

MÉTODO DE LA INGENIERÍA

FASE 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

- **Contexto problemático**

El Masivo Integrado de Occidente (MIO) es el sistema integrado de transporte masivo (SITM) de la ciudad de Santiago de Cali. Este sistema es el encargado de integrar las vías y sectores de Cali mediante buses articulados, padrones y complementarios. A partir del 1 de marzo de 2009 empezó su funcionamiento [1].

Para el manejo en las rutas, el sistema hace uso de una plataforma conocida como IVU.Suite, la cual ofrece el soporte adecuado para todos los campos de actividad en una empresa de transporte. De manera general, IVU.Suite ayuda en la planeación, despacho y gestión de flotas [2].

En la actualidad, el sistema llega a más del 95% de los lugares de la ciudad, se espera que con la implementación de nuevas rutas, el aumento de buses y que toda la infraestructura que se tenía planeada concluya para lograr el 100% de cobertura [3]. A pesar de cubrir el 95% de la ciudad, los usuarios consideran que el sistema ofrece un servicio precario, y los índices de eficiencia operativa en la gestión de movilidad no es el adecuado. Debido a esto, se puede evidenciar que, el problema principal que enfrenta el MIO es el de la frecuencia de los buses, seguido de la falta de rutas y paradas.

- **Identificación de necesidades**

- Manejar información acerca de la ubicación del bus.
- Visualizar las rutas de un terminado bus.
- Se requiere conocer la información a la que se desea acceder.
- Plantear alguna solución con base a los kilómetros vacíos.
- Simular nuevas rutas para aumentar la cobertura.

- **Identificación del problema**

El SITM MIO muestra un problema de logística en la acomodación de buses, y para los usuarios, esto se ve reflejado en la poca frecuencia con la que pasan los integrados; además, cuenta con precarios planes de desvíos para las obras, obligando a los usuarios a participar del caos vehicular en la ciudad.

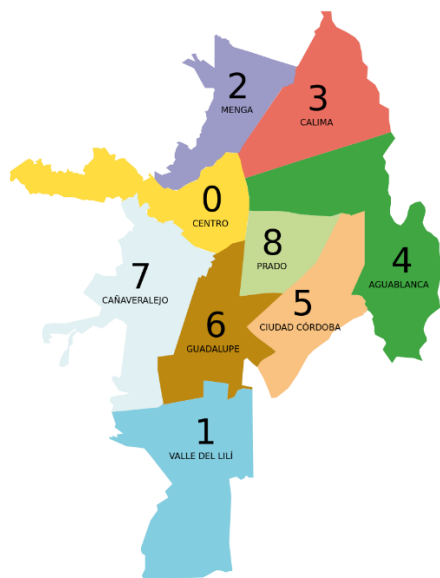
FASE 2: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para poder buscar solución al problema, primero se debe entrar en materia con el tema pedido y algunos conceptos necesarios para dar solución a él. Por lo tanto, se recopiló la siguiente información con el fin de aclarar todas las dudas propuestas por el grupo de trabajo respecto al caso problemático:

