

RAE

- **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO DE SONIDO.
- **TÍTULO:** Diseño e Implementación de un Sistema de Cálculo de Ruta de Transporte Público en Tiempo Real para Usuarios con Discapacidad Visual, Auditiva o Motriz.
- **AUTORES:** David Felipe Delgado Castro, Alejandro Lemos Escobar.
- **LUGAR:** Bogotá D.C.
- **FECHA:** Noviembre de 2019.
- **PALABRAS CLAVES:** Discapacidad, inclusión, movilidad, aplicativo móvil, SITP.
- **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El presente documento muestra el procedimiento detallado del diseño e implementación de un aplicativo móvil capaz de asistir a personas con discapacidad auditiva, visual o motriz al momento de calcular una ruta dentro del sistema de transporte público de Bogotá.
- **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Aplicaciones Sonoras para la Salud.
- **METODOLOGÍA:** El desarrollo de este procedimiento de diseño e implementación inicia con recopilación de datos que permitan identificar las dificultades que presentan personas con discapacidad visual, auditiva o motriz al momento de usar transporte público en Bogotá, de esta manera se suple el primer objetivo específico propuesto.

Una vez cumplido el primer objetivo específico, se procede a diseñar un aplicativo móvil para asistir al usuario de la manera más adecuada en función de su discapacidad. Se parte de la idea general que se basa en el reconocimiento del usuario en función de una manilla o identificación que debe tener para ser identificado.

Con el aplicativo móvil funcionando, se considera como cumplido el segundo objetivo específico, de esta manera se procede a evaluar de manera subjetiva los aportes que logra hacer el dispositivo a los usuarios al momento de ser asistidos durante su viaje en el transporte público. Esta evaluación subjetiva se basará en el mismo modelo planteado por la universidad El Bosque para la realización del primer objetivo específico desarrollado anteriormente. Se plantea un cuestionario diseñado para

que el usuario califique su experiencia usando la aplicación y el nivel de asistencia e independencia que percibe al ser guiado por el aplicativo móvil según la discapacidad que el voluntario simula.

- **CONCLUSIONES:** Con la culminación de este proceso investigativo y de desarrollo, se evidencia que las principales problemáticas que presentan los usuarios con discapacidad visual, auditiva o motriz son aquellas relacionadas a la independencia y a la facilidad de lograr acceder al Sistema de Transporte Público de Bogotá SITP. Algunas de las experiencias que resultan satisfactorias para los usuarios con alguna de estas discapacidades son la solidaridad de la comunidad y la rapidez con la que este servicio rara vez logra efectuar los recorridos. Algunas de las experiencias que incomodan y aíslan al usuario con alguna de las discapacidades abordadas es la falta de adecuación de los espacios y la carencia de información apropiada y precisa para que puedan de manera independiente acceder al sistema de transporte público.

El manejo de la información disponible mediante JSON permite desarrollar el dispositivo de manera selectiva, priorizando así los elementos informativos más importantes que se encuentran en estas listas. Igualmente, los servicios que ofrecen las API de Google resultan eficientes al ser implementadas junto con el dispositivo, se logra que el procedimiento que realiza el dispositivo en general sea el esperado para cada uno de los casos de discapacidad.

La implementación de reconocimiento de usuario mediante el uso del módulo RFID de Arduino resulta eficiente, es de fácil obtención y no es de alto costo, sin embargo, este dispositivo requiere que el usuario tenga contacto directo con el dispositivo, lo cual puede ocasionar molestias o inconvenientes para calcular la ruta, situaciones que no fueron contempladas en la etapa de diseño.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de las pruebas muestran a nivel general que en el ámbito de la subjetividad la aplicación tiene buen desempeño, logra cumplir satisfactoriamente las necesidades del usuario en función a la discapacidad, tiene un funcionamiento con velocidad apropiada, sus funciones y principio de funcionamiento es entendible y adecuado y la información brindada es lo suficientemente clara como para poder acceder al sistema de transporte público de Bogotá.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CÁLCULO DE RUTA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN
TIEMPO REAL PARA USUARIOS CON DISCAPACIDAD
VISUAL, AUDITIVA O MOTRIZ**

**Alejandro Lemos Escobar
David Felipe Delgado Castro**

Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería de Sonido

Bogotá, Colombia

2019

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CÁLCULO DE RUTA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN
TIEMPO REAL PARA USUARIOS CON DISCAPACIDAD
VISUAL, AUDITIVA O MOTRIZ**

**Alejandro Lemos Escobar
David Felipe Delgado Castro**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniero de Sonido:

Tutor:

Ing. Marcelo Herrera Martínez, Ph. D.
Ingeniería de Sonido

Línea de Investigación:

Aplicaciones Sonoras para la Salud

Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería de Sonido

Bogotá, Colombia

2019

Resumen

El presente documento muestra el procedimiento detallado del diseño e implementación de un aplicativo móvil capaz de asistir a personas con discapacidad auditiva, visual o motriz al momento de calcular una ruta dentro del sistema de transporte público de Bogotá. El diseño inicia con la identificación de las principales problemáticas que tienen los usuarios con discapacidad en el momento de usar el transporte público; esto fue posible gracias a los encuentros realizados en la Universidad El Bosque de Bogotá, donde en varias ocasiones, fueron convocadas personas con discapacidad. Una vez identificadas estas problemáticas, se procede a desarrollar un aplicativo móvil, usando el entorno de programación libre Android Studio, la aplicación consta de una pantalla principal donde se identifica al usuario a través de una manilla tipo RFID la cual será capaz de abrir una nueva ventana según sea el caso; se hacen ajustes para calcular la ruta dependiendo del tipo de discapacidad del usuario. Finalmente, se procede a implementar el aplicativo desarrollado en personas voluntarias, las opiniones y resultados obtenidos al realizar las pruebas fueron analizadas de forma subjetiva para así evaluar la capacidad del dispositivo de hacer más intuitivos los viajes en el sistema de transporte público de Bogotá.

Palabras clave: Discapacidad, inclusión, movilidad, aplicativo móvil, SITP.

Abstract

This document shows the detailed procedure of the design and implementation of a mobile application capable of assisting people with hearing, visual or motor disabilities when calculating a route within Bogota's public transport system. The design begins with the identification of the main problems that users with disabilities have when using public transport; this was possible thanks to several meetings held at the Universidad El Bosque de Bogotá, where groups of people with disabilities were summoned. Once these problems were identified, we proceed to develop a mobile application, using the free Android Studio programming environment, the application consists of a main screen where the user is identified through an RFID-type handle which will be able to open a new one window as the case may be, adjustments are made to calculate the route depending on the type of disability of the user. Finally, we proceed to implement the application developed in volunteers, the opinions and results obtained when conducting the tests were analyzed subjectively to evaluate the ability of the device to make more intuitive journeys in the public transport system of Bogotá.

Keywords: Disability, inclusion, mobility, mobile application, SITP.

Contenido

Pág.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	18
1.1 Descripción y Formulación del Problema	18
1.2 Justificación	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Alcances y Limitaciones	19
1.4.1 Alcances	19
1.4.2 Limitaciones	20
2. Marco de Referencia	21
2.1 Estado del Arte	21
2.2 Marco Conceptual	25
2.2.1 Marco Legislativo	43
2.2.2 Marco Lógico	44
3. Diseño Metodológico	45
4. Tipo y Enfoque de la Investigación	48
4.1 Hipótesis	48
4.2 Instrumentos para la Recolección de Información	48
4.3 Variables	48
4.3.1 Variables Independientes	48
4.3.2 Variables Dependientes	49
4.3.3 Variables Foráneas	49
5. Desarrollo Ingenieril	50
5.1 Reconocimiento de las Principales Dificultades de los Usuarios con Algún Tipo de Discapacidad en el uso de Transporte Público	50
5.1.1 Actividad 1: Puntos de Trayecto en la Ruta y Nivel de Satisfacción	50
5.1.2 Actividad 2: Experiencias Positivas y Negativas durante algún Trayecto en el Transporte Público	53
5.1.3 Actividad 3: Momentos Tranquilizantes y Estresantes Durante el Trayecto en el Transporte Público	56
5.1.4 Actividad 4: Nivel de Importancia de Ítems	58
5.1.5 Actividad 5: Paradero Ideal	60
5.1.6 Actividad 6: Trayecto Ideal	62
5.1.7 Análisis General de los Resultados Obtenidos	63
5.2 Requerimientos del Sistema	65
5.2.1 Requerimientos de Identificación de Usuario	65
5.2.2 Requerimientos para Usuario con Discapacidad Visual	65
5.2.3 Requerimientos para Usuario con Discapacidad Auditiva	66

5.2.4	Requerimientos para Usuario con Discapacidad Motriz.....	67
5.3	Diseño y Montaje del Aplicativo Móvil.....	67
5.3.1	Desarrollo con Arduino.....	68
5.3.2	Desarrollo con Android Studio	69
5.4	Diseño de Pruebas	84
5.4.1	Diseño de Pruebas para el Caso de Discapacitado Visual	84
5.4.2	Diseño de Pruebas para el Caso de Discapacitado Auditivo.....	84
5.4.3	Diseño de Pruebas para el Caso de Discapacitado Motriz.....	85
6.	Pruebas y Resultados.....	85
6.1	Pruebas.....	85
6.2	Resultados.....	86
6.2.1	Análisis Estadístico.....	104
6.2.2	Latencia o Tiempo de Respuesta del Dispositivo	110
7.	Conclusiones y Recomendaciones.....	113
7.1	Conclusiones.....	113
7.2	Recomendaciones.....	114
8.	Referencias.....	123

Lista de Ilustraciones

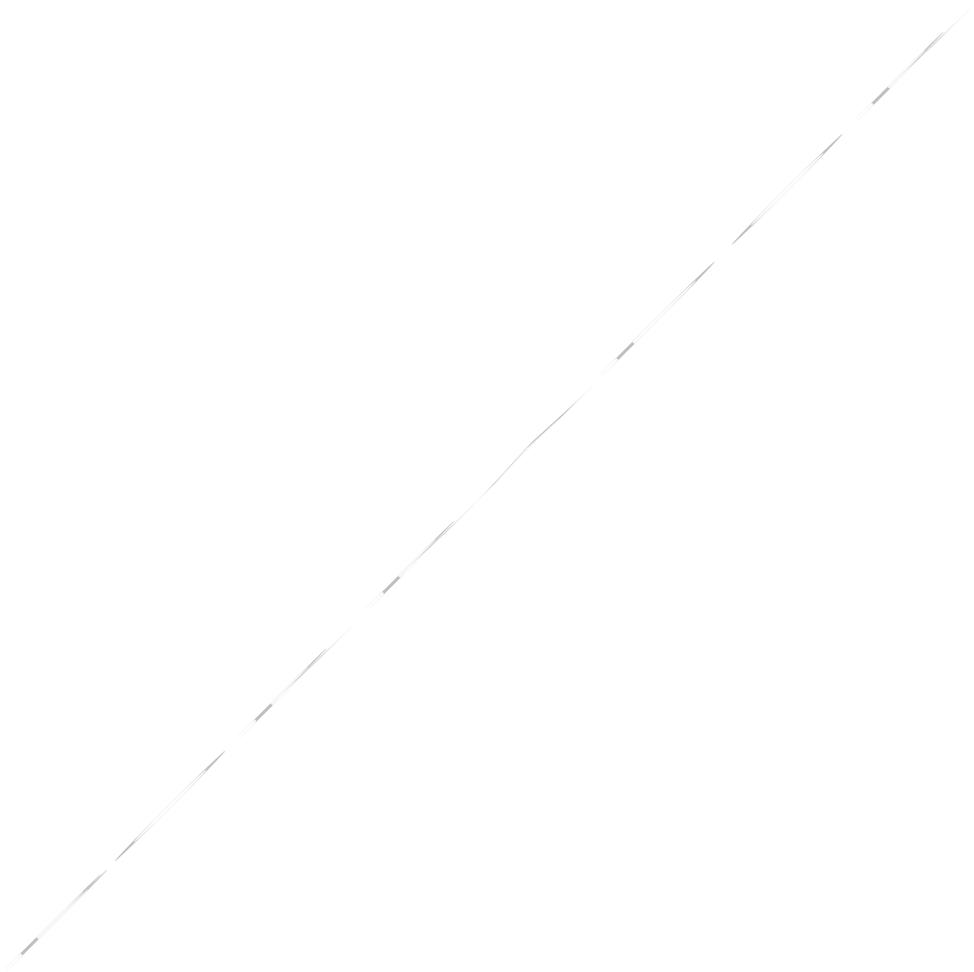
Ilustración 1. Lenguaje de Señas. Fuente: (Instituto Nacional para Sordos, 2006).....	27
Ilustración 2. Fonemas a Sonido, Método concatenado y Método de Formante.....	29
Ilustración 3. Formato de un objeto JSON.....	30
Ilustración 4. Formato de un arreglo JSON.....	30
Ilustración 5. Formato de un valor JSON.....	31
Ilustración 6. Formato de un string JSON.....	32
Ilustración 7. Formato de un número JSON.....	33
Ilustración 8. Formato de un espacio en blanco JSON.....	34
Ilustración 9. Comunicación SPI.....	35
Ilustración 10. Comunicación SPI a n esclavos.....	36
Ilustración 11. Sistema NFC.....	37
Ilustración 12. Comunicación RFID.....	38
Ilustración 13. Características de la Tabla de Ruta del Servicio Urbano.....	40
Ilustración 14. Características de la Tabla de Ruta del Servicio Complementario. Ilustración 15. Características de la Tabla de Ruta del Servicio Urbano.....	40
Ilustración 16. Identificación de paraderos.....	42
Ilustración 17. Tabla que clasifica el nivel de satisfacción de las diferentes etapas que componen un viaje en el SITP, expuestas por los usuarios participantes (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018).....	51
Ilustración 18. Tabla que clasifica el nivel de satisfacción de las diferentes etapas que componen un viaje en el SITP, expuestas por los usuarios participantes (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018).....	52
Ilustración 19. Lista del nivel de importancia de los ítems considerados en un viaje en el transporte público (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018).....	58
Ilustración 20. Lista del nivel de importancia de los ítems considerados en un viaje en el transporte público (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018).....	59
Ilustración 21. Lista de elementos para un paradero ideal por parte de los usuarios (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018).....	62

Ilustración 22. Lista de elementos para un paradero ideal por parte de los usuarios (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018).....	63
Ilustración 23. Diagrama de bloques preliminar del funcionamiento general del aplicativo móvil (Fuente Propia).....	70
Ilustración 24. Interfaz de inicio.....	74
Ilustración 25. Mapa general de estaciones de Transmilenio Bogotá.	75
Ilustración 26. Interfaz para usuario con discapacidad Visual.	76
Ilustración 27. Reconocimiento de voz para usuarios con discapacidad visual.	77
Ilustración 28. Interfaz de usuario para personas con discapacidad Auditiva.	78
Ilustración 29. Teclado de uso general adaptado a lenguaje de señas.	79
Ilustración 30. Interfaz para usuarios con discapacidad motriz.....	79
Ilustración 31. Información final para el usuario, con su ubicación y la ruta que debe tomar hacia su destino	80
Ilustración 32. Distancia entre el punto de inicio (A) y el destino final del usuario (B) junto con información de las paradas y tiempo estimado de trayecto.....	80
Ilustración 33. Dispositivo implementado con soporte impreso en 3D.....	81
Ilustración 34. Dispositivo implementado con soporte impreso en 3D (2).	82
Ilustración 35. Diagrama de flujo general del aplicativo móvil. (fuente propia).	83

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Bandas de frecuencia en la que opera la identificación por radio frecuencia RFID.	38
Tabla 2. Tipos de señalización de paraderos del Sistema Integrado de Transporte Público en función de la cantidad de rutas que paran en determinado paradero.....	42
Tabla 3. Tabla que expone las experiencias positivas y negativas vividas en el transporte público (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)	53
Tabla 4. Tabla que expone las experiencias positivas y negativas vividas en el transporte público (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)	55
Tabla 5. Tabla que expone los momentos tranquilizantes y estresantes durante un trayecto en el transporte público (grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)	56
Tabla 6. Tabla que expone los momentos tranquilizantes y estresantes durante un trayecto en el transporte público (grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)	58
Tabla 7. Descripción breve por parte de los usuarios sobre su paradero ideal (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)	60
Tabla 8. Descripción breve por parte de los usuarios sobre su paradero ideal (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)	61
Tabla 9. Método de identificación de los identificadores de usuario.	68
Tabla 10. Conexión implementada para la identificación del usuario por RFID.	68
Tabla 11. Conexión implementada para la conexión Bluetooth con el módulo HC – 05.	69
Tabla 12. Requerimientos del dispositivo y su solución en el ámbito de programación.	73
Tabla 13. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)	87
Tabla 14. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de la interfaz para personas con discapacidad visual . (Elaborado con Google Docs).	88
Tabla 15. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de la interfaz para personas con discapacidad visual . (Elaborado con Google Docs)	89
Tabla 16. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)	90
Tabla 17. Resultados obtenidos de la pregunta 5 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)	91

Tabla 18. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs).....	92
Tabla 19. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs).....	93
Tabla 21. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs).....	95
Tabla 23. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)	97
Tabla 24. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)	98
Tabla 25. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)	99
Tabla 26. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)	100
Tabla 27. Resultados obtenidos de la pregunta 5 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)	101
Tabla 28. Resultados obtenidos de la pregunta 1 del funcionamiento general de la app. (Elaborado con Google Docs)	102
Tabla 29. Resultados obtenidos de la pregunta 2 del funcionamiento general de la app. (Elaborado con Google Docs)	103
Tabla 30. Resultados obtenidos de la pregunta 3 del funcionamiento general de la app. (Elaborado con Google Docs)	104
Tabla 32. Resultados tras obtener los descriptores estadísticos propuestos para la interfaz de discapacitado visual.	105
Tabla 35. Mediciones realizadas en la etapa "Identificación" para discapacitado visual.	110
Tabla 36. Mediciones realizadas en la etapa de "Asistente" para discapacitado visual.	111
Tabla 37. Mediciones realizadas para la etapa "Ayuda" para discapacitado visual.	111
Tabla 38. Mediciones realizadas en la etapa "Ruta Hacia" para discapacitado visual.	111
Tabla 39. Mediciones realizadas en la etapa "Identificación" para discapacitado auditivo.	111
Tabla 40. Mediciones realizadas en la etapa "Cálculo de Ruta para discapacitado auditivo".	111
Tabla 41. Mediciones realizadas en la etapa "Identificación" para discapacitado motriz.	111
Tabla 42. Mediciones realizadas en la etapa "Cálculo de Ruta" para discapacitado motriz.	111



Introducción

Para comprender este documento, es necesario primero tener claro el concepto de discapacidad. Este se entiende como “El resultado de una relación dinámica de la persona con los entornos políticos, sociales, económicos, ambientales y culturales donde encuentra limitaciones o barreras para su desempeño y participación en las actividades de la vida diaria en estos entornos” (Decreto 470 de 2007, 2007).

Gracias al desarrollo tecnológico de los últimos años, la planeación urbana ha logrado abarcar con mayor empeño la inclusión social en los grandes centros urbanos y las actividades que normalmente rodean este estilo de vida. Cada vez es más común encontrar espacios tanto privados como públicos que demuestran la preocupación por la inclusión social, esto implica la adaptación de estos espacios para que cualquier persona pueda realizar sus actividades con normalidad sin importar si esta persona sufre de alguna discapacidad o no.

Según el informe Mundial sobre la Discapacidad realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, Resumen Informe Mundial sobre la Discapacidad, 2011), se estima que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad; lo cual equivale a un 15 % de la población mundial. Al contemplar el caso de Colombia, los datos publicados por el Departamento Nacional de Estadística DANE 2017 (Ministerio de Salud, 2017), indican que, por cada 100 colombianos, 3 tienen algún tipo de limitación. En este informe hay varios detalles que llaman la atención, el primero indica que el mayor número de personas con discapacidad se encuentra en la ciudad de Bogotá, adicionalmente se encuentra que de cada 100 personas mayores de 24 años sólo tienen Primaria Básica como nivel máximo de estudios, esto debido a que por la discapacidad han decidido no estudiar, esto se deriva en que la mayor parte de la población no tiene el nivel de educación necesaria para leer o escribir por lo que es necesario implementar algún sistema que permita ayudarles a superar estas barreras.

El desarrollo de un aplicativo móvil que permita facilitar calcular la ruta para cualquier destino dentro del marco del sistema de transporte público de Bogotá y que se ajuste al reconocer a un usuario con discapacidad y que de igual forma sea capaz de calcular la ruta más conveniente para el usuario es un avance para la inclusión de todas las personas que habitan esta ciudad.

El presente proyecto tiene como finalidad crear un aplicativo móvil, el cual será un prototipo inicial para un sistema que estará ubicado en las estaciones y paraderos del Sistema de Transporte Público de Bogotá (SITP) y será capaz de asistir a personas con discapacidad auditiva, visual o motriz al momento de calcular una ruta hacia cualquier punto de la ciudad. El diseño inicia con la

identificación de las principales problemáticas que tienen los usuarios con discapacidad al momento de usar el transporte público, esto fue posible gracias a los encuentros realizados en la Universidad del Bosque de Bogotá. Una vez identificadas estas problemáticas, se procede a desarrollar un aplicativo móvil, usando el entorno de programación libre Android Studio, la aplicación consta de una pantalla principal donde se identifica al usuario a través de una manilla tipo RFID la cual será capaz de abrir una nueva ventana según sea el caso, se hacen ajustes para calcular la ruta dependiendo del tipo de discapacidad del usuario. Finalmente, se procede a implementar el aplicativo desarrollado en personas voluntarias, las opiniones y resultados obtenidos al realizar las pruebas fueron analizadas de forma objetiva y subjetiva para así evaluar la capacidad del dispositivo de hacer más intuitivos los viajes en el sistema de transporte público de Bogotá.

El dispositivo será capaz de identificar al usuario, dependiendo de la manilla tipo RFID que este porte, dependiendo de esta identificación el dispositivo será capaz de ajustarse para comunicar de la manera más apropiada la información dependiendo del tipo de discapacidad que presenta el usuario.

El dispositivo tiene como limitante la necesidad de estar siempre conectado a una fuente de datos móviles o bien a una red Wi-Fi; esto es necesario para poder obtener los datos en tiempo real del tráfico y el estado actual de las diferentes rutas que componen al sistema de transporte público.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.1 Descripción y Formulación del Problema

La inclusión social se hace cada vez más necesaria, las personas deben estar en la capacidad de desarrollar cualquier actividad sin ningún tipo de limitación ocasionada por su entorno, esta situación es recurrente y especialmente en las ciudades, donde la estructuración de las mismas en ocasiones no contempla a las personas que sufren algún tipo de discapacidad y finalmente estas personas terminan siendo excluidas y limitadas al no poder hacer alguna actividad por su cuenta y a veces es necesaria la intervención continua de terceros o ayudantes para que alguien con discapacidad logre hacer algo que es “normal” dentro de la vida cotidiana. Una de estas actividades es el uso del transporte público.

A diario, personas con discapacidad visual, auditiva o motriz tienen ciertas dificultades que no les permite tener un viaje en el transporte público efectivo, seguro y confiable. En algunos casos las dificultades son tan elevadas que ya no se considera una opción viable el poder tomar un bus de transporte público cuando se necesita desplazarse de un punto a otro dentro de la ciudad.

1.2 Justificación

Con el desarrollo tecnológico de los últimos años, gracias a la creación de herramientas ya sean análogas o digitales y a la utilización de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) es posible facilitar el desarrollo de diversas tareas diarias, ya sea tareas domésticas, educativas, de seguridad, incluso tareas artísticas o creativas. Al integrar de esta manera la tecnología a la vida diaria, se hace posible implementarla no solo para facilitar tareas, sino que también pueden ser implementadas a un nivel social e inclusivo donde existen tareas naturalmente difíciles para determinados grupos de personas, en estos campos la tecnología debe intervenir para facilitar este estilo de vida que algunas veces no está pensado para acoger a las personas que sufren algún tipo de discapacidad; al trabajar con estas tecnologías es posible generar un mayor nivel de inclusión en la sociedad para estos usuarios.

Un paso para llegar a una ciudad inclusiva y adaptable al individuo es la correcta adecuación de espacios fundamentales, estos espacios son aquellos necesarios para un normal desarrollo de la cotidianidad y de las actividades que implican vivir en un centro urbano tal como lo es la ciudad capital de Colombia, Bogotá. Esta ciudad se caracteriza por tener un sistema integrado de

transporte público que abarca la mayor parte de la ciudad, este sistema requiere de muchas mejoras y correcciones, entre estas se encuentra la adaptación de espacios y medios para que cualquier ciudadano pueda (con facilidad) determinar su trayecto sin mayor intervención de terceros.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar un dispositivo integrado a los paraderos de SITP para facilitar la movilidad de personas con alguna discapacidad dentro del sistema de transporte público de la ciudad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las dificultades que presentan personas con discapacidad visual, auditiva o motriz al momento de usar transporte público en Bogotá.
- Diseñar un aplicativo móvil que permita brindarle la información necesaria al usuario de la manera más adecuada en función del tipo de discapacidad a la hora de programar un viaje hacia su destino.
- Evaluar de manera subjetiva los aportes que logra hacer el dispositivo a los usuarios al momento de realizar su viaje en transporte público.

1.4 Alcances y Limitaciones

1.4.1 Alcances

- El sistema será capaz de calcular la ruta principal hacia el destino seleccionado.
- El sistema logrará asistir con eficiencia al usuario, independientemente de su discapacidad.

1.4.2 Limitaciones

- El sistema solo reconocerá al usuario como ciego, sordo o discapacitado motriz o bien un usuario sin discapacidad; esto significa que no funcionará efectivamente si se presenta un caso donde el usuario tenga una combinación de 2 o más discapacidades.
- El sistema será dependiente de una conexión Wi-Fi o datos móviles y Bluetooth.
- La evaluación subjetiva de la efectividad del sistema propuesto se limitará a una muestra reducida de 25 voluntarios(as).

2. Marco de Referencia

2.1 Estado del Arte

En el año 2017, en la Universidad El Bosque de Bogotá, se desarrolló un trabajo de grado realizado por Camilo Moreno. Este se enfoca en el desarrollo de un asistente virtual para personas con discapacidad visual, el cual permite que estos usuarios puedan encontrar la ruta de SITP más adecuada según el destino al que se dirigen. Esto se logró gracias a la utilización de una carcasa con la información de las paradas y un microcontrolador Arduino; esto en conjunto con una manilla que utiliza la tecnología NFC¹ permitirá que el usuario pueda acceder al dispositivo para ingresar su destino. Con esto se busca lograr que las personas con este tipo de discapacidad puedan estar en las mismas condiciones igualitarias que los demás usuarios frecuentes de este sistema de transporte, para de esta forma facilitarles la interacción con el sistema de transporte y lograr que tengan un viaje ameno de acuerdo a sus necesidades. (Martinez Moreno, 2017)

En España, el Grupo de Aplicaciones Biomédicas y Tecnológicas para la Autonomía Personal (GABiTAP) de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) diseñó una aplicación móvil para dispositivos Android, llamada “On the Bus”, a través de la cual un usuario que tenga una discapacidad auditiva, visual o algún tipo de limitación de movilidad pueda moverse y guiarse de un lugar a otro, conociendo las rutas posibles a tomar, información de la parada y ubicación en tiempo real del bus que debe tomar. A su vez, le informa al usuario en todo momento cuando está cerca de su parada para que este pulse el timbre y se baje en su destino. (Centro Nacional de las Tecnologías de la Accesibilidad, 2013)

En Colombia a finales del año 2017, estudiantes de la Universidad de Antioquia observaron que cerca de 5000 personas con discapacidad auditiva usan el metro de Medellín con regularidad, de los cuales cerca del 80% no sabe leer, por lo que encontraron en el lenguaje de señas un medio ideal para poder ayudar a las personas con este tipo de discapacidad a ubicarse en el metro. La propuesta utiliza un sistema de mapeo digital en las estaciones y dentro de los vagones, el cual permite ubicar a las personas mediante el uso de lenguaje de señas y pictogramas, y a su vez le

¹ Near Field Communication: Es una forma de conexión entre dispositivos donde no es requerido ningún tipo de contacto directo o cableado, se permite enviar y recibir información.

indica al usuario en qué estación está y hacia dónde se dirige. Adicionalmente la propuesta va más allá y busca integrar un aplicativo móvil para la compra de tiquetes y asesorías junto a un sistema complementario de alerta para las puertas, mediante el uso de luces de diferentes colores para indicarle al pasajero en qué momento se procederá al cierre y así evitar accidentes (Vergara, Ruiz, & Valencia, 2017).

