



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS APLICADAS  
AL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE USO MASIVO  
EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS, PARA FACILITAR  
LA ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

AUTOR

CARLOS SEBASTIÁN NAVAS GUERRERO

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS APLICADAS  
AL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE USO MASIVO  
EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS, PARA FACILITAR  
LA ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos  
establecidos para optar por el título de  
Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información

Profesor Guía

Ing. Jean Michel Clairand Gómez

Autor

Carlos Sebastián Navas Guerrero

Año

2017

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Jean Michel Clairand Gómez

Diplôme d'Ingenieur

C.C.: 171473668-1

## **DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Héctor Fernando Chinchero Villacís

Máster en Domótica

C.C.: 171545133-0

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Carlos Sebastián Navas Guerrero

C.C.: 172204660-2

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia por haberme brindado el apoyo a lo largo de mi vida. A mis profesores de la carrera por todos los conocimientos que compartieron conmigo en las aulas de clase a lo largo de todos estos años.

Agradezco a mi tutor de tesis, MSc. Jean Michel Clairand por su paciencia y sabias enseñanzas.

Sobre todo quiero agradecer a la vida por las oportunidades que me brinda para crecer profesionalmente y como persona.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia que me brindó la fuerza necesaria para culminar mi carrera como profesional: a mi madre y mi tío que son los pilares fundamentales en mi vida ya que con su amor y fuerza me ayudan a seguir adelante en todos los retos que me ponga la vida.

## RESUMEN

En este documento se analiza las principales causas que afectan a las personas con discapacidad al momento de tomar un transporte público en los diferentes subsistemas existentes en la ciudad, se toma datos estadísticos de las discapacidades registradas en el Distrito Metropolitano. Este documento está desarrollado bajo un análisis de las tecnologías implementadas en los países desarrollados en el transporte público de uso masivo para las personas con discapacidad, este análisis se conforma de la siguiente manera: estructura de la tecnología, funcionamiento, interfaz, ventajas, desventajas, impacto sociológico, resultado de aplicación en los diferentes medios, estas tecnologías están diseñadas y desarrolladas para diferentes discapacidades, por otro lado se contempla un análisis del transporte público en el Distrito Metropolitano de Quito. Se realizó un estudio estadístico de los diferentes subsistemas de transporte público de uso masivo que existen en la ciudad para la movilización de los ciudadanos con discapacidad, además el estudio examina las diferentes tecnologías asistivas para las personas con discapacidad existentes en el medio. Al final de este documento se determina una tecnología que se adapte a nuestro medio de transporte público, con los recursos y tecnología existente en el medio, con una visión a futuro de posible implementación, el estudio realizado tiene como objetivo principal fomentar la inclusión social, elevar la autonomía de las personas con discapacidad en el Distrito Metropolitano de Quito.



## **ABSTRACT**

This document analyzes the main causes that affect people with disabilities when taking public transport in the different subsystems in the city, statistical data are taken of the disabilities registered in the Metropolitan District of Quito. This document is developed under an analysis of the technologies implemented in developed countries in mass transit for people with disabilities, this analysis is made up as follows: technology structure, operation, interface, advantages, disadvantages, sociological impact, results of application in the different media, these technologies are designed and developed for different disabilities, on the other hand an analysis of public transport in the Metropolitan District of Quito is contemplated. A statistical study of the different subsystems of public transport of mass use that exist in the city for the mobilization of citizens with disabilities was carried out, in addition the study examines the different assistive technologies for people with disabilities existing in the environment. At the end of this document we determine a technology that adapts to our public transportation, with the resources and technology existing in the environment, with a future vision of possible implementation, the study carried out has as main objective to promote social inclusion, to increase the autonomy of persons with disabilities in the Metropolitan District of Quito.

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Justificación.....	5
1.2	Antecedentes.....	5
1.3	Objetivos.....	10
1.3.1	Objetivo General.....	10
1.3.2	Objetivos Específicos.....	10
1.4	Alcance.....	10
2	TEORÍA DEL ARTE.....	12
2.1	Transporte urbano público inteligente dedicado a la accesibilidad para las personas con discapacidad.....	12
2.1.1	Arquitectura del sistema embebido de la tarjeta Mobi+.....	14
2.1.2	Arquitectura de hardware basada en componentes tolerantes a fallos.....	14
2.1.3	Arquitectura y funcionamiento del micro-controlador.....	15
2.1.4	Soporte multi-transceptor.....	16
2.1.5	Notificación de alarma múltiple y multi-sensores de vigilancia.....	17
2.1.6	Sistema de software tolerante a fallos.....	17
2.1.7	Protocolo Wireless.....	19
2.1.8	Descripción del sistema Mobi+.....	20
2.1.9	Comunicación Inalámbrica.....	21
2.1.10	Subsistema de autobús.....	22
2.1.11	Subsistema de estación.....	25
2.2	Más allá de las interfaces de usuario en la accesibilidad móvil.....	26
2.2.1	Requerimientos de diseño.....	27
2.2.2	Interfaz de usuario: Personas.....	28
2.2.3	Requerimientos Funcionales.....	29
2.2.4	Información del cronograma de tránsito y almacenamiento.....	30
2.2.4.1	GTFS (Especificación de Formato de Tránsito General).....	30
2.2.4.2	Almacenamiento Local/Remoto.....	31
2.2.5	Implementación.....	31
2.2.5.1	Interfaz de usuario.....	31
2.2.6	Almacenamiento de Información.....	33
2.2.7	Metodología de Evaluación del prototipo.....	34
2.3	Una Plataforma de Orientación Móvil para el Transporte Público.....	35

2.3.1	Solución Conceptual.....	36
2.3.2	Prototipo .....	37
2.3.3	Descripción de funcionamiento.....	38
2.4	<b>ARGUS Sistema de Navegación Autónoma para personas con discapacidad visual .....</b>	<b>40</b>
2.4.1	Funcionamiento .....	40
2.4.2	Prototipo .....	41
2.4.3	Método de evaluación del prototipo.....	44
2.5	<b>FB-Finger: Desarrollo de una nueva ayuda eléctrica para viajes con interfaz háptica .....</b>	<b>47</b>
2.5.1	Esquema de FB-Finger.....	48
2.5.2	Configuración de Hardware .....	49
2.5.3	Métodos de evaluación del prototipo .....	50
2.5.3.1	Primer método de evaluación: Relación entre la distancia percibida y la real .....	50
2.5.3.2	Segundo método de evaluación: Comparación de la precisión de la percepción de distancia con diferentes dispositivos .....	52
2.6	<b>Sistema de recolección y compartición de información vial basada en el marco social.....</b>	<b>53</b>
2.6.1	Marco social .....	53
2.6.2	Dispositivo Crawler .....	54
2.6.3	Mobile Data Viewer.....	54
2.7	<b>Estrategias de validación de puntos de referencia en navegación asistida para peatones con discapacidad visual .....</b>	<b>55</b>
2.7.1	Seguimiento de peatones en navegación asistida.....	56
2.7.2	Estrategias de validación de puntos de referencia .....	57
2.7.3	Método de evaluación del prototipo.....	60
2.7.4	SIMU4NAV .....	61
2.7.5	Protocolo .....	61
2.8	<b>Sistema de creación automatizada de mapas táctiles con OPEN STREET MAP .....</b>	<b>63</b>
2.8.1	Uso de datos OSM (Open Street Map).....	63
2.8.1.1	Open Street Map .....	63
2.8.1.2	Conversión de datos de OSM en base de datos GIS.....	64
2.8.2	Funcionamiento del sistema .....	64
2.8.3	Imagen del mapa táctil.....	67
2.8.4	Símbolos de línea .....	68
2.8.5	Símbolos de área.....	68
2.8.6	Símbolos de punto.....	68
2.8.7	Método de evaluación del prototipo.....	70
2.8.7.1	Evaluación Preliminar .....	70
2.8.7.2	Configuración de prueba .....	71

2.9	Evaluación de un dispositivo de transporte basado en GPS para apoyar el viaje independiente en autobús de personas con discapacidad intelectual .....	72
2.9.1	Descripción de la tecnología asistiva.....	73
2.9.2	Descripción de funcionamiento.....	74
2.9.3	Método de evaluación del prototipo.....	82
2.9.3.1	Procedimiento.....	82
2.9.3.2	Análisis de datos .....	84
2.10	Resultados de aplicación de los diferentes prototipos .....	84
2.10.1	Resultados de aplicación del prototipo Mobi+ .....	84
2.10.2	Resultados de aplicación del prototipo ABLE Transit .....	86
2.10.3	Resultados de aplicación del prototipo VIATOR.....	88
2.10.4	Resultados de aplicación del prototipo ARGUS .....	89
2.10.4.1	Análisis de la retroalimentación de los usuarios .....	90
2.10.5	Resultados de aplicación del prototipo FB-Finger: Desarrollo de una nueva ayuda eléctrica para viajes con interfaz háptica.....	91
2.10.5.1	Resultados del primer método de evaluación .....	91
2.10.5.2	Resultados del segundo método de evaluación .....	92
2.10.6	Resultados de aplicación del prototipo sistema de recolección y compartición de información vial basada en el marco social.....	94
2.10.7	Resultados de las Estrategias de Validación de puntos de referencia.....	95
2.10.8	Resultados de evaluación del prototipo OPEN STREET MAP .....	98
2.10.8.1	Resultados de los usuarios en el mapa táctil.....	98
2.10.8.2	Resultados de interacción con el sistema.....	98
2.10.9	Resultados de evaluación de un dispositivo de transporte basado en GPS para apoyar el viaje independiente en autobús de personas con discapacidad intelectual.....	99
2.10.9.1	Resultados.....	99
2.11	Análisis de ventajas y desventajas de las tecnologías propuestas en posible escenario de funcionamiento en el DMQ .....	102
3	<b>ANÁLISIS DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN EL DMQ.....</b>	<b>104</b>
3.1	Situación actual del transporte público urbano en el DMQ.....	104
3.1.1	Situación actual del transporte público urbano .....	105