- **CORREDOR TRONCAL:** Son vías dentro del perímetro urbano que cuentan con una demanda mayor a los sesenta mil (60.000) pasajeros por día. Estos corredores son reconstruidos en su totalidad para ser utilizados en sus carriles centrales, y acondicionados para la circulación exclusiva de los buses articulados del SITM MIO. Corresponden a las principales avenidas de la ciudad. Cada 500 metros se encuentran ubicadas las estaciones de parada [4].
- **CORREDOR PRETRONCAL Y ALIMENTADOR:** Son vías que convergen a los corredores troncales, y donde el carril del bus no requiere separación física del resto de la vía. Estos corredores cuentan con paraderos a lo largo de su trayecto, distantes 300 metros en promedio [4].
- **PUNTOS DE PARADA:** Son lugares posicionados a lo largo de los Corredores Pretroncales y Alimentadores cada 300 metros promedio. Están destinados a la detención segura de los vehículos del SITM MIO, garantizando el abordaje y descenso de los pasajeros. Se ubican en las áreas de espacio público constitutivas del andén (20 cm. de altura desde el nivel de la vía). Estos puntos de parada son adecuados y equipados con mobiliario urbano (señales informativas, bancas de concreto, bolardos, cobertizos, entre otros) que permiten la espera cómoda del servicio de transporte público [4].
- **ESTACIONES DE PARADA:** Las estaciones de parada son los lugares de detención de los vehículos del SITM MIO. Están ubicadas en el separador central de los corredores troncales, con una distancia promedio de 500 metros entre cada una. La principal característica es que poseen una plataforma a nivel con el piso interno de los buses articulados (90 cm. de altura desde el nivel de la vía) para permitir el rápido embarque de los pasajeros por el lado izquierdo de los buses [4].
- **IVU.SUITE:**
Los sistemas IVU planifican rutas, ponen en funcionamiento los autobuses, informan a los pasajeros, garantizan las conexiones, controlan las señales de tráfico, despachan conductores, monitorean las flotas, venden boletos, recopilan datos y garantizan la eficiencia. Ya sea que se implementen soluciones completas o componentes individuales, nuestros productos se

basan en estándares abiertos y pueden integrarse en los entornos de sistemas más variados [2].

- **ZONIFICACIÓN:** Para una mejor eficiencia en la división de las rutas del sistema, la empresa Metrocali desarrolló un modelo de zonificación de la ciudad siguiendo el ejemplo del sistema TransMilenio. Actualmente cuentan con 96 rutas. [1]



Zona	Nombre	Comunas
0	Centro	1, 3 y 9
1	Universidades	17, 18 y 22
2	Menga	2
3	Paso del Comercio	4, 5 y 6
4	Andrés Sanín	7, 8, 14 y 21
5	Nuevo Latir	13, 15 y 16
7	Cañaveralaje	10, 17, 18, 19 y 20
8	Calipso	11 y 12

Gráfica 1. Modelo de zonificación utilizado por Metrocali.

Estado del arte

- **App MIO:** Por medio de este aplicativo, los usuarios podrán visualizar las paradas y, a su vez, el tiempo de llegada de las rutas del SITM-MIO más cercanas, ya sea por medio de su localización "estoy aquí", una dirección específica o simplemente las paradas de las estaciones [5].
- **App Metro de Medellín:** En esta aplicación, los usuarios podrán encontrar información de rutas integradas y alimentadoras; verificar el saldo de su tarjeta cívica y tener a su disposición un completo planificador de viaje. A su vez, los usuarios podrán reportar en tiempo real el nivel de ocupación de los coches de los trenes para que otros usuarios, en las siguientes estaciones, puedan desplazarse en las plataformas y así mejorar la calidad del viaje [6].

La finalidad de tomar como ejemplo estas aplicaciones es debido a que estas hacen uso de datos geo referenciados, lo cual permite conocer la ubicación exacta del bus o metro, visualizar las rutas y planificar viajes; y son tenidas en cuenta, puesto que van en relación con lo que se desea desarrollar. Conociendo el funcionamiento de estos aplicativos, se podrá tener una visión más amplia al momento de generar ideas para dar solución al problema presentado.

FASE 3: BÚSQUEDA DE SOLUCIONES CREATIVAS

Revisando las necesidades del cliente y las herramientas que tenemos para solucionar el problema, estas son las ideas que se pueden llevar a cabo para dar solución a dicho problema.