El artículo realizado por Azenkot, Prasain, Borning, Fortuna, E. Ladner y O. Wobbrock expone las dificultades de las personas ciegas al momento de tomar transporte público, haciendo énfasis en la independencia que estas personas tienen como usuarios del sistema. Tras una serie de encuestas y pruebas dirigidas a la población ciega y sordo-ciega, se identifica que la prioridad para el usuario es la independencia y la seguridad. Los autores así presentan “GoBraille”, una aplicación basada en el lenguaje braille que provee información sobre los buses y sus respectivas paradas mientras que se tienen en cuenta las prioridades anteriormente mencionadas. Finalmente se comprobó que el viaje de los usuarios implementando la aplicación resulta ser efectiva y genera independencia y seguridad. (Azenkot, Prasain, Borning, & Fortuna, 2011)

En un proyecto de la Universidad de San Buenaventura en conjunto con la Universidad del Bosque, realizado por Nicolás Peña Landazábal y Oscar Mendoza Rivera se presenta el diseño e implementación de un aplicativo móvil diseñado para asistir a personas en condición de discapacidad visual durante un recorrido en el sistema de transporte público de Bogotá. (Peña & Mendoza, 2019) El aplicativo implementa la geolocalización que provee Google y una herramienta de reconocimiento de voz para que así el usuario pueda mencionar su paradero de destino y posteriormente el aplicativo se encarga de dar indicaciones de audio al usuario para que este logre ubicar la ruta que le conviene para dicho destino.

Un proyecto de la Universidad de Nihon, Japón, presentado por Inagaki, Fujisawa, Takahashi, Ikeda, Takeuchi, Ogino y Kobayakawa planteó un estudio sobre cómo proponer losas de concreto con superficies rugosas capaces de ser percibidas por el tacto del pie humano, esto con la finalidad de asistir a discapacitados visuales al momento de cruzar una calle. El estudio plantea las posibles orientaciones que estos bloques deben tener para así generar en el discapacitado visual una idea más clara sobre la trayectoria que hay que seguir al momento de cruzar una calle.

Un proyecto de la Universidad Nacional de Yokohama, Japón, realizado por Nakamura y Ooie plantea un estudio sobre las condiciones actuales del sistema de transporte para estudiantes con

algún tipo de discapacidad cognitiva y posteriormente toma el estudio sobre un sistema implementado en Brasil y otro en Alemania.

Durante el desarrollo de este estudio, se identifican las necesidades primordiales de los estudiantes con este tipo de discapacidad al momento de trasladarse desde sus hogares hacia sus puntos de estudio, durante el análisis y comparación de los sistemas existentes en Brasil y Alemania se llega a la conclusión que es necesario que haya mayor participación de los conductores como también una reestructuración del modelo de transporte escolar donde se pueda encontrar mayor asistencia hacia este tipo de usuarios.

Un estudio realizado en la Universidad Politécnica de Hong Kong, realizado por Sze y Christensen plantea cómo la urbanización puede aportar para la inclusión a partir del correcto diseño de los espacios destinados al transporte público de una ciudad. Hace un análisis sobre la influencia de la calidad de vida, nivel de servicio, accesibilidad y seguridad en la percepción del usuario sobre el sistema de transporte y hace énfasis en la atención a discapacitados motrices, discapacitados visuales, discapacitados auditivos y personas de avanzada edad.

El artículo realizado por Baranski y Strumillo realizado en 2015 se centra en un tipo especial de ayuda electrónica para que personas con discapacidad visual se logren movilizar, el sistema se denomina teleasistencia y su principio de funcionamiento se basa en la transmisión de una señal de video en vivo gracias a una cámara que porta el discapacitado visual y gracias a esto recibe asistencia remota con instrucciones cortas, la parte principal de este estudio se basa en las pruebas realizadas, las cuales se aplicaron en discapacitados visuales como también en personas sin ningún tipo de discapacidad. Al finalizar el estudio se concluye que el sistema de teleasistencia puede ser una ayuda para viajes para discapacitados visuales, ya sea con ceguera total, parcial o incluso personas en estado de avanzada edad. (Baranski & Strumillo, 2015)

El artículo realizado por Jóhannesson Balan, Unnthorsson Moldoveanu y Kristjánsson relata el desarrollo del denominado proyecto “Sound of Vision” el cual tiene como finalidad crear una representación sonora del entorno que rodea a una persona con discapacidad visual. La viabilidad de este proyecto resulta fuertemente limitada por la neuralidad, posibilidad de sustitución sensorial y adaptación a la entrada sensorial modificada. Se debate así sobre la posibilidad de los cambios funcionales en el cerebro de personas con discapacidad visual en comparación a una persona con visión. También se discute la adaptación cerebral y sus efectos a corto y largo plazo con la

exposición repetida de estímulos particulares. Como conclusión se evidencia por la evidencia presentada que este tipo de proyectos son viables. (Jóhannesson, Balan, Unnthorsson, Moldoveanu, & Kristjánsson, 2016)

El artículo realizado por Spagnol, Jóhannesson, Kristjánsson, Unnthorsson, Saitis, Kalimeri, Bujacz y Moldoveanu muestra un modelo para codificar información tridimensional visual a un formato auditivo, esto inspirado por las propiedades de impacto de los objetos mediante navegación ciega. El modelo propuesto es comparado con otros dos modelos desarrollados para movilidad y orientación, los resultados de los diferentes sistemas son comparados con la finalidad de evaluar el nivel de precisión de los sistemas como también la carga cognitiva y el estrés emocional al que se someten los participantes. Los resultados muestran que el sistema propuesto cumple con entregar información relevante a los participantes con bajas cargas cognitivas luego de una corta sesión de entrenamiento. (Spagnol, y otros, 2016)

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cuál es el impacto de implementar un aplicativo móvil en la movilidad de personas con discapacidad dentro del sistema de transporte público de Bogotá?

2.2 Marco Conceptual

Ceguera y Discapacidad Visual: La función visual se clasifica en cuatro categorías, esto según la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE – 10, actualización y revisión de 2006). Se tiene la visión normal; discapacidad visual moderada; discapacidad visual grave y ceguera total. Se puede agrupar la discapacidad visual moderada y grave como un único término de baja visión. La baja visión y la ceguera representan en conjunto el total de casos de discapacidad visual. La población mayor a 50 años es la más propensa a sufrir algún tipo de discapacidad visual.

- **Causas de la Discapacidad Visual Moderada y de la Discapacidad Visual Grave:** Las principales causas de la discapacidad visual moderada y grave a nivel mundial son errores de refracción no corregidos, cataratas no operadas, degeneración macular relacionada con la edad y retinopatía diabética (OMS, 2017).
- **Causas de la Ceguera:** Las principales causas de la ceguera son las cataratas no operadas, errores de refracción no corregidos y glaucoma. (OMS, 2017).

Pérdida de Audición y Sordera: La pérdida de audición implica que un individuo ya no sea capaz de oír tan bien al compararlo a otro cuyo sistema auditivo funcione normalmente. Esto se puede definir con un umbral de audición que sea mayor o igual a 25 dB. La pérdida de audición puede ser leve, moderada, grave o profunda; afecta uno o ambos oídos y entraña dificultades para entablar conversaciones o para reconocer sonidos de diferentes amplitudes. (OMS, 2017).

Las causas de la pérdida de audición y la sordera pueden ser congénitas (momentos inmediatos o próximos al nacimiento) o bien, pueden ser causas adquiridas a través del tiempo y la exposición del sistema auditivo al entorno.

- **Causas de la Sordera Congénita:** La pérdida de audición puede obedecer a factores hereditarios o no hereditarios, como también posibles complicaciones durante el embarazo o durante el parto. Entre estas complicaciones se encuentra la rubéola materna, sífilis u otras infecciones durante el embarazo, bajo peso al nacer, asfixia del parto, uso inadecuado de ciertos medicamentos como también ictericia grave durante el periodo neonatal, esto puede lesionar el nervio auditivo del recién nacido. (OMS, 2017).
- **Causas de la Sordera Adquirida:** Cualquier individuo de cualquier edad es propenso a sufrir pérdida de audición, esto se puede causar debido a algunas enfermedades infecciosas (sarampión, meningitis o parotiditis), infección crónica del oído, presencia de líquido en el

oído (otitis media), el uso de algunos medicamentos, traumatismos craneoencefálicos o en los oídos, exposición excesiva al ruido, exposición a sonidos muy elevados, envejecimiento y obstrucción del conducto auditivo producida por cerumen o cuerpos extraños.

Discapacidad Motriz: La discapacidad motriz implica una disminución de la movilidad total o parcial en uno o varios miembros del cuerpo, esta discapacidad dificulta la realización de actividades motoras convencionales. Este tipo de discapacidad puede generar movimientos descontrolados, dificultades de coordinación, alcance y movilidad limitada, fuerza reducida, habla no inteligible y dificultades con la motricidad en general. (Inclúyeme, 2015).

La mayor dificultad para una persona con este tipo de discapacidad son las barreras arquitectónicas de su entorno, estas barreras limitan o impiden su desplazamiento ya que no están bien diseñados o adaptados para cualquier persona, sin importar si esta sufre una discapacidad o no.

La discapacidad motriz puede ser clasificada según déficit de movimiento o según la cantidad de miembros afectados.

Causas de la Discapacidad Motriz: La discapacidad motriz puede ser causada por una gran cantidad de factores, entre estos se pueden mencionar infecciones, virus o síndromes, reumatismo, efectos neurológicos, esclerosis múltiple, mielomeningocele, traumatismos, amputaciones, malformaciones musculares y lesiones graves. (Inclúyeme, 2015)

Lenguaje de Señas: El lenguaje de señas es un método de comunicación natural de las personas que sufren de discapacidad auditiva, fue inicialmente propuesta en 1960 por William Stokoe, esta misma persona demostró que el lenguaje de señas es una lengua natural que puede estudiarse en todos los niveles lingüísticos (fonológico, morfológico, semántico y pragmático); en Colombia existe un diccionario desarrollado por el Ministerio de Educación Nacional y el Instituto Nacional para Sordos (INSOR) junto con la participación del departamento de lexicografía del instituto Caro y Cuervo (INSOR, 2006).

El Diccionario Básico de la Lengua de Señas de Colombia surge gracias al trabajo realizado por el departamento de Lexicografía del instituto Caro y Cuervo, la propuesta fue acogida por INSOR obteniendo como primer resultado un documento con 400 señas para tener finalmente un léxico básico de la lengua colombiana con un total de 1200 entradas.



Ilustración 1. Lenguaje de Señas. Fuente: (Instituto Nacional para Sordos, 2006)

La ilustración 1 muestra las configuraciones manuales del lenguaje de señas de Colombia, estas configuraciones tienen una etiqueta con el denominador común de “mano en” seguido por una letra mayúscula acompañada a veces por otro símbolo: “mano en V”, “mano en Vo”, etc. El valor de cada etiqueta se basa en la tradición seguida por los estudios sobre las lenguas de señas, que suele etiquetar las diferentes formas que la mano adopta a partir del alfabeto manual y el sistema numérico usado por la lengua de señas descrita, los usuarios de la LSC tienen a disposición una serie de señas que representan las letras del alfabeto español, y otras que permiten codificar cifras. A partir de las formas que las manos muestran en algunas de esas señas se elaboran las etiquetas. La seña LETRA-V, por ejemplo, muestra los dedos medio e índice extendidos y separados. Cuando se escribe “mano en V” significa eso que la mano está en esa misma forma. Esto se hace con el propósito de evitar cada vez dispendiosas descripciones de la mano. (Diccionario Básico de la Lengua de Señas Colombiana, 2006).

Síntesis del Habla: También conocido como conversión de texto a voz (Text to Speech TTS) es un tipo de síntesis cuya finalidad es producir de manera artificial la voz humana que logra interpretar acertadamente elementos de comunicación tales como acentos y puntuaciones.

Este tipo de síntesis se puede resumir en tres etapas: Texto a palabras, palabras a fonemas y finalmente fonemas a sonido.

- **Texto a Palabras:** Esta etapa también se puede denominar preprocesamiento o normalización, esta etapa interpreta y reduce las diferentes formas en las que se puede decir el texto deseado y se selecciona la forma más apropiada.

El procesamiento incluye técnicas probabilísticas que ayudan a identificar la intención de la serie de palabra y/o números entrantes al sistema, un ejemplo de la toma de decisiones por parte del sistema puede ser escoger entre un número cuya finalidad sea expresar una cifra, un año, o incluso algún tipo de combinación numérica.

- **Palabras a Fonemas:** Un fonema es el conjunto de símbolos que no necesariamente están directamente relacionados con la emisión de un sonido, estos representan el tipo de pronunciación de un carácter para así generar pronunciaciones más complejas y generar entendimiento en el lenguaje (palabras).

Durante esta segunda etapa de la conversión de texto a voz, el sintetizador de voz ahora se encarga de generar cada fragmento de las palabras (fonemas) y unirlos para así construir palabras. Para que este proceso se lleve a cabo el sistema requiere una lista completa de fonemas por cada palabra para que así sea posible generar cada una de estas.

- **Fonemas a Sonido:** Esta última etapa puede ser generada ya sea por muchos fragmentos de audio de una voz real (método concatenado) o voz generada de manera artificial bajo los mismos principios de la síntesis de audio (método de formante). El método concatenado es el más común entre los sintetizadores del habla, se basa en la recolección de numerosas muestras de voces humanas pronunciando diferentes palabras (se suelen incluir estados de ánimo o diferentes acentos) y de esta manera se separan las diferentes palabras grabadas en fonemas para que sean almacenados y posteriormente seleccionados, ubicados y reproducidos posteriormente cuando sea necesario. El método de formante toma la comunicación oral como variaciones de frecuencia y amplitud que están dominadas bajo una envolvente, tal como un instrumento musical, así es como se basan en la síntesis de audio que intenta recrear estos instrumentos mediante la suma de muchas ondas que logran generar los mismos armónicos y timbres que el instrumento real, en este caso siendo la voz humana. (Woodford, 2018)

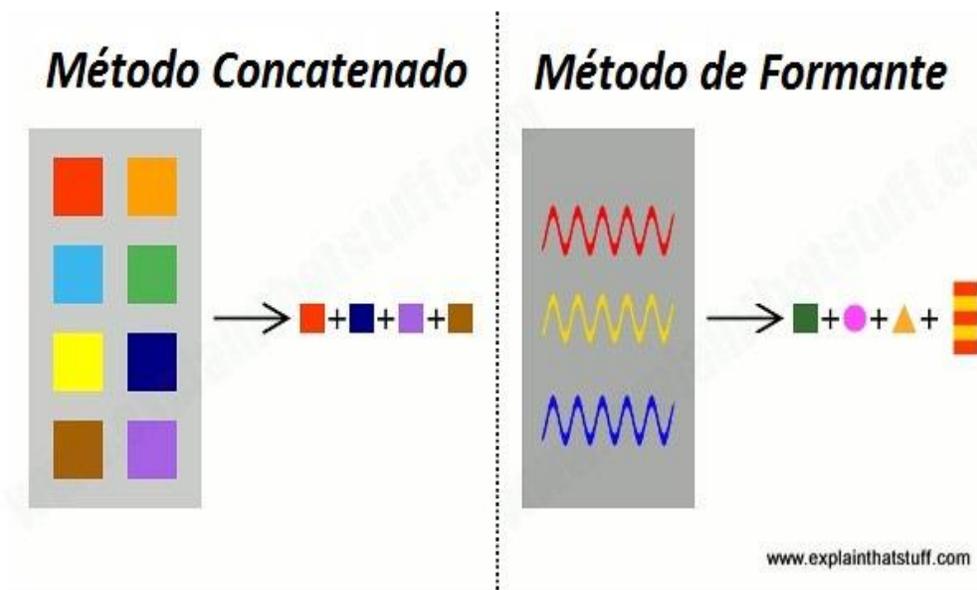


Ilustración 2. Fonemas a Sonido, Método concatenado y Método de Formante.

Fuente: Tomado de **Explain That Stuff**. *Speech Synthesizers*. Online. Disponible en: <https://www.explainthatstuff.com/how-speech-synthesis-works.html>. 2018.

JSON (Java Script Object Notation): JSON es un formato ligero para el intercambio de datos, se basa en el lenguaje de programación Java, pero es un formato de texto independiente similar a los lenguajes C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl y Python. (Crockford, 1999)

JSON está construido bajo 2 estructuras, la primera es una colección de pares nombre – valor, puede ser concebido como un objeto o arreglo asociativo. La segunda estructura es una lista ordenada de valores que pueden ser definidos como un arreglo, vector, lista o secuencia.

En JSON, estas estructuras tienen la siguiente forma:

Un objeto es una disposición sin orden específico de parejas nombre- valor. Un objeto inicia con {llave izquierda y finaliza con llave derecha} posteriormente cada nombre finaliza con dos puntos (:) y los pares de nombre – valor están separados por una coma (,), tal como se muestra en la ilustración 3. (Crockford, 1999)

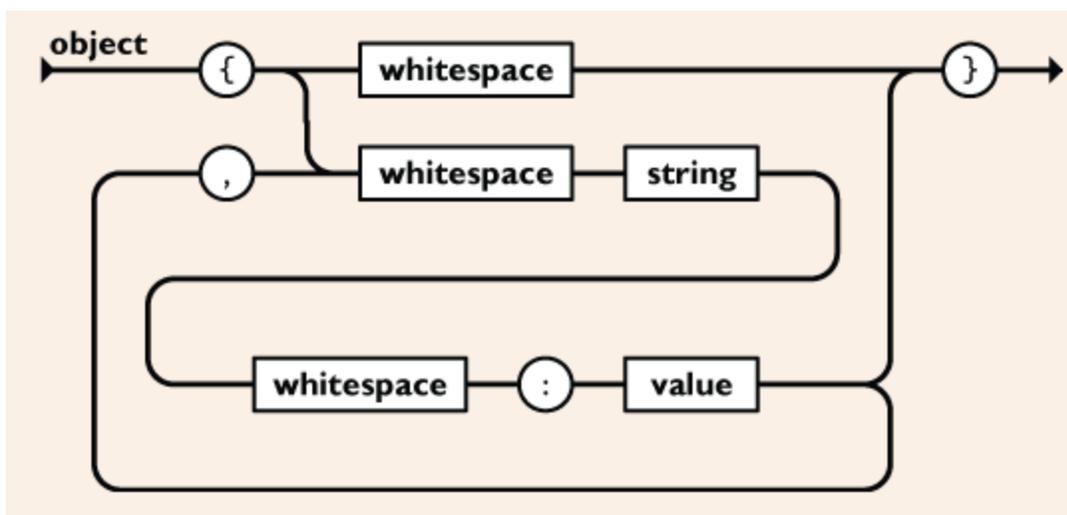


Ilustración 3. Formato de un objeto JSON.

Fuente: Tomado de Introducing JSON, Disponible en: <https://www.json.org/>

Un arreglo es una colección ordenada de valores. Un arreglo inicia con [corchete izquierdo y finaliza con corchete derecho]. Los valores están separados por una coma (,) tal como se muestra en la ilustración 4.

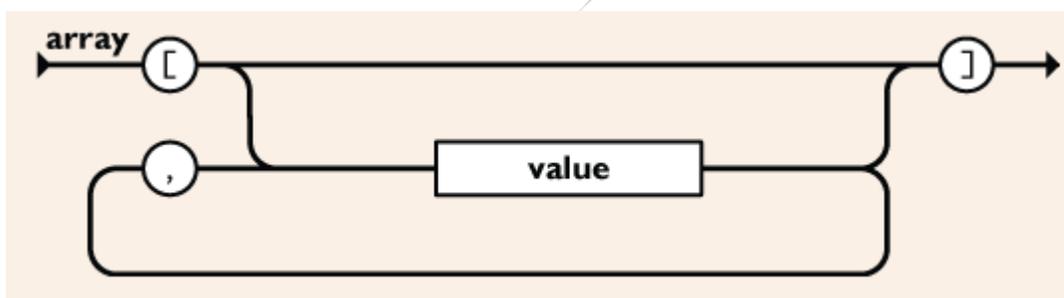


Ilustración 4. Formato de un arreglo JSON.

Fuente: Tomado de Introducing JSON, Disponible en: <https://www.json.org/>

Un valor puede ser un string, un número, un valor booleano, un objeto o un arreglo. Tal como se muestra en la ilustración 5.

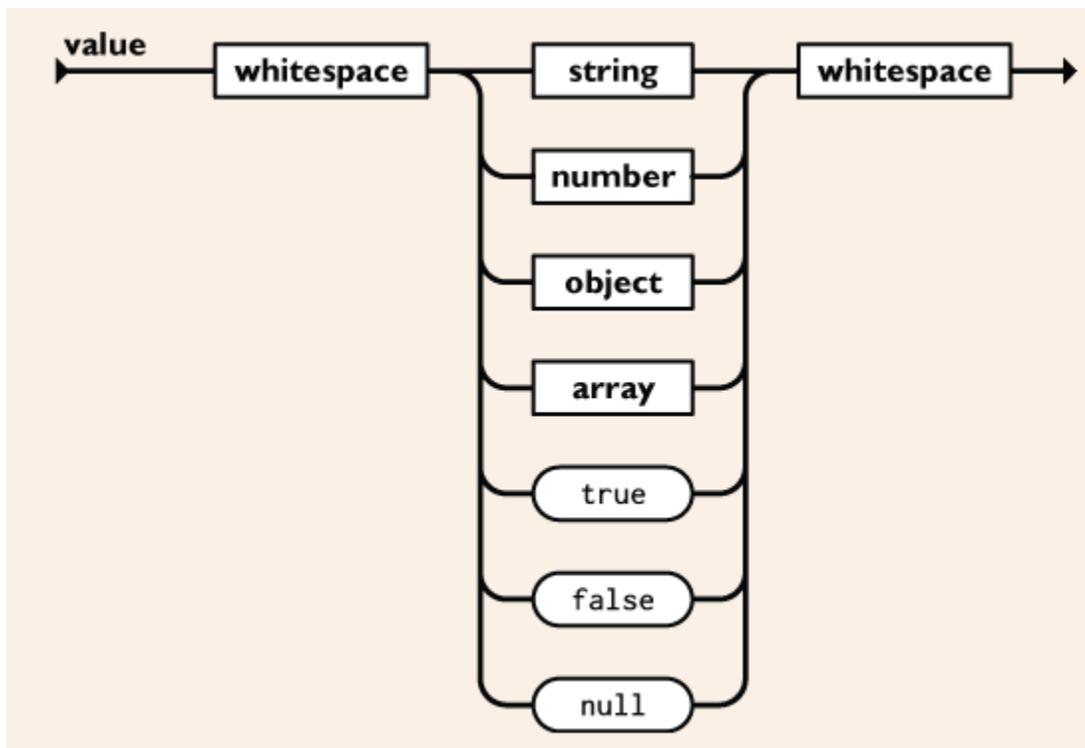


Ilustración 5. Formato de un valor JSON.

Fuente: Tomado de Introducing JSON, Disponible en: <https://www.json.org/>

Un string es una secuencia de cero o más caracteres agrupados en comillas dobles, un carácter se representa como un único carácter de un string, tal como se muestra en la ilustración 6.

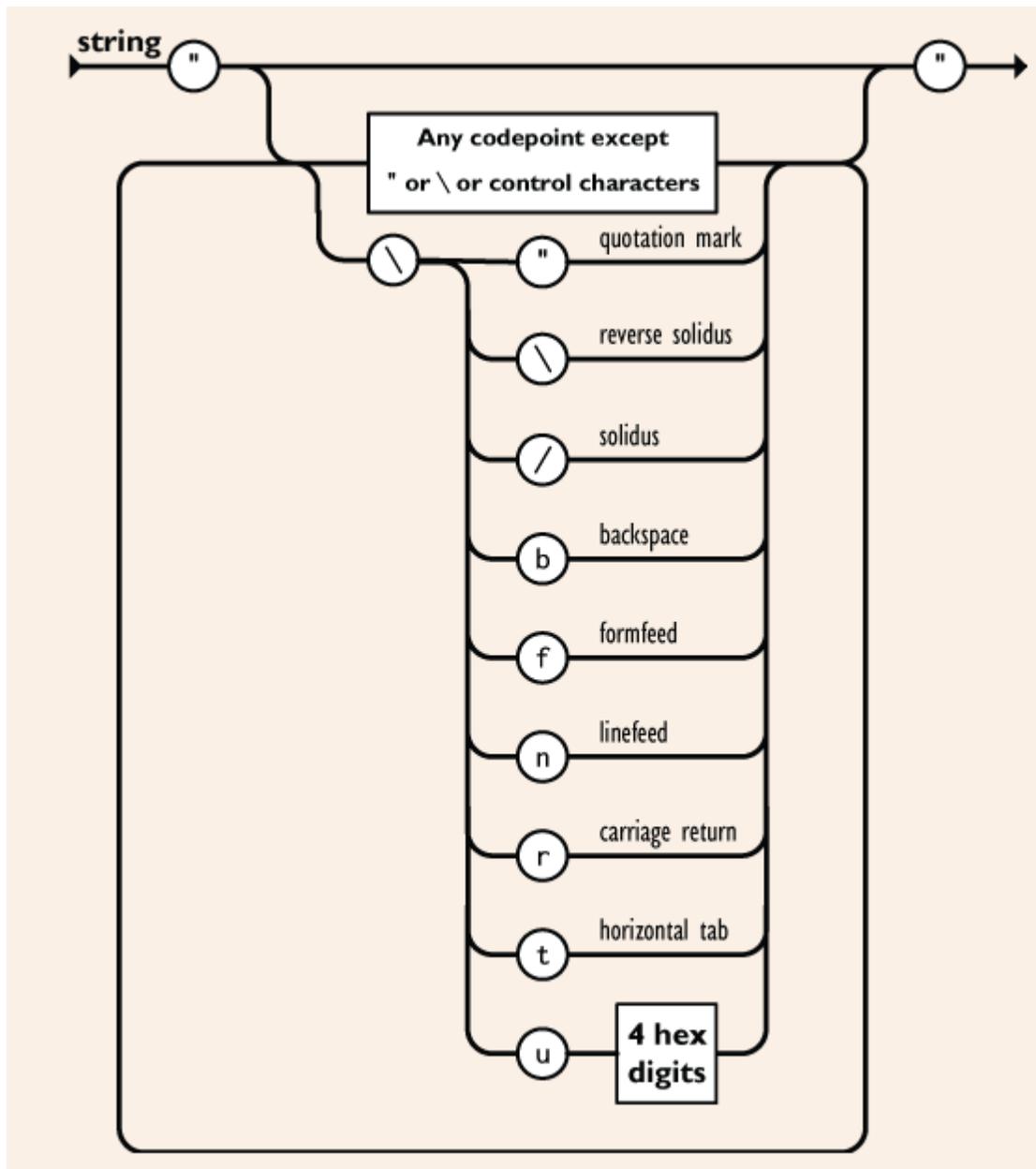


Ilustración 6. Formato de un string JSON.

Fuente: Tomado de Introducing JSON, Disponible en: <https://www.json.org/>

Un número tiene un formato similar al lenguaje C o Java, a excepción de que los formatos octal y hexadecimal no son usados, un número JSON se representa como se muestra en la ilustración 7.