3.1.2	Calidad del servicio.....	107
3.1.3	Inclusión de las personas con discapacidad al transporte público en el DMQ.....	108
3.2	Estadísticas de las personas con discapacidad en el DMQ .....	109
3.3	Análisis de posible implementación de las tecnologías en el DMQ .....	110
3.3.1	Análisis de tecnología Mobi+ .....	111
3.3.1.1	Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ .....	111
3.3.1.2	Tecnología existente en la ciudad .....	112
3.3.1.3	Recursos que existen en el medio.....	112
3.3.1.4	Impacto sociológico .....	112
3.3.2	Análisis de aplicaciones desarrolladas para dispositivos móviles .....	113
3.3.2.1	Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ .....	115
3.3.2.2	Tecnología existente en la ciudad .....	115
3.3.2.3	Recursos que existen en el medio.....	115
3.3.2.4	Impacto sociológico .....	116
3.3.3	Análisis de tecnología FB-Finger en el DMQ.....	116
3.3.3.1	Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ .....	116
3.3.3.2	Tecnología existente en la ciudad .....	116
3.3.3.3	Recursos que existen en el medio.....	116
3.3.3.4	Impacto sociológico .....	117
3.3.4	Análisis de la tecnología Prototipo Crawler .....	117
3.3.4.1	Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ .....	117
3.3.4.2	Tecnología existente en la ciudad .....	117
3.3.4.3	Recursos que existen en el medio.....	117
3.3.4.4	Impacto sociológico .....	118
3.3.5	Análisis de la tecnología navegación asistida.....	118
3.3.5.1	Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ .....	118
3.3.5.2	Tecnología existente en la ciudad .....	118
3.3.5.3	Recursos existentes en el medio .....	119
3.3.5.4	Impacto sociológico .....	119
3.3.6	Análisis de la tecnología OPEN STREET MAP .....	119
3.3.6.1	Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ .....	119
3.3.6.2	Tecnología existente en el medio .....	119
3.3.6.3	Recursos existentes en el medio .....	119
3.3.6.4	Impacto sociológico .....	120

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
4.1	Conclusiones .....	123
4.2	Recomendaciones.....	124
	REFERENCIAS .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: El ciclo de la discapacidad/pobreza y el rol del transporte. ....	4
Figura 2: Diagrama Funcional en bloques del sistema Mobi+ .....	14
Figura 3: Arquitectura de la tarjeta Mobi+ basado en los componentes tolerante a fallos .....	16
Figura 4: Diagrama esquemático de HEROS .....	18
Figura 5: Formato de las tramas de datos de Mobi+ .....	20
Figura 6: Prototipo de la tarjeta Mobi+ .....	21
Figura 7: Subsistema de autobús .....	23
Figura 8: Diagrama del funcionamiento del sistema de autobús .....	24
Figura 9: Elementos del subsistema de estación de autobús .....	26
Figura 10: IU para impedimentos visuales.....	32
Figura 11: UI para impedimentos auditivos .....	32
Figura 12: UI impedimentos físicos.....	32
Figura 13: UI Impedimentos cognitivos.....	32
Figura 14: Captura de pantalla de la aplicación ABLE Transit.....	33
Figura 15: Captura de pantalla: (I) Horario de rutas (II) Perfiles de usuario (III) Contenido .....	38
Figura 16: Captura de pantalla de interfaz de usuario para personas ciegas: (I) Notificación de cambio de ruta. (II) Nueva información de recalcado de ruta.....	39
Figura 17: Funcionamiento del proyecto ARGUS.....	42
Figura 18: Funcionamiento de la aplicación ARGUS para dispositivos Android, con auriculares inalámbrica y unidad de posicionamiento de alto rendimiento .....	44
Figura 19: Prototipo CyArm .....	48
Figura 20: Esquema de funcionamiento de FB-Finger .....	48
Figura 21: Diagrama de bloques del funcionamiento Hardware de FB-Finger.....	50
Figura 22: Configuración experimental .....	52
Figura 23: Mobile Data Viewer .....	55

Figura 24: Estrategia de radio de captura.....	58
Figura 25: Distancia a la estrategia de Secciones (D2S).....	59
Figura 26: Distancia a la estrategia de línea (D2L).....	60
Figura 27: Ejemplo de itinerario y recorrido realizado con la estrategia de validación del radio de captura .....	62
Figura 28: Configuración de sistema de tmacs para OSM .....	65
Figura 29: Página de inicio de tmacs para OSM .....	67
Figura 30: Uso de tmacs para OSM .....	67
Figura 31: Ejemplo de una imagen de mapa táctil.....	70
Figura 32: Configuración de la prueba.....	71
Figura 33: Pantalla de inicio de la aplicación.....	74
Figura 34: Pantalla de espera de autobús.....	75
Figura 35: Pantalla de acceso al autobús.....	76
Figura 36: Pantalla de referencia de recorrido.....	77
Figura 37: Pantalla de puntos de referencia en el recorrido .....	78
Figura 38: Pantalla 6, pantalla advertencia de no bajar del autobús .....	79
Figura 39: Pantalla de sonar la campana para parada de autobús .....	80
Figura 40: Pantalla de revisión el asiento antes de bajar del autobús.....	81
Figura 41: Pantalla de llegada al destino.....	81
Figura 42: Prototipo Mobi+ en Clermont-Ferrand (Francia).....	85
Figura 43: Ruta de usuario e instrucciones de encabezamiento análisis de escenarios urbanos y suburbanos .....	89
Figura 44: Resultados al cuestionario sobre las actividades previas y posteriores al viaje.....	90
Figura 45: Resultados al cuestionario respecto a la navegación binaural guiada.....	91
Figura 46: Líneas de regresión de distancia estimada señalada a partir de la distancia presentada para las dos condiciones (n = 240) .....	92
Figura 47: Coeficientes de determinación media para las tres condiciones del dispositivo .....	93
Figura 48: Resultados del experimento de campo.....	95



Figura 49: Promedio (16 sujetos) distancia total a través de las diferentes estrategias de validación .....	96
Figura 50: Promedio (16 sujetos) duración de los viajes a través de las distintas estrategias de validación de puntos de referencia.....	97
Figura 51: Distribución de viajes.....	105
Figura 52: Estadísticas de personas con discapacidad registradas en el DMQ .....	110
Figura 53: Estadísticas de personas con discapacidad registradas por edad en el DMQ .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistemas de Transporte Público (TP).....	8
Tabla 2: Variables del sistema .....	24
Tabla 3: Requerimiento de interfaz .....	28
Tabla 4: Tabla Comparativa .....	30
Tabla 5: Interfaces para usuarios .....	32
Tabla 6: Tabla comparativa de almacenamiento.....	34
Tabla 7: Especificaciones Técnicas .....	43
Tabla 8: Resumen de pruebas del prototipo ARGUS.....	45
Tabla 9: Requerimientos de evaluación .....	46
Tabla 10: Descripción de símbolos .....	69
Tabla 11: Itinerario de la aplicación.....	83
Tabla 12: Criterios de Evaluación.....	100
Tabla 13: Estadísticas descriptivas .....	101
Tabla 14: Pruebas independientes.....	101
Tabla 15: Análisis de Ventajas y Desventajas.....	103
Tabla 16: Tipos de movilidad.....	104
Tabla 17: Subsistemas de TP .....	106
Tabla 18: Tipos de vehículos.....	108
Tabla 19: Características de las aplicaciones móviles .....	114
Tabla 20: Principales problemas de usuarios discapacitados. ....	120
Tabla 21: Solución a la problemática planteada con un prototipo .....	121

## 1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transporte público urbano alrededor del mundo, fueron diseñados para una población sana es decir no se tomó en cuenta las distintas discapacidades que existen en la población, en ocasiones muy especiales se tomó en cuenta el acceso para las personas con discapacidad, con el pasar del tiempo se ha desarrollado un plan de integración social en la sociedad con lo cual las personas con discapacidades se han visto tomadas en cuenta.

Las Naciones Unidas calculan que entre el 6% y el 10% de la población de los países en desarrollo tienen una discapacidad alrededor de unos 400 millones de personas en todo el mundo. Los desafíos a los que se enfrentan estas personas en su vida cotidiana varían considerablemente, pero la escasez de datos confiables dificulta realizar una estadística a una escala real útil y la naturaleza según sus necesidades. Las indicaciones son que, generalmente en los países de ingresos bajos, del 40 al 50% de todas las personas con discapacidad tienen discapacidades sensoriales (incluyendo ceguera, baja visión, sordera, malas audiciones y problemas de habla); Mientras que 20 a 50% de las personas tienen diversas discapacidades físicas, y en el orden de 7 a 15% tienen discapacidades cognitivas (Roberts & Babinard, 2004, pág. 1)

Las condiciones de vida y las oportunidades económicas de las personas con discapacidad en los países en desarrollo frecuentemente son peores debido a que tienen más probabilidades de ser excluidos de las relaciones sociales y las actividades comunitarias. Esta exclusión, a su vez, conduce a una reducción de las oportunidades sociales, culturales, educativas y económicas; Aumentando así el riesgo que las personas con discapacidad se hundan aún más en la pobreza. Esta exclusión también impone costos directos a la sociedad, reduciendo la producción económica y social, no sólo de las personas con discapacidad, sino también de quienes las cuidan y cuyo empleo productivo puede ser reducido como resultado (Roberts & Babinard, 2004, pág. 1)

Los sistemas de transporte público urbano inclusivos es una opción de inclusión debido a que son más críticos para reducir el aislamiento, la vulnerabilidad y la dependencia de las personas con discapacidad, contribuyendo hacia una mejora de las condiciones de vida, hacia las personas más pobres del mundo. Sin embargo, la falta de datos y estadísticas reales es un serio impedimento para estimar la demanda de un transporte más inclusivo, a fin de responder a las necesidades reales de todas las personas cuyo acceso y movilidad están gravemente limitados (Maunder, Venter, Rickert, & Sentinella, 2004, p. 1)

Un estudio financiado por el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) examinó los enfoques para satisfacer las necesidades de acceso en varios países en desarrollo de África, Asia y América Latina. Se identificaron tres tipos principales de barreras (interrelacionadas) para las personas con discapacidad:

- Barrera social (Incluye altos costos, falta de concientización hacia las personas con discapacidad, dificultades de acceso).
- Barrera psicológica (sentirse dependiente, temor por la seguridad personal).
- Barrera estructural (incluyendo infraestructura, información) (Maunder, Venter, Rickert, & Sentinella, 2004)

A nivel mundial se han producido avances en la reducción de las barreras en el transporte público durante las últimas cuatro décadas, en particular en los Estados Unidos y algunos países europeos en respuesta a una fuerte promoción de inclusión social. Incluso en estos países considerados desarrollados o del primer mundo, la promoción se ha propagado lentamente y el impacto global a menudo sigue siendo decepcionante. La mayoría de los países considerados no desarrollados o del tercer mundo y países en

desarrollo ahora también tienen políticas de discapacidad que reflejan conceptos de discapacidad razonablemente avanzados, basados en el Programa Mundial de Acción de las Naciones Unidas sobre las Personas con Discapacidad (WPA, por sus siglas en inglés) y las Normas Uniformes para la Igualdad de Oportunidades para Personas con Discapacidad Reglas) (Metts, 2000, p. 5). No obstante, la realidad de la sociedad a nivel mundial es que la complacencia de las necesidades de las personas con discapacidad se considera todavía en gran medida como una cuestión de bienestar en la mayoría de los países, e incluso las buenas prácticas básicas para satisfacer esas necesidades rara vez es reconocida, y mucho menos se aplican.

