

Desarrollo de una aplicación móvil para la mejora del sistema de taxis colectivos de Concepción

por

Francisco Javier Geister Altamirano

Patrocinante: Diego Seco Naveiras

Memoria presentada

para la obtención del título de

INGENIERO CIVIL INFORMÁTICO

Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación

de la

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



Concepción, Chile

Diciembre, 2018

Resumen

La tecnología y el uso de aplicaciones móviles están cambiando nuestras vidas en todo ámbito, incluyendo la forma en que nos transportamos. En Concepción, existe un servicio de transporte público con rutas y tarifas fijas, conocidos como taxis colectivos. Este sistema de taxis colectivos tiene una gran tradición, una cuota de mercado estable y consolidada, y cuya principal función es conectar sectores con baja densidad poblacional y de difícil acceso para los microbuses de Concepción. Este sistema de colectivos se ve claramente amenazado por el sistema propuesto por empresas como Uber y Cabify, que pueden acceder a su público objetivo con precios competitivos gracias al uso de la tecnología. Sin embargo, estas empresas presentan problemas legales y éticos aún no resueltos, como el uso de vehículos no inscritos en el Registro Nacional de Servicios de Transporte de Pasajeros y conductores sin licencia profesional, clase A1 para taxis.

Es por esto que se desarrolló una aplicación móvil para el sistema de colectivos de Concepción que permite incorporar algunos beneficios, además de otras utilidades derivadas de las características de los colectivos y sistemas de transporte público, como la reducción de tráfico y por ende la contaminación, para así brindar un servicio más actualizado, más cercano a la gente que utiliza aplicaciones y que les permitirá competir con dichas empresas.

Introducción

En un mundo cada día más conectado, donde la tecnología crece a pasos agigantados y se ha integrado en el diario vivir de las personas, ha cambiado la forma cómo nos relacionamos con nuestro entorno y sociedad. En la actualidad, todo está al alcance de la mano gracias al uso de la tecnología, Internet y el uso de aplicaciones móviles, que cada vez son más utilizadas por las personas que poseen un smartphone. Existen aplicaciones móviles para casi todas las necesidades, desde ordenar comida, jugar videojuegos, comunicarse con amigos y, también, para movilizarnos.

Hoy en día existen nuevos sistemas de transporte, como son los propuestos por las empresas Uber [1] y Cabify [2], que han tenido un gran auge en el mercado, a pesar de tener aspectos legales y éticos no resueltos, como el uso de vehículos no inscritos en el Registro Nacional de Servicios de Transporte de Pasajeros, lo que hace que el uso de estas aplicaciones esté prohibido en Chile por el Artículo 9 de la Ley 19.040 [3], y conductores sin licencia profesional clase A1 para taxis. Aun así, los usuarios optan por estos sistemas ya que les brindan beneficios como: disponibilidad de servicio, evaluación del servicio, facilidad de pago, entre otros. Con la aparición de estas empresas, se ha expandido el uso de aplicaciones móviles en el área de transporte, lo que supone una competencia para todos los sistemas de transporte.

En Concepción, existe un sistema de taxis colectivos con una gran tradición y una cuota de mercado estable y consolidada. Según el plan de transporte público regional [4], operan cerca de 350 colectivos distribuidos en 73 servicios (rutas establecidas) siendo su principal función conectar sectores con baja densidad poblacional y de difícil acceso para los microbuses de Concepción. Pese a que este sistema tiene una cuota de mercado estable y consolidada, una de las principales falencias que tiene es la poca información que se encuentra disponible, lo que supone una desventaja con respecto a otros sistemas de transporte y no les permite llegar a un grupo más grande de usuarios. La poca información disponible consta de una infografía creada por Gesitran Bio bio [5], creada en el año 2015, donde se incluye la información de todos los medios de transporte del Gran Concepción y, por otro lado, el conocimiento de los usuarios asiduos a este medio de transporte público, que en la mayoría de los casos solo involucra las rutas que utilizan comúnmente.

Es teniendo en cuenta esta motivación, que se desarrolló una aplicación móvil para el sistema de colectivos de Concepción que les permitirá brindar un servicio más actualizado y cercano a la gente que utiliza aplicaciones y que les permitirá competir con otras empresas.

Empresas como Uber y Cabify han abierto un nuevo mundo en el rubro del transporte. Incorporando tecnología, han creado una nueva forma de interactuar con los usuarios de taxis, que antiguamente solo se hacía mediante llamado telefónico a centrales de taxis o pidiendo el servicio directamente en la calle. Este acercamiento a usuarios a través de aplicaciones móviles es la principal ventaja y oportunidad que se puede identificar, ya que permite a los usuarios buscar nuevas alternativas en cuanto a medios de transporte. Otra oportunidad identificada tiene relación con los viajes realizados de Uber y Cabify, en su mayoría tienden a ser viajes cortos. Según datos obtenidos de la página de Uber para calcular tarifas [6], un viaje de 4 kilómetros tiene un costo de \$2.500 a \$3.000 pesos, aunque este costo tiene asociado algunos beneficios extras como el servicio de puerta a puerta o la opción de viajar solo, comparado a la tarifa de los colectivos de Concepción que actualmente es de \$600, resulta en un ahorro importante para los usuarios que prefieren y recurren habitualmente a este medio de transporte. Por lo tanto, si se logra utilizar estas ventajas y oportunidades, el acercamiento al transporte público a través de aplicaciones móviles y la posibilidad de ahorrar dinero, para masificar la información relacionada al sistema de taxis colectivos de Concepción, se puede hacer que la cantidad de usuarios aumente viendo los beneficios, no sólo monetarios, sino también ambientales, descongestionando las calles al poder compartir los colectivos y con ello disminuyendo la contaminación.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo de esta memoria de título es diseñar e implementar una aplicación móvil que permita ayudar a mejorar el sistema de colectivos de Concepción.

Es decir, dar una opción de acercamiento con los clientes al entregar una herramienta que les permita obtener información de sus servicios y recorridos, obtener algunos de los beneficios de Uber y Cabify, además de tener una opción de competencia más cercana a estas empresas.

Objetivos específicos

- Estudiar los beneficios de Uber y Cabify aplicables a los colectivos de Concepción.
- Digitalizar las rutas y recorridos de los colectivos de Concepción.
- Desarrollar una aplicación móvil para dispositivos Android.
- Analizar oportunidades de monetizar el sistema desarrollado.

Herramientas y tecnologías utilizadas

En esta sección se mostrarán las herramientas, librerías y APIs necesarias para la realización de este proyecto. Se dará una descripción de cada una de ellas y se explicará para qué se utilizaron en el desarrollo de esta memoria de título.

Entorno de desarrollo integrado

Para el desarrollo de esta aplicación móvil, se tomó en cuenta las características del público objetivo, las cuales son, principalmente, personas de clase media que utilizan el sistema público de transporte, y considerando que el mercado de Smartphone con sistema operativo **Android** [7] es superior al 80% en Chile [8], nos indicaría que la gran mayoría de los usuarios poseen un Smartphone con este sistema operativo. Es por esto que la herramienta escogida fue **Android Studio** [9] por sobre otras, ya que

es el entorno de desarrollo integrado oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android, nos permite crear una aplicación nativa del sistema operativo escogido y ya se tenía experiencia usando esta herramienta.

Base de datos

Para la elección de una base de datos, se decidió utilizar una plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles llamada **Firestore** [10], adquirida por Google en 2014.

Firestore provee dentro de sus características una base de datos **NoSQL** alojada en la nube, llamada **Firestore Realtime Database** [11]. Esta base de datos nos permite almacenar y sincronizar datos entre los usuarios en tiempo real, sin la necesidad de usar servidores, lo que supone una ventaja y facilidad de uso frente a otras bases de datos estudiadas como Kinto o Kuzzle, que para su uso se deben instalar en una máquina local y configurar un servidor.

Una base de datos NoSQL se caracteriza por no requerir estructuras fijas como tablas, lo que hace que sea más flexible en la creación de esquemas, permitiendo un desarrollo más rápido e iterativo. Estas bases de datos están optimizadas para operaciones de lectura y escritura en modelos de datos específicos como clave-valor, documentos, entre otros. En relación a las demás operaciones, las bases de datos NoSQL generalmente no soportan las operaciones JOIN y no aseguran ACID (atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad) como las bases de datos relacionales comunes. Sin embargo, la aplicación desarrollada no contempla operaciones JOIN y no se generan problemas si no se asegura ACID, por lo que estas desventajas no son importantes y se aprovechan todas las ventajas de la base de datos NOSQL.

Una de las características que tiene la aplicación móvil desarrollada, es la visualización de los colectivos que pertenecen a una ruta de interés, buscada por el usuario. Esta visualización nos muestra, en tiempo real, los colectivos disponibles cerca del usuario. Es por esto que se optó por utilizar la plataforma Firestore con su base de datos Firestore Realtime Database, ya que se ajusta a las necesidades de la aplicación móvil.