- **Ideas para la creación de la aplicación:**
 1. **Aplicación que muestra información en tiempo real:** Desarrollar una aplicación que muestre los datos de los buses que están en funcionamiento, su ubicación actual, la siguiente parada, etc. En pocas palabras, que esta aplicación solo muestre toda la información actualizada relacionada con los buses en funcionamiento.
 2. **Aplicación de reportes:** Crear un software que brinde la posibilidad de reportar al instante la congestión en filas, vagones y buses.
 3. **Aplicación para predecir rutas:** Crear una aplicación que pueda predecir rutas alternas cuando el masivo se encuentre en alguna congestión vehicular, ayudando a ofrecer un servicio eficaz a los usuarios.
 4. **Aplicación que muestra paradas e información en tiempo real de los buses:** Implementar un aplicativo que muestre el mapa de la ciudad, señale todas las paradas y muestre la ubicación (en constante actualización) de todos los buses que se encuentran en funcionamiento. Esto con ayuda de la herramienta GMaps, la cual por georeferenciación permite mostrar información relevante de los buses en toda la ciudad.
- **Ideas para el tratamiento de la información:**
 1. Lectura de documentos en formato .xlsx (Documento de excel) o en su defecto de archivos planos .txt (Documento de texto).
 2. Utilizar el recurso online de una base de datos.

FASE 4: TRANSICIÓN DE LA FORMULACIÓN DE IDEAS A DISEÑOS PRELIMINARES

Para la creación de la aplicación se tiene:

Alternativas a descartar:

- **Alternativa 1.** Este aplicativo será útil para el usuario, pero no será tan cómodo visualmente, ya que se van a mostrar datos y datos, es información importante, sin embargo, a la hora de que el usuario haga uso de ella, no quedará tan a gusto.
- **Alternativa 2.** Esta opción puede llegar a ser viable, dado que les permitiría a los usuarios tomar otras alternativas de viaje, basándose en la afluencia que exista en el momento, pero esto no solucionaría en totalidad el problema que se ha planteado en apartados anteriores.

Alternativas que serán evaluadas:

- **Alternativa 3.** Sería de gran utilidad una aplicación con estas características, ya que el servicio fluiría con mayor rapidez y el nivel de satisfacción de los usuarios aumentaría, pero no cumple en su totalidad para dar solución al problema propuesto.
- **Alternativa 4.** Esta opción es la que engloba la solución al problema. Asimismo, el uso de GMaps, permite ofrecer una interfaz agradable y es posible ejecutarla en cualquier sistema operativo.

Para el tratamiento de la información:

- **Alternativa 1.** Esta opción es descartada, ya que para este aplicativo la cantidad de datos que se obtendrán será masiva, lo que hará que cueste más trabajo y más memoria leer un archivo de texto.
- **Alternativa 2.** Debido a que la información recibida será muy grande, usar una base de datos ayudaría a que el consumo de datos sea mínima. Además, se tendría rápido acceso a la información, facilitando la forma de controlar los datos. [7]

FASE 5: EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN

En esta sección se definieron criterios relevantes en la toma de decisión de una solución. Los criterios son:

Por un lado, en cuanto a la creación de la aplicación se tiene:

- **Criterio 1:** Representa una solución completa al problema.
En este criterio se evalúa qué tan representativa es esta solución para el problema.
[1]: Representación baja. (No cumple con lo necesario para dar solución al problema).

[2]: Representación media. (Cumple con lo necesario pero con ciertas falencias).

[3]: Representación alta (Da solución completa al problema).

- **Criterio 2:** Complejidad a la hora de implementar la solución.

En este criterio se evalúa qué tan difícil es plasmar esta solución en código.

[1]: Complejidad alta (Presenta muchas dificultades a la hora de pasarlo a un lenguaje de programación).

[2]: Complejidad media (Es posible implementarlo en código, pero hace falta herramientas).

[3]: Complejidad baja (Se puede implementar completamente en código y se cuenta con todas las herramientas).

Las alternativas que fueron escogidas como mejores posibles soluciones fueron **Alternativa 3** y **Alternativa 4**, por lo tanto estas serán las evaluadas.

	Criterio 1	Criterio 2	Total
Alternativa 3	2	3	5
Alternativa 4	3	3	6

Según los resultados obtenidos, se descarta la **alternativa 3** (*Aplicación para predecir rutas*) y se implementará la **alternativa 4** (*Aplicación que muestra paradas e información en tiempo real de los buses*). Como se dijo anteriormente, la **alternativa 3** ayudaría a predecir rutas alternas al momento de encontrarse en una congestión vehicular, lo que aumentaría la satisfacción en los clientes, sin embargo, no cumple con lo requerido para darle solución al problema. En cuanto a la **alternativa 4**, se puede decir que fue la única que logró plasmar en su descripción la solución al problema, ya que mostrará un mapa con la señalización de todas las paradas, y utilizará la georreferenciación para mostrar la ubicación en tiempo real de los buses que hay en funcionamiento.