La discapacidad y la pobreza están estrechamente vinculadas en muchos países considerados en desarrollo. Por ejemplo (Maunder, Venter, Rickert, & Sentinella, 2004), en Sudáfrica la incidencia de discapacidad es el doble de alta entre los grupos sociales de ingresos más bajos que entre otros grupos. La pobreza y la discapacidad se refuerzan mutuamente. La Figura 1 (Maunder, Venter, Rickert, & Sentinella, 2004) ilustra el ciclo de exclusión y empobrecimiento. La discapacidad a menudo conduce a la exclusión de la educación y las oportunidades de empleo, lo que provoca dificultades económicas. En las sociedades en desarrollo persisten fuertes actitudes sociales y culturales, para aislar y excluir a las personas con discapacidad de la sociedad dominante. Las personas con discapacidades a las que se les niega la educación con frecuencia no pueden encontrar empleo, lo que las lleva más a la pobreza.

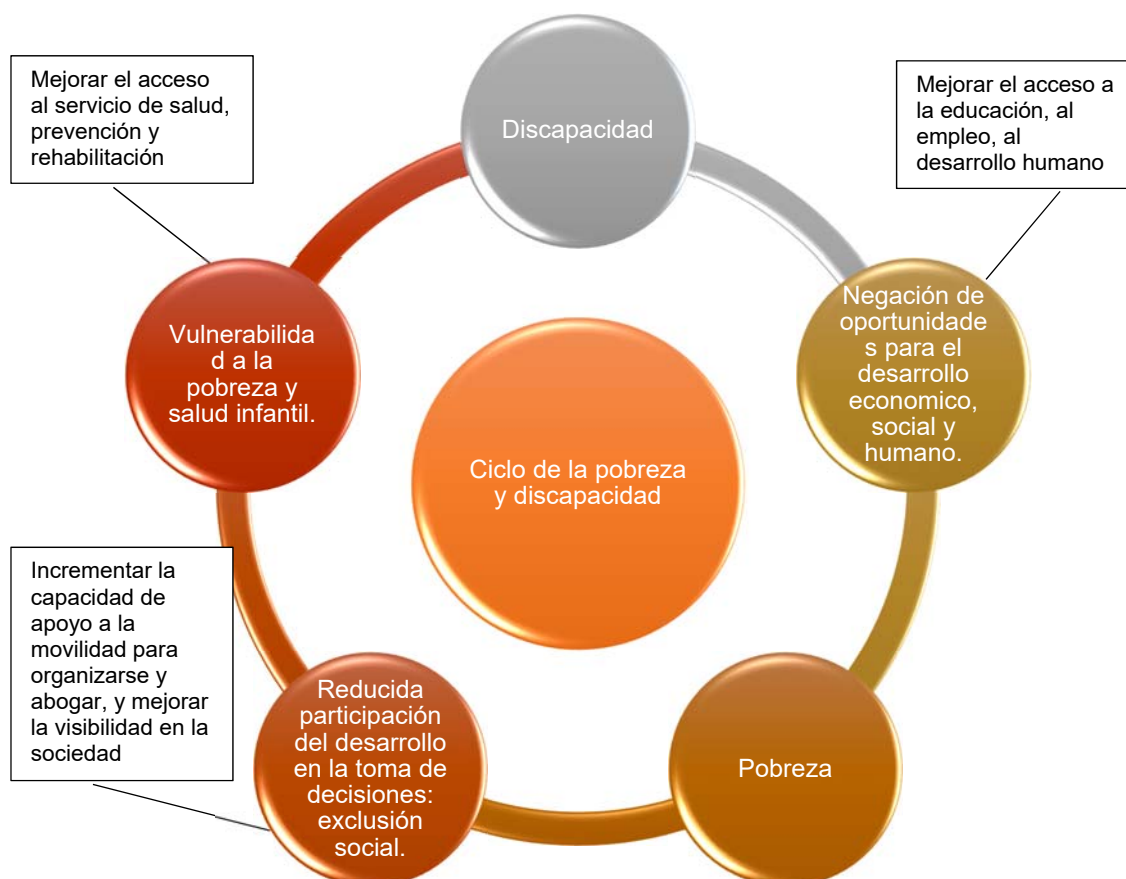


Figura 1: *El ciclo de la discapacidad/pobreza y el rol del transporte.*  
Adaptado de: (Maunder, Venter, Rickert, & Sentinella, 2004, p. 2)

Los requisitos de movilidad y acceso para las personas con discapacidad deben entenderse en el contexto más amplio al planificar y diseñar sistemas de transporte sin barreras. Esto implica una comprensión e identificación de las circunstancias que crean barreras para las personas con discapacidades (Roberts & Babinard, 2004). Debería aplicarse una política de transporte público urbano inclusiva utilizando una combinación de diferentes enfoques de acceso práctico basados en diferentes características de costos y fases de desarrollo. En muchas situaciones, las mejoras a bajo costo, tales como rampas en las veredas en las esquinas de las calles, las rampas a los edificios públicos y las letras más grandes en las señales de destino del autobús (Roberts & Babinard, 2004) pueden traer beneficios desproporcionados. Lo más interesante son aquellas intervenciones que traen beneficios a todos los pasajeros, creando una oportunidad para beneficio mutuo entre la sociedad y las personas con discapacidad.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

El proyecto es pensando en brindar una solución tecnológica para la integración de las personas discapacitadas en la ciudad de Quito, facilitando el acceso a los diferentes transportes públicos de uso masivo debido a que es muy difícil para las personas con discapacidad obtener un fácil acceso e integración a los mismos. Como resultado este proyecto aporta un desarrollo de nuestra cultura, buen vivir, calidad de vida de la sociedad, así como mejorar calidad y accesibilidad de las personas con discapacidad al servicio de transporte público de uso masivo.

Las diferentes herramientas tecnológicas desarrolladas, es una oportunidad para estas personas logrando hacerlas sentir plenamente integradas a la sociedad sin ningún tipo de discriminación alguna, de esta manera alcanzamos que la persona sea independiente, recuperando en ella la confianza perdida y sentirse capaz para afrontar cualquier reto impuesto por ellos mismo, con la oportunidad de conocer el mundo que es una ventana hacia el futuro.

En la actualidad las diferentes tecnologías han venido desarrollándose a gran escala para brindar un estilo de vida diferente para mejorar el ambiente a nuestro alrededor, cada proyecto que se lleva a cabo hoy en día es pensando en la obtener una integración total de la sociedad a nivel mundial, las personas que han sido excluidas de la sociedad por sus diferentes discapacidades se las brinda una nueva oportunidad de integración sin sentirse excluidas o menospreciadas para las diferentes actividades en la vida diaria de la sociedad lo que hace que este sea un mundo mejor, para una plena integración de la sociedad.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Tomando en cuenta la accesibilidad al transporte público urbano de uso masivo en el Ecuador, tiempo atrás se contemplaba la reserva de asientos para personas adultas mayores, lisiados y madres en tiempo de gestación o bebés

en brazos. Sin embargo, las unidades de autobús, estaciones de autobuses, paradas de autobús no están plenamente diseñadas para un cómodo acceso para las personas discapacitadas poniendo una vez más un gran obstáculo para la integración a la sociedad actual.

En el Ecuador, actualmente existe una ley orgánica de discapacidades en la cual se detalla los diferentes ámbitos en las cuales las personas con discapacidad se encuentran amparadas por la ley. Ley Orgánica de Discapacidades. Registro Oficial N° 796 martes 25 de septiembre del 2012.

**Artículo 60.- Accesibilidad en el transporte.-** Las personas con discapacidad tienen derecho a acceder y utilizar el transporte público. Los organismos competentes en tránsito, transporte terrestre y seguridad vial en las diferentes circunscripciones territoriales, previo el otorgamiento de los respectivos permisos de operación y circulación, vigilarán, fiscalizarán y controlarán el cumplimiento obligatorio de las normas de transporte para personas con discapacidad dictadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y establecerán medidas que garanticen el acceso de las personas con discapacidad a las unidades de transporte y aseguren su integridad en la utilización de las mismas, sancionando su inobservancia.

Se adoptarán las medidas técnicas necesarias que aseguren la adaptación de todas las unidades de los medios de transporte público y comercial que sean libres de barreras y obstáculos y medidas.

**Artículo 61.- Unidades accesibles.-** Los organismos competentes para conceder permisos de operación a organizaciones de taxis, exigirán que al menos un porcentaje de sus unidades cuenten con las adecuaciones técnicas necesarias para transportar a personas con discapacidad con movilidad reducida, en función de las necesidades de la respectiva circunscripción territorial, de conformidad con el reglamento de esta Ley.