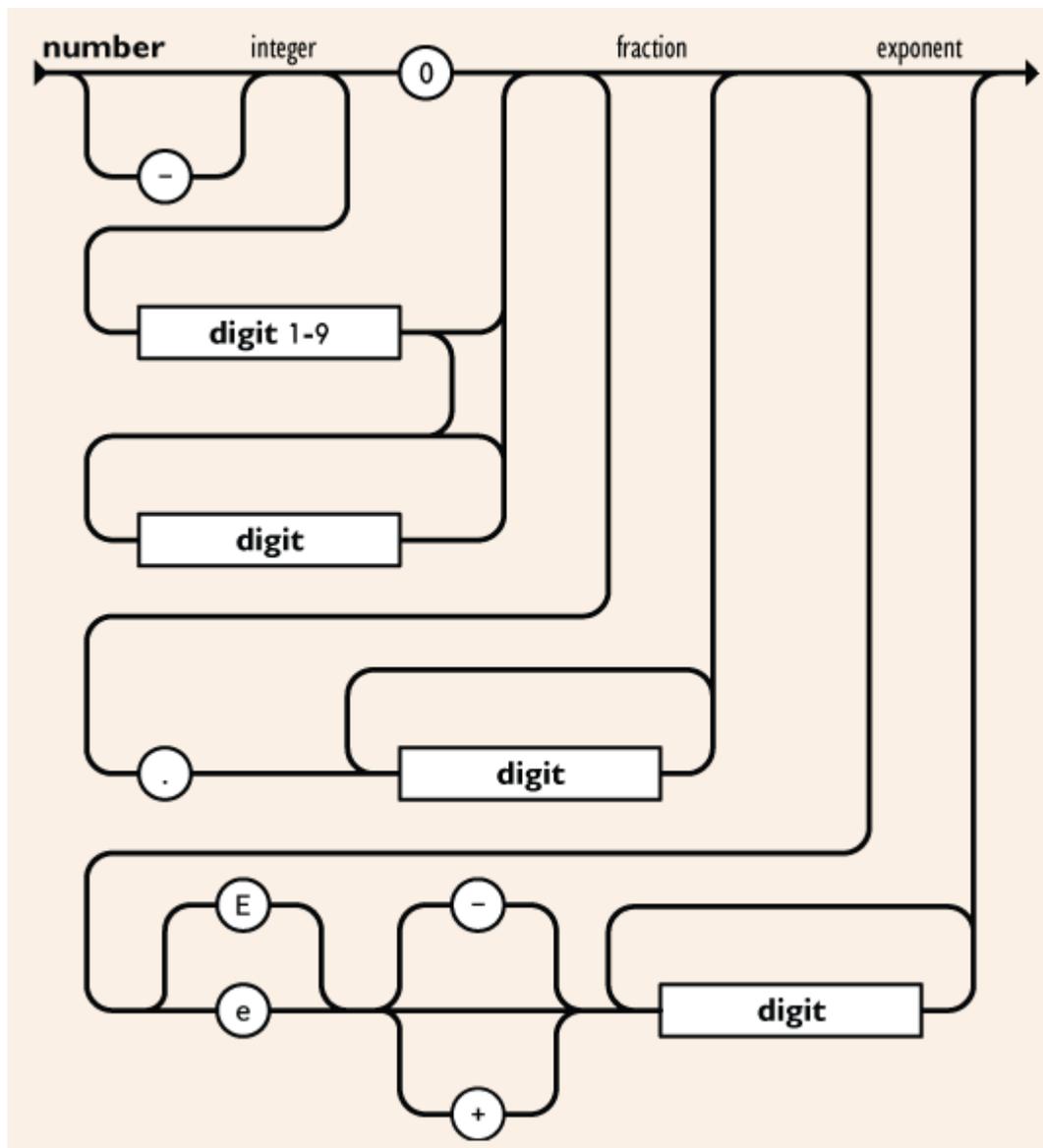


Ilustración 7. Formato de un número JSON.

Fuente: Tomado de Introducing JSON, Disponible en: <https://www.json.org/>

En JSON, un espacio en blanco puede ser insertado entre cualquier par de espacios a excepción de unos detalles de codificación que son propios del lenguaje. El espacio en blanco JSON funciona como se muestra en la ilustración 8.

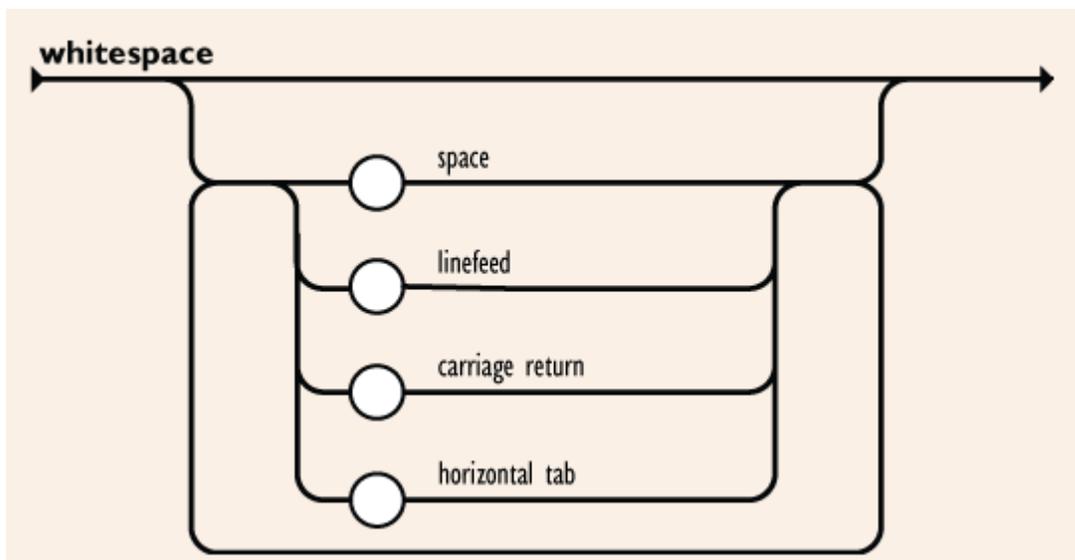


Ilustración 8. Formato de un espacio en blanco JSON.

Fuente: Tomado de Introducing JSON, Disponible en: <https://www.json.org/>

Comunicación Tipo Serial Peripheral Interface (SPI): La interfaz periférica serial (SPI) es una interfaz comúnmente usada para enviar datos entre microcontroladores y periféricos pequeños tales como sensores o memorias SD, es un protocolo síncrono que usa líneas separadas para el reloj y la transferencia de información además de un selector de dispositivo el cual puede escoger con cuál periférico va a entablar comunicación. (Sparkfun, 2019)

Un dispositivo compatible con el protocolo SPI debe contar con una línea para reloj (CLK), una línea donde el dispositivo maestro envía información (MOSI), una línea donde el dispositivo maestro recibe información (MISO) y una línea de selección de esclavo (SS).

- **CLK:** Esta señal periódica se encarga de la sincronía y correcto flujo de los datos seriales, está controlada por el dispositivo maestro. La sincronía de la comunicación se basa en que cada bit de información se envía cada vez que se completa un ciclo del reloj, por ende, la velocidad de información es dependiente de la frecuencia de la señal de reloj.
- **MOSI:** Referente a Master Output Slave Input; esta línea está dedicada al envío de información desde el maestro hacia alguno de los periféricos esclavos en el sistema.

- **MISO:** Referente a Master Input Slave Output; esta línea está dedicada al envío de información desde alguno de los periféricos esclavos en el sistema hacia el dispositivo maestro que se encarga de recibir y procesar estos datos.
- **SS:** Referente a Slave Select, esta línea está encargada de administrar la selección del periférico al cual se espera enviar o recibir algún tipo de información.

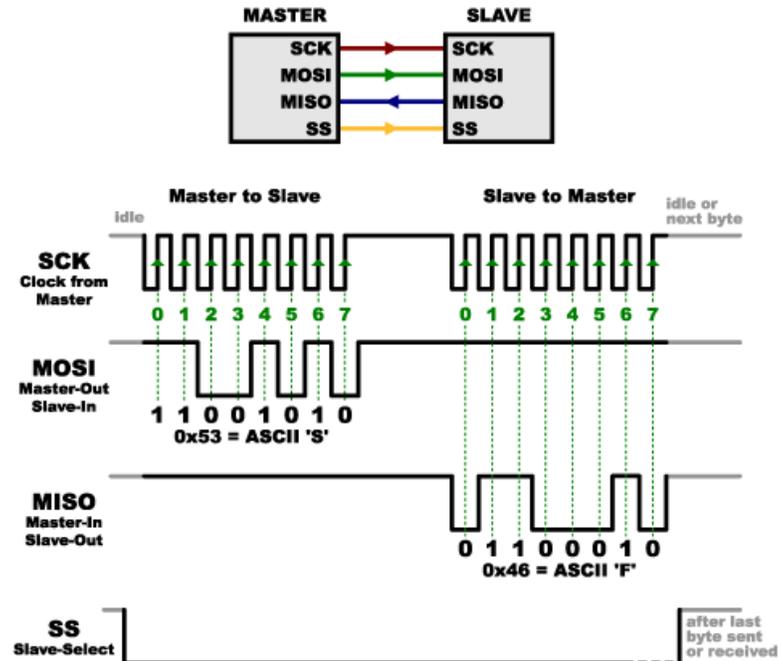


Ilustración 9. Comunicación SPI.

Fuente: Tomado de **Sparkfun**. *Serial Peripheral Interface (SPI)*. Online. Disponible en:
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi/all>. S.F.

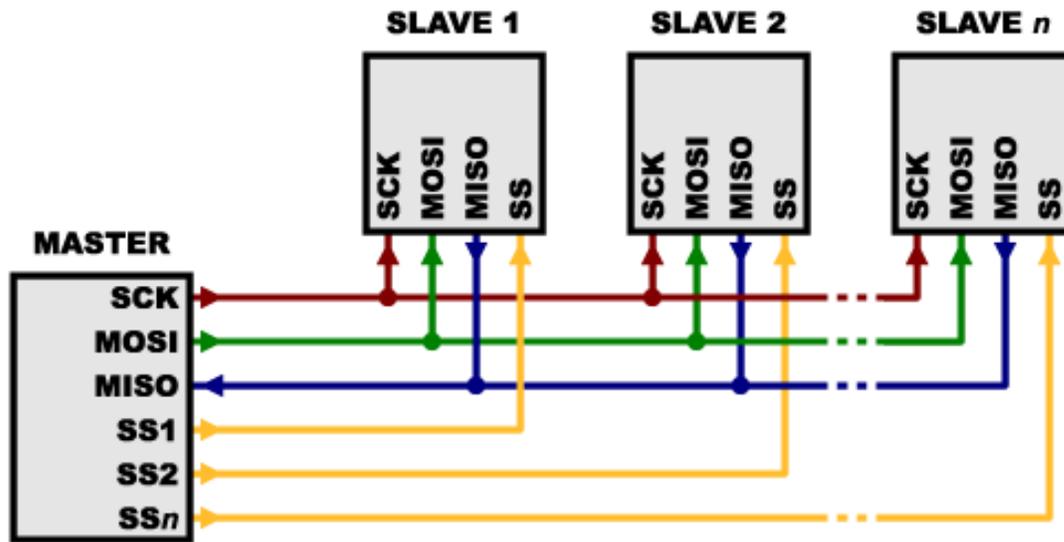


Ilustración 10. Comunicación SPI a n esclavos.

Fuente: Tomado de **Sparkfun**. *Serial Peripheral Interface (SPI)*. Online. Disponible en: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi/all>. S.F.

La primera imagen muestra la estructura básica de una trama serial bajo el protocolo SPI, este protocolo se caracteriza por ser capaz de recibir y enviar información de manera simultánea (Full Duplex) esto debido a sus canales independientes.

La segunda imagen muestra una configuración básica de interconexión entre un dispositivo maestro y una cantidad n de periféricos esclavos, la conexión básica se basa en la comunicación directa entre el dispositivo maestro con todos los periféricos esclavos en el sistema.

Near Field Communication (NFC): Por sus siglas en inglés, la comunicación de campo cercano es una forma de conexión entre dispositivos donde no es requerido ningún tipo de contacto directo o cableado donde se permite enviar y recibir información. (Near Field Communication, 2017).

Este tipo de comunicación está compuesto por un lector, interrogador o dispositivo activo que crea una radio frecuencia que se comunica con otro dispositivo compatible que contiene la información que el lector requiere. Los dispositivos pasivos son aquellos que retienen la información y pueden comunicarse con otros dispositivos sin necesariamente poder requerir información activamente de estos otros dispositivos.

Este tipo de tecnología es ampliamente usada en aplicaciones bancarias, transporte público, entornos de mercadeo o de compra – venta como también aplicativos móviles con distintas finalidades. La comunicación se da gracias a una alta frecuencia de 13.56 MHz (Near Field Communication, 2017).



Ilustración 11. Sistema NFC

Fuente: Tomado de **UIC**. *Everything You Need to Know About Near Field Communication Products*. Online. Disponible en: <https://www.uicworld.com/blog/index.php/2018/01/02/everything-you-need-to-know-about-near-field-communication-products/>, 2017.

Es una comunicación similar a Bluetooth o a la conexión Wi-Fi, utiliza identificación por radio frecuencia RFID y se basa en la proximidad para hacer efectiva la comunicación (Near Field Communication, 2017).

Radio Frequency Identification (RFID): Por sus siglas en inglés, la identificación por radio frecuencia RFID es una tecnología empleada para la identificación de dispositivos y objetos físicos gracias a la comunicación inalámbrica por radio frecuencia. Se utiliza una red inalámbrica donde los campos de radio frecuencia electromagnética transfieren datos desde una etiqueta hacia un dispositivo receptor, el cual interpreta los datos e identifica al emisor correspondiente. (Microsystem, 2018).

Existen diferentes bandas de frecuencia en las que opera este tipo de identificación, la baja frecuencia, alta frecuencia y ultra alta frecuencia. La principal característica que diferencia cada una de estas bandas de operación es el alcance que puede llegar a tener el dispositivo, el cual inicia en 50 centímetros aproximadamente (baja frecuencia) hasta 10 metros (ultra alta frecuencia). La tabla 1 muestra las bandas de frecuencia utilizadas en RFID:

Baja Frecuencia	125 kHz
Alta Frecuencia	13.56 MHz
Ultra Alta Frecuencia	400 - 1000 MHz

Tabla 1. Bandas de frecuencia en la que opera la identificación por radio frecuencia RFID.

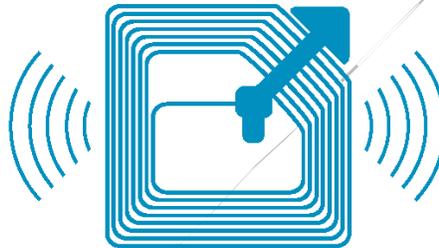


Ilustración 12. Comunicación RFID.

Fuente: Tomado de **UIC**. *Everything You Need to Know About Near Field Communication Products*. Online. Disponible en: <https://www.uicworld.com/blog/index.php/2018/01/02/everything-you-need-to-know-about-near-field-communication-products/>, 2017.

Diferencias entre NFC y RFID: RFID hace referencia al proceso de identificación de un dispositivo mediante el uso de radio frecuencia, por otra parte, NFC corresponde a una rama de esta forma de identificación, donde se presenta el intercambio de información. (RFID Insider, 2013).

- **Sistema Integrado de Transporte Público (SITP):** Dentro del marco del Plan Maestro de Movilidad, se tiene que dentro de la carta de navegación de la ciudad de Bogotá se establece la estructuración del nuevo sistema integrado de transporte público de Bogotá (SITP), este modelo garantizará mejor calidad de vida de los ciudadanos al optimizar los niveles de servicio para viajes que se realizan dentro de la ciudad. Se propone una

articulación gradual y controlada junto con el sistema Transmilenio con la finalidad de consolidar un sistema de transporte referente a nivel mundial además de eliminar la llamada guerra del centavo. (SITP, 2016)

Este sistema de transporte público busca lograr cobertura del 100% en la prestación del servicio en la ciudad, integrar la operación y la tarifa para equilibrar la demanda de buses en todas las zonas y ajustar tecnológicamente la flota actual para reducir los índices de accidentalidad además de mejorar la accesibilidad al sistema.

Al implementar este sistema, será el único que ofrece al usuario todos los servicios de movilidad que requiera combinar para llegar a su destino y se implementa una tarifa integrada para evitar costos extras durante cualquier tipo de trayecto. (SITP, 2016)

El Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá se basa en la disposición de paraderos señalizados a lo largo de las rutas diseñadas, las rutas pueden ser clasificadas como servicio urbano (azul) servicio complementario (naranja) y servicio especial (rojo).

- **Tabla de Ruta:** Permite encontrar la información sobre el trayecto de la ruta, esta muestra lugares por los cuales pasa la ruta, vías principales, barrios o hitos; todas las rutas se identifican con un código en la parte superior de la tabla.
- **Servicio Urbano:** Este servicio cumple con las rutas más extensas y concurridas del sistema, se caracteriza por incluir un código de colores para caracterizar el sector de destino de la ruta.

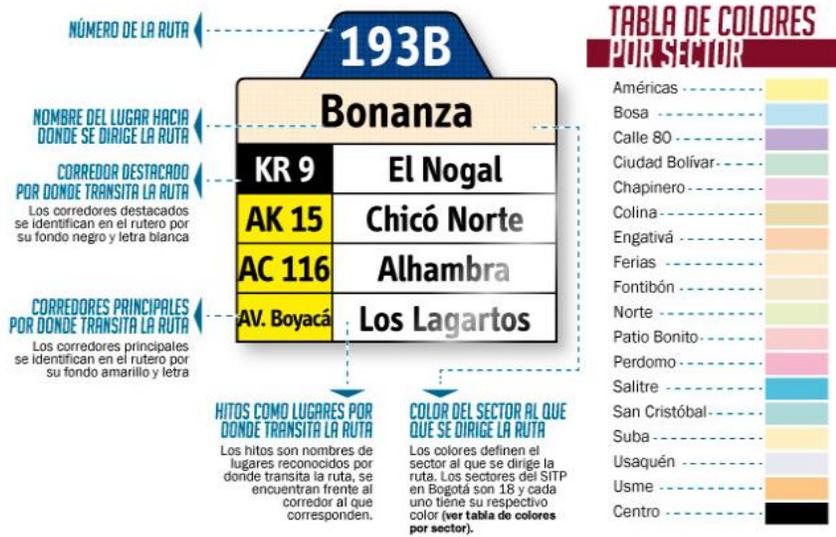


Ilustración 13. Características de la Tabla de Ruta del Servicio Urbano.

Fuente: Tomado de **SITP**. *El Rutero o Tabla de Ruta*. Online. Disponible en:

http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/el_rutero_o_tabla_de_ruta

- **Servicio Complementario:** Las rutas complementarias son de tipo circular, parte de Transmilenio para hacer un recorrido a través de barrios o lugares cercanos para finalmente regresar a la misma estación.



Ilustración 14. Características de la Tabla de Ruta del Servicio Complementario.

Fuente:

Tomado

de **SITP**. *El Rutero o Tabla de Ruta*. Online. Disponible en:

http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/el_rutero_o_tabla_de_ruta

- **Servicio Especial:** Las rutas especiales ofrecen un servicio periférico, llegan a zonas de difícil acceso y realizan viajes a lo largo de una vía principal hacia un destino específico donde otros servicios del SITP no llegan.



Ilustración 15. Características de la Tabla de Ruta del Servicio Especial.

Fuente: Tomado de **SITP. El Rutero o Tabla de Ruta.** Online. Disponible en:

http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/el_rutero_o_tabla_de_ruta

Identificación de Paraderos del SITP: Los paraderos se ubican estratégicamente en diferentes puntos de la ciudad y son los únicos puntos autorizados donde un bus del SITP puede detenerse y donde el usuario puede tomar un servicio o bajarse del mismo. Los paraderos se identifican con un código sobre una franja amarilla.

- **Señal de Paradero (Bandera):** El paradero se señala con una estructura metálica de aproximadamente 3.6 metros de altura, se instalan sobre la vía o de una forma adyacente a esta, las señalizaciones se clasifican en 5 tipos según la cantidad de rutas que se muestran en esta. De manera adjunta, cada señal de paradero contiene un código que referencia el nombre del paradero, la cantidad de rutas que obedecen a dicho paradero, una sección de información institucional y un pequeño recuadro que señala otras rutas también disponibles en el costado opuesto de la misma señal. La tabla 2 y la ilustración 16 muestran los 5 tipos de señalizaciones usados para mostrar las rutas del SITP.

Tipo 1	1 a 2 rutas
Tipo 2	3 a 5 rutas
Tipo 3	6 a 8 rutas
Tipo 4	9 a 11 rutas
Tipo 5	12 a 20 rutas

Tabla 2. Tipos de señalización de paraderos del Sistema Integrado de Transporte Público en función de la cantidad de rutas que paran en determinado paradero.

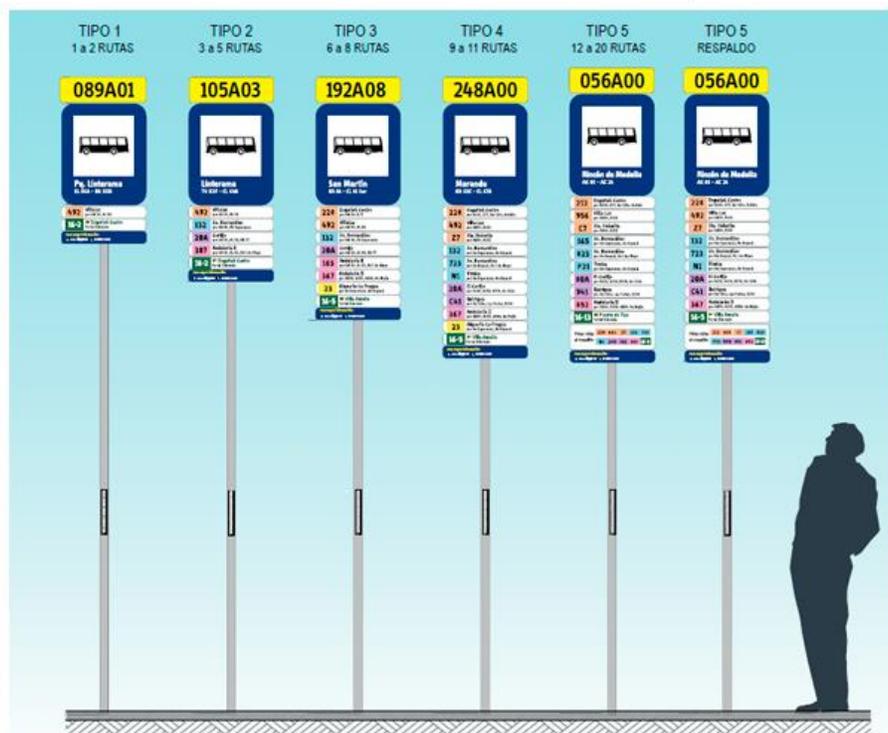


Ilustración 16. Identificación de paraderos.

Fuente: Tomado de **SITP**. *El Rutero o Tabla de Ruta*. Online. Disponible en: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/identifica_los_paraderos

2.2.1 Marco Legislativo

DECRETO 470 DE 2007:

Decreto por el cual se busca lograr una cultura que garantice o restituya los derechos fundamentales de las personas con algún tipo de discapacidad. Permitiéndoles tener una calidad de vida digna enfocada a su bienestar y generar condiciones de integración social. (Salud, 2007)

RESOLUCIÓN 8430 DE 1993:

Resolución por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, incluyendo aspectos éticos como también las disposiciones generales para la investigación, entre otros casos, para personas menores de edad o en condición de discapacidad. (Salud M. d., 1993)

Licencia de uso de software:

Es necesario considerar los diferentes tipos de licencia de software existentes, para el proyecto es necesario obtener una licencia para el uso de los servidores de Google Maps; en el caso de Arduino y de Android Studio no es necesario contar con alguna licencia de uso, debido a que estos son software de uso libre.

2.2.2 Marco Lógico

Autores:					
Nombre proyecto: Diseño e implementación de un Sistema de Cálculo de Ruta de Transporte Público en Tiempo Real para Usuarios con Discapacidad Visual, Auditiva o Motriz.					
Objetivo general: Diseñar e implementar un dispositivo integrado a los paraderos del SITP para facilitar la movilidad de personas con alguna discapacidad dentro del sistema de transporte de la ciudad.					
No. Objetivo	Objetivo	Resultado(s) por objetivo específico	Indicador(es) por resultado	Actividades relacionado(s) a cada resultado y objetivos específicos	Mes cumplimiento
1	Identificar las dificultades que presentan personas con discapacidad visual, auditiva o motriz al momento de usar transporte público en Bogotá.	Se logran identificar las principales problemáticas que limitan la información y movilidad cuando un usuario con discapacidad desea usar el transporte público de Bogotá	Dificultades del usuario con discapacidad auditiva, visual o motriz.	Reuniones por grupos junto con personas con los distintos tipos de discapacidad a implementar en el aplicativo, recopilación de datos y propuestas, documentación y evaluación de resultados de encuestas, diseños preliminares.	nov-18
2	Diseñar un aplicativo móvil para asistir al usuario de la manera más adecuada en función de su discapacidad.	Se logra proponer un sistema que identifica al usuario con discapacidad en el paradero, logra asistirlo y hacer del sistema de transporte público de Bogotá un sistema inclusivo que logra asistir a personas con alguna discapacidad.	Funcionamiento correcto del aplicativo.	Programación de actividades en Android Studio dependiendo del caso (tipo de usuario), construcción de prototipo físico (Interfaz de usuario en el paradero), pruebas preliminares.	may-19
3	Evaluar de manera objetiva y subjetiva los aportes que logra hacer el dispositivo a los usuarios al momento de ser asistidos durante su viaje en transporte público.	Se logran registrar los resultados al implementar el dispositivo en el sistema de transporte público de Bogotá, los usuarios logran evaluar el desempeño del mismo según la eficacia y percepción de independencia del usuario dentro del sistema como también indicadores numéricos que evidencian cambios en el rendimiento del viaje.	Percepción subjetiva del usuario, indicadores numéricos medibles.	Reuniones por grupos junto con personas con los distintos tipos de discapacidad implementando el aplicativo, recopilación de datos y posibles cambios y mejoras, documentación y evaluación de resultados de encuestas.	jun-19

3. Diseño Metodológico

El desarrollo de este procedimiento de diseño e implementación inicia con recopilación de datos que permitan identificar las dificultades que presentan personas con discapacidad visual, auditiva o motriz al momento de usar transporte público en Bogotá, de esta manera se suple el primer objetivo específico propuesto.

Se toman como prioridad aquellos casos donde el usuario está limitado por alguno de los tipos de discapacidad abordados en este proyecto. Dichas actividades fueron diseñadas, validadas, ejecutadas y analizadas por los pares académicos de la Universidad del Bosque, el desarrollo de estas actividades se realizó y documentó al interior de las instalaciones de esta universidad.

La investigación se realizó a manera de encuesta y socialización, donde a los usuarios se les ofrece un cuadernillo con una serie de preguntas, estas tienen la finalidad de identificar los momentos más estresantes como también experiencias positivas y negativas que se pueden presentar al momento de acceder al sistema de transporte público de Bogotá; se hizo énfasis en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) ya que la particularidad de este sistema, a comparación del Transmilenio, es la necesidad de anunciar el paradero mediante el timbre con anterioridad.

La Universidad El Bosque se encarga de generar un informe detallado con los datos recopilados, también se suministra un archivo fotográfico y de video para apoyar la interpretación de los datos anteriormente documentados. El informe consta del análisis de dos de los grupos encuestados, donde se muestran los resultados al preguntar por: Puntos de trayecto en la ruta y nivel de satisfacción, experiencias positivas y negativas durante algún trayecto en el transporte público, momentos relajantes y estresantes durante el trayecto en el transporte público, nivel de importancia de ítems, idealización de paradero ideal e idealización de trayecto ideal. Cada una de estas actividades serán profundizadas durante el desarrollo del presente documento.

Una vez cumplido el primer objetivo específico, se procede a diseñar un aplicativo móvil para asistir al usuario de la manera más adecuada en función de su discapacidad. Se parte de la idea general que se basa en el reconocimiento del usuario en función de una manilla o identificación que debe tener para ser identificado, al acercarse la identificación al dispositivo será reconocido y a partir de la discapacidad que el usuario presente la aplicación procede a calcular la ruta y presentar la información de la manera más apropiada. Para esta primera etapa del dispositivo, se implementa un microcontrolador Arduino Mega 2560 junto con sus respectivos módulos de identificación por

RFID y de comunicación Bluetooth HC – 05. El principio de funcionamiento es que el módulo RFID es capaz de obtener la identificación de cada uno de los identificadores, estos serán los que el usuario debe portar y acercar al módulo; cuando se recibe cierta identificación por parte del módulo se hace una comparación con una lista de identificaciones guardadas en el programa y según esto se realiza la identificación de 4 posibles maneras: usuario con discapacidad visual, usuario con discapacidad auditiva, usuario con discapacidad motriz o usuario sin discapacidad. Cuando se tiene identificado al usuario, el módulo Bluetooth se encarga de enviar la información pertinente para conectar con la segunda sección del aplicativo móvil y así ejecutar la actividad pertinente según sea el caso que requiere el usuario.