Por otro lado, para el tratamiento de la información se tiene:

- **Criterio 1:** Consumo de memoria.

En este criterio se evaluará el consumo de memoria al momento de la lectura de datos.

[1]: Consumo alto de memoria a la hora de hacer lectura de datos.

[2]: Consumo moderado de memoria a la hora hacer lectura de datos.

- **Criterio 2:** Accesibilidad a los datos.

En este criterio se evaluará qué tan fácil es acceder a la información.

[1]: Consultas lentas.

[2]: Consultas rápidas.

Para este caso sólo se tienen dos alternativas, por lo tanto, éstas serán las evaluadas.

	Criterio 1	Criterio 2	Total
Alternativa 1	1	1	2
Alternativa 2	2	2	4

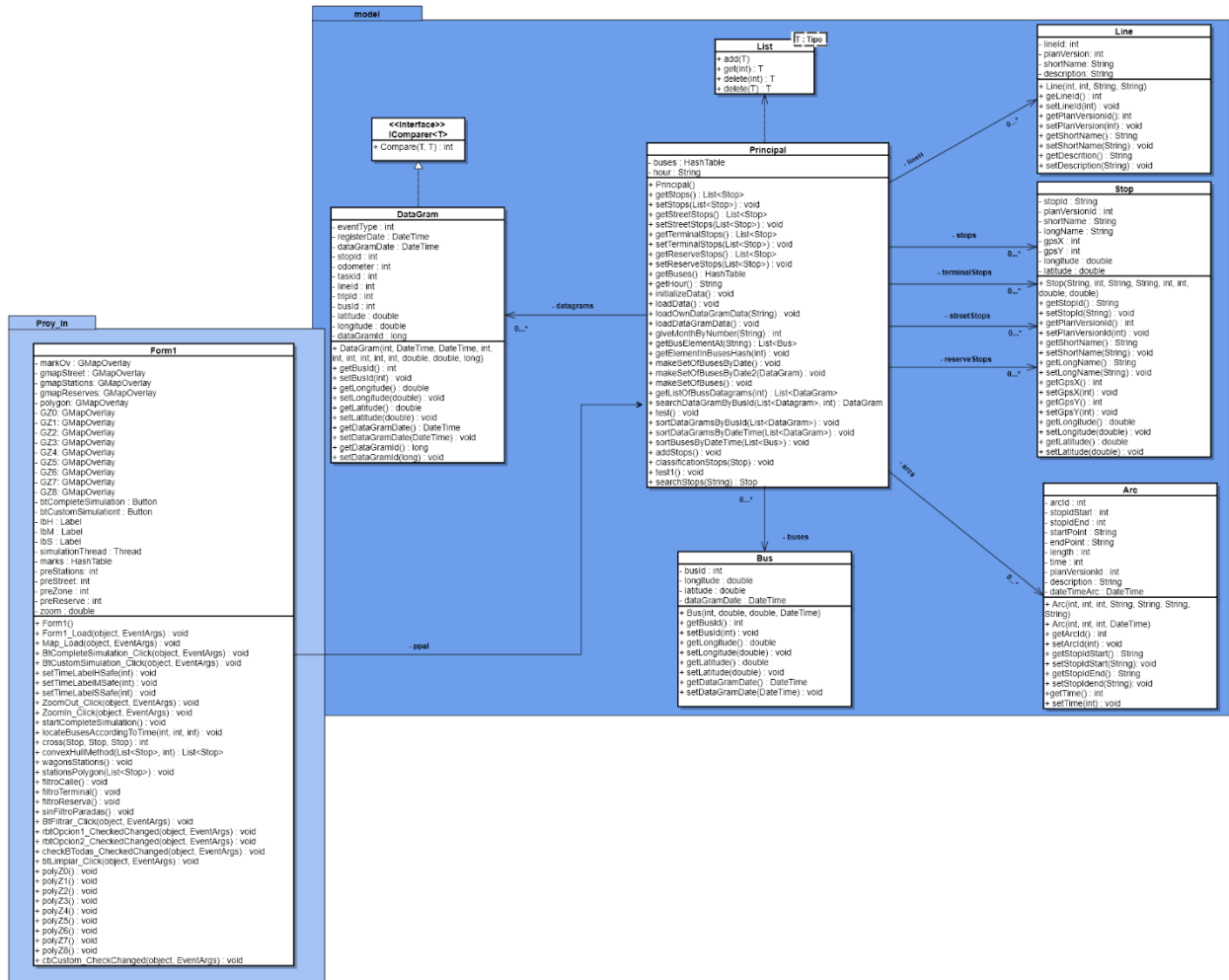
Teniendo en cuenta los resultados, se excluye la **alternativa 1**, y se escoge la **alternativa 2**. Por un lado, la primera opción es descartada, debido a que, al ser un archivo de texto plano, acceder a la información sería mucho más complicado, y al hacer este proceso, el consumo de memoria sería demasiado alto. Sin embargo, hacer uso de una base de datos, permitiría manejar una gran cantidad de datos, y no afectaría mayormente el consumo de memoria.