En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se realizó un censo, según el Instituto nacional de estadística y censos (INEC) existe un población de 2.239.191 de habitantes, según el Consejo Nacional para la igualdad de Discapacidades (CONADIS) existe un total de 56.408 personas con discapacidad registradas, entonces podemos asumir que el 2.51% de población en el DMQ sufre de algún tipo de discapacidad, además las estadísticas según la Secretaría de movilidad (Diagnostico Estratégico – Eje de la movilidad) el 72.7% usa el transporte público y el 27.3% usa el transporte privado.

En el DMQ existen diferentes subsistemas de movilidad para el transporte público y privado, para que la población puede movilizarse a lo largo de la ciudad, según la secretaria de movilidad, al año 2014 en el DMQ se realizaron aproximadamente 2'800.000 viajes en el transporte público (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 9)

Los mencionados viajes posee una distribución en los varios subsistemas que están implementados en el Distrito Metropolitano de Quito, mismos que forman parte de la oferta del transporte público; con un exhaustivo estudio se determinó que las rutas con mayor oferta son las de buses convencionales, los mismos que se caracterizan por ser buses estandarizados de 70 y 90 pasajeros, con público de pie y sentado, con puerta de entrada y salida; los mismos poseen una participación del 63.5%, sin contar con la participación de buses alimentadores de los subsistemas integrados BRT. La Secretaría de movilidad al realizar un estudio, determino el porcentaje de uso de los diferentes subsistemas en el Distrito Metropolitano de Quito, mismo que se ilustra en la Tabla 1 (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 9)

Cabe mencionar que el transporte institucional y escolar, siendo estos transportes privados, forman parte del transporte colectivo; razón por la que son tomados en cuenta en esta clasificación de medios de transporte para fines de estudio.

El transporte institucional y escolar, son parte del transporte comercial según la Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, mismo que tiene una participación del 15% en el total de la demanda de transporte público (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 9)

A continuación, en la Tabla 1, se detalla la distribución de la demanda de los viajes diarios en los distintos subsistemas de transporte público.

Tabla 1:  
*Sistemas de Transporte Público (TP)*

<b>Subsistema de TP</b>	<b>Viajes/día</b>	<b>%</b>
Rutas convencionales	1.720.000	61.4%
Troncales BRT – Corredores	400.000	14.3%
Rutas alimentadoras BRT – Corredores	420.00	7.5%
Buses escolares e institucionales	420.000	15.0%
Servicios Informales (busetas, camionetas)	50.000	1.8%
<b>Total</b>	<b>2.800.000</b>	<b>100%</b>

Tomado de: (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 9)

Con el estudio proporcionado por la secretaría de movilidad, los buses con rutas convencionales son las más usadas con un alto porcentaje en el DMQ, pero nuestro DMQ no está apto para que este servicio sea accesible para las personas que sufren de alguna discapacidad por los siguientes factores:

- Los transportistas no se detienen en las paradas asignadas.
- No existen suficientes rampas.
- Falta de señaléticas.
- El alto de la grada con respecto a la vereda es muy alto.
- No existe un horario fijo para los buses al pasar por las paradas.
- No existe un buen trato por parte del transportista.
- Sistema de información al usuario.
- Espacios asignados para personas con discapacidad.

- Viajar apretujados.
- Usuarios expuestos a frenazos o maniobras bruscas.

Según diario el comercio “A diario, en Quito se realizan 2,2 millones de viajes. De estos, en 1,7 millones se paga USD 0,25 (tarifa completa) y en el resto, la mitad (0,12), según la Encuesta de Movilidad” (Pacheco, 2017)

En el DMQ el TP, según la Secretaría de movilidad las unidades de transporte no han tenido variaciones en los últimos 10 años, por lo tanto el TP no ha innovado en soluciones tecnológicas para una inclusión social de las personas con discapacidad o mejorar la calidad de servicio hacia dichas personas en el servicio de TP, en este trabajo se propone analizar las tecnologías aplicadas al transporte público urbano en los países considerados desarrollados, el análisis consta en ventajas, desventajas, complejidad de adaptación en el DMQ, resultados estadísticos de cada una de las tecnologías en sus respectivos ambientes, además al final se escoge una tecnología que pueda ser una posible solución para el DMQ, brindando así un mejora al servicio y calidad de vida de las personas con discapacidad.

Este trabajo está compuesto de la siguiente manera: Capítulo II describe las tecnologías (arquitectura, funcionamiento, prototipos, métodos de evaluación de los diferentes prototipos) aplicadas al transporte público urbano en los países desarrollados, un análisis comparativo con los resultados al aplicar los prototipos de cada tecnología en su respectivo país, análisis de ventajas y desventajas de cada prototipo Capítulo III ese capítulo contiene la situación actual del TP de uso masivo, estadísticas de discapacidad en el DMQ, Capítulo IV determinación de la tecnología posible a implementar en el DMQ, con su respectivo estudio económico, Capítulo V conclusiones y recomendaciones.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar las tecnologías implementadas en los países desarrollados en el transporte público de uso masivo para personas con discapacidad, y obtener una posible solución para la implementación en el Distrito Metropolitano de Quito.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio estadístico las principales discapacidades existentes en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Investigar y examinar las diferentes tecnologías implementadas en el transporte público de uso masivo en el extranjero.
- Realizar un estudio de la situación actual del transporte público en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Determinar una tecnología que se adapte a las condiciones de nuestro medio en el transporte público urbano de uso masivo en el Distrito Metropolitano de Quito.

## **1.4 ALCANCE**

El proyecto está orientado en dos partes fundamentales, la primera parte consta de una investigación y análisis a detalle de las tecnologías desarrolladas para las personas con discapacidad, las mismas que fueron implementadas en diferentes países desarrollados en el transporte público de uso masivo, examinando las ventajas y desventajas que llevaron a cabo la implementación de dichas tecnologías; por otro lado se realizará un estudio de las tecnologías

existentes en el Distrito Metropolitano de Quito, con un análisis de la situación actual del transporte público urbano, para llegar a determinar una tecnología que se adapte de mejor manera a nuestro medio, fomentando la inclusión social.

## 2 CAPITULO II: TEORÍA DEL ARTE

En este capítulo se describen las tecnologías asistivas aplicadas al transporte público urbano de uso masivo para las personas con discapacidad en los países desarrollados. La descripción de las tecnologías consiste en describir los siguientes puntos:

- Descripción breve de las funciones de la tecnología.
- Arquitectura hardware.
- Arquitectura software.
- Descripción de funcionamiento.
- Para cada tecnología se anexan imágenes que son necesarios para una mejor comprensión de funcionamiento y como está constituida.
- Metodologías de evaluación de los diferentes prototipos.
- Análisis de los resultados de los prototipos de cada tecnología en su respectivo país.

### 2.1 TRANSPORTE URBANO PÚBLICO INTELIGENTE DEDICADO A LA ACCESIBILIDAD PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD

El transporte urbano público en su gran mayoría no está capacitado para proveer un acceso efectivo a las personas con discapacidad, especialmente con discapacidades físicas, en silla de ruedas y personas ciegas (FSRC). El proyecto Mobi+ está basado en conceptos avanzados en tecnologías de información y comunicación (TIC), tecnologías ambientales o verdes (TA), las cuales brindan una facilidad a las personas con discapacidad. El proyecto

Mobi+ tiene definido tres diferentes subsistemas para su óptimo funcionamiento en el medio de transporte urbano público que son los siguientes:

- **Comunicación Wireless:** Este subsistema está diseñado para el intercambio de información, conexión a la red entre el bus y las estaciones en el ambiente urbano público.
- **Autobús:** Este subsistema está diseñado para la detección de los pasajeros con discapacidad y las notificaciones de arribo a la unidad.
- **Estaciones de autobús:** Esta implementado para la vigilancia ambiental urbana y los servicios auxiliares de acceso a la unidad de autobús.

La tarjeta Mobi+ soporta un multi-microcontrolador, multi-transceptor que adopta una arquitectura de hardware basada en componentes tolerante a fallos, el sistema operativo micro-kernel y el protocolo de Wireless vienen integrados. El sistema dedicado embebido Mobi+ nos proporciona el mecanismo de comunicación con recursos tolerantes a fallos y de programación para garantizar la fiabilidad en el intercambio de datos con provisión de servicios (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012)

El sistema soporta una confiable interacción entre las estaciones de autobuses con los entornos urbanos complejos el cual provee los siguientes servicios: detección de pasajeros (FSRC), notificación de alarma en la estación y vigilancia ambiental, estacionamiento de autobús y servicios de acceso en la parada de bus. En la Figura 2 se puede observar el diagrama funcional del sistema Mobi+ (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10680)

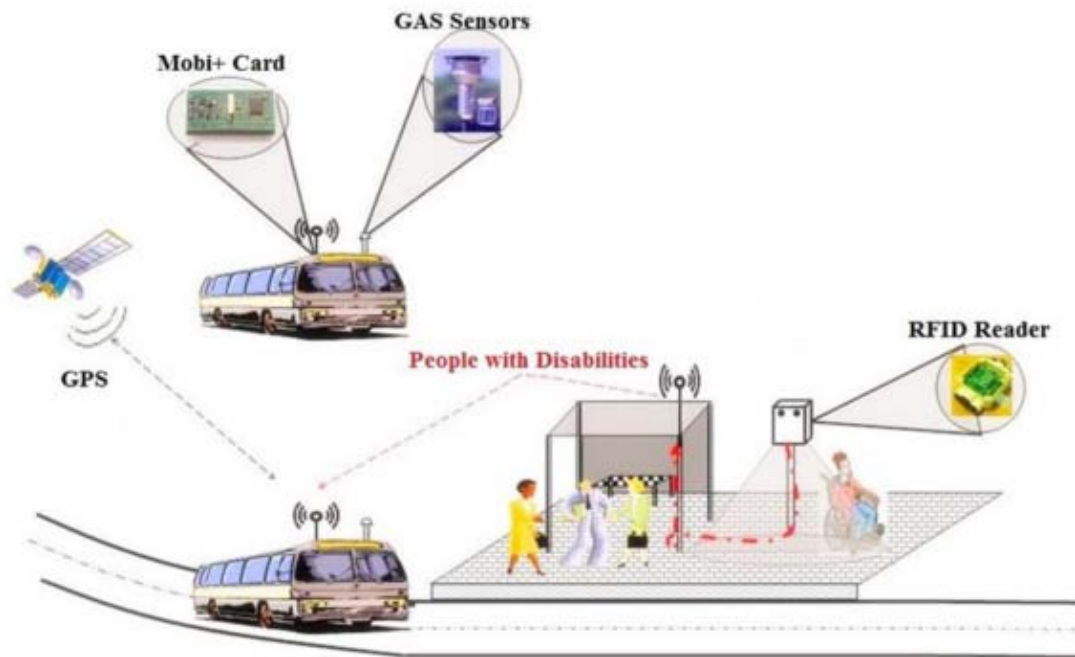


Figura 2: *Diagrama Funcional en bloques del sistema Mobi+*  
 Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10681)

