinadas a este medio, sin embargo esta app sí tiene costo de descarga. *Mejor en bici* es otra alternativa para incentivar el uso de la bicicleta, esta pretende mostrar información útil sobre talleres, parqueaderos y otros servicios dirigidos a biciusuarios (Movers SAS, 2017).

En este momento la aplicación Biko es una de las más populares, con más de 100.000 descargas en Play Store, Biko está diseñada para incentivar el uso de la bicicleta ya que indica que con el uso de esta app se acumulan puntos que se pueden redimir en conocidos establecimientos, además de contener información de interés para los ciclistas como parqueaderos disponibles, potenciales peligros en la vía y un mapa de ciclorrutas (Biko SAS, 2017). Biko es una excelente alternativa aunque con la utilización de la misma varios de los usuarios han tenido quejas acerca de los puntos que se ganan usando la aplicación, estos problemas pueden deberse a la expectativa que genera esta app, sumado a reclamos de errores en su funcionamiento. También se encuentra la aplicación *Strava* que permite registrar a los usuarios la velocidad durante un recorrido, las rutas que hacen y las calorías que pueden llegar a quemar de acuerdo a la potencia de sus piernas, pudiendo llevar su récord personal y hacer cálculos sobre su progreso diario, además alerta al usuario de la ubicación de ciclistas cercanos que se registren como amigos del mismo.

8. Metodología

En el desarrollo de la presente aplicación móvil se siguieron los lineamientos de la metodología RUP (Proceso Unificado Racional) que mediante la unión de tres modelos de ingeniería de software brinda una integración de tres perspectivas fundamentales; dinámica, estática y práctica, sin embargo, como el tiempo de desarrollo del proyecto fue corto, únicamente se implementaron algunos aspectos de la metodología.

Siendo el Proceso Unificado Racional el método más utilizado para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos, fue ideal para la elaboración de la aplicación en cuestión, teniendo en cuenta la experiencia de los desarrolladores y el tiempo disponible de su creación. Posee diferentes fases de seguimiento, dentro de las principales se encuentran: la identificación de los casos de uso y de los actores implicados, el proceso documental en secuencia del sistema y la confrontación de los requerimientos con la solución de un proceso iterativo que gestiona los cambios necesarios en el sistema, lo que es indispensable en un proyecto como el presente, ya que a medida que se llevó a cabo el desarrollo de software se realizaron ajustes de acuerdo a los inconvenientes presentados.

Las características más importantes para seleccionar la metodología RUP fueron: la realización de pruebas, dado que estas aseguran el funcionamiento requerido, la definición concreta de las actividades, personas involucradas y herramientas indispensables. El enfoque en la calidad también es un factor que se consideró fundamental en la aplicación ya que el objetivo principal fue la funcionalidad en el cálculo de las rutas óptimas, junto con el equilibrio de prioridades para poder establecer un cronograma que estuviera orientado a llevar a cabo de mejor forma los principales requerimientos de la aplicación.

La aplicación móvil se desarrolló en cuatro fases que se describen a continuación según la metodología implementada en la Figura 1. Dentro de la fase de inicio se definieron las funcionalidades, reglas del negocio y actores involucrados del proyecto, en la fase de elaboración se seleccionaron los casos de uso y los diferentes diagramas de secuencia, de componentes, de clases y de despliegue, en donde se valida gráficamente los procesos y funciones que desempeña cada elemento dentro de la elaboración de la aplicación, además de la vista de alto nivel. En la fase de construcción se adquirió la información necesaria para poder implementar las funcionalidades y se definió el código en el entorno de desarrollo Ionic y posteriormente en la fase de evaluación se validó la usabilidad de la aplicación mediante una prueba de tal manera que los usuarios finales determinaran el cumpliendo con los requerimientos específicos de CicloMap. Finalmente se concluyeron algunas mejoras del sistema y se consolidaron algunas observaciones para su implementación.