Librería para datos espaciales

La librería utilizada fue **Geofire** [12]. Esta es una librería de código abierto diseñada como un complemento para Firebase Realtime Database, la base de datos descrita anteriormente. Geofire funciona como complemento en esta base de datos, permitiendo guardar datos de geolocalización bajo su propio formato y hacer consultas de georreferenciación sobre estos datos.

Como se mencionó en la descripción de la base de datos utilizada, una característica de la aplicación es la visualización de los colectivos cercanos a un usuario que busca cómo llegar a un destino en particular. Estos datos, la posición del usuario, el destino, los paraderos y los colectivos que están en tránsito son datos de geolocalización, por lo tanto, se necesita una herramienta que nos permita trabajar con estos tipos de datos.

Otra funcionalidad de la aplicación es la búsqueda de la ruta de colectivos que sirva para llegar a un destino. Esta ruta incluye el trayecto desde la posición del usuario hasta el paradero más cercano de la ruta de colectivo, el trayecto que realizará el colectivo y el trayecto final desde un paradero hasta el destino. Geofire nos permite hacer consultas sobre un área geográfica utilizando objetos **GeoQuery**, lo que nos permitirá buscar los paraderos y crear las rutas. Además mediante los GeoQuery y la sincronización en tiempo real de Realtime Database se pueden generar eventos que permiten avisar en tiempo real si ocurre algún cambio en datos de interés, como la posición del usuario y la de los colectivos.

Sistema de Información Geográfica

Se obtuvo, por medio de un contacto del profesor guía, la información sobre todos los recorridos de los colectivos del Gran Concepción. Estos datos, provenientes de Gesitran Bio Bio, venían como archivos vectoriales **Shapefile** [13], que es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. En este caso guardan la información geográfica de los recorridos de colectivos junto con sus atributos. Para manejar esta

información se utilizó el sistema de información geográfica de código abierto **QGIS** [14].

Utilizando QGIS y los archivos Shapefile se crearon archivos de tipo **GeoJSON** [15], que son una extensión de datos en formato **JSON**, utilizados para representar datos geográficos. Estos archivos GeoJSON contienen los datos de todos los recorridos de cada comuna y son utilizados para mostrar las rutas por comuna en la sección de información de la aplicación.

Librerías, SDKs y APIs de Google

Se utilizaron varias herramientas de Google para desarrollar esta aplicación móvil, las cuales serán detalladas a continuación:

- **SDK de Maps para Android:** esta SDK nos permite trabajar con mapas en la aplicación móvil, permitiendo dibujar marcadores para los puntos de interés, líneas para los recorridos de los colectivos y los trayectos de los usuarios a los puntos de destino. Dentro de sus características está el poder leer datos de tipo **GeoJSON** utilizado para representar datos geográficos.
- **Directions API:** servicio que calcula direcciones entre ubicaciones. Utilizada para definir el trayecto de los usuarios hasta un paradero en la ruta de un colectivo y el trayecto desde un paradero hasta el destino final.
- **Places SDK para Android:** este SDK permite crear aplicaciones que respondan contextualmente al lugar donde se esté utilizando la aplicación. Utilizada para hacer las búsquedas de direcciones más fáciles a los usuarios, ya que nos permite desplegar una lista de autocompletado con la información de la comuna y el número de la dirección donde se quiere llegar.

Sistema desarrollado

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó una metodología iterativa incremental. La cual está guiada por los casos de uso y se compone de varias iteraciones, donde en cada iteración se irán añadiendo nuevas funcionalidades (casos de uso), así como consolidando las ya desarrolladas.

Para esta metodología de trabajo se propone completar las siguientes tareas:

- **Estudio del dominio:** primera etapa de la metodología de trabajo donde se hace una revisión de distintos aspectos, información, soluciones, etc., relacionadas con el desarrollo del proyecto. Esta etapa está compuesta principalmente por:
 - **Revisión bibliográfica:** búsqueda de información sobre temas relacionados al proyecto e interiorizarse sobre las características de empresas como Uber y Cabify, las cuales tienen tópicos de interés que se podrían utilizar para la creación de la aplicación móvil.
 - **Identificación de oportunidades:** identificar los puntos importantes y de interés obtenidos del paso anterior que nos permitan crear soluciones e ideas innovadoras para el desarrollo de la aplicación.
 - **Propuesta de requisitos:** generar una propuesta con los requisitos funcionales y no funcionales esperados, los cuales servirán para la creación de los casos de uso.
- **Elección de herramientas:** definir las herramientas (productos, software, API, etc.) necesarias para la realización de esta memoria de título.
- **Desarrollo:** Como se utiliza una metodología iterativa incremental, esta etapa consiste en el desarrollo de cada iteración. Donde cada iteración es uno o más casos de uso. Está dividida en las siguientes tareas:
 - **Análisis de requisitos:** descripción del comportamiento del sistema a través de la especificación de requerimientos del software y de los casos de uso.
 - **Diseño:** creación de diagrama de clases y definir la interacción de ellas.

- **Implementación y pruebas:** se desarrollará la iteración según lo obtenido en las tareas anteriores y se harán pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.
- **Integración:** Integrar todo lo desarrollado para obtener el producto final de cada iteración realizando las pruebas de integración.

Requisitos no funcionales

Conexión a internet: la aplicación requiere conexión a internet para dos de las tres principales funcionalidades, buscar rutas de colectivo desde la ubicación actual y para la funcionalidad de los colectiveros donde comparten su ubicación y estado.

Ubicación del Smartphone: La aplicación requiere conocer la ubicación del usuario para realizar las funciones de búsqueda de rutas y para compartir la ubicación con otros usuarios.

Sistema operativo: la aplicación móvil se diseñó para funcionar en Smartphone con sistema operativo Android, debido al público objetivo de la misma.

Diagrama de casos de uso

La figura 1 muestra el diagrama de casos de uso elaborado para modelar el comportamiento de la aplicación y la interacción que tienen los dos actores involucrados, el usuario y el colectivero, con ésta.

En el diagrama podemos observar la interacción que tiene el usuario con el sistema, siendo la funcionalidad principal la de buscar una ruta de colectivo que logre acercar al usuario a un punto de destino establecido por el mismo, mostrando los trayectos desde la posición actual del usuario hacia un paradero donde tomar un colectivo, el trayecto que recorre el colectivo según su ruta y el trayecto final, que va desde un paradero cercano al destino, hasta este mismo.

Por parte del otro actor involucrado, que es el colectivero, se puede ver que su interacción con el sistema viene dado principalmente por actualizar la capacidad o

cupos de asientos para los usuarios. Según esta capacidad, será mostrado como un colectivo disponible o no disponible en la aplicación.

El resto de la interacción y comportamiento de la aplicación móvil se muestra a continuación en el diagrama de casos de uso.