### 2.1.1 Arquitectura del sistema embebido de la tarjeta Mobi+

La tarjeta denominada Mobi+ es el núcleo del sistema del proyecto, la tarjeta Mobi+ es la responsable del intercambio de datos y provisión de servicios, por lo cual ha sido instalada en las estaciones de autobús y unidades de bus. Se detallará los componentes de software y hardware de la tarjeta Mobi+ a continuación (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10681)

### 2.1.2 Arquitectura de hardware basada en componentes tolerantes a fallos

La arquitectura hardware de la tarjeta Mobi+, está basada en componentes tolerantes a fallos como son multi-microcontrolador, multi-transceptor como se muestra en la Figura 3. Para esto existen dos tipos de tarjetas Mobi+: La tarjeta que se encuentra en la unidad de autobús, es la encargada de controlar la posición de la unidad (GPS), una unidad de monitoreo para control ambiental (sensores de temperatura, sensores de calidad de aire, etc.) unidad de



provisión de servicio de autobús; la tarjeta de estación de autobús contiene la unidad de detección e identificación (Lector RFID) y la unidad de alarma y notificación de arribo a la unidad de autobús (LED, Buzzer, Speaker, etc.) (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10681)

### **2.1.3 Arquitectura y funcionamiento del micro-controlador**

La tarjeta Mobi+ se encuentra equipada con dos chips microcontroladores, los cuales nos referimos a ellos como P1 y P2 respectivamente. El funcionamiento del modo normal, P1 se ejecuta en modo funcionamiento para cumplir con las tareas del sistema, mientras P2 se encuentra configurado en modo reposo o suspensión. El funcionamiento en modo suspensión, P2 monitorea el estado del sistema operativo, en el caso que se detecte una situación anormal, se puede proceder con dos soluciones:

- a. Reiniciar la tarjeta Mobi+ entrando en el modo recuperación de fallos si es posible en P1.
- b. Reemplazar P1 por P2 para ejecutar las tareas en P2. P2 está configurado para modo reposo de tal manera que se puede disminuir el consumo de energía. En modo anormal P1 y P2 están configurados para trabajar simultáneamente con las mismas tareas, asegurando la transferencia de información y provisión de servicios.

En la tarjeta Mobi+ P1 y P2 se encuentra diseñado bajo la arquitectura maestro-esclavo respectivamente, se encuentra comunicados mediante una interfaz de bus denominada SPI/I2C (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10682)

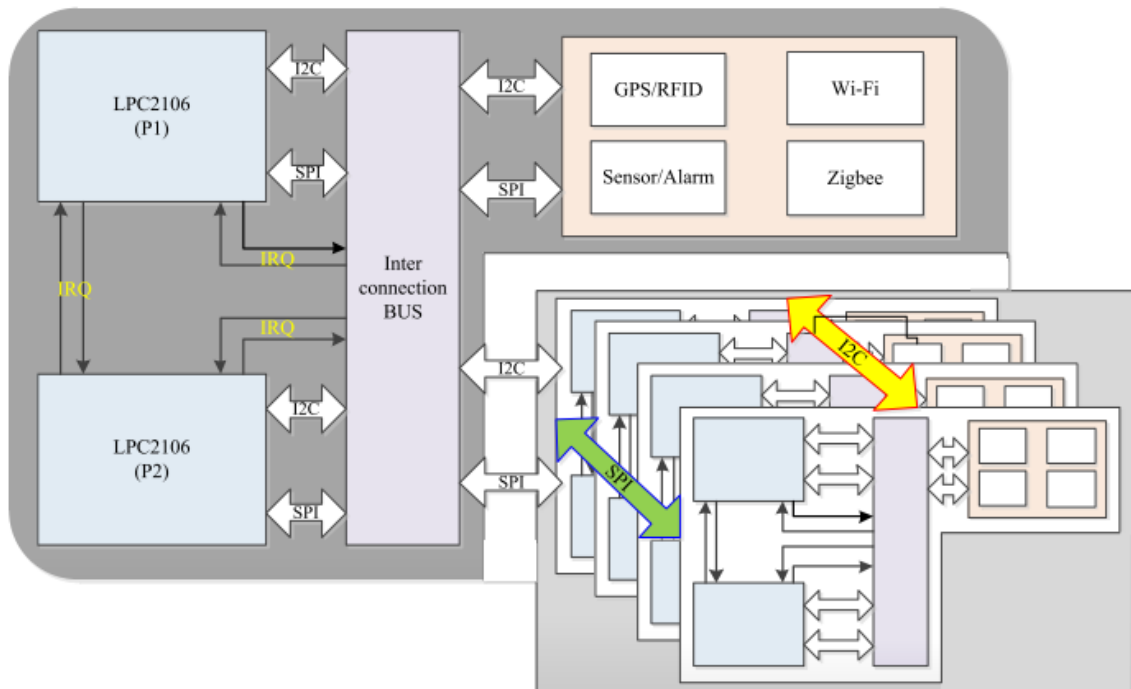


Figura 3: Arquitectura de la tarjeta Mobi+ basado en los componentes tolerante a fallos

Tomado de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10682)

#### 2.1.4 Soporte multi-transceptor

Con el fin de aplicar una comunicación inalámbrica en un entorno urbano complejo y variable en el tiempo, se ha adoptado dos comunicaciones inalámbricas en la tarjeta Mobi+ (Wifi y ZigBee), para una transmisión de datos confiable entre la unidad de autobús y la estación de autobús mediante un canal de transmisión de baja calidad. Todos los dispositivos inalámbricos operan en la misma frecuencia 2.4 [GHz], en la industria de medicina y ciencia (ISM) es la misma banda de operación lo cual puede resultar interferencia entre los dispositivos inalámbricos. En este sistema en canal 1 está asignado para el módulo Wifi 2.4120 [GHz], el canal 8 está asignado para el módulo RFID 2.4537 [GHz], el canal 13 está asignado para el módulo ZigBee 2.4700 [GHz] (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10682)

### **2.1.5 Notificación de alarma múltiple y multi-sensores de vigilancia**

En el punto de estación de autobús, se despliegan alarmas para informar a los pasajeros FSRC la llegada de la unidad de autobús, el módulo RFID para detectar la clase de pasajeros FSRC.

En la unidad de autobús, se encuentran instalados diferentes tipos de sensores para su monitoreo: el módulo GPS para ubicar la posición de la unidad en la ciudad, sensores de temperatura y calidad de aire para recolectar información del ambiente urbano en diferentes tiempos del día (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10682)

### **2.1.6 Sistema de software tolerante a fallos**

Este software está desarrollado para un bajo consumo de recursos y la capacidad de tolerancia a fallos. Para este propósito existe una específica opción de diseño en sistema operativo y un diseño de protocolo en pila.

#### **a) Sistema operativo en tiempo real híbrido integrado Micro-kernel: HEROS**

El sistema Mobi + adopta un microkernel híbrido llamado HEROS que integra las ventajas del sistema multi-hilo (SDREAM) además el sistema es impulsado por eventos (TinyOS). HEROS adopta la arquitectura del sistema basada en componentes, que puede configurarse para ejecutar en tiempo real el modo de múltiples hilos o el modo de eventos para satisfacer los requisitos de las aplicaciones prácticas (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10683)

- Arquitectura de jerarquía basada en componentes: HEROS contiene dos clases de componentes, el componente hilo y el componente evento. Hilo es un componente funcional que realiza una acción

específica y evento es una tarea que indica un comportamiento específico.

Los eventos son interrumpibles, pero no preventivos. Los hilos pertenecen a un evento y se realizan simultáneamente de acuerdo con las prioridades del hilo. Los hilos son interrumpibles y preventivos.

- Mecanismo de comunicación y sincronización basado en tuplas: HEROS implementa un espacio de tuplas y primitivas IN & OUT para el intercambio de datos y la comunicación interna entre los componentes del sistema, tales como periféricos de IO y microcontroladores. El espacio de la tupla que consiste en un conjunto de tuplas proporciona un grupo de búferes compartidos para el intercambio de datos o gestión de señales entre componentes. Las primitivas IN & OUT implementan operaciones de lectura y escritura en el espacio de tupla para la comunicación y sincronización del sistema.