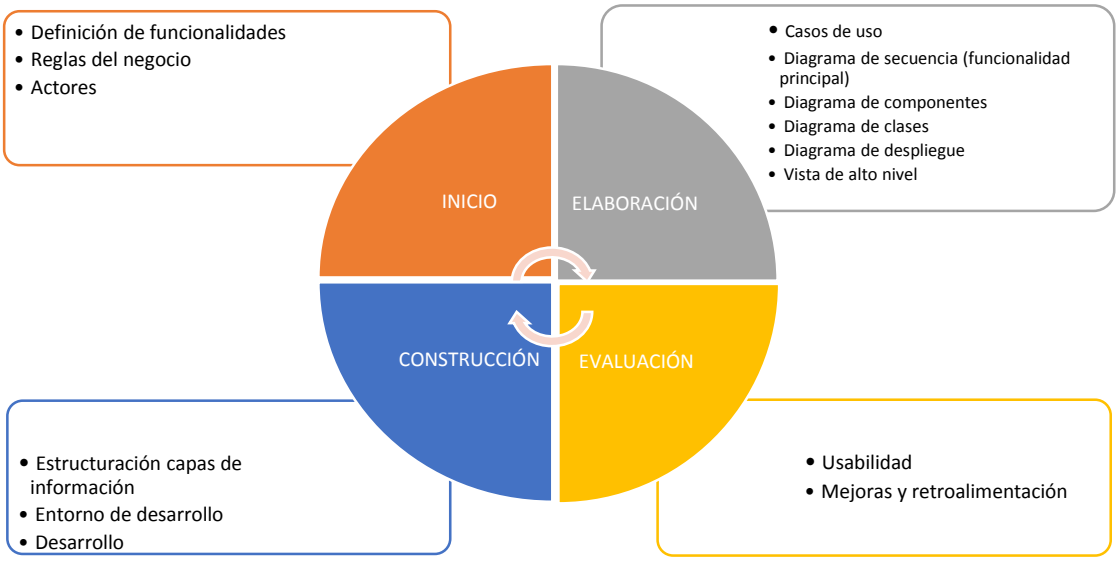


Figura 1. Esquema de metodología RUP para la aplicación CicloMap

Fuente: Elaboración propia

9. Resultados

La aplicación móvil CicloMap brinda al actor principal, la información de ciclorrutas y de toda la infraestructura disponible para las mismas en cuanto a conexiones y ubicación de cicloparqueaderos a nivel de la ciudad de Bogotá D.C, su desarrollo se realizó en 4 fases principales inicio, elaboración, construcción y evaluación, el avance de cada una será detallado a continuación:

9.1 Fase de inicio

CicloMap es pensada como una aplicación móvil nativa para sistemas operativos Android y iOS con propiedades básicas de navegación, procesador y de almacenamiento, en el desarrollo de la aplicación se definió al usuario como único actor y en las funcionalidades principales se especificó el cálculo de la ruta óptima en bicicleta y el ingreso de alertas. En la pantalla principal el usuario puede visualizar las diferentes alertas informativas y de seguridad, además de desplazarse en el mapa, enfocar y alejar en el objetivo según la necesidad.

9.2 Fase de elaboración

9.2.1 Diagrama Casos de uso

Teniendo en cuenta la información anterior, en la Figura 2 se muestra los casos de uso definidos de acuerdo a los requerimientos funcionales, observando la interacción entre el actor identificado y la aplicación móvil CicloMap.

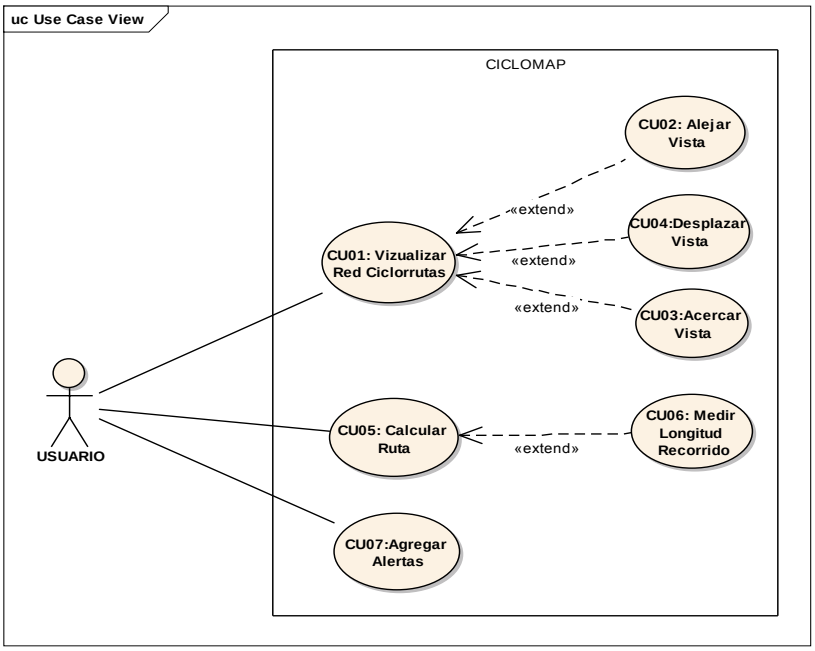


Figura 2. Diagrama casos de uso aplicación CicloMap

Fuente: Elaboración propia

Las principales acciones que el usuario puede realizar en CicloMap es inicialmente visualizar la red de ciclorrutas en el momento de ingreso a la aplicación, puede alejar la vista para obtener una mayor extensión o acercarla para enfocarse mejor en el lugar que desee y también puede desplazarse para validar información de la misma. En caso que requiera información acerca de la mejor ruta a tomar, el usuario puede calcular la ruta ingresando el dato de origen y destino logrando validar datos de alertas y trazado de recorrido y adicionalmente puede medir la distancia de recorrido para tener una idea del tiempo que se puede tardar en llegar al punto final. Mientras realiza el viaje el usuario también puede generar alertas de seguridad o de información a los demás usuarios y de esta manera mantener una plataforma actualizada y dinámica para el servicio de todos.