Síntesis reflexiva

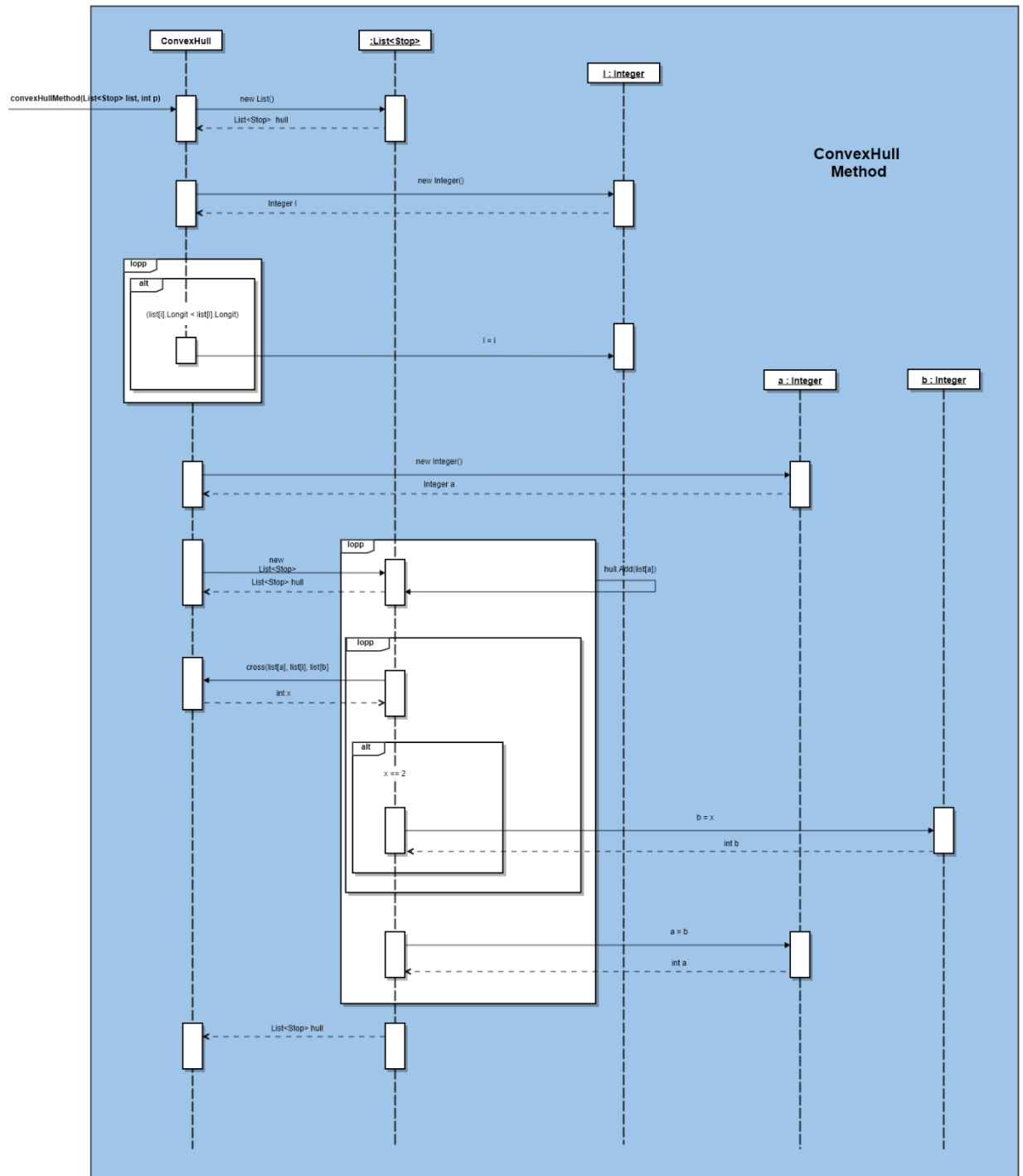
El método de la ingeniería permitió modelar de manera eficiente un ejemplar que satisfacía lo planteado en la solución del problema inicial. Hacer el planteamiento de ideas resultó ser lo más complicado para el grupo, debido a que en la actualidad ya existen aplicaciones similares a las que el equipo creía que podían solucionar el problema, sin embargo, se logró sacar adelante. Seguido de esto, al momento de descartar las alternativas, se pudo evidenciar que varias de las ideas propuestas podrían ser solución a muchos de los problemas que se presentan en el SITM, pero que no satisfacían en totalidad el problema propuesto. El equipo está de acuerdo con el resultado de la fase 5, no obstante, en cuanto a la creación de la aplicación, se cree importante enlazar las dos alternativas (alternativas 3 y 5) para dar una solución más completa e innovadora.