Cuando el aplicativo móvil recibe la información proveniente del entorno Arduino se cambia al entorno de Android Studio, esta sección de la aplicación se encarga de iniciar la actividad correspondiente según el tipo de usuario. En el caso de que se identifique a un discapacitado visual la aplicación procede a detallar la información a través de audio y así procede a dar las instrucciones de uso, posterior a estos mensajes por parte de la aplicación el usuario podrá indicar con su voz hacia dónde se quiere dirigir y cuando se reconozca el destino, la aplicación será capaz de indicar a través de audio la ruta que debe tomar y la duración aproximada del viaje.

En el caso que se identifique al usuario como discapacitado auditivo, el teclado táctil del dispositivo se habilita con el lenguaje de señas de Colombia y el usuario será capaz de escribir el destino al que desea llegar, la aplicación será capaz de ofrecer la información de forma visual y podrá mostrar de forma clara la ruta que debe tomar, la cantidad de paradas y el tiempo aproximado para llegar a su destino.

En el caso que se identifique a un usuario con discapacidad motriz, la aplicación tendrá la opción de ingresar el destino mediante el teclado táctil del dispositivo y mostrará en la pantalla la ruta, cantidad de paradas y tiempo aproximado del viaje.

Cuando el dispositivo identifique a una persona sin discapacidad, el desarrollo de la actividad será similar al caso de las personas con discapacidad motriz, ya que no existe alguna condición que limite el acceso a la información sobre las rutas a través de la pantalla y el teclado táctil del dispositivo.

El sistema de ubicación y cálculo de ruta se apoya en las APIS desarrolladas por Google y la facilidad de acceder a la base de datos JSON, la cual contiene la información relacionada al funcionamiento y desarrollo del sistema de transporte público a lo largo del día.

Con el aplicativo móvil funcionando, se considera como cumplido el segundo objetivo específico, de esta manera se procede a evaluar de manera subjetiva los aportes que logra hacer el dispositivo a los usuarios al momento de ser asistidos durante su viaje en el transporte público. Esta evaluación subjetiva se basará en el mismo modelo planteado por la universidad El Bosque para la realización del primer objetivo específico desarrollado anteriormente. Se plantea un cuestionario diseñado para que el usuario califique su experiencia usando la aplicación y el nivel de asistencia e independencia que percibe al ser guiado por el aplicativo móvil según la discapacidad que el voluntario simula.

La población a la que se dirige este proyecto son personas que sufran de discapacidad visual, discapacidad auditiva o discapacidad motriz, que estén ubicados en la ciudad de Bogotá y que requieren asistencia al momento de usar el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá (SITP).

La población a la que se enfoca este proyecto serán personas con discapacidad auditiva, motriz o visual, estas personas tendrán un rango de edad entre 18 y 50 años y serán todos residentes en la ciudad de Bogotá.

La muestra serán 25 personas voluntarias, estas personas evaluarán de forma individual cada uno de los casos diseñados en este proyecto. Con los resultados obtenidos se realizará un análisis estadístico de acuerdo con las respuestas dadas por los encuestados, para de esta forma evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos para este proyecto, se asume que 25 personas es un grupo lo suficientemente representativo para analizar, interpretar y presentar los resultados obtenidos tras las pruebas realizadas.

4. Tipo y Enfoque de la Investigación

4.1 Hipótesis

El desarrollo e implementación de un sistema de movilidad y ubicación en tiempo real, permitirá generar en un determinado grupo de personas con algún tipo de discapacidad inclusión social y facilidad al momento de usar el sistema de transporte público de Bogotá.

4.2 Instrumentos para la Recolección de Información

- Consultar sobre las aplicaciones especializadas en el uso del transporte público en tiempo real ya implementadas, así como las que son especializadas para personas con alguna discapacidad, con el fin de tomar elementos que puedan ser útiles y corregir posibles errores que estos tengan y se puedan mejorar.
- Se deberá realizar la implementación del modelo físico en Arduino para comprobar el funcionamiento del sistema, para lo cual es necesario contar con los módulos requeridos para su funcionamiento en conjunto con el dispositivo Android, como lo son el módulo Bluetooth, la placa de Arduino y el lector RFID.
- En un grupo pequeño de personas se aplicará una encuesta a cada asistente para la evaluación subjetiva del sistema, esto con el fin de evaluar la eficiencia y la percepción que tienen los usuarios al usar la aplicación.

4.3 Variables

4.3.1 Variables Independientes

Para la realización de este proyecto deben considerarse varios aspectos para el correcto desarrollo de este, estos son:

- Paradero de origen.

- Paradero de destino.
- Rutas existentes.
- Vías existentes.
- Ubicación del sistema dentro de los paraderos.
- Información en formato de texto.
- Información auditiva.
- Información visual.

4.3.2 Variables Dependientes

- Tipo de discapacidad del usuario.
- Interacción de la interfaz con el usuario correspondiente.
- Rutas disponibles del sistema de transporte público.
- Presentación de la información requerida.
- Métodos de ingreso de información por parte del usuario.
- Métodos de presentación de la información requerida por el usuario.

4.3.3 Variables Foráneas

- Diseño de rutas.
- Paraderos.
- Horarios de rutas.
- Disponibilidad de rutas.
- Tipo de bus.
- Frecuencia de las rutas.
- Capacidad actual del bus (cupos).

5. Desarrollo Ingenieril

A continuación, se muestra de manera detallada el desarrollo del aplicativo móvil, partiendo de las primeras recopilaciones de información ejecutadas en la Universidad El Bosque, prosiguiendo con la etapa de programación y montaje del dispositivo y finalmente se recopilan los detalles de las pruebas y resultados obtenidos al implementar el producto final.

5.1 Reconocimiento de las Principales Dificultades de los Usuarios con Algún Tipo de Discapacidad en el uso de Transporte Público

La primera etapa del Desarrollo Ingenieril consiste en la recolección de información a través del desarrollo de actividades junto con diferentes tipos de usuarios, tomando como prioridad aquellos casos donde el usuario está limitado por alguno de los tipos de discapacidad abordados en este proyecto. Dichas actividades fueron diseñadas, validadas, ejecutadas y analizadas por los pares académicos de la Universidad El Bosque, el desarrollo de estas actividades se realizó y documentó al interior de las instalaciones de esta universidad.

La investigación se realizó a manera de encuesta y socialización, donde a los usuarios se les ofrece un cuadernillo con una serie de preguntas, estas tienen la finalidad de identificar los momentos más estresantes como también experiencias positivas y negativas que se pueden presentar al momento de acceder al sistema de transporte público de Bogotá; se hizo énfasis en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) ya que la particularidad de este sistema, a comparación del Transmilenio, es la necesidad de anunciar el paradero mediante el timbre con anterioridad.

El reconocimiento de las principales dificultades de los usuarios se realizó a través de un total de 6 actividades, estas fueron aplicadas en 2 grupos, cada uno conformado por 8 personas.

Los resultados obtenidos fueron recopilados y se presentó un informe preliminar con los aspectos principales detectados en el análisis de cada una de las pruebas individuales.

5.1.1 Actividad 1: Puntos de Trayecto en la Ruta y Nivel de Satisfacción

Esta primera actividad busca que los participantes identifiquen las etapas que componen un trayecto general en el Sistema de Transporte Público de Bogotá (SITP), así mismo se pide que cada

una de estas etapas sean clasificadas como positivas, neutras o negativas, tomando un rango numérico que comprende un rango entre -5 a 5, siendo 5 una etapa satisfactoria o cómoda y -5 una etapa insatisfactoria o estresante. Los resultados obtenidos se obtuvieron al promediar los datos recolectados, como se muestra en la ilustración 17 y 18.

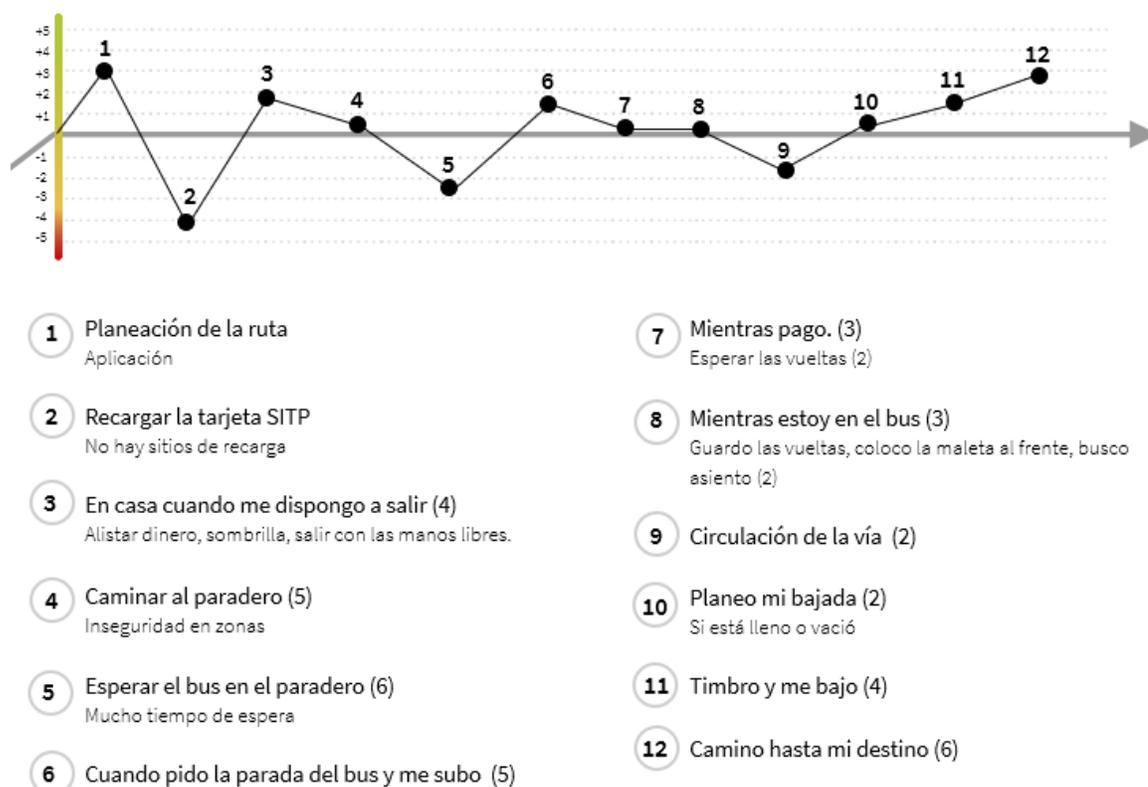
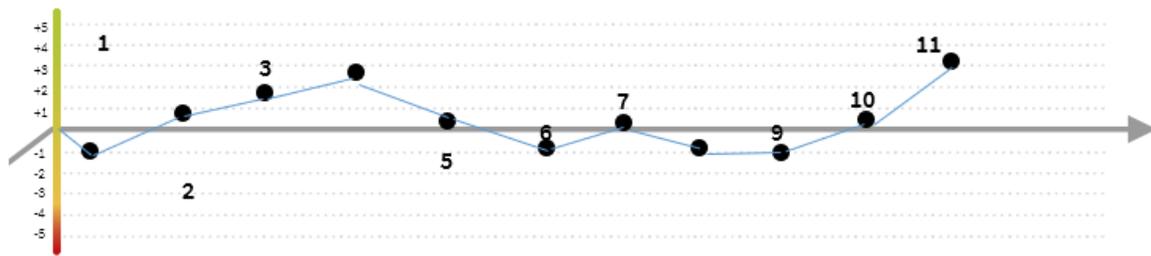


Ilustración 17. Tabla que clasifica el nivel de satisfacción de las diferentes etapas que componen un viaje en el SITP, expuestas por los usuarios participantes (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)



- | | |
|---|--|
| <p>1 Planeación de la ruta (3)
Aplicación</p> | <p>6 Cuando pido la parada del bus y me subo (4)</p> |
| <p>2 En casa cuando me dispongo a salir (1)
Alistar dinero, sombrilla, salir con las manos libres.</p> | <p>7 Mientras estoy en el bus (4)
Guardo las vueltas, coloco la maleta al frente, busco asiento (2)</p> |
| <p>3 Recargar la tarjeta SITP (1)
Alistar el pago</p> | <p>8 Traslado (3)</p> |
| <p>4 Caminar al paradero (7)
Inseguridad en zonas</p> | <p>9 Planeo mi bajada (1)
Si está lleno o vacío</p> |
| <p>5 Esperar el bus en el paradero (6)
Mucho tiempo de espera</p> | <p>10 Timbro y me bajo (5)</p> |
| | <p>11 Camino hasta mi destino (4)</p> |

Ilustración 18. Tabla que clasifica el nivel de satisfacción de las diferentes etapas que componen un viaje en el SITP, expuestas por los usuarios participantes (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)

Los indicadores que tienen un paréntesis con un número representan la cantidad de veces que se repitió una situación determinada en ese grupo, las situaciones repetitivas entre los participantes pueden indicar la tendencia de los usuarios a considerar importante estas situaciones en sus trayectos en el transporte público.

Con los resultados obtenidos, se evidencia inconformidad en las etapas propuestas por los usuarios que hacen referencia a caminar hacia el paradero o desde el paradero como también esperar el bus en dicho punto debido a la percepción de inseguridad en la zona, también resulta incómodo recargar la tarjeta ya que no existe la percepción de que existan puntos de recarga cercanos, también resulta incómodo el momento de bajarse del bus para realizar un traslado o para finalizar el viaje ya que el bus puede estar lleno y complicar el camino hacia el timbre y la puerta. Finalmente, algunas de las actividades más cómodas son las etapas finales de un viaje, ya que se percibe que el viaje ha concluido y que finalmente se ha logrado llegar al destino planeado.

5.1.2 Actividad 2: Experiencias Positivas y Negativas durante algún Trayecto en el Transporte Público

Esta segunda actividad busca que los participantes mencionen algunas de las experiencias positivas y negativas que han vivido en el desarrollo de su viaje en el transporte público, la recolección de esta información fue mediante pregunta abierta y permitiendo que el usuario pudiera mencionar varias experiencias positivas y negativas para que posteriormente las documentara en un cuadro. Algunas de las experiencias fueron mencionadas más de una vez por diferentes usuarios, tomando estas como las más relevantes.

Experiencias positivas	Experiencias negativas
Cuando el bus se encuentra vacío. (2)	Cuando el bus está demasiado lleno. (3)
Cuando las vías están fluidas y no hay trancón. (3)	No poder sostenerme de las barandas.
Cuando llega a tiempo el bus. (2)	Cuando el bus no para en el paradero. (3)
La atención que presentó el conductor (paciente). (3)	Esperar buses que ya no pasan por esa ruta.
Poder escuchar música sin inseguridad. (2)	Agresión y robos. (4)
Me regalaron un pasaje y presté uno.	Las personas se saltan la fila de espera. (2)
Personas tolerantes y respetuosas.	La falta de limpieza y mantenimiento del bus.
Las personas me ayudaron a llegar a mi destino.	Que se suban personas a pedir dinero.
Me cedieron el asiento.	Que se vare el bus y tenga que esperar otro.
Conocer personas.	Personas alcoholizadas, intolerantes o irrespetuosas.
Limpieza y mantenimiento de los buses.	El bus frena en seco y las personas se caen.

Tabla 3. Tabla que expone las experiencias positivas y negativas vividas en el transporte público (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)

Experiencias positivas	Experiencias negativas
Tomar asiento una vez me subo en el bus	Ir de pie, con peso (maleta con computador) e incómoda durante trayecto en el que hubo accidente (tardó el doble de lo usual)
Alguien me lleva la maleta en el bus cuando voy de pie (usualmente cuando cedo el puesto) (*)	Bajarme por error en otro paradero que me deja más lejos de mi destino
Que el bus pase rápido (una vez llego al paradero) (*)	Esperar por más de 40 minutos el único bus que me acerca a mi destino (antes pasaba cada 10 minutos o 15 minutos) (*)
Que alguien me ceda el puesto (¿tan mal me veía?, ¿tan cansado/a parecía?)	Retrasos en el tráfico debido a accidentes
Que el viaje demore la mitad de lo que normalmente dura (en hora pico)	Bus muy lleno (*)
En vacaciones: la ciudad está descongestionada, tráfico con flujo rápido	Demasiadas personas en el paradero
Bus vacío: sillas para escoger (*)	El timbre del bus no funciona
El segundo bus (trasbordo) pasa detrás del primer bus, así que el cambio es rápido	El conductor no para por querer competir con otro bus de la misma ruta
Conocer a una familia	En hora pico, la gente suele empujar, a veces sin justificación
Escuchar música en vivo	Ver como la policía detiene a un muchacho de comportamiento extraño
Ayudar a un discapacitado que se encontraba trabajando en Transmilenio	Muchos vendedores ambulantes
Ayuda de personas para saber qué bus exacto tomar para llegar al destino	Gente de escasos recursos pidiendo dinero
Encontrarse con alguien conocido con el que no se veía bastante tiempo	Intento de robo

Iba tarde para un evento y gracias al carril exclusivo llegó temprano	Perro perdido dentro del Transmilenio
Había perdido el carné y una persona dentro del bus lo había recogido y lo devolvió	Hernia
	A la salida de la U tardan demasiado en llegar los buses (se acumulan)
	La dificultad para encontrar el paradero
	Un familiar se perdió en las rutas de Transmilenio, y fue necesario solicitar taxi

Tabla 4. Tabla que expone las experiencias positivas y negativas vividas en el transporte público (Grupo 2).
(Universidad El Bosque, 2018)

Las experiencias que contienen un paréntesis y un número indican que esa experiencia se presentó una determinada cantidad de veces dentro del grupo, para este caso en el grupo 2 se realizó la misma dinámica, pero las repeticiones fueron marcadas con asteriscos.

Con los resultados obtenidos, se evidencia la relación de las buenas experiencias con la solidaridad ciudadana, la seguridad, comodidad y prontitud del bus y el recorrido; por otra parte, las malas experiencias se relacionan con la alta densidad de usuarios dentro de un mismo bus, el tiempo de espera y las complicaciones en el recorrido, la percepción de inseguridad y las ventas informales que no están reguladas por un ente del gobierno.

5.1.3 Actividad 3: Momentos Tranquilizantes y Estresantes Durante el Trayecto en el Transporte Público

Esta tercera actividad busca que los participantes mencionen algunas de las experiencias que generan tranquilidad o estrés al momento de acceder al sistema de transporte público de Bogotá. De igual forma que en la actividad 2, los participantes mencionan y registran en una tabla las actividades que los relaja y estresa en un trayecto en el transporte público.

Momentos tranquilizantes	Momentos estresantes
Poder sentarme. (4)	Personas empujando. (4)
Cuando las vías están fluidas. (5)	Trancón. (3)
Que llegue a tiempo el bus.	Falta de limpieza y mantenimiento del bus. (3)
Transbordo es rápido.	Personas intolerantes e irrespetuosas. (3)
No hay filas.	Ceder el puesto.
Cuando voy acompañado	Esperar el bus durante un muy largo tiempo. (3)
Cuando puedo escuchar música. (2)	Buscar donde recargar.
Limpieza y mantenimiento de los buses. (2)	No saber cuál ruta me sirve.
Buen servicio por parte del conductor.	Inseguridad. (2)
Cuando la información esta correcta y clara.	Mal servicio por parte del conductor.
Cuando no llueve.	Vendedores ambulantes.

Tabla 5. Tabla que expone los momentos tranquilizantes y estresantes durante un trayecto en el transporte público (grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)

Momentos tranquilizantes	Momentos estresantes
En trayecto largo (1h a 1:30h): sentado/a (*) (*) (*) con música (*)	Ir incómodo/a → poco espacio e ir de pie : durante el trayecto
Bus de ruta rápida y que me deja más cerca al destino, y que tenga puestos disponibles	Ir de pie cuando tengo zapatos altos (en cada frenada se doblan los tobillos) /duelen los pies : durante el trayecto (*)
Ver la aplicación de rutas y que la hora de llegada del bus al paradero coincida con la aplicación (*) (*)	Esperar el bus cuando llueve (en hora pico)
Ver que no hay tráfico/tráfico fluido (*) (*)	No saber si el bus de interés se demora
Ir a tiempo en un bus vacío (*) (*) y la ciudad sola	Las rutas no pasan a tiempo y salir a tiempo se torna en momentos de afán para llegar a tiempo (*) (*)
Tomar el segundo bus (trasbordo) rápidamente	Bus completamente lleno (*) (*) (*) (*) (*)
Suficiente tiempo para llegar	Cuando el timbre no funciona
Ventanas abiertas con aire natural	Tráfico denso (*) (*)
Orden para entrar al bus	Vendedores ambulantes (*)
Horarios claros para SITP y Transmilenio (*)	Pasajeros ruidosos
En Transmilenio troncal no hay trancones → se sabe cuánto es la demora de punto A hasta el punto B	No hay donde sentarse
Conductor buena gente	Montonera para entrar
Sin huecos	Estación repleta (*)
Poca gente en el paradero	Aire caliente y de mal olor cuando el bus está lleno
Ruta para tomar definida	El bus simplemente no pasa
	Sensación de inseguridad

Tabla 6. Tabla que expone los momentos tranquilizantes y estresantes durante un trayecto en el transporte público (grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)

Las experiencias que contienen un paréntesis y un número indican que esa experiencia se presentó una determinada cantidad de veces dentro del grupo, para este caso en el grupo 2 se realizó la misma dinámica, pero las repeticiones fueron marcadas con asteriscos.

Esta actividad evidencia que los momentos más tranquilizantes para los usuarios están relacionados con la comodidad durante el trayecto, tráfico fluido y coherencia con respecto a los horarios de los buses. Los momentos estresantes se relacionan con la alta densidad de personas en el sistema, tráfico con poca movilidad, buses y paraderos en malas condiciones, buses demorados, escasez de información sobre las rutas y sensación de inseguridad.

5.1.4 Actividad 4: Nivel de Importancia de Ítems

Esta cuarta actividad busca generar una clasificación por parte del usuario de diferentes elementos presentes en un trayecto en el Sistema de Transporte Público de Bogotá, para lograr esto se generó una lista de al menos 16 elementos (el usuario puede agregar más a la lista si así lo considera necesario) posteriormente estos elementos deben ser organizados de manera jerárquica, donde el primer elemento es el más importante y el último elemento será el menos primordial para esta persona en un trayecto. Para analizar estos datos se realizó una lista promedio que caracteriza los elementos primordiales para cada uno de los grupos estudiados.

- | | |
|--|--|
| 1. Conocer mi ruta de antemano. | 10. Rapidez. |
| 2. Conocer cuál es el bus que me sirve. | 11. Ubicación dentro del bus. |
| 3. Saber cuánto tiempo me voy a demorar. | 12. Encontrar un puesto. |
| 4. Conocer las rutas. | 13. La hora del día. |
| 5. No depender de nadie. | 14. Ir acompañado/a |
| 6. Seguridad. | 15. Que las personas me ayuden. |
| 7. Acceso al sistema. | 16. Encontrar un puesto con ventana corrediza. |
| 8. Saber dónde bajarme. | |
| 9. Información adecuada en el paradero. | |

Ilustración 19. Lista del nivel de importancia de los ítems considerados en un viaje en el transporte público (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)

-
1. Conocer cuál es el bus que me sirve.
 2. Conocer mi ruta de antemano.
 3. Rapidez.
 4. Seguridad.
 5. Saber cuánto tiempo me voy a demorar
 6. Información adecuada en el paradero.
 7. Saber dónde bajarme.
 8. Conocer las rutas.
 9. Acceso al sistema.
 10. Encontrar un puesto.
 11. La hora del día.
 12. No depender de nadie.
 13. Ir acompañado/a
 14. Que las personas me ayuden.
 15. Ubicación dentro del bus.
 16. Frecuencia de las rutas (conocimiento)
 17. Espacio para bicicletas
 18. Espacio para maletas
 19. Facilidad de cargar tarjeta
 20. Más espacio en las estaciones

Ilustración 20. Lista del nivel de importancia de los ítems considerados en un viaje en el transporte público (Grupo 2).
(Universidad El Bosque, 2018)

Con la lista de elementos importantes promedio, se evidencia gran importancia en poder conocer la ruta con anterioridad como también conocer el bus adecuado para este trayecto. Posteriormente se evidencian elementos que siguen a pesar de no ser primordiales para los usuarios, siguen siendo considerados al momento de planear un viaje en el sistema de transporte público, tales como la seguridad, independencia, conocimiento del tiempo necesario para completar el recorrido, rapidez, seguridad, accesibilidad e información en los paraderos. Los elementos menos primordiales son la compañía, la hora del día, encontrar una silla vacía, asistencia de otras personas y espacio para generar más comodidad.

5.1.5 Actividad 5: Paradero Ideal

Esta quinta actividad busca que el usuario logre imaginar el paradero ideal según su perspectiva, no se genera ningún tipo de limitación para las propuestas esperadas. En esta actividad se pidió que el usuario describiera su paradero ideal además de generar una maqueta con elementos reciclables, esto con la finalidad de poder apoyar de forma visual la propuesta en cuestión. Esta actividad tuvo soporte audiovisual, este registro fue generado y documentado por los pares académicos de la Universidad el Bosque.

Descripción
Iluminación de noche.
Tablero de tiempos estimados de llegada del bus.
Reloj digital.
Sistema activado en el paradero, con especificaciones de horarios, estado del bus
Sistema de recarga integrado.
Máquina expendedora de comida.
Panel informativo digital (tiempo estimado de las rutas.)
Forma de domo para evitar el frío y la lluvia.
Espacio para flores y plantas.
Tablero informativo (tiempo estimado de las rutas y mapa de ubicación del bus)
Sillas cómodas.
Sistema de iluminación.
Conexión a internet y bluetooth (Información de rutas, tiempo de llegada)
Drenaje de agua.
Pantallas digitales Indicación sonora
Conexión eléctrica para celulares.
Juegos mientras se espera el bus.

Tabla 7. Descripción breve por parte de los usuarios sobre su paradero ideal (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)

Descripción
<p>Sistema bien señalizado Estructura física cubierta y amplia Con asientos</p>
<p>Sistema que tenga ayuda para personas con discapacidad Sistema claro de información que ayuda a la persona a llegar a su destino y a indicarle a donde se dirige Información de rutas que toma el bus, por donde pasa, por donde viene, tiempo estimado de llegada a ese paradero y al lugar a donde se dirige</p>
<p>Sistema de recarga integrado. Máquina expendedora de comida. Panel informativo digital (tiempo estimado de las rutas (tiempo restante para que un bus llegue). Con la información de las rutas. Sistema digital de buscador de rutas Línea de emergencia. Banca. Tomas eléctricos.</p>
<p>Espacio para flores y plantas. Información de paraderos y rutas cercanas. Información de rutas y paraderos dentro y fuera del paradero. Vidrio en 3 lados. Paraderos grandes para muchas rutas. Tablero informativo (tiempo estimado de las rutas y mapa de ubicación del bus) Sillas cómodas.</p>
<p>Paraderos con máquinas para recargar la tarjeta. Nombres de rutas que paran en dichos paraderos. Información de rutas. Puntos de recarga.</p>
<p>Sistema con programas de cultura, ciudadanía, vida saludable (mientras se espera el bus) Sillas</p>

Tabla 8. Descripción breve por parte de los usuarios sobre su paradero ideal (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)

Las propuestas de paradero ideal generadas por los usuarios priorizan la señalización adecuada de los paraderos, proponen mayor iluminación, adecuación como también la posibilidad de hacer estos espacios zonas de integración con la tecnología y la cultura.

5.1.6 Actividad 6: Trayecto Ideal

Esta sexta y última actividad propuesta busca que el usuario proponga un supuesto sobre el mejor desarrollo de un viaje en el Sistema Integrado de Transporte Público, de manera similar a la actividad anterior sobre el paradero ideal. Se busca que se mencionen elementos que posiblemente no fueron incluidos en el diseño inicial del sistema como también posibles elementos existentes que necesiten ser rediseñados, mejorados o mejor estructurados para lograr una mejor aceptación sobre el funcionamiento del sistema de transporte público.