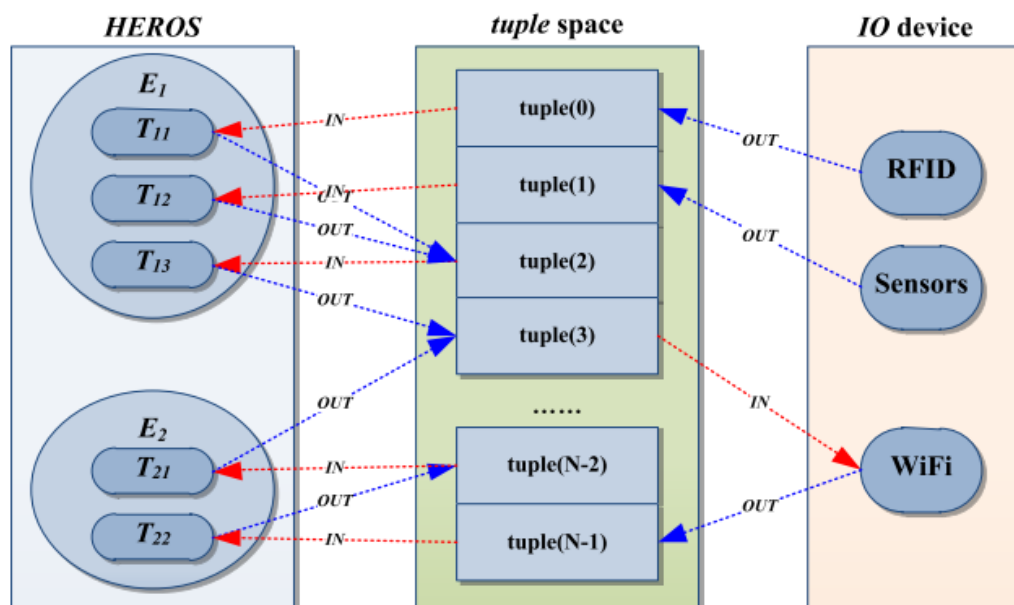


Figura 4: Diagrama esquemático de HEROS  
Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10684)

### 2.1.7 Protocolo Wireless

En el sistema Mobi+, con el objetivo de tener una comunicación y conexión segura en todo nuestro sistema al mismo tiempo reducir el consumo de energía, la solución propuesta es disminuir el tráfico de red. Los meta datos con las técnicas de compresión basadas en libros de códigos han sido adoptadas para minimizar el tamaño de los paquetes, de este modo se puede optimizar el ancho de banda y aumentar la fiabilidad de la comunicación (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012). Sin embargo, la técnica del código hamming es usado para corregir los errores en la comunicación inalámbrica.

La estructura de la trama del sistema Mobi+ está definida de la siguiente manera: “@srcaddr (1 bytes) + @dstaddr (1 byte) + @datalen (2 bytes) + @datatype (1 bytes) + @data (n bytes) + @checksum (2 bytes)” (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10684)

Los campos @srcaddr y @dstaddr complementan las direcciones de los nodos de origen y destino respectivamente, es decir, el identificador de dirección de las tarjetas Mobi+ (autobús y estación de autobús) se configuran durante el inicio del sistema.

El sistema Mobi+ soporta dos tipos de conexiones inalámbricas: unicast y broadcast. En modo broadcast el valor del campo @dstaddr es igual a cero. El valor del campo @checksum indica el tamaño total del campo de @datatype, @data y @checksum, los cuales están entre los valores 1 y 58 bytes. El campo @checksum almacena el código de comprobación de redundancia cíclica (CRC).

El sistema Mobi+ soporta 3 tipos de tramas: trama de control, trama sensorial, trama ID, las que son definidas en el campo @datatype. La trama ID (1 byte) nos indica el tipo de pasajero FSRC que están definidos de la siguiente manera: bit0 usuario en silla de rueda (SRU), bit1 representa usuario con

discapacidad física (UF), bit2 representa usuario ciego (UC), los bits 3-7 son reservados; las tramas del sensor se utilizan para contener los datos de muestreo de los sensores en el bus, que almacena la siguiente información: la ubicación información desde el GPS, información ambiental de los sensores de calidad de aire y temperatura.

Las tramas de control contienen 5 tipos (1byte): “REQ\_CONNET, ACK\_CONNECT, REQ\_RETRAN, ACK\_RETRAN, y ACK\_DATA” (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10685). Los cuales son responsables de las órdenes de control de petición/control de conexión, solicitud/confirmación de retransmisión y reconocimiento de datos, respectivamente (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10685)

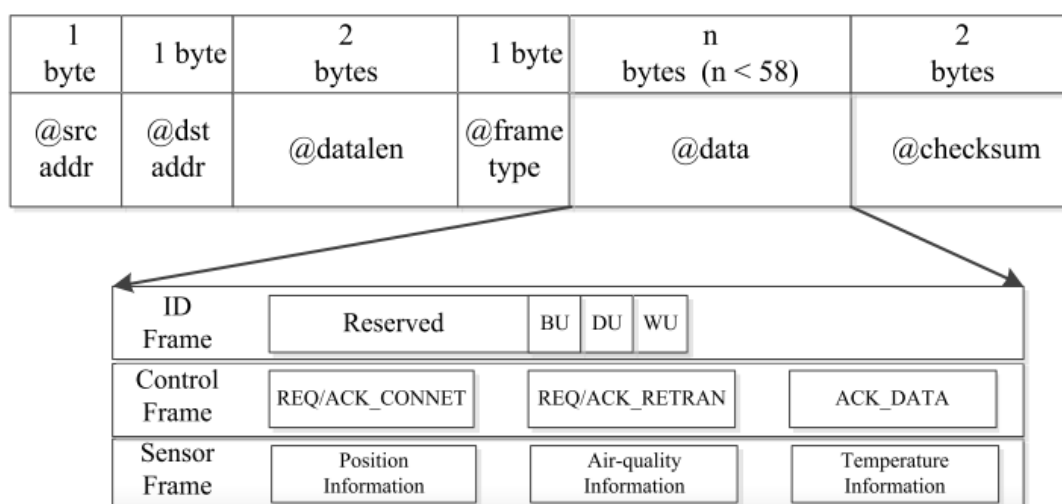


Figura 5: *Formato de las tramas de datos de Mobi+*  
Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10685)

### 2.1.8 Descripción del sistema Mobi+

El sistema está compuesto por 3 principales tecnologías de información y comunicación: función de detección de pasajeros con discapacidad y alarma de notificación, función de localización de la unidad de bus y monitoreo ambiental, esto se divide subsistemas de: comunicación inalámbrica y el subsistema de estación de autobús.

### 2.1.9 Comunicación Inalámbrica

El subsistema de comunicación inalámbrica es el responsable del intercambio de información y conexión de red entre la unidad de autobús y la estación, el cual se compone de dos módulos funcionales: módulo de comunicación del bus / módulo de comunicación de la estación.

El prototipo físico de la tarjeta Mobi+ se presenta en la Figura 6. La cual incluye dos funciones: la placa superior es el maestro, equipado con un microcontrolador basado en ARM7TDMI (NXP LPC2106) con WiFi y RFID (Estación) / GPS (Bus). El inferior es el esclavo, equipado con el segundo microcontrolador basado en ARM7TDMI (NXP LPC2106) con ZigBee y otros módulos funcionales, por ejemplo, sensores de gas (Bus) / alarmas (Estación), etc. En la tarjeta Mobi +, los medios inalámbricos WiFi y ZigBee están instalados y funcionan simultáneamente (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10686)

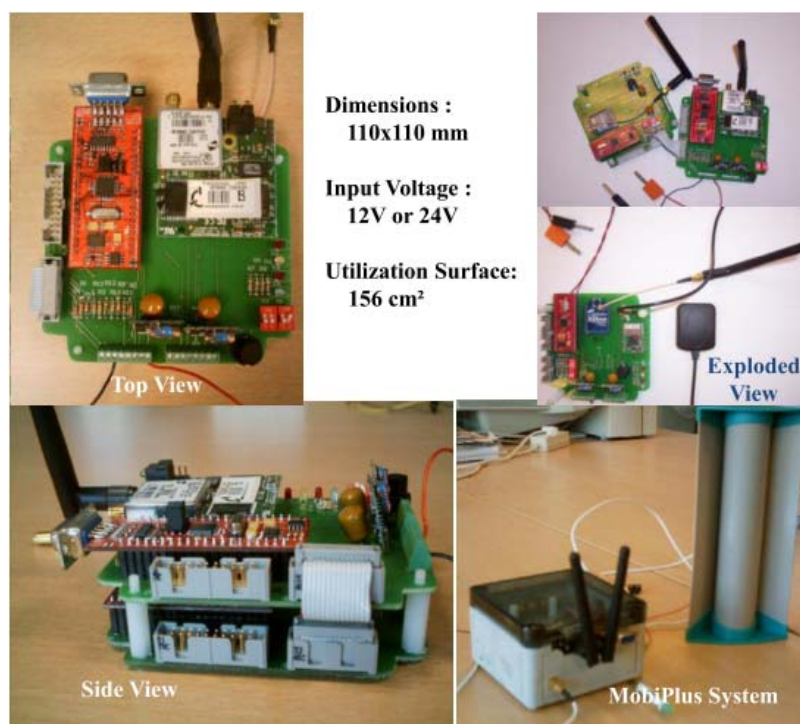


Figura 6: *Prototipo de la tarjeta Mobi+*  
Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10686)

### **2.1.10 Subsistema de autobús**

El subsistema de bus contiene dos módulos funcionales principales: el módulo de vigilancia ambiental y el módulo de suministro de servicios de accesibilidad de autobuses. La Figura 7 muestra el diagrama esquemático del subsistema Mobi + de autobús.

El módulo de monitoreo ambiental recoge información de la calidad de aire a lo largo del recorrido de la línea del autobús en diferentes tiempos del día. Con la información recolectada se realiza un análisis estadístico de la calidad ambiental, el sistema back-end el sistema Mobi+ publicará los informes vía online de la calidad ambiental urbana.

Los datos ambientales se almacenan en primera instancia en la unidad de almacenamiento interno de la tarjeta Mobi+, cuando la unidad de autobús se aproxima a una estación se establece una conexión inalámbrica entre el bus y la estación.

En el módulo de accesibilidad de los autobuses proporciona un servicio dedicado a los pasajeros con discapacidad de acuerdo con el tipo de discapacidad reconocido de acuerdo al subsistema de estación para luego transmitir a la unidad de autobús del subsistema de comunicaciones inalámbricas.