9.2.2 Diagrama de Secuencia (Calcular Ruta)

La Figura 3 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso que se considera más relevante en el proyecto, ya que es el que define la funcionalidad que se distingue de las demás aplicaciones relacionadas con ciclorrutas. En este diagrama intervienen tres instancias, primero el usuario debe ordenar al mapa que proceda a calcular la ruta según los parámetros del modelo de datos, luego la Capa debe ser quien calcule la ruta porque en esta se encuentra contenida la información de la red y donde se establecieron las relaciones respectivas para la ruta óptima.

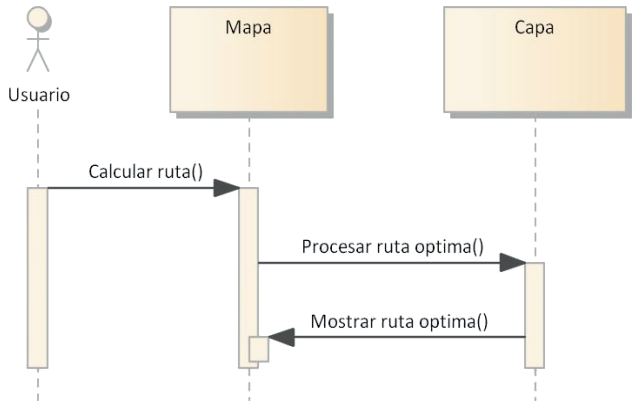


Figura 3. Diagrama de secuencia

Fuente: Elaboración propia

9.2.3 Diagrama de Componentes

Para este aspecto se debe tener en cuenta que la aplicación está diseñada para dispositivos móviles por lo que todos los elementos necesarios para ejecutarla deben estar contenidos en la instalación, además para su pleno funcionamiento todas las capas deben estar almacenadas en una extensión determinada, en este caso se utilizará GeoJson por la facilidad de consulta y la interoperabilidad que tiene con el entorno de desarrollo Ionic (Ver Figura 4).

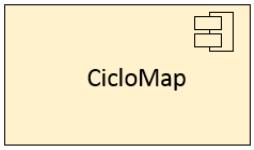


Figura 4. Diagrama de componentes

Fuente: Elaboración propia

9.2.4 Diagrama de Clases

El diagrama de clases mostrado a continuación en la Figura 5, es fundamental para establecer los atributos y funciones con las que contará cada uno de los conceptos involucrados. El Área de Visualización y la Capa en este caso se encargan de realizar las tareas que sean ordenadas por el usuario, este diagrama es muy útil para conocer cuál de los aspectos requiere más elaboración y diseño, además de establecer qué funcionalidades deben ser atribuidas a cada instancia, en este caso la Capa debe tener una estructura organizada y definida para guardar la información y debe incluir el algoritmo para hallar la ruta óptima.

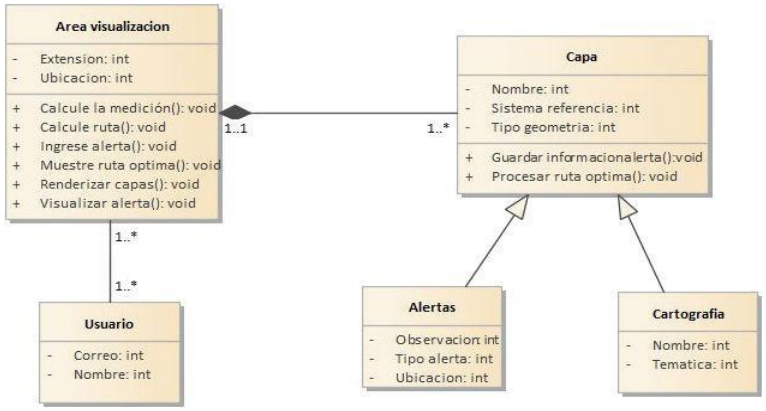


Figura 5. Diagrama de clases

Fuente: Elaboración propia

9.2.5 Diagrama de Despliegue

El siguiente diagrama de la Figura 6 muestra la estructura de la aplicación, dado que va a ser de carácter nativo, toda la información necesaria para su correcto funcionamiento deberá obtenerse al momento de la descarga, dicha información se encontrará disponible para las plataformas IOS y Android, que deben ser soportadas por un dispositivo móvil. La aplicación estará alimentada por datos tipo geoJson de donde se validan las ciclorrutas, las alertas de seguridad y los cicloparqueaderos.