1. Paraderos cercanos.
2. Organización de buses.
Suficientes buses (menos llenos, puestos disponibles (2)) (5)
Que se detenga en los paraderos.
Información actualizada y verificable. (4)
3. Escuchar música de forma segura.
4. Que no hubiesen trancones.(2)
5. Recargar la tarjeta por internet.
6. Traslado de Transmilenio a SITP en el mismo sitio

Ilustración 21. Lista de elementos para un paradero ideal por parte de los usuarios (Grupo 1). (Universidad El Bosque, 2018)

1. Tiempo de llegada del bus óptimo (5)
2. Paraderos cercanos (1)
3. Organización de buses.
Suficientes buses (menos llenos, puestos disponibles)
Que se detenga en los paraderos. Menos paradas = menos tiempo (2)
Información actualizada y verificable. (7). Inclusive saber esa información desde antes. Saber en qué parada sucede la bajada y cuántas paradas faltan.
Sistema de información al interior del bus.
4. Recorrido agradable (escuchar música de forma segura) (2)
5. Buses seguros y limpios.
6. Ventas ambulantes organizadas
7. Que no hubiesen trancones.(2)
8. Recargar la tarjeta por internet.
9. Traslado sencillo y eficiente (1)
10. Prioridad a discapacitados y embarazadas

Ilustración 22. Lista de elementos para un paradero ideal por parte de los usuarios (Grupo 2). (Universidad El Bosque, 2018)

Con esta actividad, se puede idealizar un trayecto ideal con paraderos cercanos a los puntos de interés de la ciudad y a las zonas residenciales, organización de las rutas con respecto a su distribución y tiempos de llegada a los paraderos, seguridad, facilidad de recarga de la tarjeta, mejores condiciones viales y mayor accesibilidad para personas con discapacidades.

5.1.7 Análisis General de los Resultados Obtenidos

Al finalizar todas las actividades con los dos grupos, se evidencian las mayores dificultades, incomodidades y posibles riesgos a los que se enfrentan los usuarios que acceden al sistema de transporte público. De manera general, estas dificultades se relacionan con la organización y disposición actual de los buses y paraderos del sistema de transporte público, inseguridad en las calles de la ciudad y la alta afluencia de pasajeros en horas pico. Así mismo, los elementos que hacen más cómodo, ameno y confiable el sistema de transporte público se relacionan con la ayuda ciudadana, buen tráfico, buenos tiempos de llegada y un conocimiento previo de la ruta que se espera tomar para algún destino en particular. Las dificultades y facilidades pueden empeorar o mejorar el viaje en el transporte público al contemplar un usuario con alguna de las discapacidades abordadas en el proyecto, se identificaron de la siguiente manera:

- **Usuario con Discapacidad Visual:** Con los resultados obtenidos se puede evidenciar que un usuario con discapacidad visual tiene grandes limitaciones ya que el sistema de transporte público de Bogotá está mayormente referenciado y señalado por medios visuales, no es fácil acceder a información sobre las rutas sin asistencia externa, el usuario con discapacidad visual se vuelve muy dependiente a otras personas y factores para planificar su viaje. Adicionalmente, con las actividades realizadas se logra evidenciar que los elementos que mejoran la experiencia en el sistema de transporte público son el conocer la ruta con anticipación, el tiempo que tarda el viaje y poder realizar estas actividades con independencia, es decir, que no sea necesaria mayor intervención por parte de otras personas.
- **Usuario con Discapacidad Auditiva:** Con los resultados obtenidos se puede evidenciar que un usuario con discapacidad auditiva tiene como principal dificultad el acceso a la información, ya que a pesar de poder acceder por medios visuales a la información que requiera, esta puede resultar insuficiente si se contempla un caso donde le resulte más cómodo y entendible al usuario el manejo del lenguaje de señas se Colombia (LSC). Con las actividades realizadas se evidencia que una mejor señalización y una manera eficiente de mostrar la información de manera adecuada puede mejorar la experiencia en el transporte público para las personas que viven bajo esta discapacidad auditiva.
- **Usuario con Discapacidad Motriz:** Con los resultados obtenidos se puede evidenciar que un usuario con discapacidad motriz tiene limitaciones relacionadas a la disposición de los paraderos, diseño de los buses y disposición de información importante en los paraderos. Un usuario con esta discapacidad presenta incomodidades debido a las limitaciones de movilidad que puede presentar. Con las actividades realizadas muestran que un usuario con discapacidad motriz puede tener una experiencia más cómoda en el sistema de transporte público con la comodidad en su trayecto como también la comodidad para acceder a la información que requiere fácilmente como también la independencia en todas las etapas del viaje en el transporte público.

Con los resultados obtenidos y con el análisis de las principales molestias y comodidades que presentan cada uno de los casos de discapacidad, se procede a debatir los requerimientos del sistema para que el producto final logre suplir estas necesidades y asistir de la mejor manera a cada usuario, dependiendo de la discapacidad que este padezca.

5.2 Requerimientos del Sistema

Esta etapa es previa a la construcción del sistema que se desea implementar y tiene como finalidad definir las principales características y funciones que deben existir para que el dispositivo resulte eficiente teniendo en cuenta lo recopilado en las actividades anteriores como también posibles elementos adicionales que pueden surgir en momentos posteriores a estas actividades.

5.2.1 Requerimientos de Identificación de Usuario

El dispositivo debe contar con un sistema de identificación de usuario, el principio de funcionamiento de la identificación se basa en que cada usuario debe poder acercarse al dispositivo y según su discapacidad, el dispositivo será capaz de iniciar la asistencia con las necesidades que se requieran en cada uno de los casos.

- El usuario podrá portar un identificador.
- La aplicación debe recibir de manera rápida la identificación que el usuario proporciona.
- La aplicación podrá recibir una nueva identificación luego de terminar una asistencia previa.
- El sistema podrá realizar la identificación de manera independiente (inalámbrica) a la Tablet.
- El dispositivo debe mostrar de forma clara para todos los usuarios la forma correcta de identificación con la manilla (acercar el identificador a una superficie debajo de la pantalla).

5.2.2 Requerimientos para Usuario con Discapacidad Visual

Para el discapacitado visual se hace indispensable idear un sistema de asistencia que se adapte a la provisión de información sin medios visuales, como también se hace necesario incluir la opción de usar audífonos tipo Bluetooth para transmitir la información al usuario con mayor facilidad y evitar

pérdida de la inteligibilidad por enmascaramiento del ruido externo, posiblemente tráfico o alta afluencia de personas. A continuación, se muestra el listado de requerimientos para usuarios con discapacidad visual.

- Asistencia basada en audio.
- Indicación de instrucciones mediante audio.
- El sistema debe ser capaz de lograr la asistencia sin la necesidad de que el usuario tenga contacto con la pantalla táctil.
- El sistema debe ser capaz de brindar información adicional además de la ruta que debe tomar (tiempo de llegada, distancia recorrida, indicaciones si debe caminar algún tramo).
- Sistema de asistencia en tiempo real.
- El dispositivo debe asumir automáticamente la ubicación actual.

5.2.3 Requerimientos para Usuario con Discapacidad Auditiva

La limitante para el usuario con este tipo de discapacidad es la imposibilidad de entregar cualquier tipo de información auditiva además de la posibilidad de estar mayormente familiarizado con el lenguaje de señas de Colombia a comparación del alfabeto tradicional. Es indispensable ajustarse al método de comunicación del usuario con este tipo de discapacidad.

- Asistencia basada en imagen.
- Posibilidad de ingresar y mostrar información con algún formato con el lenguaje de señas de Colombia.
- El sistema debe ser capaz de lograr la asistencia en el cálculo de la ruta sin necesidad de brindar información auditiva o demasiado compleja para entender visualmente.
- El sistema debe ser capaz de brindar información adicional además de la ruta que debe tomar (tiempo de llegada, distancia recorrida, indicaciones si debe caminar algún tramo).
- Sistema de asistencia en tiempo real.
- El dispositivo debe asumir automáticamente la ubicación actual.

5.2.4 Requerimientos para Usuario con Discapacidad Motriz

El discapacitado motriz puede tener la limitante de no poder ser asistido por la aplicación debido a las posibles incomodidades generadas por una posible condición que lo obligue a estar en silla de ruedas o con alguna limitante relacionada a sus capacidades motrices e integridad de las extremidades; es necesario contemplar dentro del diseño de la actividad y del dispositivo físico una manera de presentar la información de manera cómoda y fácil para que el usuario pueda acceder a esta sin incomodidades.

- Asistencia basada en imagen.
- Posibilidad de ingresar y mostrar información de una manera cómoda para el usuario.
- El dispositivo debe estar ubicado de tal manera que resulte apropiado para un usuario a pie como también un usuario en silla de ruedas o estatura reducida por algún motivo.
- Sistema de asistencia en tiempo real.
- El dispositivo debe asumir automáticamente la ubicación actual.
- El sistema debe ser capaz de brindar información adicional además de la ruta que debe tomar (tiempo de llegada, distancia recorrida, indicaciones si debe caminar algún tramo).
- La ruta calculada debe ser mostrada en un mapa en la pantalla junto con la información más importante.

5.3 Diseño y Montaje del Aplicativo Móvil

La estructura general del dispositivo contará con una etapa inicial de reconocimiento o identificación del usuario, la cual fue basada en el sistema Arduino, cuyo lenguaje de programación es C++ y con sistema operativo no definido (multiplataforma). La segunda etapa del dispositivo es aquella encargada de generar toda la asistencia que requiera el usuario en función de su discapacidad, esta segunda etapa se basa en el entorno de programación Android Studio, cuyo lenguaje de programación involucra Java, Kotlin y C++ pero el sistema operativo al que se dirigen los programas realizados son exclusivos para Android.

5.3.1 Desarrollo con Arduino

5.3.1.1 Módulo RFID RC 255

Se decide implementar Arduino para esta primera etapa del desarrollo del aplicativo móvil ya que cuenta con módulos que suplen fácilmente las necesidades de este proyecto ya que se puede implementar el módulo RFID para realizar la identificación del usuario y el módulo Bluetooth HC – 05 puede suplir la necesidad de comunicar el dispositivo que identifica al usuario con el dispositivo Android.

Inicialmente, se procede a hacer el montaje del módulo RFID, este prototipo cuenta con 3 tags de identificación y se enumeraron con números romanos de la siguiente manera:

Número	Identificación
I	Discapacidad Visual
II	Discapacidad Auditiva
III	Discapacidad Motriz

Tabla 9. Método de identificación de los identificadores de usuario.

La finalidad de esta numeración es simplemente para identificar qué tipo de usuario es el que se espera enviar hacia el aplicativo móvil ya que la identificación real de cada uno de los identificadores es una serie de 8 caracteres que pueden ser solicitados con el comando correspondiente de Arduino, se decide entonces solicitar esta identificación y con una serie de condicionales clasificar el tipo de discapacidad. A continuación, se muestra la conexión realizada entre el módulo RFID RC522 y el Arduino Mega 2560:

Módulo RFID RC522	Arduino Mega 2560
SDA	53
SCK	52
MOSI	51
MISO	50
IRQ	No Conectado
GND	GND
RST	49
3.3 V	3.3 V

Tabla 10. Conexión implementada para la identificación del usuario por RFID.

Inicialmente se comprobó el funcionamiento usando directamente el monitor serial de Arduino, al comprobar que es efectiva la identificación con cada uno de los identificadores RFID, se procede a crear los casos con los cuales se enviará un carácter determinado el cual será posteriormente enviado vía Bluetooth con el módulo HC – 05.

5.3.1.2 Módulo HC – 05

Con la implementación de este módulo finaliza el trabajo realizado en Arduino, la finalidad de este módulo es enviar vía Bluetooth un carácter programado, esto según la identificación generada por el módulo RFID.

La conexión efectuada con este módulo fue la siguiente:

Módulo HC - 05	Arduino Mega 2560
STATE	No Conectado
RXD	11
TXD	10
GND	GND
Vcc	5 V
EN	No Conectado

Tabla 11. Conexión implementada para la conexión Bluetooth con el módulo HC – 05.

Para verificar el funcionamiento de la conexión Bluetooth con un dispositivo Android, en este último se instaló un monitor Bluetooth, en este se puede evidenciar el carácter enviado y su cambio al acercar un tag diferente al módulo RFID.

5.3.2 Desarrollo con Android Studio

Antes de iniciar cualquier etapa de programación con Android Studio, se establecen los requerimientos y el orden generales que tendrá el aplicativo móvil. Es importante organizar la información adecuada para que todos los usuarios puedan acceder a la misma información sin importar la discapacidad con la que sean identificados.

5.3.2.1 Requerimientos del Sistema y Orden General del Aplicativo Móvil

El principio general de la aplicación será identificar al usuario según su discapacidad para que de esta manera la aplicación opere de una manera determinada que se acomode a las necesidades del usuario en cuestión, la aplicación será capaz de calcular la ruta con base en la información

disponible en las bases de datos y se accederá a esta a través del formato de intercambio de datos Java Script Object Notation (JSON); el sistema será capaz de mostrar la ruta más efectiva sin presentar limitaciones de funcionamiento al usuario por su condición de discapacidad, todo esto mediante el acceso a información proporcionada por la base de datos de Google.

Se decide que la aplicación se dividirá en tres etapas, la primera etapa se encargará de reconocer al tipo de usuario mediante las manillas de identificación correspondientes a cada usuario, esta permitirá acceder a los datos de la App utilizando un módulo lector de RFID conectado al microcontrolador Arduino tipo Mega 2560. La segunda etapa se encarga de reconocer la identificación del usuario y así poder iniciar la interfaz gráfica correspondiente según sea el tipo de discapacidad del usuario, finalmente, la tercera etapa se encarga de recibir las peticiones de punto de partida reconocida automáticamente gracias al GPS integrado en el dispositivo móvil y destino del usuario, con estos dos datos la aplicación podrá mostrar la información pertinente de la manera más cómoda según el tipo de usuario. A continuación, se muestra el diagrama de bloques de la aplicación junto con la interfaz gráfica diseñada para cada usuario.

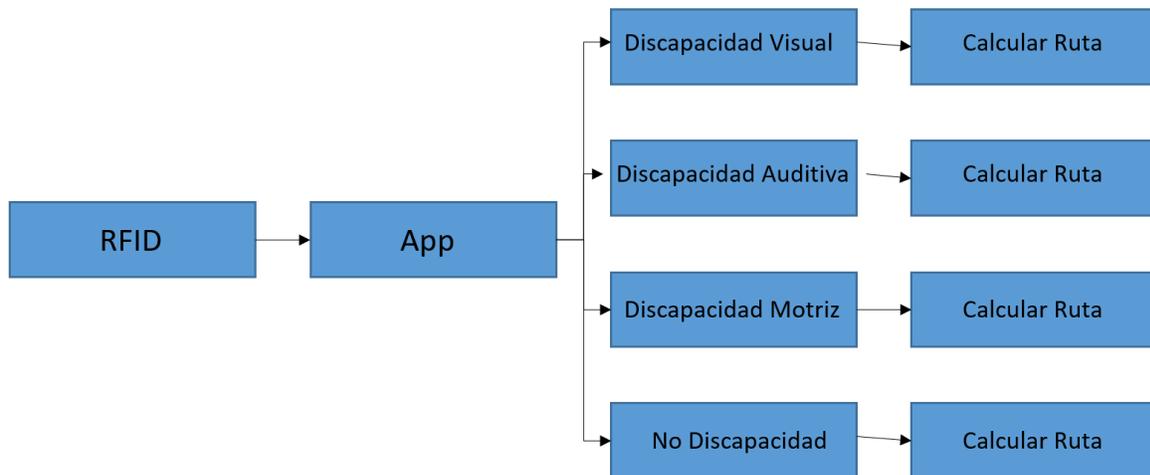


Ilustración 23. Diagrama de bloques preliminar del funcionamiento general del aplicativo móvil (Fuente Propia).

La tabla 12 muestra los requerimientos principales del sistema junto con su respectiva solución implementada en Android Studio y Arduino a manera de código:

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO (APP)	
La app debe reconocer de manera rápida el identificador RFID	Se programó una clase llamada Bluetooth encargada de reconocer el identificador RFID y de abrir la interfaz específica para el usuario, a su vez dentro de esta hay una subclase llamada texttospeech que le indica al usuario que acerque el identificador
Interfaz de usuario específica según el identificador usado	Se programaron 5 Clases (Bluetooth, Ciego, Estaciones, Main Activity, Maps Activity) diseñadas para cumplir con los requerimientos del usuario

Asistencia auditiva para usuarios con discapacidad visual	En la clase Ciego se utilizó la subclase <code>texttospeech</code> para dar las instrucciones al usuario que le permitan entender el funcionamiento de la interfaz, a su vez se llamó a otra subclase llamada <code>startVoiceRecognitionActivity()</code> la cual permite habilitar el micrófono del dispositivo y de esta forma reconocer la voz del usuario y los comandos para inicializar el asistente de Google
Reconocimiento de los comandos por medio de la voz (Interfaz para personas con discapacidad visual)	Por medio de la subclase <code>startVoiceRecognitionActivity()</code> se habilita el micrófono y el usuario puede solicitar ayuda o decir "Asistente" para inicializar el asistente de Google y posteriormente decir la dirección a la cual se dirige

<p>Teclado virtual adaptado a lenguaje de señas para personas con discapacidad auditiva</p>	<p>En el mismo Android Studio pero en un proyecto aparte de la app se realizó el diseño del teclado en el cual se importaron las imágenes correspondientes al lenguaje de señas para que el usuario al momento de presionar una tecla le muestre la imagen con su equivalente en lenguaje de señas para que el usuario pueda ingresar la dirección a dónde se dirige.</p>
<p>La app debe reconocer la dirección a donde se dirige el usuario</p>	<p>Para este apartado se utilizaron otras 5 clases (Direction Finder, Direction Finder Listener, Distance, Route, Duration) estas clases están especializadas en conectarse directamente a la base de datos de Google maps para cotejar la dirección ingresada y así poder calcular la ruta hacia el destino así como también el Bus que debe tomar, adicionalmente también permite mostrar la duración del trayecto y la distancia en Kilómetros</p>

Tabla 12. Requerimientos del dispositivo y su solución en el ámbito de programación.

A continuación, se muestra cada una de las interfaces de usuario que tendrá el aplicativo móvil. La ilustración 24 muestra la interfaz de inicio general del aplicativo, en esta se observan 2 botones encargados de inicializar la conexión con el dispositivo Bluetooth y el otro que mostrará un mapa de las estaciones de Transmilenio, así como un reporte del clima en la ciudad.

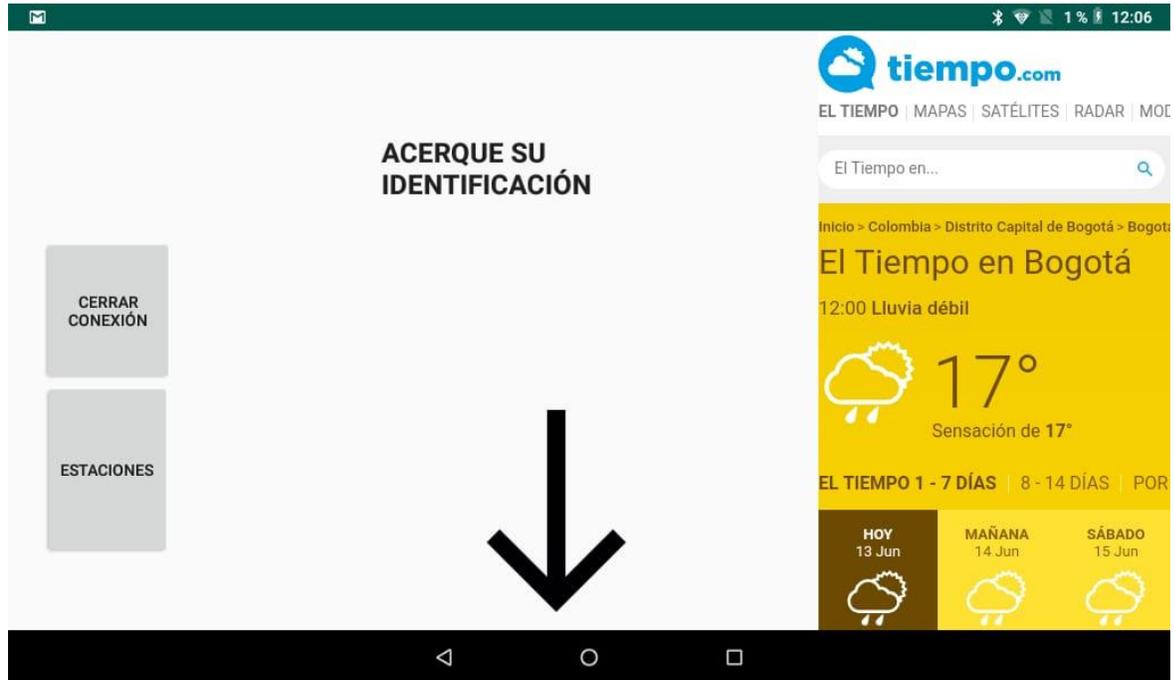


Ilustración 24. Interfaz de inicio

Al presionar el botón denominado "estaciones" se muestra la pantalla a continuación, con una imagen correspondiente al mapa general del sistema de Transmilenio, tal como se muestra en la ilustración 25.

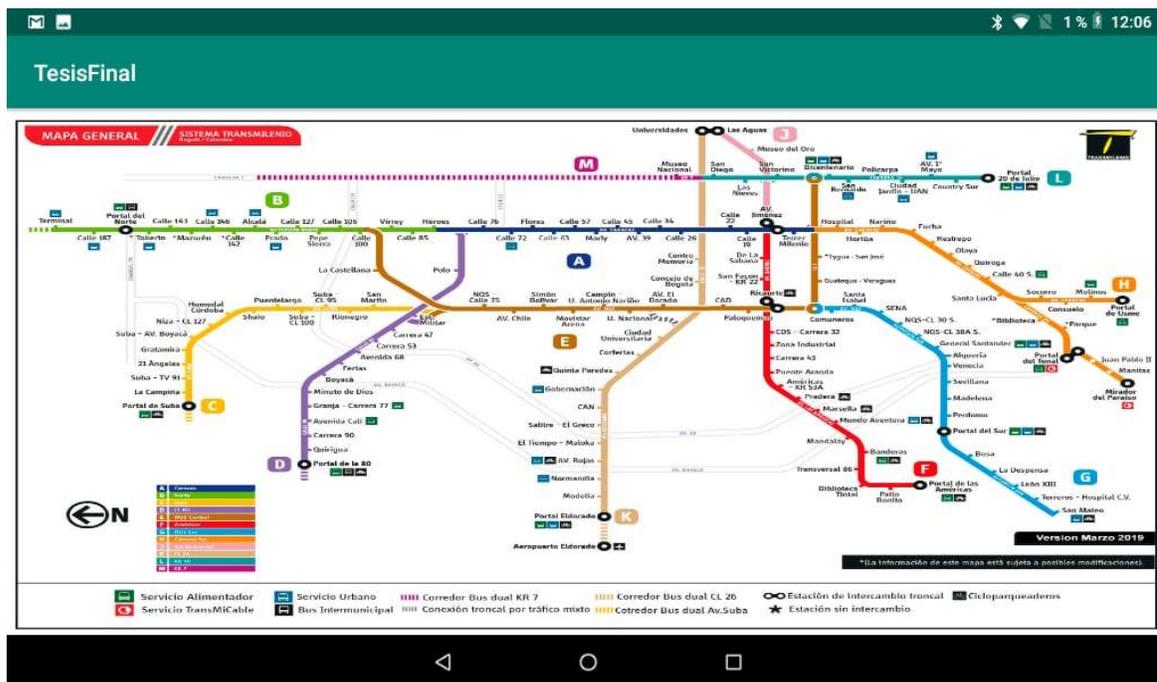


Ilustración 25. Mapa general de estaciones de Transmilenio Bogotá.

En la ilustración 26 se muestra la interfaz gráfica para personas con discapacidad visual, esta interfaz responde a comandos de voz, a su vez permite explicarle al usuario de forma auditiva las instrucciones de uso de esta interfaz. Esta sección cuenta con 3 botones que pueden ser usados en el caso que el discapacitado visual esté acompañado por alguien más, de todas maneras la asistencia se realiza de manera tal que el usuario no tenga necesidad de tener ninguna actividad relacionada con medios visuales.



Ilustración 26. Interfaz para usuario con discapacidad Visual.

En la ilustración 27, se muestra cómo a través del servicio de reconocimiento de voz de Google la interfaz permite escuchar las instrucciones del usuario y las compara con una base de datos de la aplicación, esto permitirá que el usuario pueda realizar un buen uso de esta interfaz.

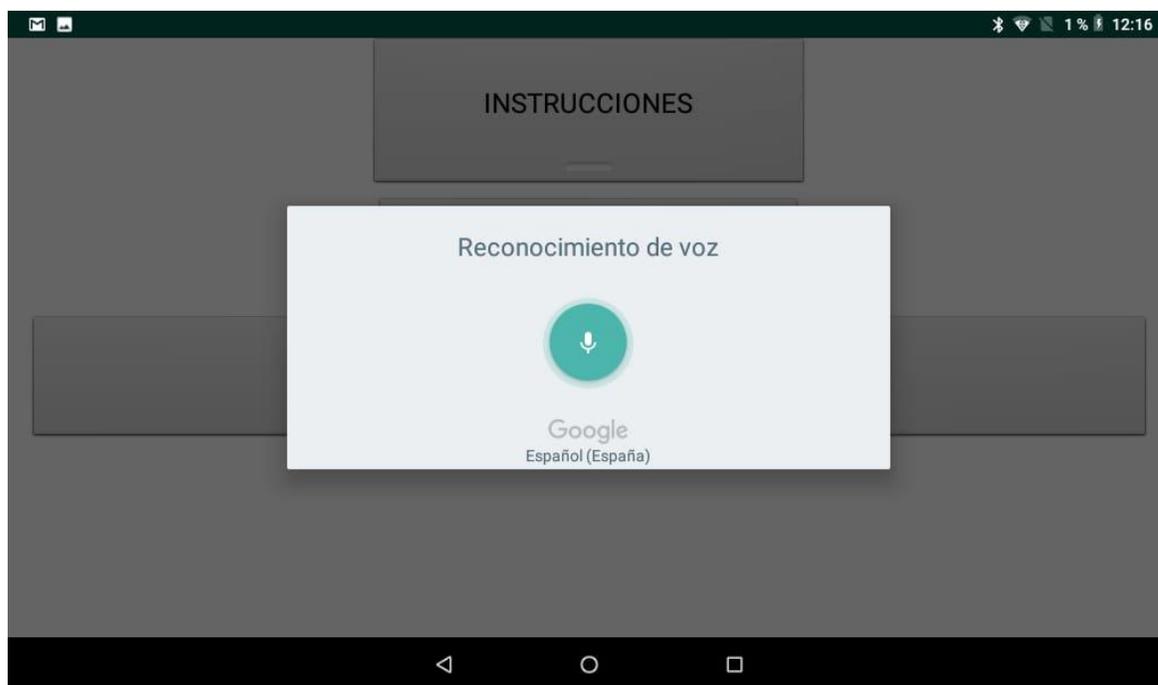


Ilustración 27. Reconocimiento de voz para usuarios con discapacidad visual.

En la ilustración 28 se puede observar la interfaz diseñada para personas con discapacidad auditiva, en la mitad de la pantalla es posible observar el mapa y un recuadro donde se debe escribir el destino al cual se dirige, en la otra mitad muestra un video con indicaciones para el uso de esta interfaz.