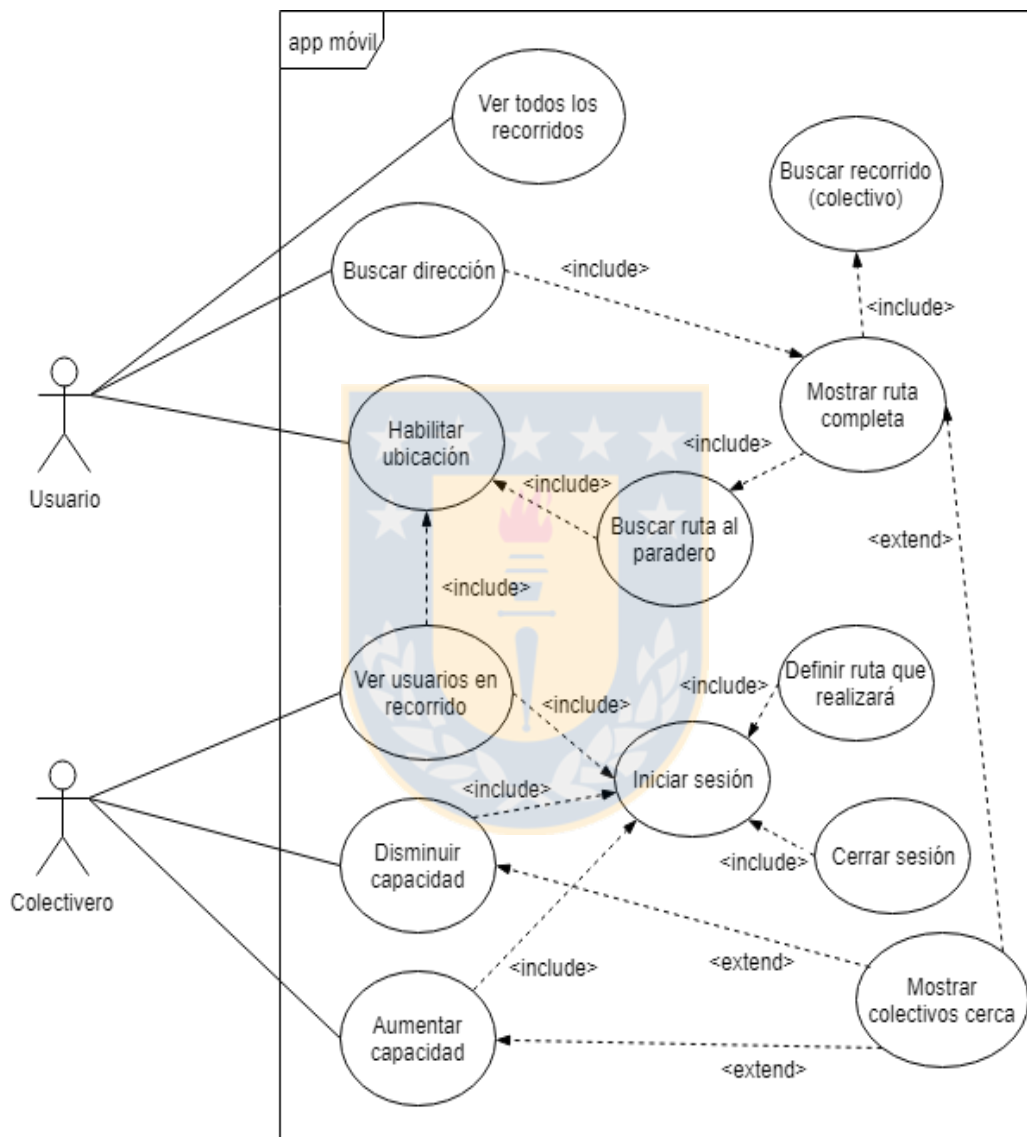


Figura 1: Diagrama de casos de uso.

Descripción de casos de uso

Ver todos los recorridos: el usuario tiene la opción de ingresar a una pantalla de información general, en donde salen todas las rutas de colectivos disponibles por comuna.

Habilitar ubicación: para obtener la ubicación actual del usuario, la aplicación pide permisos al usuario para acceder a la ubicación del dispositivo.

Buscar dirección: caso de uso principal donde el usuario ingresa una dirección y la aplicación busca las dos mejores rutas de colectivos que sirven para acercar al usuario a su destino. Se consideró mostrar dos rutas válidas, debido a que en la mayoría de los casos no existen más rutas posibles (teniendo en cuenta la ubicación del usuario y la del destino) y, de haberlas, estas no son óptimas ya que tienden a tener un recorrido muy largo o la distancia a los paraderos es muy larga.

Buscar recorrido: la aplicación hace la búsqueda de las mejores rutas para el usuario.

Buscar ruta al paradero: se busca la ruta que debe seguir el usuario, desde su ubicación actual, para llegar al paradero de la ruta de colectivo.

Mostrar ruta completa: encontradas las rutas de colectivos que acercan al usuario a su destino y las rutas a los paraderos correspondientes, la aplicación muestra toda la información en pantalla.

Iniciar sesión: el colectivoero inicia sesión en la aplicación para obtener las rutas de colectivo en las cuales trabaja.

Definir ruta que realizará: el colectivoero selecciona la ruta que está realizando para compartir su ubicación y capacidad con otros usuarios.

Cerrar sesión: el colectivoero cierra su sesión para dejar de compartir los datos de ubicación y capacidad.

Ver usuarios en recorrido: la aplicación muestra a los usuarios que están esperando un colectivo de la ruta que se selecciona en el caso de uso "Definir ruta que realizará".

Mostrar colectivos cerca: se muestran todos los colectivos que pertenecen a una cierta ruta con su capacidad.

Disminuir capacidad: el colectivo, al subir un pasajero, disminuye su capacidad de usuarios. Si la capacidad llega a 0 el colectivo se muestra como lleno en la aplicación.

Aumentar capacidad: el colectivo, al bajar un pasajero, aumenta su capacidad de usuarios. Si el colectivo tiene capacidad para más pasajeros se muestra como disponible en la aplicación.

Arquitectura de la aplicación

La arquitectura de software es un conjunto de patrones y abstracciones que definen la estructura de un sistema y nos permite entender de manera gráfica cómo se estructuran, comunican y relacionan las herramientas, software, librerías y otros, entre sí.

Para el desarrollo de esta aplicación móvil se utilizó un patrón de arquitectura de software llamado modelo-vista-controlador (MVC). Este patrón de arquitectura permite separar los datos de la aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control o negocio en tres componentes descritos a continuación:

Modelo: es la representación de la información o datos que maneja el sistema y gestiona los accesos a esta información.

Vista: principalmente es la interfaz de usuario, por lo tanto es la que se encarga de mostrar la información y la forma de interacción con el usuario.

Controlador: componente intermediario entre el modelo y la vista, haciendo peticiones al modelo y dándole a la vista lo que se necesita mostrar. Generalmente recibe las órdenes del usuario.

La figura 2 nos muestra la interacción que tienen los componentes bajo este patrón de arquitectura de software.

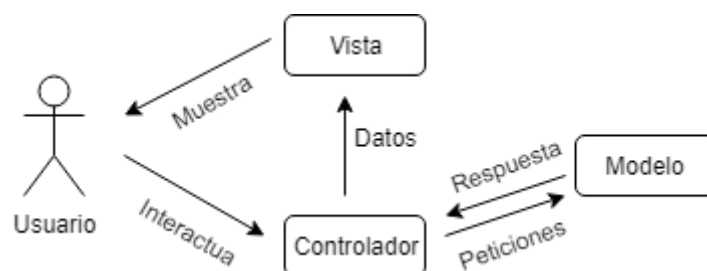


Figura 2: Arquitectura de software MVC.

La figura 3 nos muestra cómo se relacionan las plataformas y herramientas utilizadas para la elaboración de esta memoria de título, bajo la arquitectura MVC antes descrita:

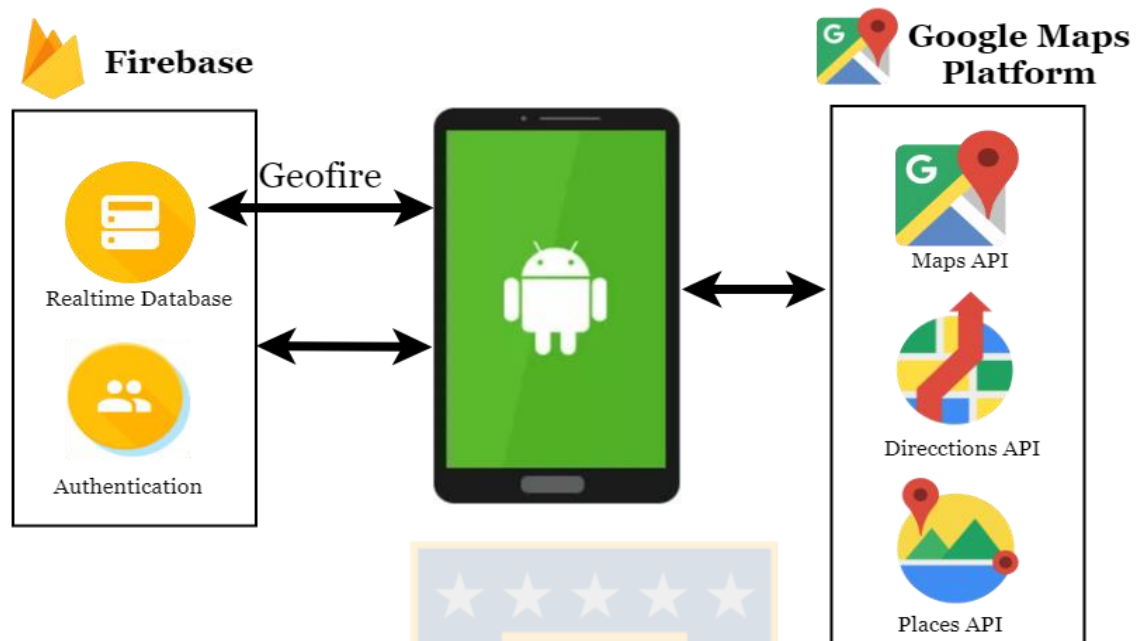


Figura 3: Arquitectura de la aplicación móvil.

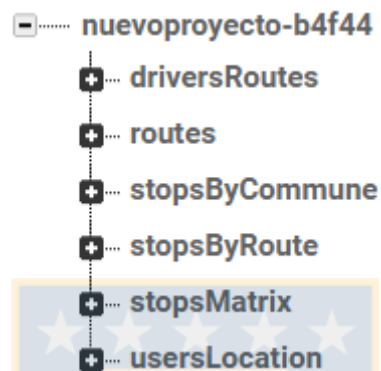
Como se puede apreciar, la aplicación se relaciona con dos plataformas principalmente. Esta aplicación cumple la función de controlador en el MVC, ya que es la que hace de intermediario entre las dos plataformas. La primera es Firebase, que cumple la función del modelo en la arquitectura, en la cual se ocupan dos funcionalidades: *Authentication*, para hacer el proceso de autenticación de los usuarios y tener un id para cada uno, con el cual pueden compartir los datos de ubicación; y *Realtime Database* que nos permite tener una base de datos en tiempo real donde leer y escribir datos. Esta segunda función también se utiliza con Geofire, que funciona como un complemento en esta base de datos permitiendo guardar datos de geolocalización y hacer consultas de georeferenciación sobre estos datos.