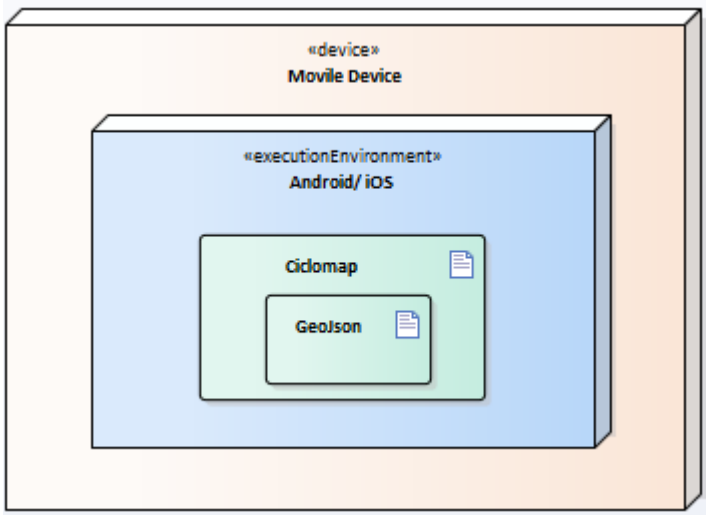


Figura 6. Diagrama de despliegue

Fuente: Elaboración propia

9.2.6 Vista de Alto Nivel

La Figura 7 muestra los elementos del diagrama de despliegue UML y su objetivo principal es reflejar de una manera más sencilla y dinámica la interacción de la aplicación móvil con el software requerido para su implementación, por lo tanto pretende resaltar las cualidades de la de multiplataforma además de encontrarse soportada por una base de datos espacial.



Figura 7. Diagrama vista de alto nivel

Fuente: Elaboración propia

9.3 Fase de construcción

9.3.1 Estructuración de las capas de Información

CicloMap tiene incluidas 3 capas de información, las cuales fueron cargadas en formato GeoJson para ser visualizadas en el mapa que ofrece la API de Google Maps. A continuación se hace una descripción de las capas:

Ciclorruta: Esta fue obtenida directamente de la página de la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA) en formato shapefile, la misma tuvo una serie de modificaciones, como la unión de tramos en los que la red se encontraba incompleta y que fueron conectados con parte de la malla vial y la inclusión de infraestructura para el recorrido en bicicleta que no estaba contemplada todavía en la información del shapefile, en total se realizaron 104 uniones de tramos que tiene en cuenta parques, andenes, puentes peatonales y paso peatonal como semáforos. Luego de aplicar las correcciones pertinentes esta se convierte a formato GeoJson mediante el software libre QGIS.

Alertas de Seguridad: La capa de alerta de seguridad se obtuvo mediante información recolectada por 16.000 usuarios en la plataforma Bicicletero, la cual es un desarrollo de ArcGIS, en esta se adquirieron datos de ubicación de 229 robos de bicicletas ocurridos en Bogotá desde el mes de junio del año 2016, estos eventos fueron digitalizados y guardados por tipo en el atributo METODO, de la siguiente manera: atraco con arma, corte guaya y otro.

Cicloparqueaderos: En el repositorio de ArcGIS Online se descargaron las coordenadas de ubicación de los cicloparqueaderos localizados en la ciudad de Bogotá.

9.3.2 Entorno de Desarrollo

Basados en el prototipo planteado para el proyecto, se procedió a instalar todas las herramientas necesarias para desarrollar la app y que se listan a continuación:

- Ionic versión 3.18.0
- Cordova versión 7.1.0
- Angular-Cli versión 1.0.0-beta.28.3
- Node versión 6.11.2
- Android Studio versión 2.3
- SDK Manager
- JDK Java versión 1.8.0

Ionic es un entorno de desarrollo que maneja una estructura de carpetas donde cada una de las funcionalidades de la aplicación se encuentran separadas, cada una de las páginas que tiene la aplicación debe construirse en tres archivos diferentes: un archivo *.HTML en el cuál se establece el contenido de la página, un archivo *.SCSS referente a una hoja de estilo de tipo SASS con sintaxis SCSS, que se aplica al archivo HTML, y por último un archivo *.TS es de tipo TypeScript el cuál es un lenguaje de tipado fuerte que implementa todas las funcionalidades de JavaScript

pero orientado a objetos y con una estructura similar a Python, este archivo se encarga de todas las funcionalidades que estarán contenidas en la aplicación.

9.3.3 Desarrollo

Con el objetivo de ser una aplicación que permite visualizar elementos geográficos respecto a las ciclorrutas, se decide recurrir a la API de Google Maps ya que esta ofrece un servicio muy completo y que es bien conocido y por lo tanto familiar para la sociedad, para el mapa principal se decidió cambiar el estilo del mapa para que este sea más acorde a la gama de colores de la aplicación, se implementó la función *calculateRoute* que se encuentra en la API y que originalmente se encuentra en JavaScript, junto con esta se usaron algunas funciones como load.geojson, que fueron de utilidad para aplicar las funcionalidades que se establecieron. A continuación se muestra las páginas creadas para la app:

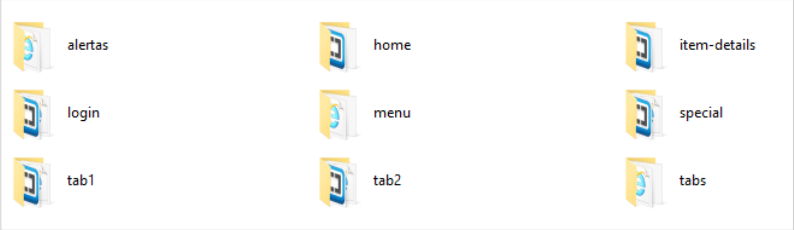
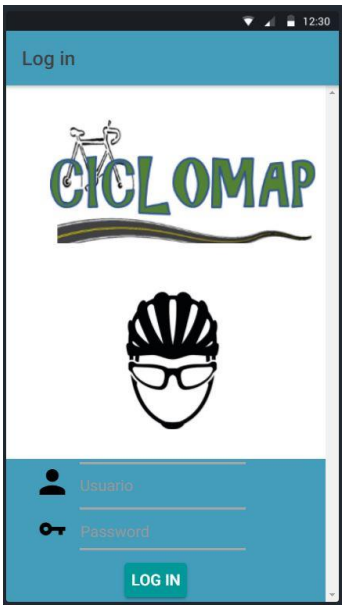


Figura 8. Estructura de carpetas de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

Las carpetas que se muestran en la figura anterior fueron necesarias para implementar el prototipo, la carpeta de alertas contiene toda la información que corresponde a esta capa de información, home es la que contiene el mapa principal donde se visualiza la información, ítems-details es una carpeta necesaria para el menú que se encuentra en forma *side-bar*, login es la primera página que

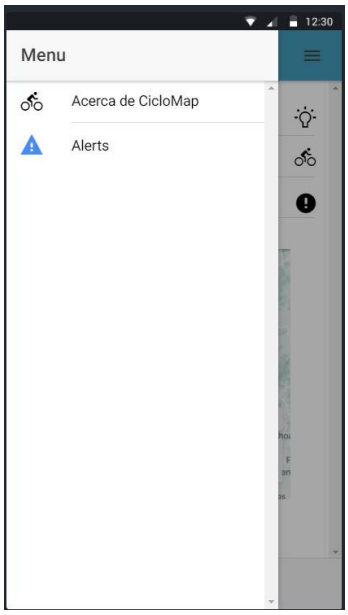
aparece y donde el usuario debe registrarse, menú contiene los elementos de la barra ya mencionada, special contiene la página que describe la aplicación y las páginas llamadas *tab* son necesarias para los botones incluidos en la interfaz. A continuación se pueden observar las imágenes obtenidas con el prototipo de aplicación desarrollado:



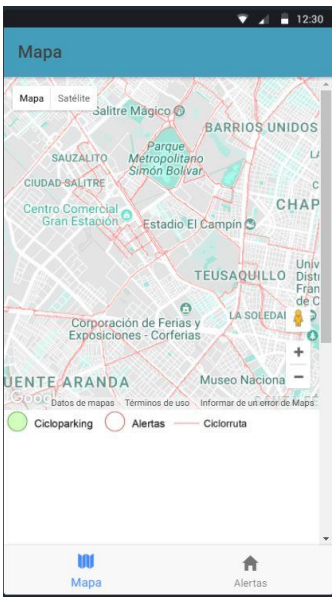
a) Log In



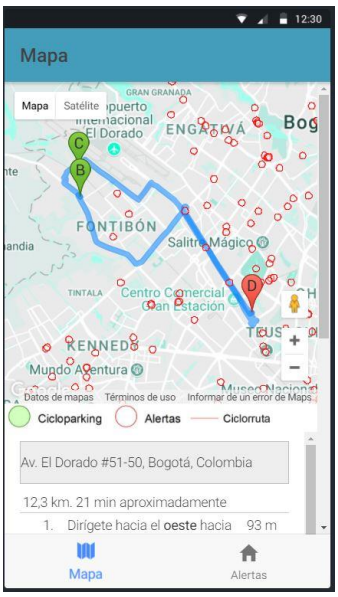
b) Acerca de CicloMap



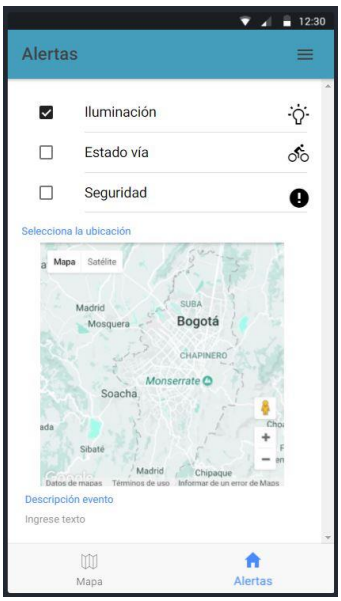
c) Menú



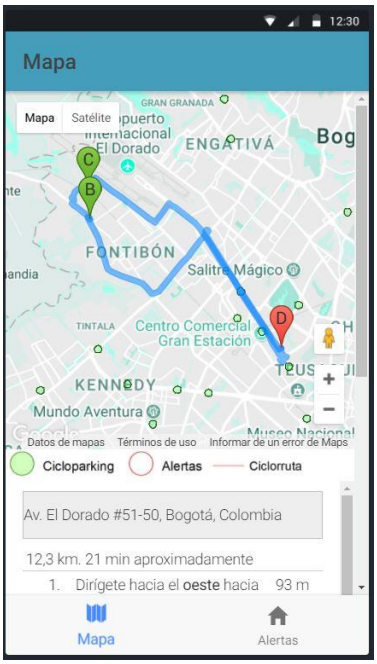
d) Ciclorrutas



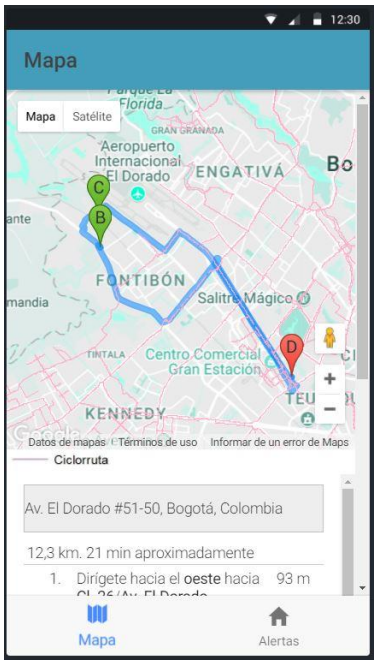
e) Alertas de seguridad



f) Agregar alerta



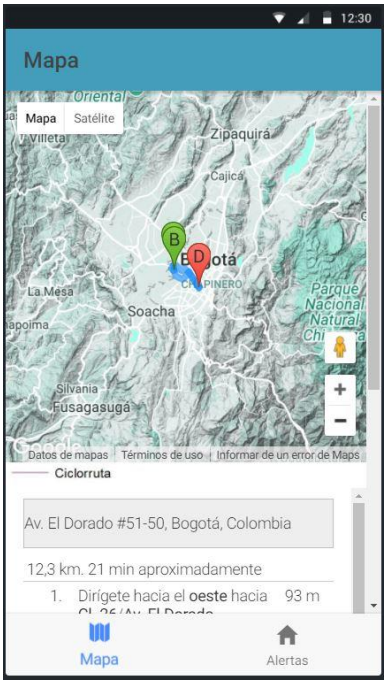
g) Ubicación Cicloparkin



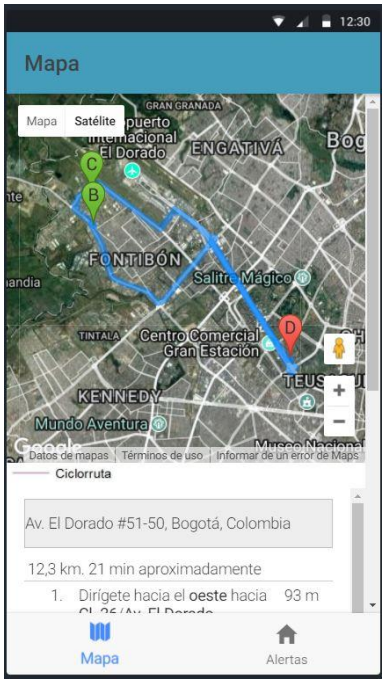
h) Ruta óptima



i) Instrucciones de ruta



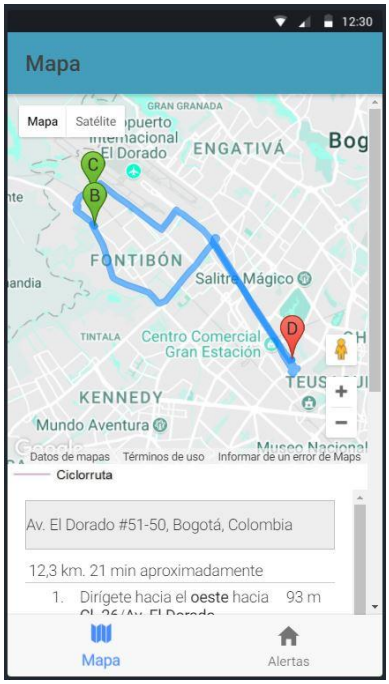
j) Relieve



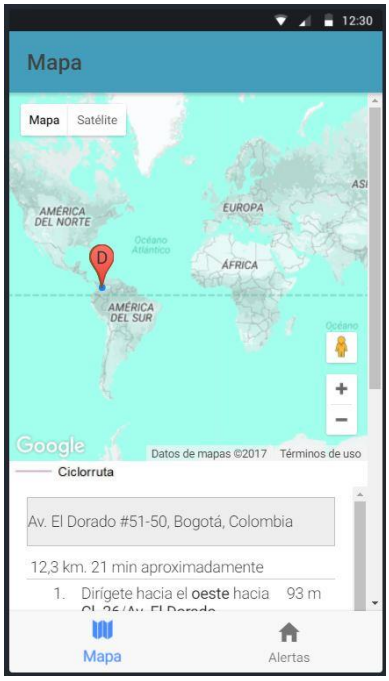
k) Satelite



l) Street view



m) Zoom In



n) Zoom Out

Figura 9. Visual aplicación CICLOMAP

Fuente: Elaboración propia

9.4 Fase de Evaluación

9.4.1 Usabilidad

Para evaluar este aspecto de calidad de software se diseñó una encuesta enfocada directamente a los aspectos propios del prototipo, dicha encuesta se realizó mediante un formulario de Google en el cual se incluyeron 7 preguntas relacionadas con la app, se encuestaron 7 personas que probaron en cada uno de sus equipos la *apk* obtenida mediante Android Studio. A continuación se puede ver un resumen de los resultados obtenidos.