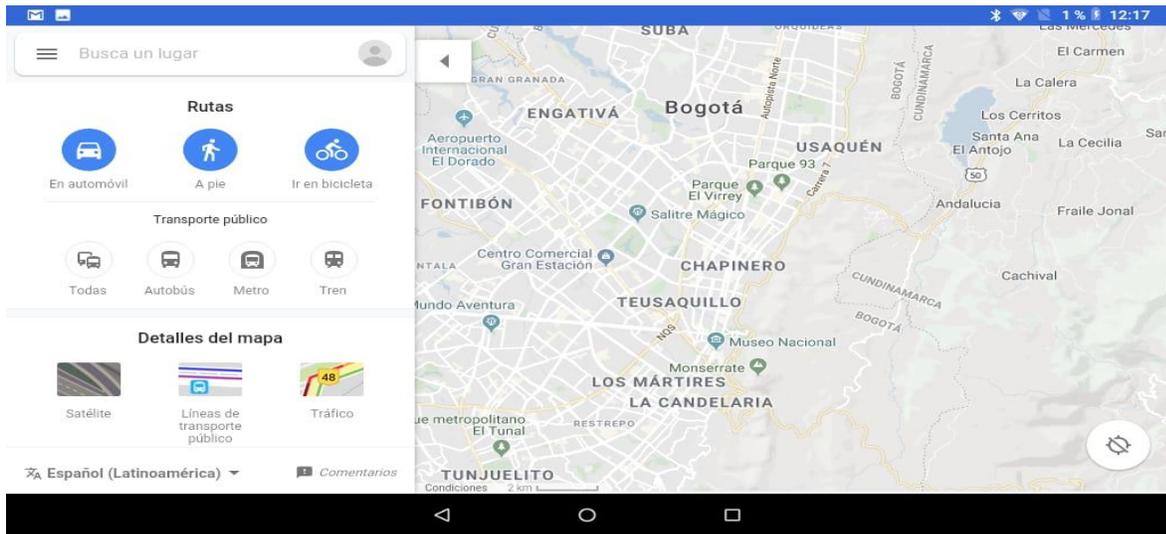


Ilustración 28. Interfaz de usuario para personas con discapacidad Auditiva.

En la ilustración 29 se muestra la interfaz para sordos y el teclado realizado que permite ver el equivalente en lenguaje de señas de cada una de las letras del abecedario, así como los números.

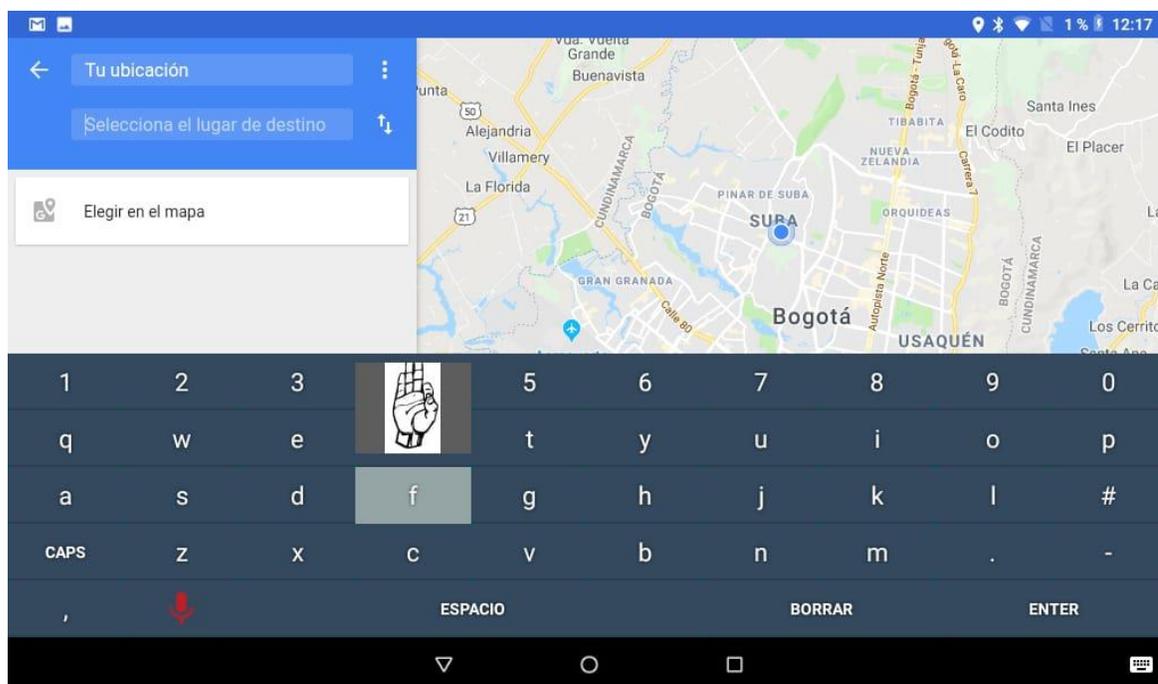


Ilustración 29. Teclado de uso general adaptado a lenguaje de señas.

La ilustración 30 corresponde a la interfaz diseñada para usuarios con discapacidad motriz, se le pide al usuario ingresar su destino y se muestra un ícono de una persona indicando el lugar en el que se encuentra, la ruta que debe tomar y los paraderos.

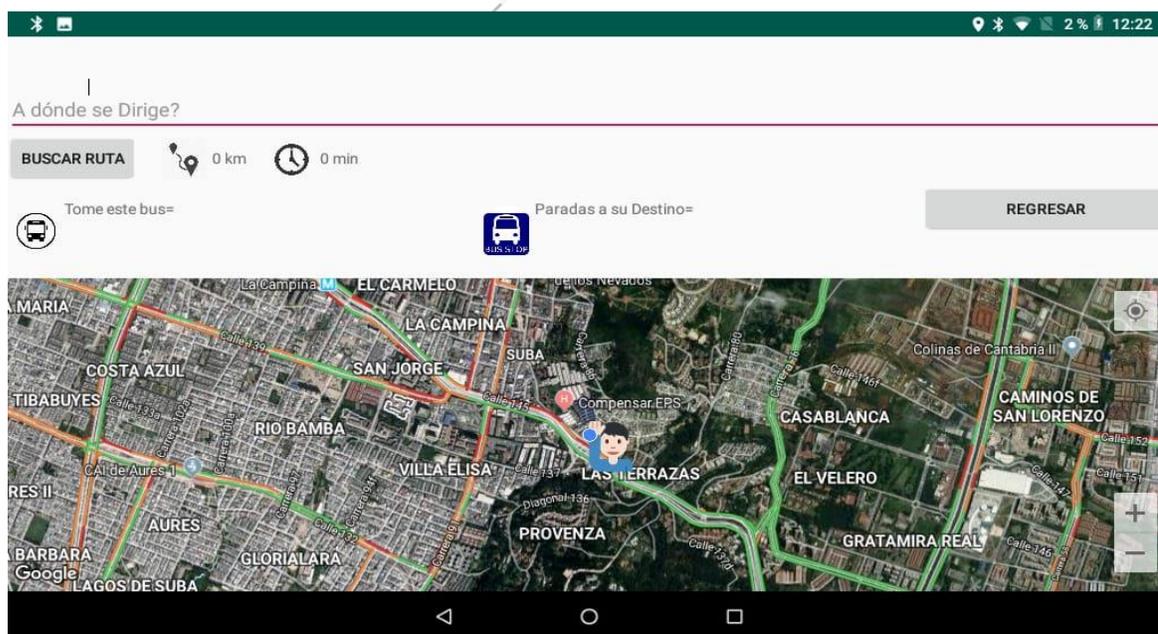


Ilustración 30. Interfaz para usuarios con discapacidad motriz.

Las ilustraciones 31 y 32 muestran el resultado final que arroja esta interfaz después de que el usuario a colocado su destino, es posible observar la ubicación del usuario junto con información de su viaje como lo es la ruta, paradas, distancia y tiempo estimado, así como los puntos A y B que indican la ruta que recorrerá el usuario.

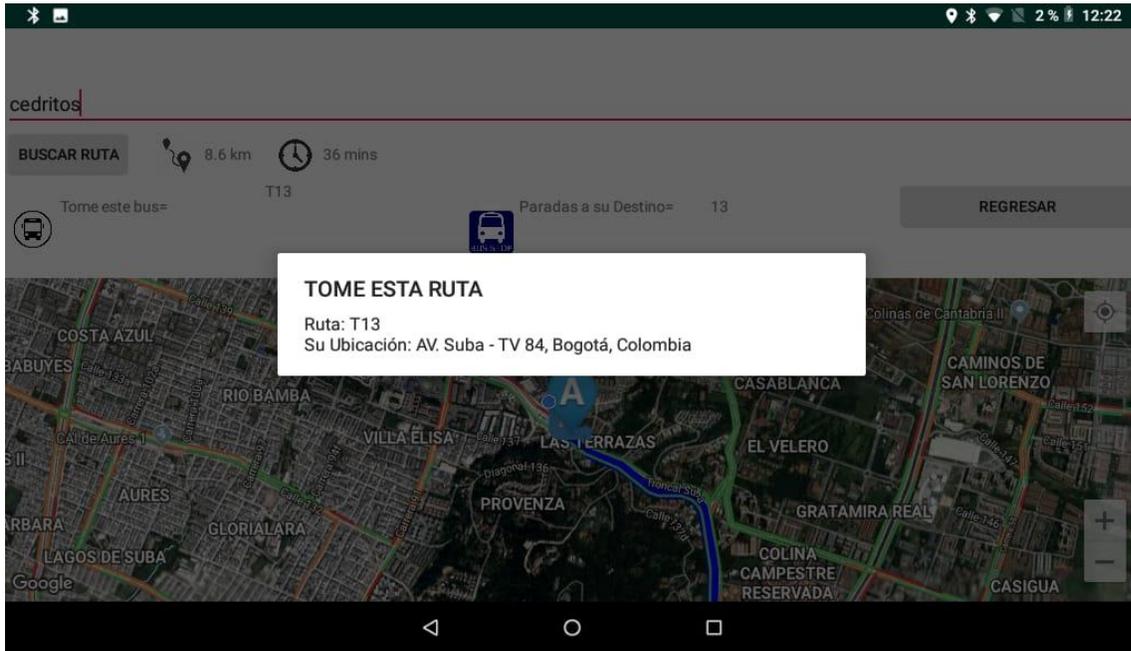


Ilustración 31. Información final para el usuario, con su ubicación y la ruta que debe tomar hacia su destino

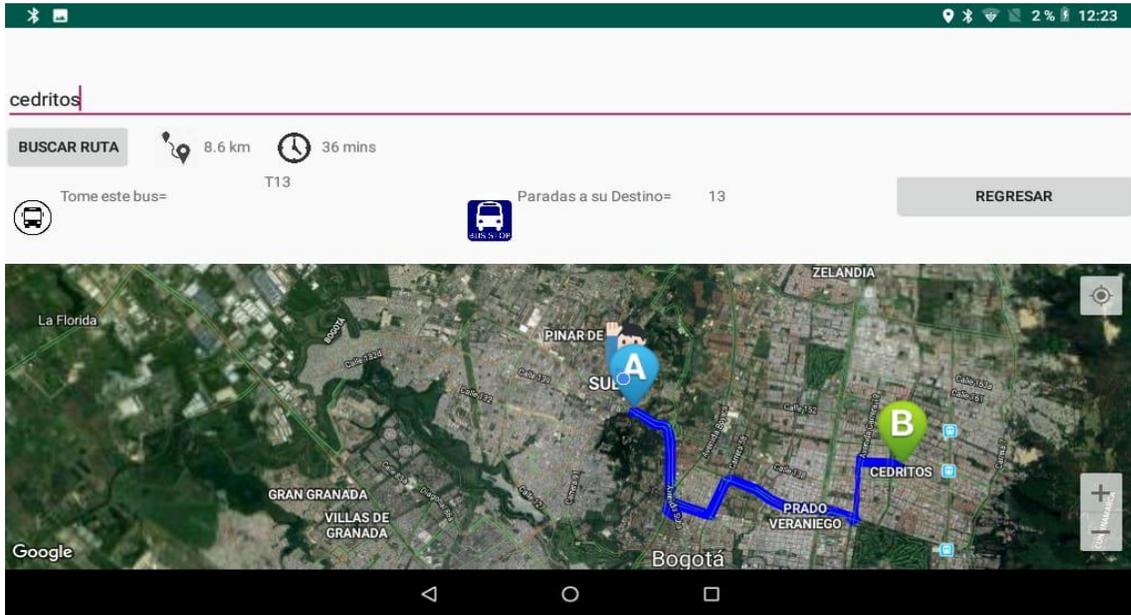


Ilustración 32. Distancia entre el punto de inicio (A) y el destino final del usuario (B) junto con información de las paradas y tiempo estimado de trayecto.

Las ilustraciones 33 y 34 muestran el prototipo, este consta de una Tablet y una carcasa impresa en 3D la cual sirve como soporte de la pantalla además de que esta contiene el micro controlador Arduino con sus respectivos módulos RFID y Bluetooth.



Ilustración 33. Dispositivo implementado con soporte impreso en 3D



Ilustración 34. Dispositivo implementado con soporte impreso en 3D (2).

La ilustración 35 muestra el diagrama de flujo general del aplicativo desarrollado.

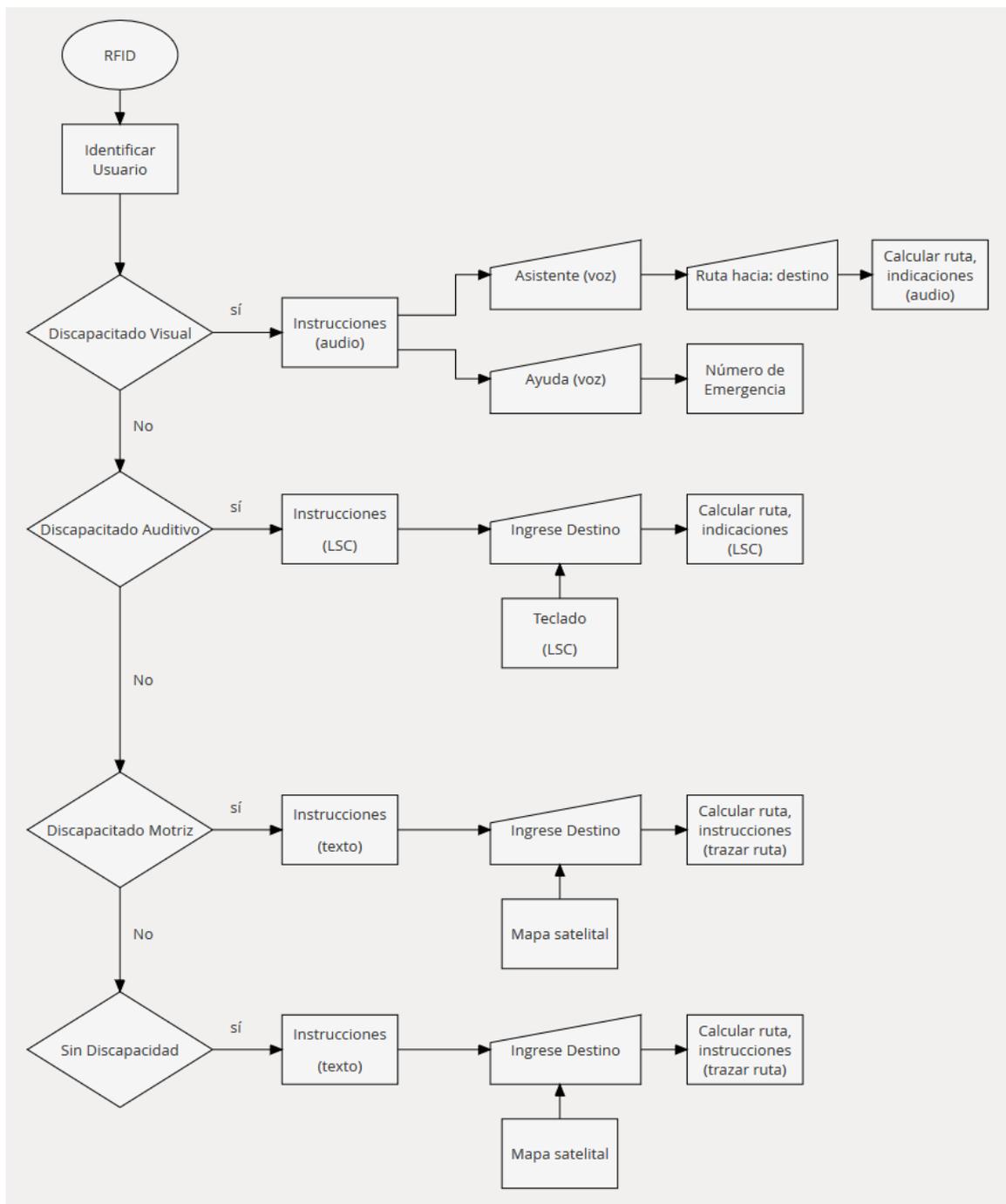


Ilustración 35. Diagrama de flujo general del aplicativo móvil. (Fuente propia).

5.4 Diseño de Pruebas

Una vez realizado el prototipo basado en los requerimientos establecidos inicialmente, se procede a diseñar un método de prueba y evaluación para cada uno de los casos establecidos. La finalidad de estas pruebas es evaluar de manera acertada el desempeño técnico del dispositivo y posteriormente obtener una evaluación subjetiva sobre este, se esperan caracterizar los elementos más importantes mediante la ejecución de estas pruebas.

Como se menciona anteriormente, no fue posible realizar pruebas en usuarios con alguna de las discapacidades requeridas y por ende es necesario diseñar las pruebas bajo ciertas condiciones que emulen cada una de las situaciones de la manera más adecuada.

5.4.1 Diseño de Pruebas para el Caso de Discapacitado Visual

Para desarrollar efectivamente una prueba que pueda emular las condiciones de un discapacitado visual es primordial limitar la visión en su totalidad durante la totalidad del desarrollo de la prueba, para esto se toma como referencia el trabajo realizado por Baranski y Strumillo, donde parte de sus pruebas se realizaron en personas sin discapacidad visual y se les pidió evaluar el sistema en cuestión y sus capacidades técnicas. (Baranski & Strumillo, 2015) La prueba a realizar se basa en vendar los ojos de los voluntarios sin discapacidad, tal como se elaboró en el proyecto realizado por Jóhannesson Balan, Unnthorsson Moldoveanu y Kristjánsson, donde en la etapa de pruebas participaron personas sin discapacidad visual, pero accedieron a ser vendados y desarrollar las actividades propuestas. (Jóhannesson, Balan, Unnthorsson, Moldoveanu, & Kristjánsson, 2016). Un procedimiento similar se realizó en las pruebas expuestas en el artículo de Spagnol, Johannesson, Kristjansson, Unnthorsson, Saitis, Kalimeri, Bujacz y Moldoveanu, donde los participantes fueron vendados y recibieron estímulos auditivos mediante audífonos.

5.4.2 Diseño de Pruebas para el Caso de Discapacitado Auditivo

Para el caso de discapacitado auditivo, es primordial generar un entorno en el cual no existan distractores ni ninguna fuente sonora que proporcione información sobre el uso del dispositivo o sobre la estructura del sistema de transporte público, esto con la finalidad de observar si la información brindada por el dispositivo resulta ser suficiente y entendible.

5.4.3 Diseño de Pruebas para el Caso de Discapacitado Motriz

Para desarrollar efectivamente una prueba que puede mular las condiciones de un discapacitado motriz se hizo énfasis en la ubicación del usuario como del dispositivo al momento de hacer uso del sistema de asistencia y cálculo de ruta. Se tiene como prioridad el discapacitado motriz que tiene que hacer uso de silla de ruedas y es por este motivo que para este caso es importante que la prueba sea realizada con los voluntarios sentados y que el dispositivo esté ubicado a una altura pertinente para no ocasionar incomodidad.

6. Pruebas y Resultados

6.1 Pruebas

La prueba está diseñada para que el usuario voluntario clasifique de manera subjetiva su experiencia al usar el aplicativo móvil, se reunieron un total de 25 personas que fueron evaluadas en diferentes momentos y en diferentes cantidades por cada sesión.

Cada una de las 25 personas hizo uso de cada uno de los identificadores creados, es decir, usaron la aplicación y evaluaron los 3 casos de discapacidad. Las personas voluntarias accedieron a ser vendadas en los ojos o bien los cerraron con la finalidad de utilizar la aplicación con el identificador de discapacitado visual, así mismo, accedieron a usar audífonos o en su defecto el espacio donde se realizó la prueba estuvo en silencio para así limitar su capacidad auditiva para utilizar la aplicación con el identificador de discapacitado auditivo. El caso del discapacitado motriz se centró en el uso cómodo para personas que usan silla de ruedas así que se tuvo en cuenta la comodidad de los usuarios al usar el dispositivo estando sentados.

La duración de las pruebas tuvo una duración media de 15 minutos, todos los participantes lograron terminar las pruebas, sólo fue necesaria una explicación inicial del funcionamiento de cada uno de los casos, aunque fue necesario intervenir en 10 de las pruebas para guiar al voluntario en el funcionamiento de la aplicación.

Adicionalmente a las pruebas del desarrollo lógico de la aplicación, se realiza una medición del tiempo promedio que toma la aplicación en responder durante cada una de las etapas en su funcionamiento.

Las pruebas se realizaron con personas voluntarias sin ningún tipo de discapacidad, esto debido a la complejidad de la logística que implica reunir en un sólo lugar a los usuarios con cada tipo de discapacidad. Se considera que las personas sin discapacidad pueden ser evaluadas limitando de manera artificial sus sentidos (visión y audición) y así suplir esta condición de estudio, esto sin tener en cuenta la costumbre que tienen los discapacitados a sus limitaciones como también las compensaciones que hace el organismo con el paso del tiempo en estas personas.

6.2 Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos una vez finalizadas todas las encuestas propuestas:

- Interfaz para Personas con Discapacidad Visual

Pregunta 1: ¿Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino?

Esta primera pregunta tiene como finalidad reconocer si la aplicación logra ser clara y precisa con el usuario al momento de dar las indicaciones para iniciar el viaje en el transporte público con la ruta indicada.

Como resultado, se obtiene que 19 personas están de acuerdo, mientras que los 6 restantes se encuentran totalmente de acuerdo con que las instrucciones de audio dadas por la aplicación resultan ser claras y suficientes para conocer la ruta que se debe tomar para que el usuario llegue a su destino. Todos los usuarios responden de manera positiva ante esta pregunta, aunque existen aspectos adicionales que limitan la capacidad de la aplicación, aspectos como la distancia al paradero más cercano y la inconsistencia sobre la hora a la que el bus pasa por este paradero, elementos sobre los cuales no se tiene dominio.

Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino

25 respuestas

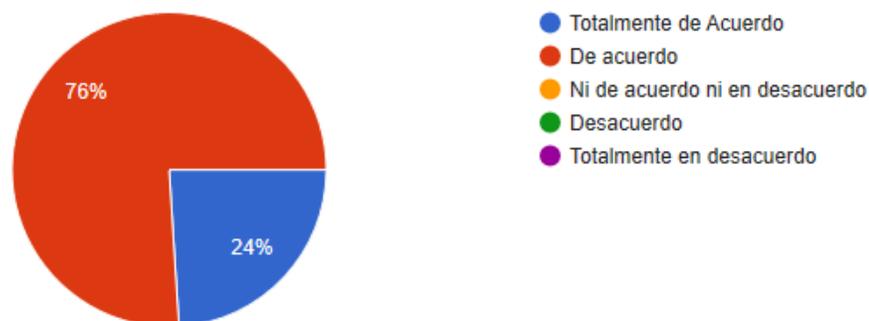


Tabla 13. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 2: ¿Logro entender plenamente el funcionamiento de la app?

Esta pregunta tiene como finalidad identificar si la aplicación resulta ser lo suficientemente intuitiva para el usuario y si las instrucciones dadas por esta son suficientes para que el usuario reconozca el método para calcular una ruta.

Como resultado se obtiene que 16 personas están de acuerdo, 6 no están de acuerdo ni en desacuerdo y 3 personas están totalmente de acuerdo. Se evidencia un aumento significativo de las respuestas neutrales ante esta pregunta a comparación de la pregunta anterior, esto se debe a que algunos usuarios manifestaron que por ser la primera vez que se usa este dispositivo no logran entender del todo el funcionamiento, en estos casos fue necesario ofrecer asistencia adicional para que el usuario culminara de forma satisfactoria su proceso de cálculo de ruta. Esta asistencia adicional se basó en dar al usuario indicaciones sobre los pasos a seguir.

Logro entender plenamente el funcionamiento de la app

25 respuestas

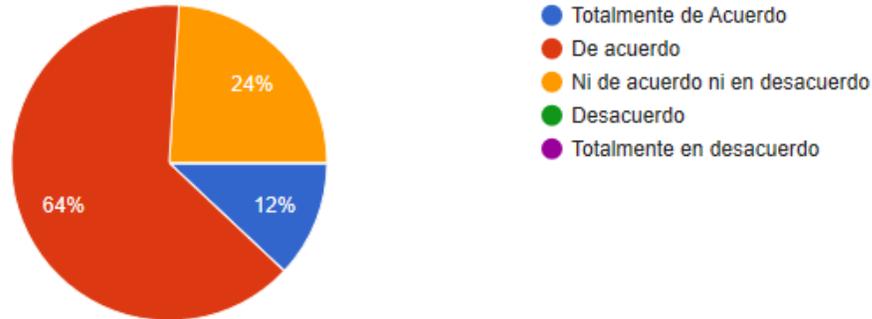


Tabla 14. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs).

Pregunta 3: ¿La información brindada es suficiente para saber qué debo hacer?

Esta pregunta está enfocada para identificar si las instrucciones de audio dadas por la aplicación resultan suficientes, entendibles y específicas como para interactuar de la forma deseada con el sistema de cálculo de ruta. También puede indicar si el usuario se siente bien informado según las instrucciones recibidas a lo largo de la asistencia en general.

Para esta pregunta, se obtiene como resultado que 14 personas están totalmente de acuerdo y 11 están de acuerdo. Esto indica una reacción positiva por parte de los usuarios sobre las instrucciones de audio que da la aplicación en el desarrollo del caso de discapacitados visuales. Aunque de igual forma, se recibieron recomendaciones por parte de algunos usuarios indicando que la velocidad con la que “habla” el dispositivo puede ser demasiado rápida si en el entorno existiera ruido de fondo excesivo o ausencia de audífonos.

La información brindada es suficiente para saber qué debo hacer

25 respuestas

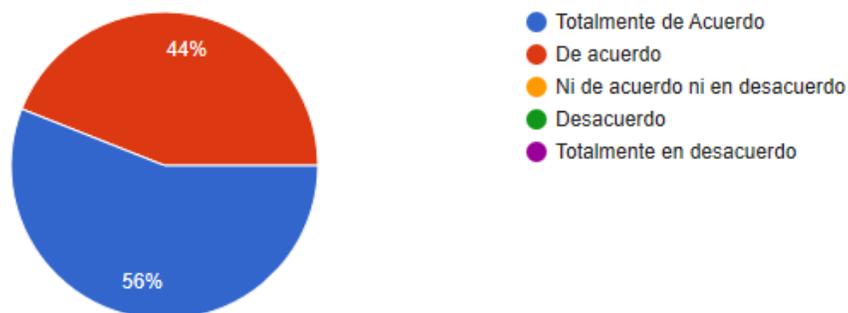


Tabla 15. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 4: ¿La interfaz de usuario es de fácil manejo?

Esta pregunta tiene como finalidad identificar el nivel de facilidad que el usuario percibe al momento de usar la aplicación, esto en las pruebas también se evidenció si el usuario requirió ayuda adicional relacionada con el uso del dispositivo, teniendo en cuenta que se realizó una explicación previa al inicio de cada uno de los casos.

Los resultados muestran que 18 usuarios están de acuerdo, 5 no están de acuerdo ni en desacuerdo y 2 usuarios están totalmente de acuerdo con que la interfaz de usuario para el discapacitado visual es de fácil manejo. La existencia de respuestas neutrales refleja cierta inconformidad con la forma en que está desarrollada la interfaz en este caso, esta neutralidad se debe por lo manifestado por algunos usuarios que encuentran confuso el momento de decir “asistente” o “ayuda” después de dadas las instrucciones de audio por parte de la app.