FASE 6: PREPARACIÓN DE REPORTE, PLANOS Y ESPECIFICACIONES

• DIAGRAMA DE CLASES



- **DIAGRAMA DE SECUENCIA**



- **ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS**

- Permitir la visualización de la ubicación de las paradas en la calle y/o estaciones.
- Visualizar paradas y/o estaciones dada una zona en específico.
- Simular el movimiento de los buses del sistema MIO.
- Parametrizar el movimiento dada una hora.
- Mostrar la información de cada estación o parada en la calle.

FASE 7: IMPLEMENTACIÓN

El desarrollo de este software se encuentra en el siguiente repositorio:

<https://github.com/dennvm09/Proy.Integrador>

REFERENCIAS

- [1] Desconocido, «Wikipedia,» 19 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Masivo_Integrado_de Occidente. [Último acceso: 15 Septiembre 2019].
- [2] IVU Traffic Technologies AG, «IVU Traffic Technologies AG,» [En línea]. Available: <https://www.ivu.com/products-and-solutions/ivusuite.html>. [Último acceso: 15 Septiembre 2019].
- [3] MIO, «MIO,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.mio.com.co/index.php/preguntas-frecuentes/3-que-es-el-sitm-mio.html>. [Último acceso: 16 Septiembre 2019].
- [4] MIO, «MIO - Infraestructura,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.mio.com.co/index.php/infraestructura-146.html>. [Último acceso: 16 Septiembre 2019].
- [5] Metrocali, «MIO,» [En línea]. [Último acceso: 17 09 2019].

Brayan J. Vargas
Fanny L. Varela
Wbeymerth Gallego
Dennys V. Mosquera



[6] Metro de Medellín, [En línea]. Available: <https://www.metrodemedellin.gov.co/al-día/descarga-nuestra-app>. [Último acceso: 17 09 2019].

[7] C. J. Date, Introducción a los sistemas de bases de datos, Pearson Prentice Hall.