La segunda plataforma utilizada es Google Maps Platform, teniendo la función de la vista en el patrón de arquitectura, donde se utilizan tres de sus APIs para dibujar sobre el mapa de la aplicación todos los trayectos necesarios para mostrar un recorrido válido al usuario hacia su destino. Todos estos trayectos se hacen según los datos obtenidos de la primera plataforma.

Modelo de datos

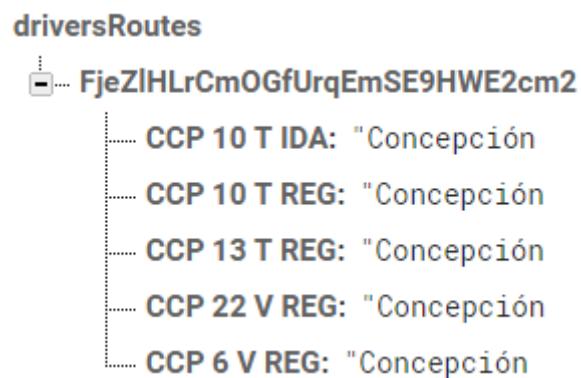
Como ya se ha explicado anteriormente en este documento, se utilizó Firebase Realtime Database. Esta es una base de datos NoSQL que almacena los datos en formato JSON.

En este apartado se mostrará cómo se organizó la base de datos y se explicará en qué consiste cada uno de los seis nodos principales que se muestran a continuación:



driversRoutes

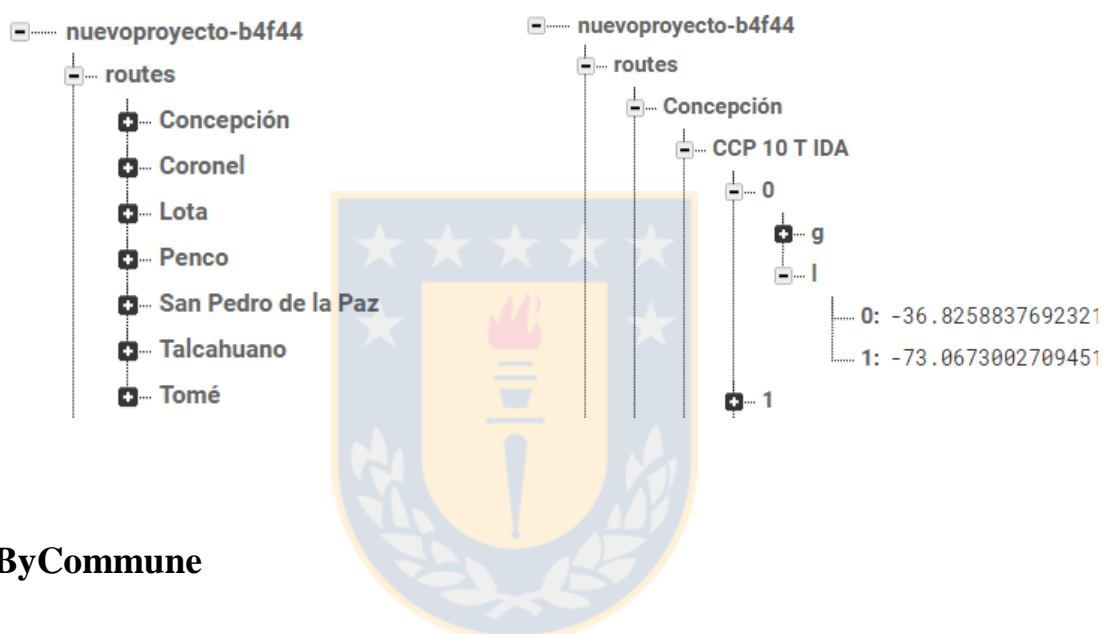
Se guardan los datos de las rutas en las cuales puede trabajar un colectivo. Los colectiveros son identificados con un id y dentro de cada uno están los nombres de las rutas con sus respectivas comunas. Esta información se despliega en la función del colectivo en la aplicación móvil, donde selecciona la ruta actual en la que está haciendo su recorrido para compartir su ubicación con otros usuarios.



routes

En este nodo se almacenan las coordenadas geográficas de cada punto que conforman las rutas de los colectivos. Está dividido por comunas, donde cada comuna contiene todas las rutas que le corresponden y cada ruta tiene todos los puntos geográficos que la componen.

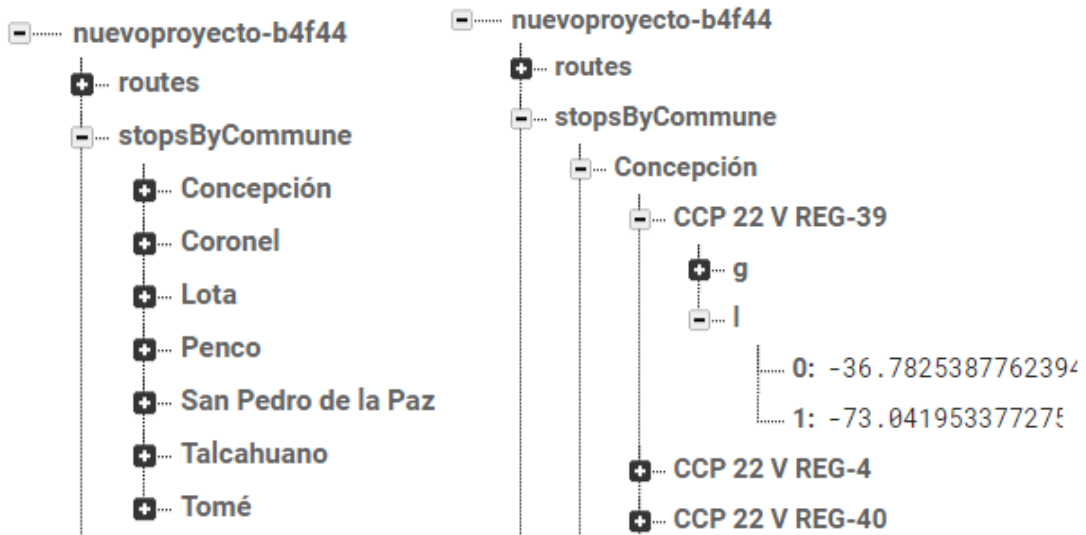
Es utilizado para obtener los puntos de la ruta y dibujarla en la aplicación una vez que se realiza una consulta.



stopsByCommune

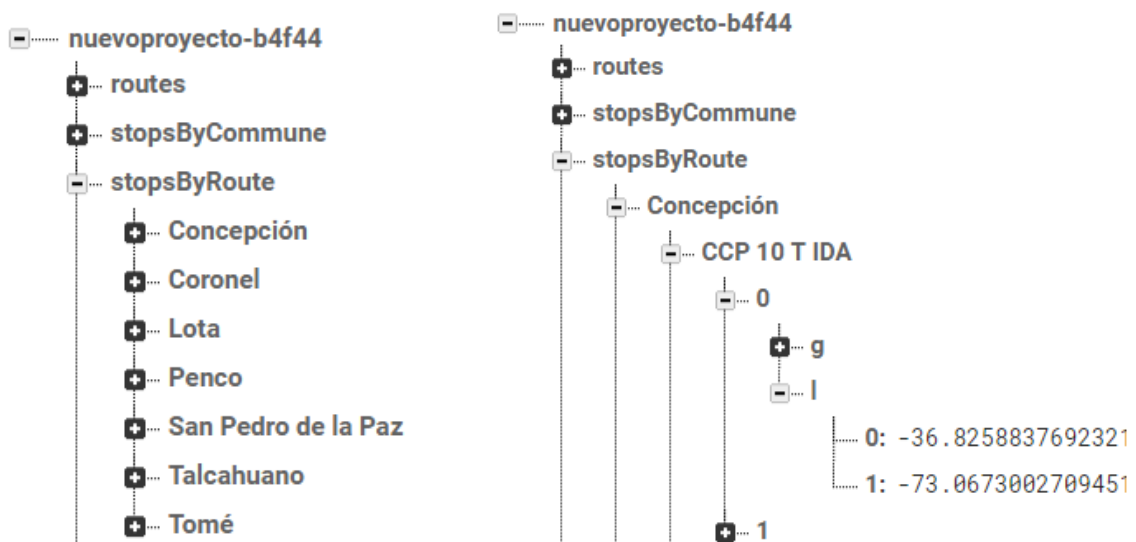
Se almacenan todas las coordenadas geográficas de los paraderos divididos por comuna. Estos paraderos tienen como clave el nombre de la ruta a la cual pertenecen, seguido por el número del paradero, lo que nos permite verificar que la dirección de la ruta que se está consultando es válida para la posición del usuario. La validación de la dirección de la ruta viene dada debido a que la aplicación nos podría entregar una ruta que pase efectivamente cerca del punto de destino y de la ubicación actual del usuario, pero el sentido de la ruta va desde el destino a la ubicación del usuario, lo que nos entregaría una ruta no válida. Por lo tanto, una ruta válida está dada cuando el número del paradero cercano al usuario es menor al número del paradero cercano al destino.