Al momento de recibir el mensaje del tipo de usuario en la estación de autobús, las acciones de alarma se activan para informar al conductor el tipo de pasajero que va arribar a la unidad en la siguiente parada, esto incluye luz led parpadeante, el mensaje de voz (vía anuncio). En el caso que sea una persona con discapacidad en silla de ruedas, el bus se desplegará automáticamente una plataforma de acceso al detenerse en la estación. En el caso que sea una persona con discapacidad física o ciega se enviará un tono de aviso específico hacia la parada para el aviso de la llegada del autobús (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10687)



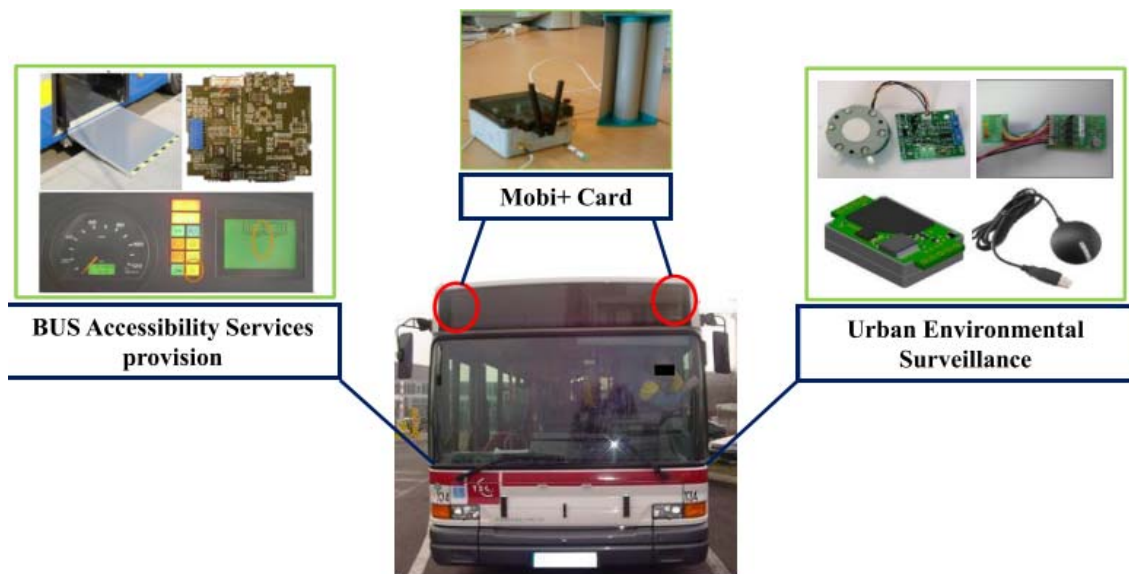


Figura 7: *Subsistema de autobús*  
 Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10687)

La descripción del funcionamiento del subsistema de autobús en ruta se presenta a continuación: “S0 es el estado de inicio en el que el sistema realiza las tareas de muestreo periódicas para recopilar datos ambientales y también para leer la petición de conexión; S2 (S3) es el estado de conexión de red, conexión de red entre el bus y la estación se establece intercambiando las tramas de control Mobi +” (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10688)

Las variables se detallan en la siguiente Tabla 2 y el funcionamiento en la Figura 8.

Tabla 2:

Variables del sistema

Tipos	Símbolos	Descripción
Servicios	$E_{es}$	Monitoreo ambiental.
	$E_{bs}$	Provisión de servicios.
	$E_{rd}$	Detección y reconocimiento de pasajeros.
	$E_{an}$	Notificación de llegada de autobús.
Tramas	$X: =R/S$	→ Operación envío/recepción
$X_{FRAME}$ (DATA)	$FRAME: cf/lf/sf$	→ Tipo trama control/ID/sensor
	$DATA: = req/ack/dat/con$	→ Trama datos petición/acuse de recibo/datos/conexión
Tiempos	$T_{cm}$	Tiempo de latencia del reconocimiento de mensajes de control.
	$T_{dm}$	Tiempo de latencia del mensaje de datos (ID/sensores)
	$T_{con}$	Período de conexión inalámbrica.
	$T_{es}$	Tiempo de monitoreo ambiental.
	$T_{rd}$	Tiempo de reconocimiento de pasajeros.

Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10687)

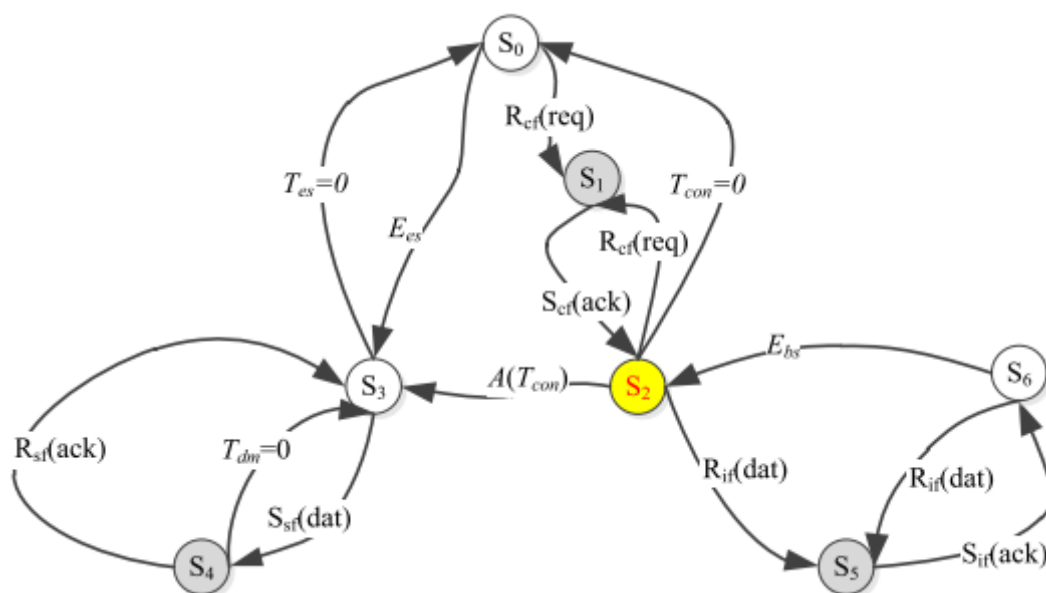


Figura 8: Diagrama del funcionamiento del sistema de autobús

Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10688)

### **2.1.11 Subsistema de estación**

El subsistema de estación de autobús se divide en dos módulos: el módulo de identificación de pasajeros con discapacidad y el módulo de notificación de arribo a la unidad de autobús.

Con lo mencionado a lo largo del sistema Mobi+, la técnica de identificación para los diferentes pasajeros con discapacidad es con el módulo RFID, el cual toman un ticket específico para cada discapacidad nombradas anteriormente, a la espera de la unidad de autobús, los pasajeros con discapacidad serán detectadas por el lector RFID el cual está equipado en la estación de autobús. En el sistema está bajo el modelo PRG 55 Siemens 10, nos proporciona detectar las tarjetas RFID en un rango de 10 metros en el entorno urbano.

La notificación de arribo a la unidad está provista de un servicio dedicado a las llegadas de las unidades de autobús. El indicador luminoso led se enciende cuando el lector RFID detecte una de las diferentes etiquetas para las diferentes discapacidades, comenzará a vibrar cuando la unidad se aproxime, la vibración aumentará gradualmente cuando la unidad este cada vez más cerca, los indicadores led y vibraciones se reducirán cuando la unidad de autobús abandone la parada completamente. Los elementos se muestran en la Figura 9 (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10688)



Figura 9: *Elementos del subsistema de estación de autobús*  
 Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10689)

## 2.2 MÁS ALLÁ DE LAS INTERFACES DE USUARIO EN LA ACCESIBILIDAD MÓVIL

Con el desarrollo de la tecnología en los últimos años, tienen una penetración profunda en la sociedad con lo cual las avanzadas capacidades de los smartphones y tablets, se comenzó a desarrollar una ventaja para las personas con discapacidad por lo tanto se empezó las tecnologías asistivas.

El desarrollo de una aplicación móvil para sistemas de transporte público urbano, a esta aplicación se lo denomina ABLE (*Accessible Bussing through Location Estimation*) Transit, la cual nos permite aprovechar los servicios de ubicación o localización en los dispositivos móviles e información del transporte público para proveer los horarios y rutas en formatos accesibles, basándose en su ubicación actual. Aprovechando las coordenadas GPS y los datos de Especificación de Formato de Tránsito General (GTFS) publicados por las

agencias de tránsito, la aplicación proporciona información de programación con poca entrada del usuario (Harrington, y otros, 2013, pág. 322)

Esta aplicación considera clasificar en 4 grupos de personas con discapacidad y un grupo de personas que no es considerado como discapacidad, pero se tomó en cuenta son las personas de la tercera edad o personas ancianas:

- Personas con impedimentos visuales.
- Personas con impedimentos auditivos.
- Personas con impedimentos físicos.
- Personas con impedimentos cognitivos.
- Personas de la tercera edad.

### **2.2.1 Requerimientos de diseño**

Para el diseño de la aplicación, el principal objetivo del prototipo es una aplicación móvil autónoma que aprovecha las coordenadas GPS para:

- a. Ubicar las paradas de autobús cerca del usuario.
- b. Mostrar los autobuses que llegan a una parada y tiempos de llegada.
- c. Presentar esta información de manera accesible para usuarios con discapacidades.

La implementación de la aplicación está dividido en requisitos funcionales y no funcionales:

- a. Entrada/salida debe ser accesible para las personas con discapacidad.
- b. Encontrar las coordenadas de la ubicación del usuario.
- c. Almacenamiento/consulta de datos de GTFS.