La interfaz de usuario es de fácil manejo

25 respuestas

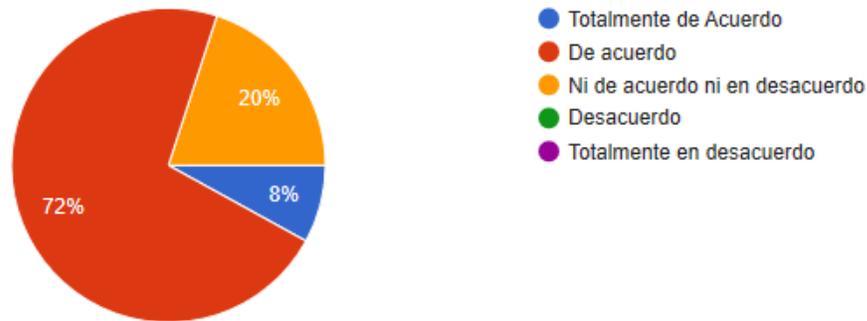


Tabla 16. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 5: ¿Agregaría o cambiaría algo?

Esta pregunta tiene la opción de respuesta abierta, la finalidad de esta pregunta es recibir una opinión adicional o si el usuario percibe que hay elementos que pueden ser añadidos, cambiados o eliminados del producto evaluado.

A pesar de tener la opción de respuesta abierta, ningún usuario dio este tipo de aportes en esta pregunta. Los resultados muestran que 21 personas no cambiarían nada de la aplicación mientras que las 4 personas restantes sí cambiarían algo, estos 4 usuarios creen que se puede mejorar el desempeño de la aplicación cambiando elementos relacionados a la velocidad y simplicidad de los mensajes de audio relacionados con las instrucciones de uso, mientras que las instrucciones para calcular la ruta sí logran ser eficientes a plenitud.

Agregaría o cambiaría algo

25 respuestas

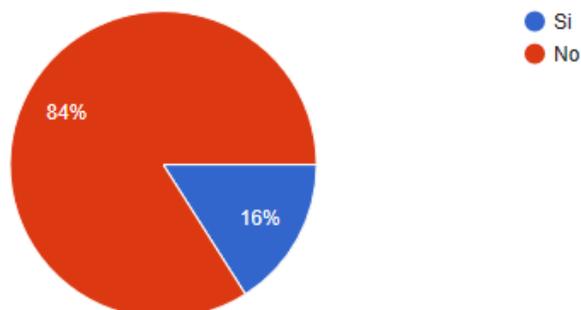


Tabla 17. Resultados obtenidos de la pregunta 5 de la interfaz para personas con discapacidad visual. (Elaborado con Google Docs)

- Interfaz para Personas con Discapacidad Auditiva

Pregunta 1: ¿Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino?

Esta primera pregunta tiene como finalidad reconocer si la aplicación logra ser clara y precisa con el usuario al momento de dar las indicaciones para iniciar el viaje en el transporte público con la ruta indicada.

Como resultado se obtiene que 14 personas están de acuerdo y 11 personas están totalmente de acuerdo con que las instrucciones visuales dadas por la aplicación resultan ser claras y suficientes para conocer la ruta que el usuario debe tomar para llegar al destino ingresado. En este caso, los usuarios responden de manera positiva ante la manera en que la aplicación muestra la información en pantalla y es eficiente ante la ausencia de cualquier medio sonoro.

Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino

25 respuestas

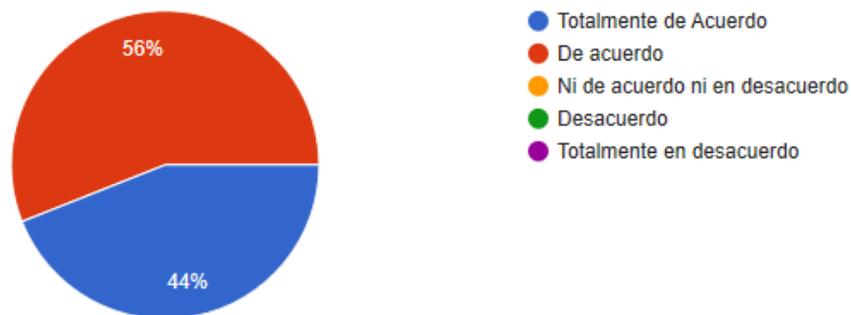


Tabla 18. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 2: ¿Logro entender plenamente el funcionamiento de la app?

Esta pregunta tiene como finalidad identificar si la aplicación resulta ser lo suficientemente intuitiva para el usuario y si las instrucciones dadas por esta son suficientes para que el usuario reconozca el método para calcular una ruta.

Como resultado, se obtiene que 17 personas están de acuerdo, 7 están totalmente de acuerdo y una persona no está de acuerdo ni en desacuerdo. La mayoría de las respuestas son positivas aunque la única respuesta neutral se debe al tiempo que tardó este usuario para encontrar la casilla para insertar el destino, aunque todos los usuarios coinciden en que el procedimiento para calcular la ruta es intuitivo y es clara la información al mostrar el cálculo de ruta final.

Logro entender plenamente el funcionamiento de la app

25 respuestas

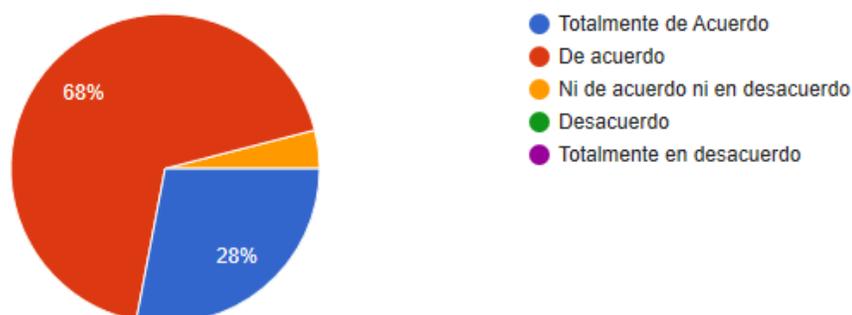


Tabla 19. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 3: ¿No requiero de información adicional para iniciar mi viaje?

Esta pregunta está enfocada para identificar si las instrucciones mostradas en pantalla resultan ser suficientes para el usuario, teniendo en cuenta la limitante auditiva además de que la información gráfica sea mayor en comparación de la información de texto ante la posibilidad de que el usuario únicamente conozca el lenguaje de señas.

Los resultados muestran que 12 personas están totalmente de acuerdo, 10 están de acuerdo y 3 personas no están de acuerdo ni en desacuerdo. Las respuestas positivas demuestran que la información presentada en pantalla al calcular la ruta es suficiente y precisa, las respuestas neutrales hacen referencia a la posibilidad de incluir mayor información relacionada a la ruta de transporte público en el formato del lenguaje de señas de Colombia (LSC).

No requiero de información adicional para iniciar mi viaje

25 respuestas

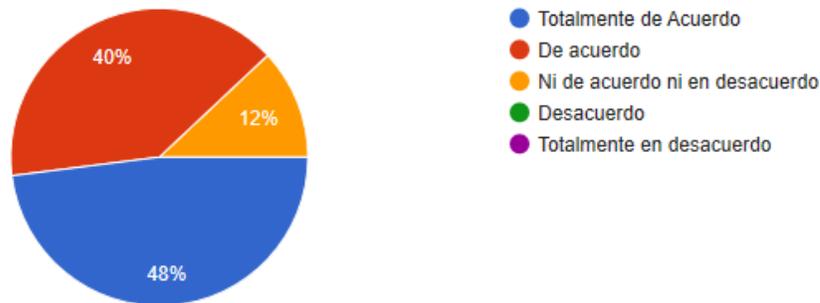


Tabla 20. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 4: ¿La interfaz de usuario es de fácil manejo?

Esta pregunta tiene como finalidad identificar el nivel de facilidad que el usuario percibe al momento de usar la aplicación, esto en las pruebas también se evidenció si el usuario requirió ayuda adicional relacionada con el uso del dispositivo, teniendo en cuenta que se realizó una explicación previa al inicio de cada uno de los casos.

Los resultados muestran que 22 usuarios están de acuerdo y 3 usuarios están totalmente de acuerdo, en general los resultados son positivos y demuestran que el proceso de cálculo de ruta para los usuarios con discapacidad auditiva es intuitiva y el usuario puede desenvolverse con facilidad para calcular su ruta.

La interfaz de usuario es de fácil manejo

25 respuestas

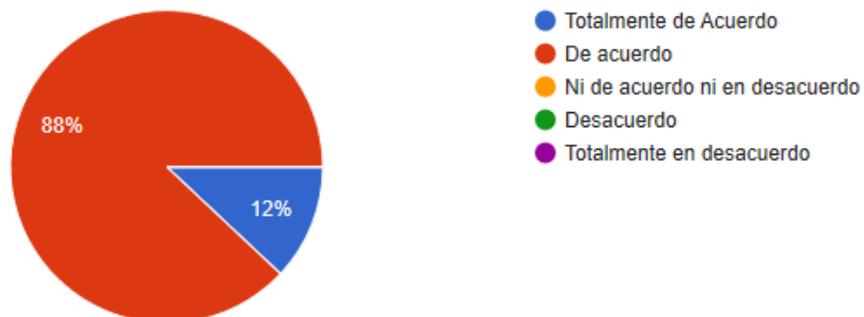


Tabla 20. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 5: ¿Agregaría o cambiaría algo?

Esta pregunta tiene la opción de respuesta abierta, la finalidad de esta pregunta es recibir una opinión adicional o si el usuario percibe que hay elementos que pueden ser añadidos, cambiados o eliminados del producto evaluado.

Para el caso de la interfaz para discapacitados auditivos, 24 personas no cambiarían o agregarían algo mientras que una persona sí lo haría. Esta persona menciona que cambiaría el tamaño y/o ubicación de la casilla para ingresar el destino, ya s considera que no está ubicada de la mejor manera.

Agregaría o cambiaría algo

25 respuestas

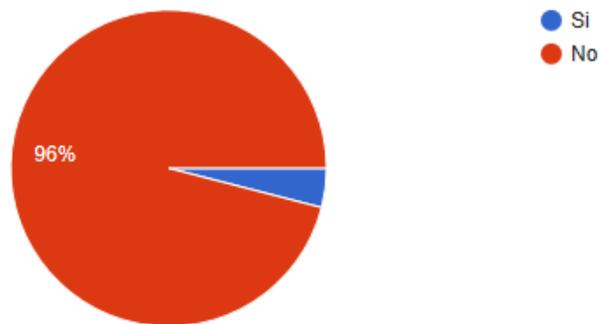


Tabla 22. Resultados obtenidos de la pregunta 5 de la interfaz para personas con discapacidad auditiva. (Elaborado con Google Docs)

- Interfaz para Personas con Discapacidad Motriz

Pregunta 1: ¿Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino?

Esta primera pregunta tiene como finalidad reconocer si la aplicación logra ser clara y precisa con el usuario al momento de dar las indicaciones para iniciar el viaje en el transporte público con la ruta indicada.

Los resultados muestran que 16 personas se muestran de acuerdo y las 9 personas restantes se muestran totalmente de acuerdo con que la información sobre la ruta para llegar al destino especificado es clara y suficiente para que el usuario pueda planear su viaje.

Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino

25 respuestas

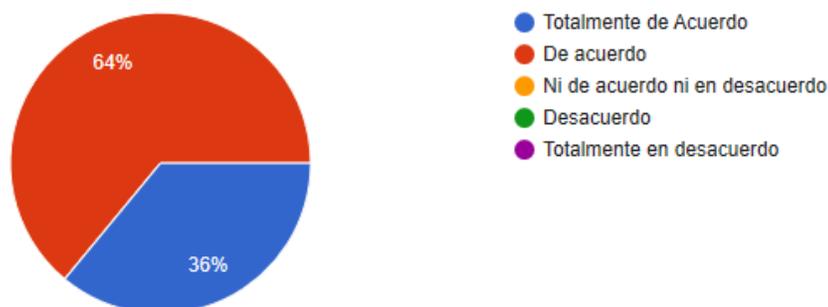


Tabla 21. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 2: ¿Logro entender plenamente el funcionamiento de la app?

Esta pregunta tiene como finalidad identificar si la aplicación resulta ser lo suficientemente intuitiva para el usuario y si las instrucciones dadas por esta son suficientes para que el usuario reconozca el método para calcular una ruta.

De las 25 personas encuestadas, 17 están de acuerdo, 7 personas están totalmente de acuerdo y una persona no está de acuerdo ni en desacuerdo con el funcionamiento de la app. La respuesta neutral hace referencia a un usuario que manifiesta incomodidad con la propiedad de la app que identifica automáticamente el punto de partida como la ubicación actual.

Logro entender plenamente el funcionamiento de la app

25 respuestas

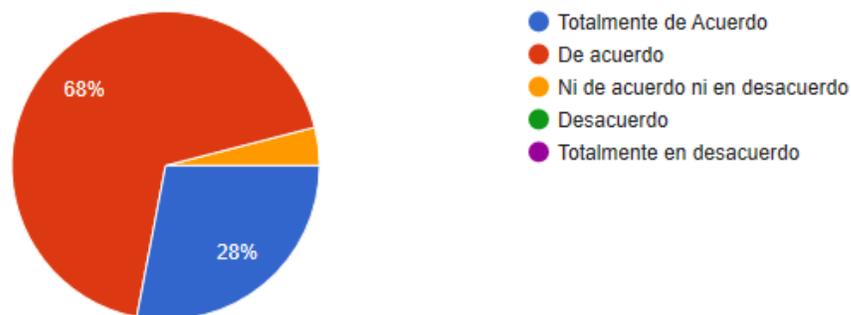


Tabla 24. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 3: ¿La ubicación del dispositivo me permite interactuar con éste sin ninguna dificultad?

Esta pregunta está enfocada para identificar si las instrucciones de audio dadas por la aplicación resultan suficientes, entendibles y específicas como para interactuar de la forma deseada con el sistema de cálculo de ruta. También puede indicar si el usuario se siente bien informado según las instrucciones recibidas a lo largo de la asistencia en general.

Los resultados muestran que 13 personas están totalmente de acuerdo, 9 personas están de acuerdo y 3 personas no están de acuerdo ni en desacuerdo. Esta pregunta refleja la aceptación por parte de los usuarios con respecto al posicionamiento y diseño del dispositivo, ya que este tiene una ligera inclinación además que estas pruebas se realizaron con los usuarios sentados, así que puede suplir la situación de una persona en silla de ruedas, las 3 personas con respuestas neutrales prefirieron dar una valoración neutra ya que consideraron otros aspectos no controlables tales como la luz del lugar.

La ubicación del dispositivo me permite interactuar con éste sin ninguna dificultad

25 respuestas

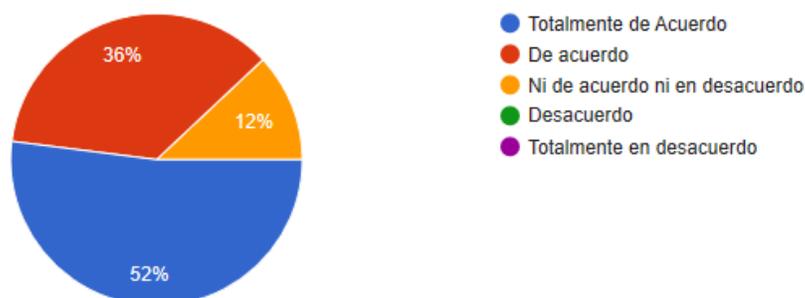


Tabla 25. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 4: ¿La interfaz de usuario es de fácil manejo?

Esta pregunta tiene como finalidad identificar el nivel de facilidad que el usuario percibe al momento de usar la aplicación, esto en las pruebas también se evidenció si el usuario requirió ayuda adicional relacionada con el uso del dispositivo, teniendo en cuenta que se realizó una explicación previa al inicio de cada uno de los casos.

Los resultados muestran que 16 personas están de acuerdo, 8 están totalmente de acuerdo y una persona no está de acuerdo ni en desacuerdo con respecto a la facilidad de manejo de esta interfaz. Las respuestas positivas reflejan que el desarrollo del cálculo de ruta resulta sencillo y eficiente para los usuarios, mientras que la respuesta neutral hace referencia a un usuario que manifiesta que no le fue tan fácil asimilar el orden de la interfaz como le hubiera gustado.

La interfaz de usuario es de fácil manejo

25 respuestas

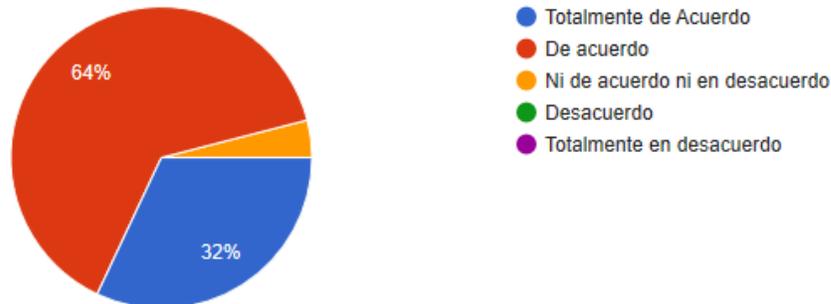


Tabla 22 Resultados obtenidos de la pregunta 4 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 5: ¿Agregaría o cambiaría algo?

Esta pregunta tiene la opción de respuesta abierta, la finalidad de esta pregunta es recibir una opinión adicional o si el usuario percibe que hay elementos que pueden ser añadidos, cambiados o eliminados del producto evaluado.

Los resultados reflejan que la totalidad de las 25 personas encuestadas no cambiarían nada a esta interfaz, esta respuesta demuestra que el diseño es lo suficientemente elaborado para desempeñar eficientemente el cálculo de ruta además de ser intuitivo con el usuario para su fácil manejo y entendimiento.

Agregaría o mejoraría algo

25 respuestas

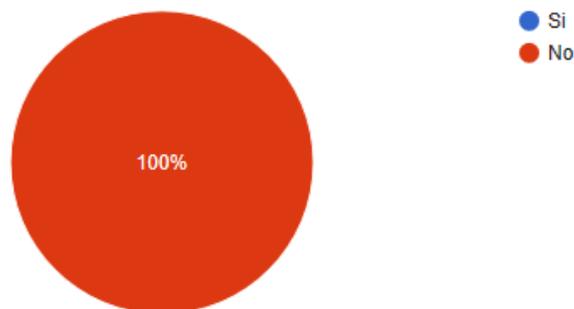


Tabla 237. Resultados obtenidos de la pregunta 5 de la interfaz para personas con discapacidad motriz. (Elaborado con Google Docs)

- Preguntas Generales

Pregunta 1: Luego de ingresar mi destino, ¿Cuánto tiempo tuve que esperar aproximadamente para conocer mi ruta?

Esta primera pregunta tiene como finalidad identificar el tiempo de espera percibido por el usuario que el aplicativo tarda para mostrar la mejor ruta para el destino escogido. Esta escala se basa en la percepción del usuario y no fue medida con exactitud, esto debido a que para este caso no se deseaba una medición exacta junto con el usuario.

Estos resultados muestran que 9 personas percibieron un tiempo de espera de 4 a 6 segundos, 9 personas percibieron un tiempo de espera de 6 a 8 segundos y 7 personas percibieron un tiempo de espera de 8 a 10 segundos. Los resultados muestran percepciones de tiempo variables que pueden ser justificadas por los diferentes tiempos de espera que los usuarios presentaron, dependiendo del procesamiento del dispositivo, la estabilidad de la conexión a internet además de la subjetividad de cada usuario ya que no existió ningún tipo de cuantificación para el desarrollo de esta pregunta. Se tiene así un tiempo mínimo de espera percibido de 4 segundos y un tiempo máximo de espera percibido de 10 segundos.

Luego de ingresar mi destino, tuve que esperar aproximadamente para conocer mi ruta

25 respuestas

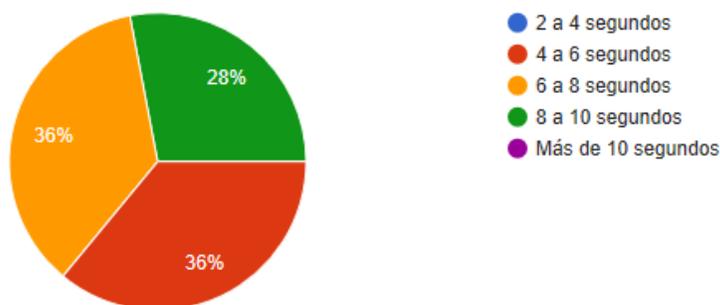


Tabla 28. Resultados obtenidos de la pregunta 1 del funcionamiento general de la app. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 2: ¿La app realiza efectivamente cada uno de los procesos de identificación de usuario y cálculo de ruta?

Esta pregunta busca recopilar información adicional que respalde lo expresado anteriormente por los usuarios al responder las preguntas para cada uno de los casos, además de enfatizar el proceso de reconocimiento del usuario según su discapacidad mediante los identificadores que se acercan al dispositivo al inicio de la actividad de asistencia.

Los resultados muestran que 18 personas están de acuerdo, 4 personas están totalmente de acuerdo y 3 personas no están de acuerdo ni en desacuerdo. De manera general, los usuarios están de acuerdo con que los procesos que realiza el dispositivo desde la etapa de identificación de cada uno de los usuarios hasta el cálculo de ruta y presentación de la información en función de la discapacidad identificada, son procesos que se realizan de manera efectiva y suficiente para que el usuario logre planificar con certeza su viaje en el sistema de transporte público de Bogotá.

La app realiza efectivamente cada uno de los procesos de identificación de usuario y cálculo de ruta

25 respuestas

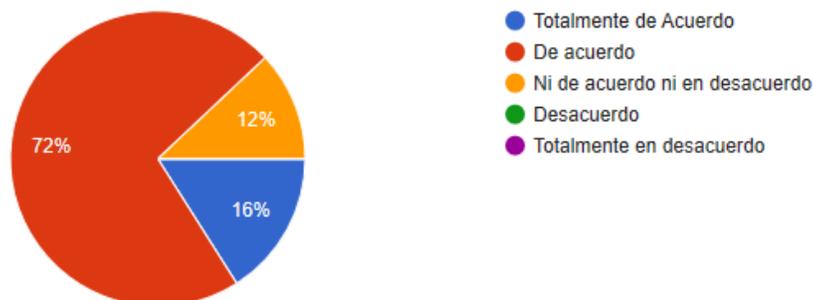


Tabla 24. Resultados obtenidos de la pregunta 2 del funcionamiento general de la app. (Elaborado con Google Docs)

Pregunta 3: ¿Existen aspectos que puedan alterar el adecuado funcionamiento del dispositivo?

Esta pregunta está enfocada en identificar si las instrucciones de audio dadas por la aplicación resultan suficientes, entendibles y específicas como para interactuar de la forma deseada con el sistema de cálculo de ruta. También puede indicar si el usuario se siente bien informado según las instrucciones recibidas a lo largo de la asistencia en general.

Estas respuestas abiertas reflejan que los principales factores que pueden afectar el correcto funcionamiento del dispositivo hacen referencia a la dependencia de una conexión estable a internet, así como una conexión estable entre los diferentes dispositivos Bluetooth, además de una Tablet con una capacidad de procesamiento eficiente para las tareas que el dispositivo realiza.

¿Existen aspectos que pueden alterar el adecuado funcionamiento del dispositivo?

3 respuestas

La conectividad a Internet y la capacidad procesamiento del dispositivo

La tablet

Tabla 25. Resultados obtenidos de la pregunta 3 del funcionamiento general de la app. (Elaborado con Google Docs)

6.2.1 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos permite obtener información adicional sobre la ya obtenida anteriormente gracias a la herramienta de Google Docs, para llevar a cabo este procedimiento se asignaron valores numéricos a las valoraciones cualitativas dadas en las pruebas a los voluntarios, la numeración de estos datos se llevó a cabo como se muestra en la tabla a continuación:

Valoración Cualitativa	Valoración Numérica
Totalmente de acuerdo	5
De acuerdo	4
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
Desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

Tabla 31. Relación numérica establecida para valoraciones cualitativas establecidas para las pruebas.

Una vez asignados los valores numéricos se inicia el proceso de análisis estadístico, para este caso se decide hallar la media (promedio), moda, varianza, desviación, valores mínimos y valores máximos para así obtener datos adicionales que pueden dar apoyo, o bien, brindar nuevos datos además de los recolectados inicialmente.

Resultados Interfaz para Personas con Discapacidad Visual:

La tabla 31 muestra los resultados obtenidos para la primera parte de la encuesta (Interfaz para personas con discapacidad visual):

Pregunta	Media	Moda	Varianza	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	4.24	4	0.19	0.44	4	5
2	3.88	4	0.36	0.6	3	5
3	4.56	5	0.26	0.51	4	5
4	3.88	4	0.28	0.53	3	5
5	-	NO	-	-	-	-

Tabla 26. Resultados tras obtener los descriptores estadísticos propuestos para la interfaz de discapacitado visual.

Pregunta 1: ¿Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino?

Para la primera pregunta, se obtuvo una valoración promedio de 4.24 y moda de 4, se podría afirmar que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que logran conocer de manera clara la ruta que los lleva al destino seleccionado.

La varianza y la desviación estándar reflejan que la mayoría de las respuestas dadas son cercanas al promedio, es decir que no se presentaron grandes variaciones en cuanto a la calificación recibida por todos los usuarios en esta pregunta. Al obtener un valor mínimo de 4 y máximo de 5 se demuestra que no hay mayor inconformidad por parte de los usuarios sobre la forma en que el dispositivo desarrolla esta tarea.

Pregunta 2: ¿Logro entender plenamente el funcionamiento de la app?

En esta pregunta se obtuvo una valoración media de 3.88 y moda de 4, ante la moda se puede afirmar que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que logran entender plenamente el funcionamiento de la app y el procedimiento que deben realizar para usarla adecuadamente, a pesar de esto, el promedio refleja que existen casos donde el usuario requirió asistencia adicional para usar la aplicación por ser la primera vez que usan el dispositivo.

La varianza y desviación estándar ponen en evidencia la existencia de respuestas neutrales, así como el valor mínimo de 3 y valor máximo de 5.

Pregunta 3: ¿La información brindada es suficiente para saber qué debo hacer?

Para la tercera pregunta se obtiene una valoración promedio de 4.56 y moda de 5, estos datos demuestran que los usuarios encuestados están totalmente de acuerdo con que la aplicación logra

brindar la información adecuada y suficiente para saber qué hacer para iniciar su viaje en el sistema de transporte público. La varianza y desviación estándar muestran que no hay grandes diferencias entre la totalidad de calificaciones y el valor promedio, se obtiene un valor mínimo de 4 y valor máximo de 5.

Pregunta 4: ¿La interfaz de usuario es de fácil manejo?

Esta cuarta pregunta obtiene un promedio de 3.88 y moda de 4, esto demuestra que los usuarios están de acuerdo con la facilidad de uso de la app, aunque de igual forma se obtuvieron respuestas neutras que reflejan molestias por parte de algunos usuarios durante el uso de esta interfaz. La varianza y desviación estándar muestran que no hay variaciones significativas con respecto al promedio a pesar de obtener un valor mínimo de 3 y máximo de 5. A pesar de las respuestas neutras recibidas, no logran ser representativas en la moda o influir de manera brusca en el promedio.

Pregunta 5: ¿Agregaría o cambiaría algo?

Esta pregunta obtuvo como moda el no cambiar o agregar elementos a la interfaz, para la mayoría de los usuarios no es necesario modificar la interfaz existente, lo cual puede reflejar que las respuestas neutras en las preguntas anteriores se deben a el desconocimiento del dispositivo debido al uso por primera vez de este.

Resultados Interfaz para Personas con Discapacidad Auditiva:

La tabla 32 muestra los resultados obtenidos para la segunda parte de la encuesta (Interfaz para personas con discapacidad auditiva):

Pregunta	Media	Moda	Varianza	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	4.44	4	0.26	0.51	4	5
2	4.24	4	0.27	0.52	3	5
3	4.36	5	0.49	0.70	3	5
4	4.12	4	0.11	0.33	4	5
5	-	NO	-	-	-	-

Tabla 33. Resultados tras obtener los descriptores estadísticos propuestos para la interfaz de discapacitado auditivo.

Pregunta 1: ¿Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino?

Para la primera pregunta, se obtuvo una valoración promedio de 4.44 y moda de 4, esto demuestra que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que logran conocer de manera clara la ruta que deben tomar para iniciar su viaje en el sistema de transporte público. La varianza y desviación estándar no muestran grandes variaciones de la totalidad de respuestas ante el promedio, se obtiene un valor mínimo de 4 y un valor máximo de 5, lo cual no demuestra inconformidades o respuestas neutras ante esta pregunta.