Tener todos los paraderos agrupados por comuna nos permite hacer una búsqueda de todos los paraderos cercanos al punto de destino del usuario y con esto tener todas las rutas posibles que pasen por dicho destino.



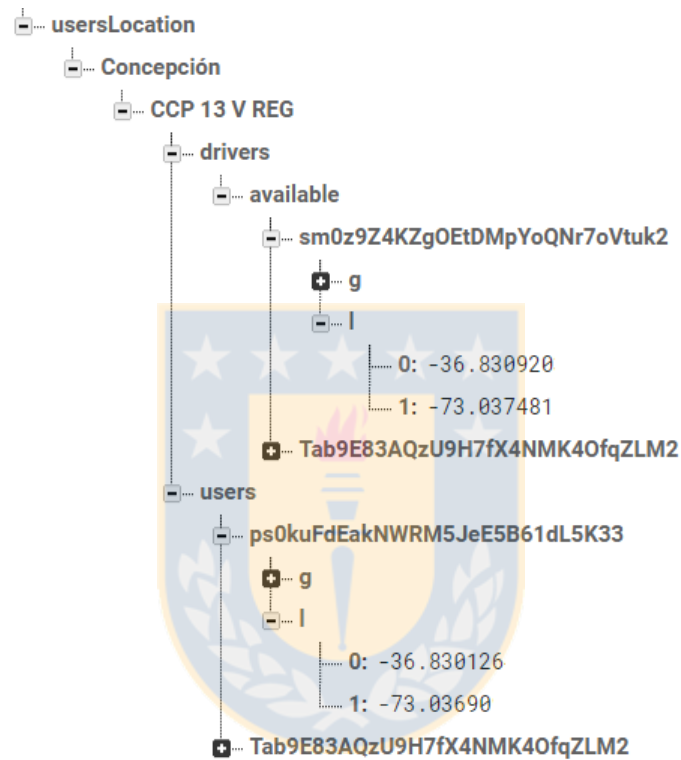
stopsByRoute

Este nodo es similar al nodo descrito anteriormente, de hecho tiene los mismos datos geográficos de los paraderos, pero, esta vez, además de estar separados por comuna, están agrupados en sus respectivas rutas. Esto hace que tengamos datos duplicados, pero debido a que se está trabajando con una base de datos NoSQL, es una situación que normalmente ocurre. Esta duplicidad de datos fue necesaria hacerla para realizar una búsqueda más rápida de los paraderos cercanos a la ubicación actual del usuario, ya que una vez obtenidas todas las rutas posibles se debe buscar si existen paraderos cercanos a la ubicación del usuario para cada ruta, por lo que buscar directamente los paraderos en cada ruta es más rápido que buscar en todos los paraderos de una comuna.



usersLocation

En este nodo se guardan y actualizan todas las ubicaciones de los usuarios y colectivos que están utilizando la aplicación. Las ubicaciones están agrupadas por comuna y por ruta. Dentro de cada ruta se tiene dos nodos, uno para los colectivos y otro para los usuarios.



Experimentos y resultados

En esta sección se mostrarán los experimentos que se llevaron a cabo, con sus respectivos resultados, así como el rendimiento de la aplicación durante dichos experimentos. Las pruebas y rendimiento de la aplicación fueron probadas en un Smartphone LG G6 que cuenta con 4GB de memoria RAM y sistema operativo Android 7.0 Nougat.

Tiempos de respuesta

La principal función de la aplicación móvil es la búsqueda de rutas de colectivos válidas para la ubicación del usuario y un punto de destino, siendo esta también la función que más tiempo y recursos toma en ejecutarse, por lo tanto, se procedió a tomar los tiempos de respuesta a distintas búsquedas de rutas válidas en la comuna de Concepción y Hualpén que es donde más rutas de colectivos se encuentran y, por lo tanto, donde esta operación demora más en ejecutarse. También hay que tener en cuenta que el tiempo de respuesta está condicionada a la conexión a internet del dispositivo y las pruebas desarrolladas fueron hechas con una conexión a internet móvil 4g. Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

Número de prueba	Tiempo de respuesta en segundos
1	6.66
2	5.4
3	5.36
4	6.37
5	5.87
6	6.4
7	6.12
8	5.16
9	4.8
10	5.51

De la tabla anterior podemos obtener que el tiempo promedio de respuesta de la aplicación móvil es de 5.76 segundos, resultado que esta sobre una media estimada de 1 a 5 segundos de espera, según un estudio propio realizado a 10 personas. Sin embargo este tiempo de respuesta de la aplicación puede ser mejorado, en un trabajo futuro, ejecutando la función de búsqueda de rutas como código back-end en un

servidor, lo que mejoraría este tiempo, dejándolo dentro del rango esperado por los usuarios.

Rendimiento

Para probar el rendimiento y el consumo de recursos de la aplicación móvil desarrollada se monitoreó el uso de memoria RAM del Smartphone utilizando la función *Android profiler* de Android Studio y se hizo un recorrido completo por la aplicación móvil. Los resultados en las distintas funcionalidades son mostradas a continuación:

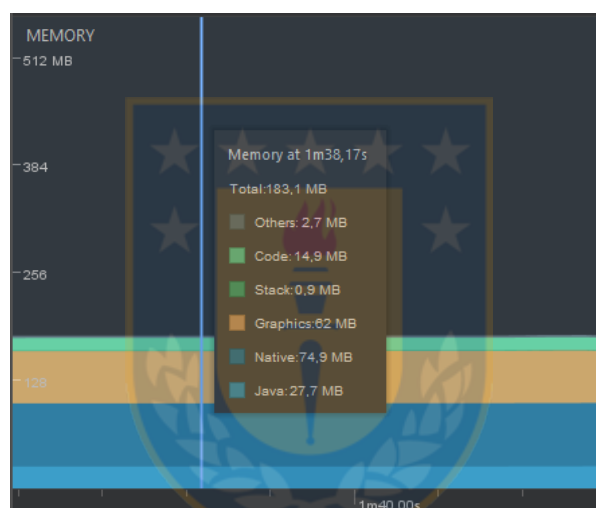


Gráfico 1: Aplicación en reposo

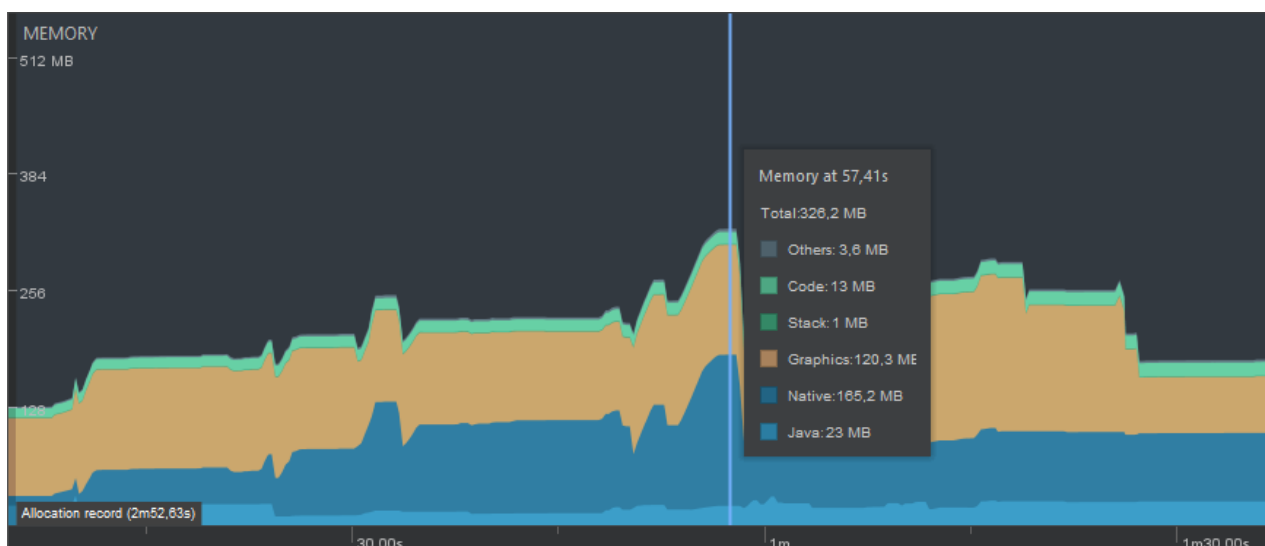


Gráfico 2: Pick al consultar rutas

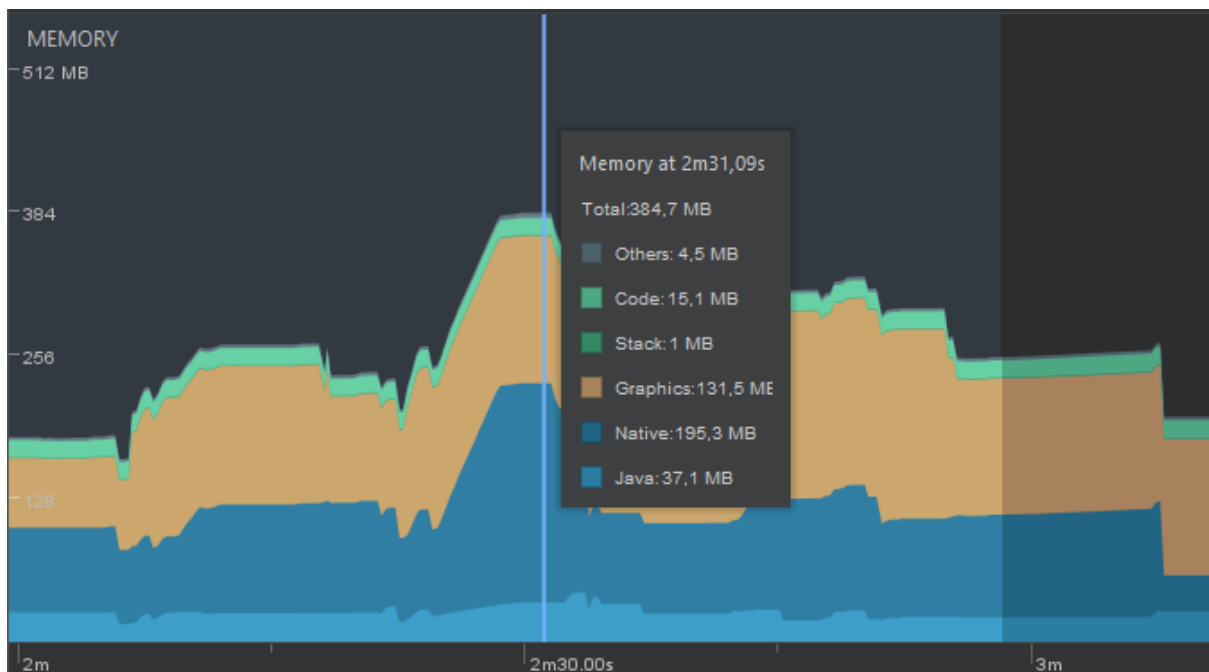


Gráfico 3: Pick al cargar mapa con capa GeoJSON.

De los gráficos presentados se puede observar que la aplicación móvil tiene un consumo promedio de 183 MB en estado de reposo, es decir cuando ya cargó el mapa y los objetos pertenecientes a este. Sin embargo el mayor consumo está dado cuando se cargan los mapas para visualizarlos. El gráfico 2 muestra el pick de consumo al cargar el mapa inicial y al hacer una consulta de rutas de colectivos, consumiendo 326.2 MB en este proceso, el cual dura alrededor de 1 minuto y 30 segundos. El gráfico 3 muestra un consumo de 384.7 MB al cargar el mapa con todas las rutas disponibles de una comuna de Concepción en la funcionalidad de información general de la aplicación móvil, tomando un tiempo de 1 minuto aproximadamente en realizar este proceso.

Entrevista

Se realizó una entrevista con una línea de taxis colectivos, en particular la línea 10 ubicada en Pedro León Gallo 1338, Concepción, con la finalidad de obtener información de cuáles son las necesidades de este sistema de transporte, que ideas podían proponer y para mostrar la aplicación desarrollada y obtener sus apreciaciones.

En primera instancia se conversó con un inspector de la línea 10, preguntándole si tenían algún medio en el cual ellos compartieran la información de sus recorridos,

horarios, tarifas, etc. dando como respuesta que ellos no tenían ningún medio de divulgación de información concreta para los usuarios, sino que se valen de la información que se divulga boca a boca entre los mismo usuarios. Esto hace que este sistema de transporte no sea de fácil acceso, ya que de cierta forma, si un nuevo usuario pretende utilizar los colectivos, se encuentra con una barrera al no poder acceder a información fácilmente sobre ellos, lo que posiblemente haga desistir de incorporarse a este sistema de transporte. Con esto mismo se puede concluir que la cuota de usuarios está de alguna forma limitada, al no permitir el fácil ingreso de nuevos usuarios.

Por otra parte, se mostró la aplicación móvil desarrollada a conductores de colectivos para obtener su apreciación y una retroalimentación sobre la propuesta de ayuda que se ofrece. La aplicación móvil tuvo un impacto positivo entre los conductores de colectivos, quienes no se habían puesto a pensar en los beneficios que una aplicación móvil puede traer a sus trabajos. Para los conductores, la aplicación móvil no solo representa una ayuda en entregar información a los usuarios, lo que permitiría que su cuota de clientes aumente y por lo tanto sus ingresos, sino que también trae ciertas utilidades para hacer más fácil su trabajo, tales como el poder ver otros colectivos en ruta y su disponibilidad, además de ver a los usuarios que están esperando un colectivo en cierto lugar, que según explicaron los conductores, les sería de gran ayuda en horarios pick y de gran congestión vehicular, donde es más difícil estar atento completamente a los usuarios que están esperando y esta funcionalidad evitaría la pérdida de usuarios. La única función que tuvo comentarios negativos, fue la forma de contabilizar la capacidad de pasajeros, en donde cada vez que se sube o baja un usuario, hay que presionar un botón para actualizar la capacidad. Esto representa una molestia menor, pero viendo la utilidad que esto tiene, como contabilizar los pasajeros o saber la disponibilidad de un colectivo, puede ser aceptada fácilmente.

En conclusión, la aplicación desarrollada fue bien recibida y cumple con varios aspectos importantes para la ayuda de este sistema de taxis colectivos de la ciudad de Concepción.

Conclusión

Los colectivos están presentes en la mayoría de las ciudades de Chile. En Concepción existe un sistema de colectivos con una cuota de mercado estable y consolidada. Sin embargo, la información asociada a este sistema no se encuentra fácilmente y con la aparición de nuevas empresas en el rubro del transporte como Uber y Cabify, los colectiveros ven mermada su cuota de clientes frente a los otros medios de transporte. Es por esto que se desarrolló una aplicación móvil para Smartphone con sistema operativo Android, con la finalidad de ayudar a mejorar el sistema de taxis colectivos de la ciudad de Concepción, ofreciendo una aplicación que entrega una mayor información sobre las rutas de este sistema de transporte público y que mediante la tecnología, se le da una opción de mejorar la experiencia de usuario y lograr un acercamiento de estos usuarios, al sistema de taxis colectivos de Concepción.

Para el desarrollo de esta aplicación se definió una arquitectura de software basada en modelo-vista-controlador (MVC), donde el controlador es la aplicación móvil, la vista es proporcionada por la plataforma Google Maps y el modelo fue implementado con la plataforma Firebase.

Google Maps Platform nos proporciona todo lo necesario para trabajar con datos espaciales. En lo que respecta a la aplicación móvil desarrollada, tiene relación con la visualización de las rutas de los colectivos y la búsqueda de los trayectos a los paraderos de estas rutas.

Firebase, por su parte, nos ofrece todo lo relacionado con el almacenamiento de los datos, así como la ubicación de los colectivos que están en tránsito y la actualización de esta ubicación en tiempo real para los usuarios de la aplicación, mediante la librería Geofire.

En conclusión, se utilizaron diversas plataformas y herramientas que en su conjunto proporcionan una arquitectura consistente con lo que se necesitaba para el desarrollo de una aplicación móvil, con la finalidad de entregar información a usuarios asiduos y posibles nuevos usuarios, de un transporte público que no tiene medios concretos de divulgación de información, haciendo que este sistema de taxis colectivos se modernice, pueda ser más conocido y por lo tanto más utilizado.

Trabajo futuro

Con la realización de esta memoria de título se abren numerosas posibilidades de nuevas características, opciones, optimizaciones, ideas, etc. relacionado con el transporte público. Algunas de estas ideas para trabajo a futuro podrían ser:

Utilizar *Business intelligence*: con la cantidad de datos obtenidos mediante la aplicación como colectivos en tránsito, usuarios esperando colectivos, las ubicaciones, etc. se pueden utilizar estos datos recolectados para generar informes, estadísticas y más.

Cola de prioridades para usuarios: se podría tener una cola de prioridad para los usuarios que llevan más tiempo esperando, para así dar una mejor calidad de servicio y ser más equitativos con las oportunidades.