Aspecto evaluado	Puntaje promedio
1. Tamaños de fuentes	7,4
2. Navegación entre ventanas	8,8
3. Interfaz	8,8
4. Íconos y símbolos	8
5. Velocidad navegación	8,2
6. Presentación Google Maps	8,6
7. Utilidad Información	9,2
Promedio total	**8,4**

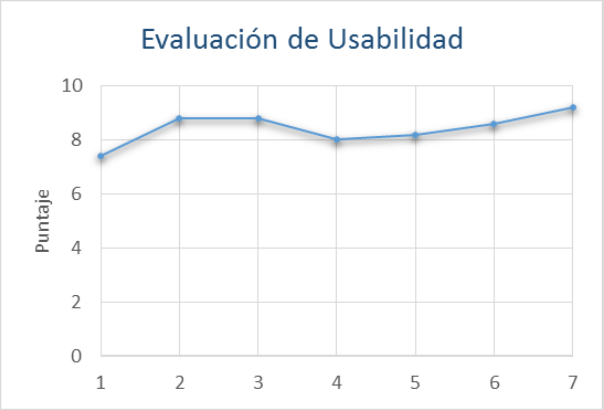


Figura 10. Evaluación de usabilidad

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura 10 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Para el tamaño de las fuentes se obtuvo en mayoría un puntaje de 6 por lo que se debe trabajar en mejorar las fuentes que se aplicaron en cada página.
- Para la navegación entre ventanas se considera que se cumplió la meta en aplicar una combinación de *tabs* y menú de estilo *side-bar*.
- En cuanto a la interfaz se puede decir que en general es agradable pero se puede seguir trabajando en mejorar algunos aspectos.

- Para las imágenes presentadas en la app es claro que se debe trabajar en mejorar la presentación de las mismas para que estas sean adaptables a cualquier tamaño de pantalla de dispositivo.
- Para implementar una mejora en la velocidad de navegación se debe cambiar el método mediante el cual se visualizan los datos, es decir, que estos deben ser llamados mediante servicios y no mediante un archivo GeoJson que se encuentra dentro de la misma aplicación.
- Respecto a la presentación del mapa se obtuvo un resultado satisfactorio, aunque se puede implementar un estilo que tenga colores más adecuados con la temática trabajada.
- Respecto al contenido de las capas se puede decir que en general resulta útil pero se puede mejorar su funcionalidad y visualización para que estas alertas sean más claras.

9.4.2 Mejoras y Retroalimentación

De acuerdo a la evaluación de usabilidad se puede concluir que todavía hay muchos aspectos en los cuales trabajar para poder extender el alcance del proyecto. Los principales aspectos que se deben mejorar son:

- Ajuste de las imágenes a todos los tamaños de pantalla.
- Implementación de la selección del destino de la ruta por parte del usuario.
- Conexión con la base de datos SQLite para guardar las alertas reportadas

Por otro lado es fundamental destacar la importancia de mantener las capas de información actualizadas, la información manejada en este caso cambia cada día ya que se reportan a diario casos de robos y para los bici-usuarios es vital tener actualizada esta información.

10. Conclusiones

Para una app más funcional será necesario implementar un código de ruta óptima en la red de ciclorrutas como tal, que genere tiempos de desplazamiento, valide conexiones y que tenga en cuenta datos de origen y destino indicados por el usuario. Por otro lado, la información de seguridad registrada en las alertas por cada usuario, podría ser usada para el desarrollo de un informe de robo para el personal de policía del cuadrante además de generar conciencia en los usuarios que cotidianamente realizan un mal uso de las ciclorrutas.

Por el acceso fácil y no controlado en el momento de generar alertas es necesario mantener una confiabilidad por parte de los usuarios que interactúan con la aplicación ya que el ingreso de información falsa puede causar deterioro en la actualización de la misma y expectativas erróneas en los lugares del recorrido. De igual manera será importante en un futuro complementar esta herramienta en un visor que se pueda consultar desde un computador de escritorio ya que por lo general en algunas ocasiones se hace más fácil el acceso a internet desde un computador que no desde un dispositivo móvil. Con el tiempo también el tipo de alertas se pueden enfocar más hacia la agrupación de usuarios en eventos deportivos y para la creación de normas de seguridad entre los biciusuarios, disponiendo la aplicación móvil CicloMap en una solución más acertada sobre el uso de bicicletas como medio de transporte en la ciudad de Bogotá.