Pregunta 2: ¿Logro entender plenamente el funcionamiento de la app?

Esta segunda pregunta muestra un promedio de 4.24 y moda de 4, se puede afirmar que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que logran entender plenamente el funcionamiento de la app y el proceso que deben seguir para calcular su ruta. La varianza y desviación estándar no reflejan grandes diferencias entre la totalidad de los datos y el promedio, lo cual refleja consistencia con respecto a las respuestas dadas por los usuarios, esto también se ve reflejado en el valor mínimo de 4 y el valor máximo de 5.

Pregunta 3: No requiero de información adicional para iniciar mi viaje

Esta tercera pregunta obtiene un promedio de 4.36 y una moda de 5, esto refleja que los usuarios están totalmente de acuerdo con que no requieren de información adicional para iniciar su viaje en el sistema de transporte público. La varianza y desviación estándar es alta en comparación de las demás preguntas de esta interfaz, esto quiere decir que a pesar de las calificaciones positivas recibidas y a pesar de que la mayoría de los usuarios están de acuerdo o totalmente de acuerdo, existen casos en los que los usuarios manifestaron respuestas neutras con respecto a la información recibida. Esto se evidencia al obtener una calificación mínima de 3 y máxima de 5.

La varianza y desviación estándar muestran que, a pesar de los buenos resultados obtenidos, existen casos aislados en los que los participantes pudieron reflejar molestias o incomodidades relacionadas con esta pregunta, esto se ve reflejado en el valor mínimo de 3 y máximo de 5.

Pregunta 4: ¿La interfaz de usuario es de fácil manejo?

Esta cuarta pregunta obtuvo una calificación media de 4.12 y moda de 4. Esto significa que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que la interfaz de usuario en el caso de discapacitado visual es de fácil manejo. La varianza y desviación estándar muestran que no hay grandes

variaciones entre el total de respuestas recibidas y la valoración promedio obtenida, la valoración mínima es 4 y la valoración máxima es 5, esto demuestra que no hay mayor inconformidad por parte de los usuarios sobre la disposición de la interfaz de usuario.

Pregunta 5: ¿Agregaría o cambiaría algo?

Esta pregunta obtuvo como moda el no cambiar o agregar elementos a la interfaz, para la mayoría de los usuarios no es necesario modificar la interfaz existente, lo cual puede reflejar que las respuestas neutras en las preguntas anteriores se deben a el desconocimiento del dispositivo debido al uso por primera vez de este.

Resultados Interfaz Para Personas con Discapacidad Motriz:

La tabla 33 muestra los resultados obtenidos para la tercera parte de la encuesta (Interfaz para personas con discapacidad motriz):

Pregunta	Media	Moda	Varianza	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	4.36	4	0.24	0.49	4	5
2	4.24	4	0.27	0.52	3	5
3	4.40	5	0.50	0.71	3	5
4	4.28	4	0.29	0.54	3	5
5	-	NO	-	-	-	-

Tabla 34. Resultados tras obtener los descriptores estadísticos propuestos para la interfaz de discapacitado motriz.

Pregunta 1: ¿Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino?

Para la primera pregunta, se obtuvo una valoración promedio de 4.36 y moda de 4, se podría afirmar que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que logran conocer de manera clara la ruta que los lleva al destino seleccionado.

La varianza y la desviación estándar reflejan que la mayoría de las respuestas dadas son cercanas al promedio, es decir que no se presentaron grandes variaciones en cuanto a la calificación recibida por todos los usuarios en esta pregunta. Al obtener un valor mínimo de 4 y máximo de 5 se demuestra que no hay mayor inconformidad por parte de los usuarios sobre la forma en que el dispositivo desarrolla esta tarea.

Pregunta 2: ¿Logro entender plenamente el funcionamiento de la app?

En esta pregunta se obtuvo una valoración media de 4.24 y moda de 4, ante la moda se puede afirmar que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que logran entender plenamente el funcionamiento de la app y el procedimiento que deben realizar para usarla adecuadamente, el promedio no se vio tan afectado por las respuestas neutras a diferencia de otros casos.

La varianza y desviación estándar ponen en evidencia la cercanía de la totalidad de respuestas recibidas con respecto al promedio, la valoración mínima obtenida es de 3 y la valoración máxima obtenida es de 5.

Pregunta 3: La ubicación del dispositivo me permite interactuar con este sin ninguna dificultad

Esta tercera pregunta obtiene un promedio de 4.4 y moda de 5. Esto significa que la mayoría de los usuarios están totalmente de acuerdo con que la forma en la que se ubica el dispositivo permite interactuar con este sin ninguna dificultad, esto asumiendo que el usuario está sentado y es una manera equivalente a un caso donde el usuario está en silla de ruedas. La varianza y desviación estándar, por otra parte, muestran una variación considerable entre la totalidad de respuestas recibidas y el promedio obtenido, esto debido a las respuestas neutras por parte de algunos usuarios.

Pregunta 4: ¿La interfaz de usuario es de fácil manejo?

Esta cuarta pregunta obtuvo una calificación media de 4.28 y moda de 4. Esto significa que la mayoría de los usuarios están de acuerdo con que la interfaz de usuario en el caso de discapacitado motriz es de fácil manejo. La varianza y desviación estándar muestran que existe una ligera variación entre la totalidad de respuestas recibidas y el promedio obtenido debido al valor mínimo recibido de 3 y el valor máximo obtenido de 5.

Pregunta 5: ¿Agregaría o cambiaría algo?

Esta pregunta obtuvo como moda el no cambiar o agregar elementos a la interfaz, para la mayoría de los usuarios no es necesario modificar la interfaz existente, lo cual puede reflejar que las respuestas neutras en las preguntas anteriores se deben a el desconocimiento del dispositivo debido al uso por primera vez de este.

Sobre los Descriptores Estadísticos: Este análisis da apoyo al análisis inicial desarrollado a partir de los resultados ofrecidos por Google Docs además de poner en evidencia otros elementos como el aspecto más favorable de la aplicación y cómo la relación entre el promedio, la moda y los datos de dispersión muestran la eficiencia de los aspectos a evaluar como también elementos generales del dispositivo que deben ser considerados por la existencia de respuestas neutras ante ciertas preguntas. A nivel general, los usuarios están de acuerdo con que el dispositivo cumple con los diferentes aspectos que se pidieron evaluar de manera subjetiva por parte de los usuarios voluntarios que probaron cada una de las actividades que este realiza.

6.2.2 Latencia o Tiempo de Respuesta del Dispositivo

Para la medición de la latencia o tiempo de respuesta del dispositivo se toma el tiempo que tarda la aplicación en responder a cualquier comando ingresado o actividad que el dispositivo realiza.

Se tomó el tiempo promedio de 3 mediciones al tiempo de respuesta de la identificación de usuario y el proceso general de cálculo de ruta con cada uno de los casos (discapacitado visual, discapacitado auditivo y discapacitado motriz).

Estas mediciones se realizaron en un ambiente con conexión estable a internet Wi – Fi, esto con la finalidad de identificar el funcionamiento real de la aplicación sin verse afectada por alguna de las limitantes que esta posee.

Velocidad de Carga: 2.09 Mbps.

Velocidad de Descarga: 9.22 Mbps.

Ping: 31 ms.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos durante cada una de las mediciones:

Discapacitado Visual - Identificación

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	4.17	3.83	3.64	3.88

Tabla 35. Mediciones realizadas en la etapa “Identificación” para discapacitado visual.

Discapacitado Visual – “Asistente”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	2.71	2.63	3.18	2.84

Tabla 276. Mediciones realizadas en la etapa de "Asistente" para discapacitado visual.

Discapacitado Visual – “Ayuda”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	2.71	2.63	3.18	2.84

Tabla 287. Mediciones realizadas para la etapa "Ayuda" para discapacitado visual.

Discapacitado Visual – “Ruta Hacia”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	3.80	4.22	3.79	3.93

Tabla 38. Mediciones realizadas en la etapa "Ruta Hacia" para discapacitado visual.

Discapacitado Auditivo – “Identificación”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	3.81	4.44	4.26	4.17

Tabla 39. Mediciones realizadas en la etapa "Identificación" para discapacitado auditivo.

Discapacitado Auditivo – “Cálculo de Ruta”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	1.53	2.61	2.51	2.21

Tabla 4029. Mediciones realizadas en la etapa "Cálculo de Ruta para discapacitado auditivo".

Discapacitado Motriz – “Identificación”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	3.66	3.73	3.68	3.69

Tabla 30. Mediciones realizadas en la etapa "Identificación" para discapacitado motriz.

Discapacitado Motriz – “Cálculo de Ruta”

Medición	1	2	3	Promedio
Tiempo [s]	2.49	2.87	2.61	2.65

Tabla 42. Mediciones realizadas en la etapa "Cálculo de Ruta" para discapacitado motriz.

Sobre la Latencia y Tiempos de Respuesta del Dispositivo: Tras realizar estas mediciones, se evidencia que el funcionamiento del dispositivo es variable si existen diferencias de estabilidad a una conexión de internet o datos móviles, aunque al establecer una buena conexión, el funcionamiento es estable y no tiende a variar una vez el dispositivo está en funcionamiento.

La actividad que más tiempo tarda en realizar el dispositivo es la etapa de identificación de usuario y conexión Bluetooth debido a los diferentes procesos y dispositivos involucrados en esta etapa, las tareas de cálculo de ruta y relacionados tienden a ser semejantes entre los diferentes casos de usuario.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

Con la culminación de este proceso investigativo y de desarrollo, se logra evidenciar que las principales problemáticas que presentan los usuarios con discapacidad visual, auditiva o motriz son aquellas relacionadas a la independencia y a la facilidad de lograr acceder al Sistema de Transporte Público de Bogotá SITP. Algunas de las experiencias que resultan satisfactorias para los usuarios con alguna de estas discapacidades son la solidaridad de la comunidad y la rapidez con la que este servicio rara vez logra efectuar los recorridos. Algunas de las experiencias que incomodan y aíslan al usuario con alguna de las discapacidades abordadas es la falta de adecuación de los espacios y la carencia de información apropiada y precisa para que puedan de manera independiente acceder al sistema de transporte público.

El manejo de la información disponible mediante JSON permite desarrollar el dispositivo de manera selectiva, priorizando así los elementos informativos más importantes que se encuentran en estas listas. Igualmente, los servicios que ofrecen las API de Google resultan eficientes al ser implementadas junto con el dispositivo, se logra que el procedimiento que realiza el dispositivo en general sea el esperado para cada uno de los casos de discapacidad.

La implementación de reconocimiento de usuario mediante el uso del módulo RFID de Arduino resulta eficiente, es de fácil obtención y no es de alto costo, sin embargo, este dispositivo requiere que el usuario tenga contacto directo con el dispositivo, lo cual puede ocasionar molestias o inconvenientes para calcular la ruta, situaciones que no fueron contempladas en la etapa de diseño.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de las pruebas muestran a nivel general que en el ámbito de la subjetividad la aplicación tiene buen desempeño, logra cumplir satisfactoriamente las necesidades del usuario en función a la discapacidad, tiene un funcionamiento con velocidad apropiada, sus funciones y principio de funcionamiento es entendible y adecuado y la información brindada es lo suficientemente clara como para poder acceder al sistema de transporte público de Bogotá.

La asistencia que brinda la aplicación puede no ser suficiente para suplir a cabalidad la orientación apropiada a personas con discapacidad visual, durante las pruebas se evidenció que es necesario poder señalar a través del tacto al usuario con esta discapacidad para que logre ubicar con mayor

facilidad (y sin asistencia de terceros) la ubicación del dispositivo como también los puntos importantes del paradero tales como asientos o el punto de subida o bajada de pasajeros.

Algunas de las falencias detectadas en la aplicación son errores en el cálculo de la ruta cuando se ingresa el nombre del destino, más no su dirección específica como también puede volverse inestable y disfuncional si la conexión a la red de internet o a los datos móviles no es estable.

Se evidenciaron también algunos trayectos que resultan muy difíciles de desarrollar por efecto del mismo diseño de las rutas del sistema de transporte público, dando como resultado algunos trayectos donde resulta más conveniente que el usuario acceda a un servicio de taxi.

Para finalizar, se puede concluir que se cumple la hipótesis planteada, el desarrollo e implementación del sistema de movilidad y ubicación en tiempo real desarrollado, permite generar en un determinado grupo de personas con algún tipo de discapacidad inclusión social y facilidad al momento de usar el sistema de transporte público de Bogotá, a comparación de realizar esta misma actividad sin el apoyo brindado con el sistema. Se prevé que los resultados pueden mejorar si la información brindada por el sistema es apoyada por algún otro elemento que se ubique en el entorno.

7.2 Recomendaciones

Para futuras investigaciones sobre la inclusión en el sistema de transporte público de Bogotá, se recomienda analizar la influencia del transbordo en el cálculo de una ruta y cómo esta acción puede perjudicar la independencia del usuario de la aplicación.

Se recomienda abordar la importancia de otros tipos de señalizaciones ajenos a la que puede brindar la tecnología, es decir, la posibilidad de incluir elementos tales como baldosas con superficies distinguibles por el tacto del pie humano y otros elementos que apoyen la información y que no necesariamente requieran una solución tecnológica sino de disposición del entorno.

Para futuras investigaciones sobre la inclusión en el sistema de transporte público de Bogotá, se recomienda analizar la influencia del transbordo en el cálculo de una ruta y cómo esta acción puede perjudicar la independencia del usuario de la aplicación.

Se recomienda contemplar alternativas a la identificación de usuario mediante el uso de sistemas RFID, esto debido a que este tipo de dispositivos requieren distancias muy cortas para efectuar la comunicación y por ende en campo pueden existir limitaciones.

JSON resulta ser una lista bastante completa, se recomienda establecer qué tipo de información importante que proviene de esta resulte útil en alguno de los casos de discapacidad, o si por el contrario existen datos que no sean relevantes.

Se recomienda tener en cuenta las posibles falencias que existen en el sistema de cálculo de ruta relacionadas a la exactitud del nombre o dirección del destino al que se quiera llegar. Se evidenciaron también algunos trayectos que resultan muy difíciles de desarrollar por efecto del mismo diseño de las rutas del sistema de transporte público, dando como resultado algunos trayectos donde resulta más conveniente que el usuario acceda a un servicio de taxi.

A. Anexo: Modelo de Prueba Subjetiva Realizada a Personas Voluntarias

Cuestionario de evaluación App “Asistencia Integral para Transporte” (AITApp).

A continuación, encontrará una serie de enunciados a partir de los cuales se busca obtener una evaluación subjetiva de la App “Asistencia Integral para Transporte”. Marque con una **X** (equis) en la casilla correspondiente a su percepción, donde **T.A** es totalmente de acuerdo, **A** es de acuerdo, **N** es de acuerdo ni en desacuerdo, **D** es en desacuerdo, y **T.D** es totalmente en desacuerdo. Las respuestas otorgadas no tendrán una valoración correcta o incorrecta y por lo tanto, agradecemos su sinceridad.

Enunciados.	T.D	D.	N.	A.	T.A
Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino					
Logro entender plenamente el funcionamiento de la app					
La información brindada es suficiente para saber que debo hacer					
La interfaz de usuario es de fácil manejo					
No requiero de información adicional para iniciar mi viaje					
Agregaría o cambiaría algo					
La ubicación del dispositivo me permite interactuar con este sin ninguna dificultad					

Enunciados.	2 a 4 segundos	4 a 6 segundos	6 a 8 segundos	8 a 10 segundos	Más de 10 segundos
Luego de ingresar mi destino, tuve que esperar aproximadamente para conocer mi ruta					

Enunciados.	T.D	D.	N.	A.	T.A
La app realiza efectivamente cada uno de los procesos de identificación de usuario y cálculo de ruta.					

¿Existen aspectos que puedan alterar el adecuado funcionamiento del dispositivo?

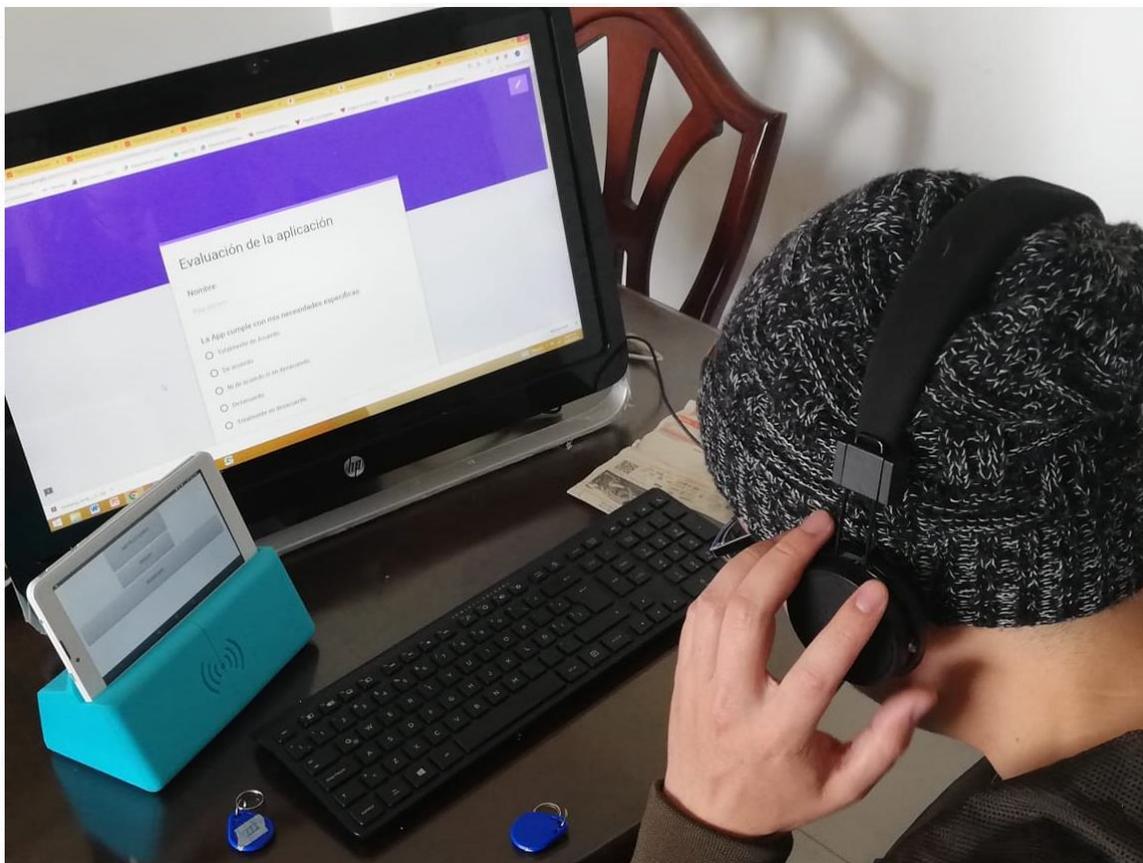
B. Anexo: Resultados de Encuestas Realizadas

Interfaz para personas con discapacidad Visual					
Preguntas	Totalmente de Acuerdo	De Acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino	6	19	0	0	0
Logro entender plenamente el funcionamiento de la app	3	16	6	0	0
La información brindada es suficiente para saber que debo hacer	14	11	0	0	0
La interfaz de usuario es de fácil manejo	2	18	5	0	0
Agregaria o cambiaria algo	Si=4		No=21		

Interfaz para personas con discapacidad Auditiva					
Preguntas	Totalmente de Acuerdo	De Acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino	11	14	0	0	0
Logro entender plenamente el funcionamiento de la app	7	17	1	0	0
No requiero de información adicional para iniciar mi viaje	12	10	3	0	0
La interfaz de usuario es de fácil manejo	3	22	0	0	0
Agregaria o cambiaria algo	Si=1		No=24		

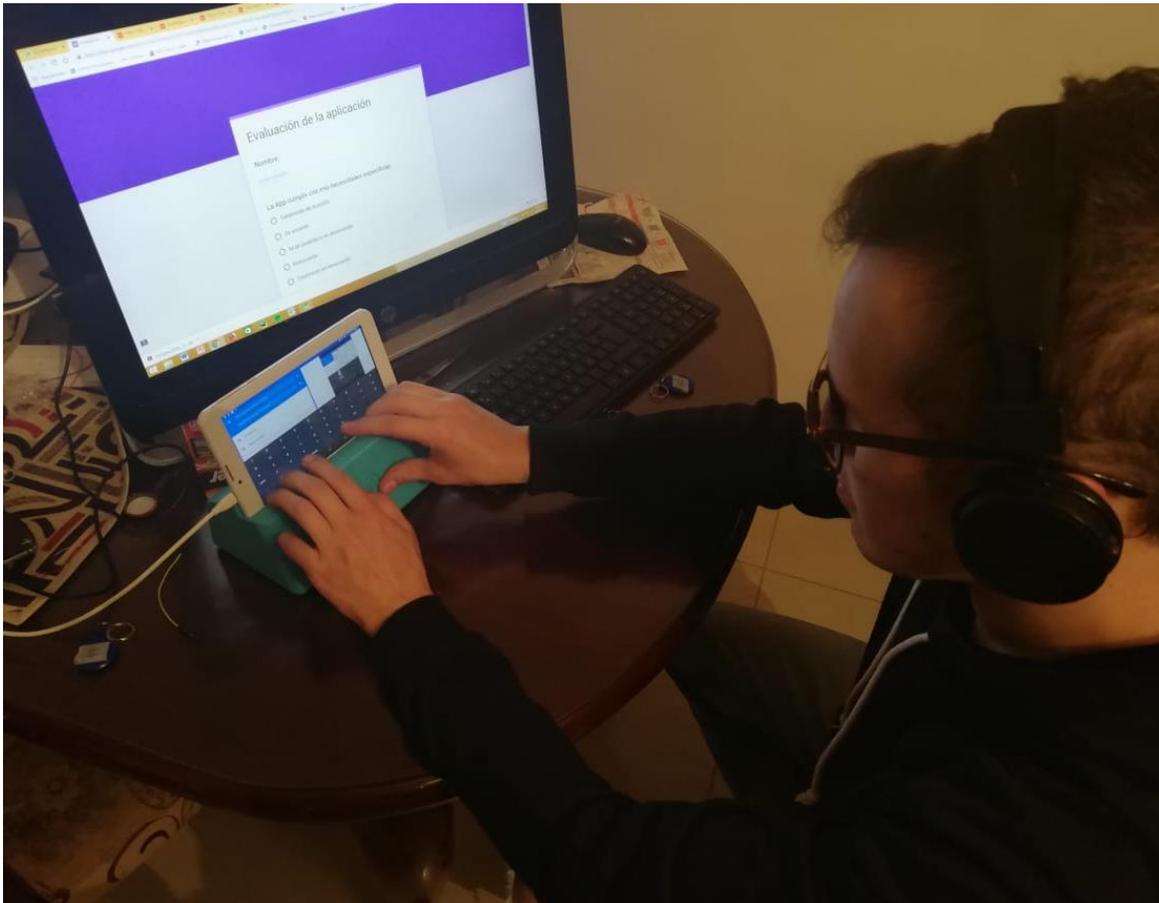
Interfaz para Personas con Discapacidad Motriz					
Preguntas	Totalmente de Acuerdo	De Acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Logro conocer de manera clara la ruta que me lleva a mi destino	9	16	0	0	0
Logro entender plenamente el funcionamiento de la app	7	17	1	0	0
¿La ubicación del dispositivo me permite interactuar con éste sin ninguna dificultad?	13	9	3	0	0
La interfaz de usuario es de fácil manejo	8	16	1	0	0
Agregaria o cambiaria algo	Si=0		No=25		

C. Anexo: Registro Fotográfico



Este registro muestra a uno de los participantes evaluando la actividad dedicada a la asistencia de un usuario con discapacidad visual, los audífonos representan una gran mejoría en el entendimiento de las instrucciones a comparación del uso de los altavoces integrados de la tablet implementada.

En este caso particular este usuario recomienda mejorar la capacidad de procesamiento del dispositivo mediante el reemplazo de la tablet y la garantía de una conexión a internet estable.



Este registro muestra a uno de los participantes evaluando la actividad dedicada a la asistencia de un usuario con discapacidad auditiva, en este caso particular el usuario manifiesta estar de acuerdo con el diseño planteado, destacando la adecuación del teclado de la tablet con el lenguaje de señas de Colombia adjunto en cada una de las teclas, esto permite un mayor entendimiento para esta comunidad al tener ambos mecanismos de lengua en el mismo sistema.

8. Referencias

(s.f.).

Instituto Nacional para Sordos. (2006). *Diccionario Básico de la Lengua de Señas Colombiana*.

Azenkot, S., Prasain, S., Borning, A., & Fortuna, E. (2011). *Enhancing Independence and Safety for Blind and*. Vancouver.

Centro Nacional de las Tecnologías de la Accesibilidad. (22 de Marzo de 2013). Obtenido de <http://www.centac.es/gl/content/onthebus-una-app-que-gu%C3%AD-los-ciegos-por-el-transporte-p%C3%ABablico>

CENTRO NACIONAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA ACCESIBILIDAD. (22 de Marzo de 2013). Obtenido de <http://www.centac.es/gl/content/onthebus-una-app-que-gu%C3%AD-los-ciegos-por-el-transporte-p%C3%ABablico>

Crockford, D. (1999). *Introducing JSON*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de <https://www.json.org>

Everything You Need to Know About Near Field Communication. (2017). Obtenido de <https://www.uicworld.com/blog/index.php/2018/01/02/everything-you-need-to-know-about-near-field-communication-products/>

How NFC Works. (2017). Obtenido de <http://nearfieldcommunication.org/how-it-works.html>

Inagaki, T., Fujisawab, S., Takahashic, K., Ikedad, N., Takeuchid, K., Oginod, H., & Kobayakawa, S. (2017). Experimental observations on the optimal layout of orientation blocks for safe road crossing by the visually impaired. *International Association of Traffic and Safety Sciences*.

Inclúyeme. (12 de Junio de 2015). Obtenido de Todo lo que Debes Saber Sobre Discapacidad Motriz: <https://www.incluyeme.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-discapacidad-motriz/>

INSOR. (2006). *Diccionario Básico de la Lengua de Señas Colombiana*. Bogotá: Imprenta Nacional.

- Martinez Moreno, C. (2017). *Tu Guía, Asistente para la Movilidad de Personas en Condición de Discapacidad Visual*. Bogotá.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (Noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/presentacion-sala-situacional-discapacidad-2017.pdf>
- Nakamura, F., & Ooie, K. (2017). A study on mobility improvement for intellectually disabled student commuters. *International Association of Traffic and Safety Sciences. Near Field Communication*. (2017). Obtenido de <http://nearfieldcommunication.org/>
- OMS. (2011). *Resumen Informe Mundial sobre la Discapacidad*. Malta.
- OMS. (11 de Octubre de 2018). *Ceguera y discapacidad visual*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- OMS. (15 de Marzo de 2018). *Sordera y pérdida de la audición*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Peña, N., & Mendoza, O. (2019). *Design and implementation of a mobile App for public transportation services of persons with visual impairment (TransmiGuia)*. Bogotá.
- RFID vs NFC: What's the Difference?* (2013). Obtenido de <https://blog.atlasrfidstore.com/rfid-vs-nfc>
- RFID, ¿Qué es y Para Qué Sirve?* (2018). Obtenido de <https://www.microsystem.cl/rfid-que-es-y-para-que-sirve>
- Salud, M. d. (1993). *RESOLUCIÓN NÚMERO 8430 DE 1993*. Resolución, Bogotá.
- Salud, S. D. (2007). *Decreto 470 de 2007*. Bogotá.
- Sparkfun. (22 de Abril de 2019). *Sparkfun*. Obtenido de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi/all>
- Sze, N., & Christensen, K. (2017). Access to urban transportation system for individuals with disabilities. *International Association of Traffic and Safety Sciences*.

Universidad El Bosque. (2018). *Diseño y validación de un sistema de información multimodal para servicios de transporte público*. Bogotá.

Vergara, A. M., Ruiz, V., & Valencia, D. (2017). Biosignature. *El Tiempo*.

Woodford, C. (2018, Septiembre 23). *Explain That Stuff*. Retrieved from <https://www.explainthatstuff.com/how-speech-synthesis-works.html>