Mejorar la aplicación: se pueden mejorar aspectos gráficos y visuales de la aplicación móvil, además de agregar nuevas funcionalidades como configurar las distancias que está dispuesto el usuario a caminar hacia los paraderos, también la posibilidad de crear una versión compatible con el sistema operativo IOS, entre otras.

Oportunidad de monetizar la aplicación: se pueden analizar las oportunidades de monetizar el sistema desarrollado, presentando el proyecto a instituciones como el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, donde viendo los potenciales beneficios que tiene la utilización de esta aplicación, como el fomentar el uso del transporte público generando descongestionamiento y a su vez una disminución en la contaminación ambiental, podrían destinar ciertos recursos para su implementación. Otra alternativa podría ser dirigirse directamente a los responsables de las líneas de colectivos, proponiéndoles una nueva forma de acercarse a los usuarios del transporte público y con ello aumentar la cantidad de los mismos y sus ganancias.

Bibliografía y referencias

- [1] Sitio Web: <https://www.uber.com/es-CL> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [2] Sitio Web: <https://cabify.com/es> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [3] Recurso Web: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30407> Accedido por última vez el 7 de noviembre de 2018.
- [4] Recurso Web: <http://www.dtp.r.gob.cl/pdf/MenuSuperior/Planes/PlanBiobio.pdf> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [5] Sitio Web: <http://www.gesitranbiobio.cl> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [6] Sitio Web: <https://www.uber.com/es-CL/fare-estimate/> Accedido por última vez el 16 de noviembre de 2018.
- [7] Sitio Web: <https://www.android.com> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [8] Sitio Web: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/chile> Accedido por última vez el 26 de noviembre de 2018.
- [9] Sitio Web: <https://developer.android.com/studio> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [10] Sitio Web: <https://firebase.google.com> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [11] Sitio Web: <https://firebase.google.com/products/database> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [12] Sitio Web: <https://github.com/firebase/geofire-java> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [13] Información obtenido del artículo: <https://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [14] Sitio Web: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.
- [15] Información obtenido del artículo: <https://es.wikipedia.org/wiki/GeoJSON> Accedido por última vez el 12 de octubre de 2018.

Anexo

Manual de usuario

En el presente manual se describirán las dos funcionalidades de la aplicación móvil que corresponden al uso del usuario, así como la funcionalidad que corresponde a los choferes de colectivo.

Buscar ruta

La primera funcionalidad para el usuario es la de hacer una búsqueda personalizada de rutas de colectivos, es decir, la búsqueda de una ruta de colectivos que pase cerca de la ubicación del usuario y cerca del punto de destino que el usuario elige. Si es la primera vez que ingresa a la aplicación, esta le pedirá los permisos correspondientes para acceder a la ubicación del dispositivo como se puede apreciar en la imagen 1.

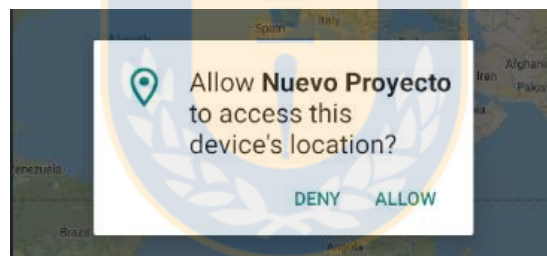


Imagen 1: Permisos de acceso a ubicación.

La imagen 2 nos muestra la primera vista que tiene el usuario de la aplicación, en donde se pueden ver la barra de búsqueda, los botones para acceder a las funcionalidades y el mapa con la ubicación actual del usuario.



Imagen 2: Vista inicial de la aplicación móvil.

La barra de búsqueda posee un autocompletado con sugerencias de calles y lugares para facilitar la búsqueda del usuario.

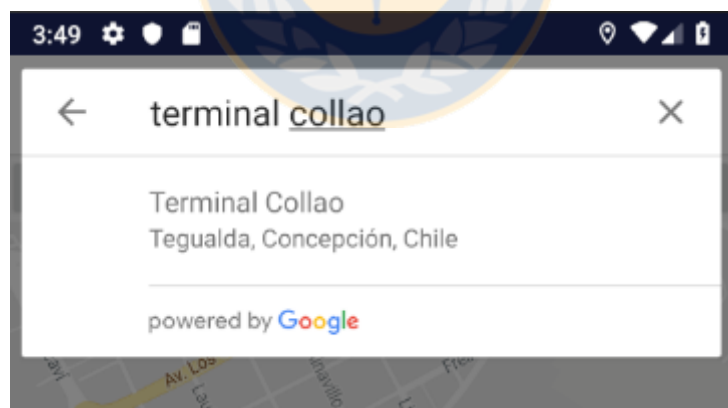


Imagen 3: Barra de búsqueda con autocompletado.

Al presionar el botón de **BUSCAR RUTA** la aplicación hace la búsqueda de las dos mejores rutas de colectivo que pasen cerca de la ubicación del usuario y la ubicación del destino ingresada por el usuario, mostrándose toda la información de cada ruta en el mapa de la aplicación, como se puede apreciar en las imágenes 4 y 5.

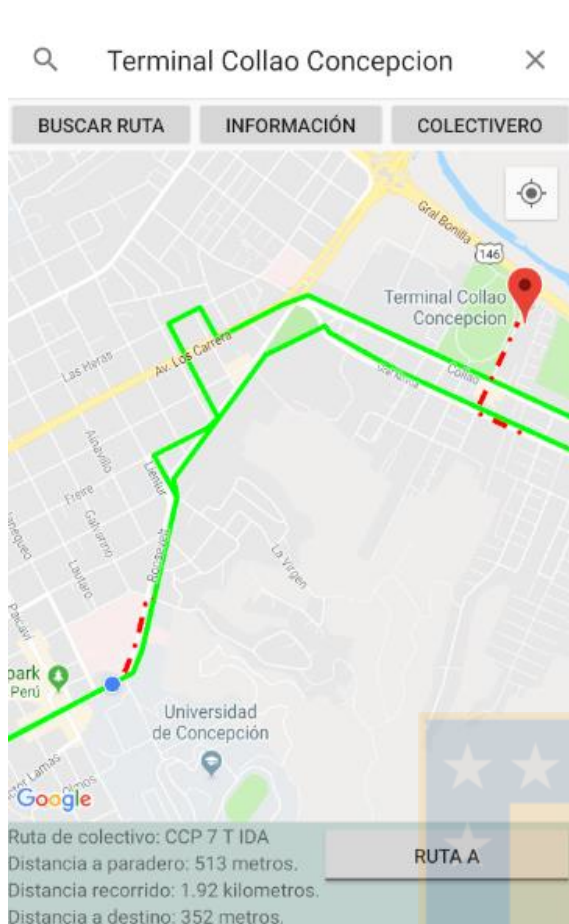


Imagen 4: Información ruta A.

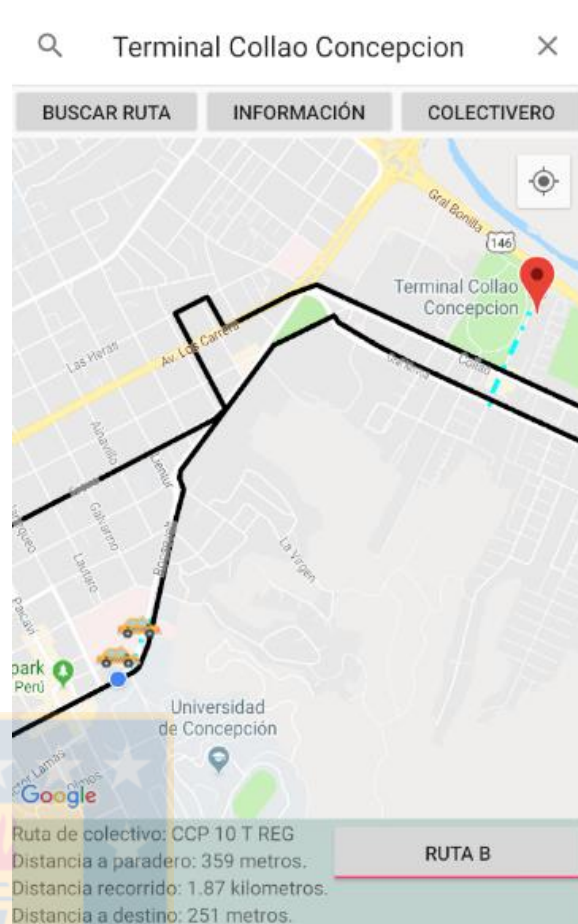


Imagen 5: Información ruta B.

Detalles de la información mostrada

Una vez realizada la búsqueda de las rutas de colectivos válidas, la aplicación nos muestra en pantalla la ruta que hace el colectivo, un recorrido sugerido para llegar al paradero más cercano, otro recorrido sugerido para llegar desde un paradero cercano al destino a este mismo y los colectivos que están pasando cerca del paradero en la ruta de interés.