Mediante el proceso de diseño de la aplicación se obtuvieron importantes resultados que son indispensables para establecer las características definitivas de la aplicación, tales como ser multiplataforma y nativa. También se definieron los recursos de software que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo de la app, además de establecer una lógica en los procesos que se llevan a cabo internamente.

El modelo de datos es uno de los avances más importantes del proyecto, ya que se plantea la estructura que soportará la aplicación y que es de vital importancia dado que la información generada por su uso es fundamental para la retroalimentación, por lo cual, la posterior conexión a una base de datos que soporte una estructura organizada y actualizada será primordial para priorizar las funcionalidades de CicloMap.

11. Recomendaciones de uso

La aplicación CicloMap puede ser descargada y utilizada desde celulares de poca capacidad de almacenamiento y procesador desde un núcleo con frecuencia de velocidad de 1 GHz, el sistema operativo debe ser Android o iOS y el usuario deberá identificarse y registrarse para poder acceder a la plataforma de la aplicación. En el caso de generar una alerta de seguridad o de información, los datos ingresados deben ser verídicos para mantener la confiabilidad de los demás usuarios además de generar responsabilidad en el uso de la aplicación.

12. Bibliografía

Android Folder. (2013). *Ride the city para Android: Haz turismo en bicicleta con la ayuda de esta aplicación.* Recuperado el 03 de Agosto del 2017 de http://www.androidfolder.com/ride-the-city-para-android-aplicacion-haz-turismo-en-bicileta/

Administración pública del Distrito Federal. (2015). *Acuerdo por el que se expide la estrategia local de la acción climática de la ciudad de México 2014-2020.* Distrito Federal de México

Bogotá cuenta con la red de ciclorutas más grande de Latinoamérica. (2015, 29 de septiembre). *Caracol Radio.* Recuperado el 02 de Agosto del 2017 de http://caracol.com.co/emisora/2015/09/28/bogota/1443470073_478655

Bici Cletero.(2016). Recuperado de http://bicicletero.maps.arcgis.com/apps/Viewer/index.html?appid=79cc66e281dc45bbae0bbd565334410c

Camacho, N. (2017, 5 de mayo). Bien por los usuarios de bici…¡y las normas, maestro? *El tiempo*. Recuperado el 08 de Agosto del 2017 de http://blogs.eltiempo.com/blabladurias/2017/05/04/bien-por-los-usuarios-de-bici-y-las-normas-maestro/

Dekuster, J. (2002). *En bici, hacia ciudades sin malos humos.* Luxemburgo.

Dirección Distrital de Relaciones Internacionales. (2013). *Estrategia de mercadeo de ciudad.* Bogotá, Colombia.

Fundación vida sostenible. (2012). *Bicicleta en Europa*. Recuperado el 06 de Septiembre del 2017 de http://www.vidasostenible.org/informes/bicicleta-en-europa/.

Garrido.J.(1999). *Impactos medioambientales y sociales del transporte.*Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

Herrera, J. (2005). *Propuesta para la implementación de la bicicleta como medio de transporte y recreación en la Universidad Tecnológica de Pereira.* Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira Colombia.

Instituto Distrital de Recreación y Deporte. *La ciclovía Bogotana y su historia*. Recuperado el 20 de Agosto del 2017 de http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/node/1606

Ipsos. (2016). *Encuesta de percepción ciudadana.* Bogotá, Colombia.

Monroy, N. (2016, 28 de Junio). 5 Aplicaciones que le hacen más fácil la vida a los ciclistas. *Cívico*. Recuperado el 15 de Septiembre del 2017 de https://www.civico.com/bogota/noticias/5-apps-que-le-haran-mas-facil-la-ruta-a-los-ciclistas

Organización Panamericana de la salud. (2009). *Manual para implementar y promocionar la ciclovía recreativa.* Recuperado de http://cicloviarecreativa.uniandes.edu.co/

Prada, A. (2013). *El uso de la bicicleta como alternativa en los procesos de revitalización y recuperación de áreas degradadas. Caso de estudio: sector de las universidades en el centro de bogotá. Periodo: 1998-2010.* Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Bogotá, Colombia.

Secretaría de cultura, recreación y deporte (2014). *El libro de la bici.* Recuperado el 03 de Octubre del 2017 de http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/el_libro_de_la_bici_bogota_2014.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2016, 3 de Mayo). *Lecciones de Holanda para Bogotá en infraestructura para bicicleta.* Recuperado el 10 de Septiembre del 2017 https://www.ideca.gov.co/es/node/842

Secretaría Distrital de Planeación. (2013). *Propuesta metodológica para la priorización de la red de ciclorrutas y cicloparqueaderos.* Recuperado el 18 de Septiembre del 2017 de http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/ PortalSDP/OrdenamientoTerritorial/ViasTransporte/DOTS/APROXIMACION_A_LA_DEFINICION_DE_SECCIONES_VIALES.pdf