Las imágenes 6 y 7 nos muestran la ruta de colectivo con una línea sólida de color negro y el recorrido sugerido para llegar a un paradero cercano con una línea punteada en color azul. Además en la imagen 6 se puede apreciar el icono de un colectivo cercano al paradero, que en este caso está sin disponibilidad para tomar pasajeros, mientras que en la imagen 7 se puede ver cómo se representan los colectivos cercanos que sí tienen disponibilidad.

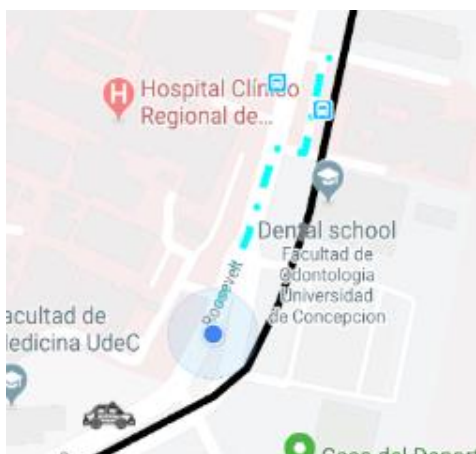


Imagen 6: Colectivo sin disponibilidad.



Imagen 7: Colectivos con disponibilidad.

La imagen 8 muestra el recorrido sugerido, con una línea punteada azul, desde un paradero cercano al destino hasta este mismo indicado con el marcador en el mapa.

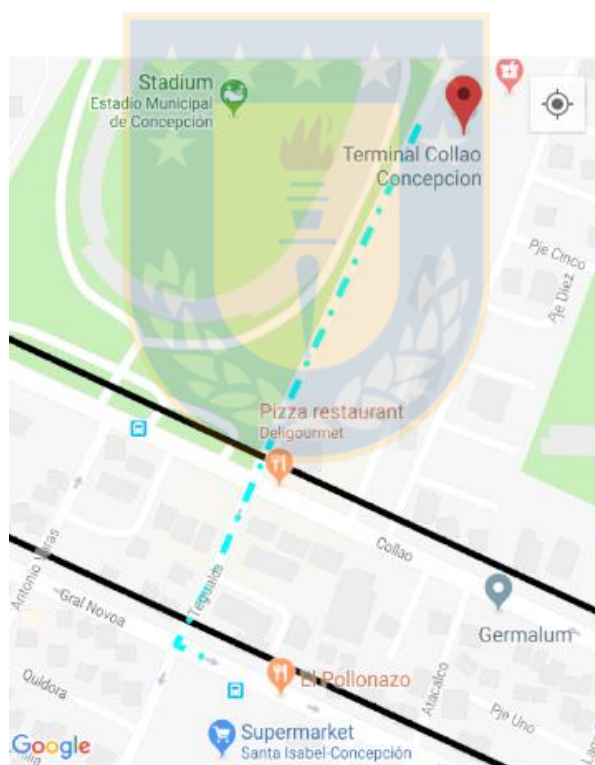


Imagen 8: Recorrido hacia destino.

En la parte inferior de la pantalla se localiza la información de los recorridos, donde se puede apreciar el nombre de la ruta de colectivo, la distancia hacia el paradero cercano al usuario, la distancia que va a recorrer el colectivo hasta llegar al paradero más cercano al destino, la distancia del paradero más cercano al destino hasta este mismo y un botón para cambiar la información entre las rutas válidas.

Ruta de colectivo: CCP 7 T IDA Distancia a paradero: 513 metros. Distancia recorrido: 1.92 kilometros. Distancia a destino: 275 metros.	RUTA A	Ruta de colectivo: CCP 10 T REG Distancia a paradero: 359 metros. Distancia recorrido: 1.87 kilometros. Distancia a destino: 174 metros.	RUTA B
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

Imagen 9: Información ruta A.

Imagen 10: Información ruta B.

Información general

En la funcionalidad de **INFORMACION** se puede acceder a la información de todas las rutas de colectivos de alguna de las comunas de Concepción. Como se puede apreciar de las imágenes 11 y 12 se ven pintadas en el mapa todas las rutas de colectivos de las comunas de Talcahuano y Coronel. Estas comunas pueden ser cambiadas seleccionándolas desde la lista situada sobre el mapa como muestra la imagen 13.



Imagen 11: Comuna de Talcahuano.



Imagen 12: Comuna de Coronel.

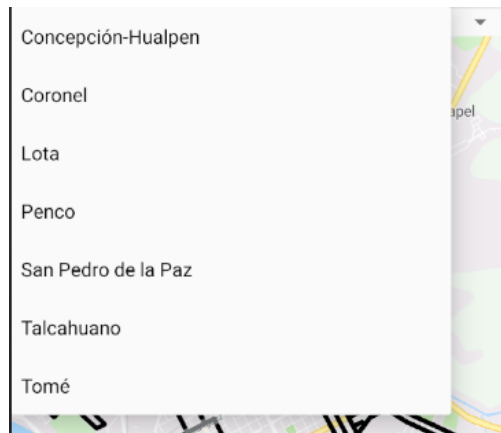


Imagen 13: Lista de comunas.

Esta funcionalidad cuenta con un buscador de dirección con autocompletado, el cual dirige el mapa hacia la dirección buscada para hacer más fácil la búsqueda de rutas que pasen por un punto de interés.



Imagen 14: búsqueda de dirección.

Al hacer una búsqueda de una dirección o lugar, este será mostrado con un marcador en el mapa en donde se pueden seleccionar las rutas que pasan cerca y cuya información será mostrada en un recuadro debajo del mapa como nos muestra la imagen 15.

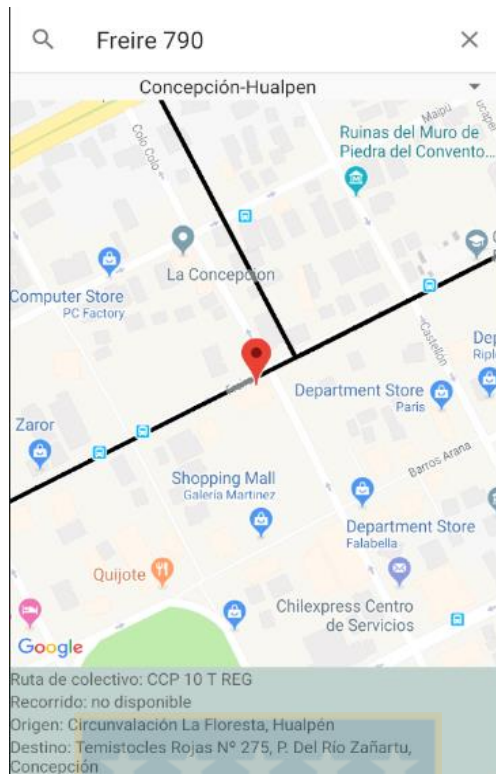


Imagen 15: Información sobre rutas.

Colectiveros

En esta sección se explicará la funcionalidad creada para los conductores de colectivos que utilizan la aplicación.

Para ingresar a esta funcionalidad el conductor debe tener una cuenta registrada previamente, en la cual se almacenan las rutas que el conductor actualmente presta servicios.

Imagen 16: Login conductor de colectivo.

El conductor de colectivo tiene la función de actualizar su disponibilidad de cupos. Cada vez que se suba un pasajero, el conductor debe incrementar el contador de pasajeros presionando el botón **MAS** y cuando un pasajero descienda, presiona el botón **MENOS**. Este contador de pasajeros cambia el icono mostrado en la aplicación para los usuarios y conductores, pasando del icono disponible al icono lleno si la cantidad de pasajeros es el máximo (4).



Imagen 17: Disponibilidad del colectivo.

Para cambiar la ruta que está haciendo actualmente el conductor de colectivo, tiene una lista con sus recorridos inscritos. La ruta seleccionada por el conductor será en donde se comparte la información de su ubicación con los usuarios y otros colectiveros que estén trabajando en la misma ruta.



Imagen 18: Lista de recorridos.

Finalmente en el mapa disponible para el conductor de colectivo se muestran la ruta que está haciendo y seleccionó de su lista de rutas en negro, también se muestran los usuarios que están esperando un colectivo de su ruta actual, así como otros choferes de la misma ruta con su respectiva disponibilidad.

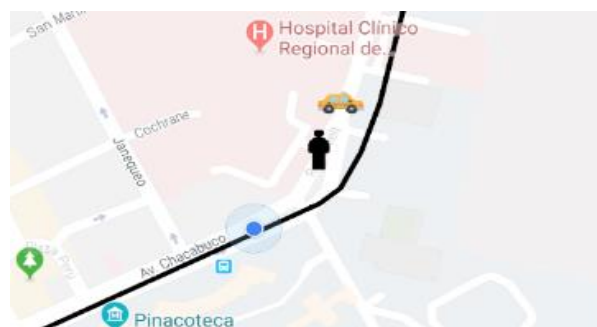


Imagen 19: Mapa del colectivero.