Definiendo de esta manera que la obtención de las coordenadas GPS es un requisito funcional de la aplicación, además que el último requisito es para el

almacenamiento de datos sobre las rutas de tránsito (Harrington, y otros, 2013, pág. 324)

## 2.2.2 Interfaz de usuario: Personas

Una vez definido el grupo de personas por las cuales va a ser manipulada la aplicación, se ha definido una serie de requerimientos para acomodar a cada una de las necesidades individuales en las diferentes categorías de discapacidades, las que se mostrarán a continuación en la Tabla 2 (Harrington, y otros, 2013, pág. 324)

Tabla 3:  
*Requerimiento de interfaz*

<i>Discapacidad</i>	<i>Texto</i>	<i>Multimedia</i>	<i>Botones</i>	<i>General</i>
<b>Visual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pantalla lectora accesible.</li> <li>▪ Letra grande</li> <li>▪ Alto contraste.</li> <li>▪ Color adaptable.</li> <li>▪ Texto hablado.</li> <li>▪ Lenguaje específico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cantidad reducida, debido a discapacidad.</li> <li>▪ Imágenes ampliadas.</li> <li>▪ Opcional descripción de imágenes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grandes botones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formato intuitivo.</li> </ul>
<b>Auditiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simple, conciso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visual orientada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vibraciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visual orientada.</li> </ul>
<b>Física</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simple, conciso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Toda información posible en toda la pantalla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grandes botones.</li> <li>▪ Opciones accesibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entradas limitadas.</li> </ul>
<b>Cognitiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simple, conciso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interfaz interactiva.</li> <li>▪ Interfaz simple.</li> <li>▪ Multimedia grande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interfaz entretenida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducir ansiedad.</li> </ul>
<b>Tercera edad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Letra grande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Multimedia asistida para ayudar a comprender.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interfaz simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entradas limitadas.</li> <li>▪ Reducir ansiedad.</li> </ul>

Adaptada de: (Harrington, y otros, 2013, pág. 325)

### 2.2.3 Requerimientos Funcionales

En la actualidad existen varios dispositivos móviles de diferentes características. Para el desarrollo de aplicaciones nativas para múltiples plataformas, deben tener en cuenta las diferencias entre las capacidades de los dispositivos y las API. Para la aplicación ABLE Transit se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Como reunir información de localización.
- Modelo de ejecución de la aplicación.

Diferentes sistemas operativos móviles proporcionan diferentes API para recuperar la información de ubicación. La información de localización puede ser recogida por varios métodos diferentes tales como GPS, exploración de WiFi. Por ejemplo, las plataformas Windows Phone e iOS extraen la ubicación del dispositivo de una combinación de información proporcionada por estos diferentes métodos de recuperación de ubicación, no permitiendo el acceso por separado. La plataforma Android sigue un enfoque diferente, donde la información de ubicación se obtiene exclusivamente con GPS o el proveedor de ubicación de red de Android, que utiliza señales de torre celular y WiFi. En general, el uso de información de localización GPS sin procesar proporciona una mayor precisión y es más deseable para el uso en exteriores donde la aplicación ABLE Transit sería la más utilizada. Sin embargo, en los pocos casos en que la aplicación se utilizaría en interiores, como en una estación de metro, la combinación de diferentes métodos de posicionamiento es una opción más adecuada. La Tabla 3 resume las diferencias entre las ubicaciones API dentro de cada sistema operativo móvil (Harrington, y otros, 2013, pág. 326)

Tabla 4:  
Tabla Comparativa

<b>Características</b>	<b>Windows</b>	<b>Android</b>	<b>iOS</b>
Soporte GPS, métodos de exploración WiFi.	Si	Si	Si
Acceso a la información de localización GPS por separado	No	Si	No
Acceso a la información de localización por métodos de exploración WiFi.	No	No	No

Adaptada de: (Harrington, y otros, 2013, pág. 326)

Para la aplicación ABLE Transit, se le dio un enfoque híbrido para trabajar con aplicaciones Web que utilizan tecnologías HTML5 por medio de un contenedor como lo es PhoneGapy mejora la aplicación nativa con complementos nativos en el dispositivo móvil, para aprovechar el enfoque híbrido el desarrollado necesita plugin nativos para así tener acceso a las características nativas como el GPS, cámara.

## 2.2.4 Información del cronograma de tránsito y almacenamiento

### 2.2.4.1 GTFS (Especificación de Formato de Tránsito General)

Las agencias de tránsito publican de manera general la siguiente información para los usuarios del transporte público urbano: la ruta de cada autobús, horarios de llegada y salida, paradas de los autobuses. La información de GTFS están compuesto de 6 archivos de texto con otros 7 archivos de texto opcionales, estos archivos están bajo el formato *Comma Separate Value* (.CSV). Los archivos opcionales se detalla información de: vacaciones, tarifas, etc.

Esta información es muy importante para la implementación de la aplicación en tiempo real (Harrington, y otros, 2013, pág. 326)



### **2.2.4.2 Almacenamiento Local/Remoto**

La información GTFS es una información muy importante para el funcionamiento de la aplicación, en la ciudad de Victoria toda esta información contiene alrededor de 30 [MB] pero para una ciudad más grande puede llegar a ocupar una mayor cantidad de almacenamiento por lo cual el almacenamiento local en un dispositivo móvil no es tan factible por que puede consumir recursos extras como batería del dispositivo lo que no resulta eficiente para el usuario.

La información puede ser tomada desde un servidor remoto, para esto el dispositivo móvil enviara peticiones a la base de datos a través de una red inalámbrica y obtener a información deseada. Toda la consulta o petición lo realiza el servidor por lo tanto la aplicación se vuelve mucho más ligera, pero entramos con un servidor dedicado a la aplicación y un plan de datos de parte del usuario. La mejor opción entre almacenamiento local/remoto se lo decidirá al momento de implementación de la aplicación (Harrington, y otros, 2013, pág. 326)

### **2.2.5 Implementación**

#### **2.2.5.1 Interfaz de usuario**

A continuación, se detalla cada interfaz de usuario (UI) para las diferentes discapacidades existentes a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5:  
Interfaces para usuarios



Figura 10: IU para impedimentos visuales

**Impedimentos Visuales:** En la Figura 10 se puede apreciar que el usuario debe obtener un smartphonhe que tenga un lector de pantalla, para que ajuste a su comodidad, brillo, color, contraste, existe poco texto en la pantalla, pocas imágenes, botones intuitivos en la parte inferior de la pantalla, las paradas de bus se definen en palabras.



Figura 11: UI para impedimentos auditivos

**Impedimentos Auditivos:** En la Figura 11 el interfaz de usuario contiene un mapa de la ruta y paradas de autobús para brindar al usuario mayor cantidad de información visual posible.



Figura 12: UI impedimentos físicos

**Impedimentos Físicos:** En la Figura 12 se detalla, que la UI obtiene pocas entradas para el usuario y posee bastante información en la pantalla, en la parte inferior posee unos botones permiten al usuario navegar y cambiar opciones de parada.



Figura 13: UI Impedimentos cognitivos.

**Impedimentos cognitivos:** En la Figura 13, la cantidad de información mostrada se minimiza. La interfaz requiere alguien que pre-configura la ruta del bus y la parada para que el usuario con discapacidad se encuentra anticipado.

Adaptada de: (Harrington, y otros, 2013, pág. 327)



Figura 14: Captura de pantalla de la aplicación ABLÉ Transit  
Adaptada de: (Harrington, y otros, 2013, pág. 327)

Se encontró la manera de proporcionar el menor texto posible en la aplicación, por lo cual se redujo horas, minutos y segundos a sus iniciales “h”, “m” y “s” respectivamente.

### 2.2.6 Almacenamiento de Información

Si se utiliza un almacenamiento de datos local, ABLÉ Transit descarga los datos GTFS, lo carga en una base de datos SQLite local en el dispositivo y consulta la base de datos utilizando las coordenadas GPS actuales del usuario para localizar la parada de autobús más cercana. El esquema de la base de datos se asigna directamente a los datos GTFS, si los datos pueden ser almacenados en un servidor remoto, hemos implementado un servidor LAMP (Linux-Apache-MySQL-PHP). Los datos del GTFS se almacenan en una base

de datos MySQL de backend, con una interfaz PHP que da servicio a consultas de datos entrantes desde los dispositivos clientes. Las consultas desde el dispositivo móvil se reenvían a este servidor remoto que devuelve datos en formato JSON. En la Tabla 6 se puede apreciar el rendimiento del almacenamiento local y remoto.

Tabla 6:  
*Tabla comparativa de almacenamiento*

	<i>Base de datos Local</i>	<i>Base de datos remota</i>
<b>Tamaño de aplicación</b>	39.21 [MB]	1.29 [MB]
<b>Requiere datos o red</b>	No	Si
<b>Copiar en base de datos</b>	6137 [ms]	0 [ms]
<b>Abrir base de datos</b>	100 [ms]	0 [ms]
<b>Obtener localización</b>	4 [ms]	5 [ms]
<b>Consulta base de datos</b>	3262 [ms]	1483 [ms]
<b>Tiempo total</b>	10103 [ms]	1488 [ms]

Adaptada de: (Harrington, y otros, 2013, pág. 329)

Las diversas tecnologías de plataforma hacen que la estabilidad de la aplicación sea difícil. Los intercambios implícitos y la rentabilidad también son las consideraciones importantes en el espacio de diseño, sin embargo, los usuarios necesitan hacer transacciones entre las opciones locales y remotas de almacenamiento de datos dependiendo de su presupuesto y necesidades.

### **2.2.7 Metodología de Evaluación del prototipo**

Para la evaluación del proyecto ABLE Transit, los autores utilizaron una metodología de usar cada interfaz del proyecto con la persona correspondiente es decir cada interfaz con su respectivo usuario con discapacidad se lo presenta a continuación.

- **Interfaz para personas con discapacidad visual:** Para esta interfaz el usuario se llama Julie, una niña de 18 años que es visualmente impedida.

Ella tiene su visión periférica, pero su visión central está completamente degradada.

- **Interfaz para personas con discapacidad auditiva:** Para esta interfaz el usuario se llama Tyler, es un hombre de 45 años que ha sido sordo desde su nacimiento. Se basa en gran medida en señales visuales.
- **Interfaz para personas con discapacidad física:** Para esta interfaz el usuario se llama Rosa, es una mujer de 37 años que tiene impedimentos físicos. Ella tiene funcionalidad limitada de su parte superior del cuerpo y utiliza una silla de ruedas eléctrica para moverse.
- **Interfaz para personas con discapacidad cognitiva:** Para esta interfaz el usuario se llama Kurt, es un estudiante de 24 años con una discapacidad de desarrollo. Tiene dificultad para recordar nuevas rutas y se pone angustiado cuando viaja independientemente (Harrington, y otros, 2013, pág. 324)

## 2.3 UNA PLATAFORMA DE ORIENTACIÓN MÓVIL PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO

En la actualidad muchas personas con diferentes discapacidades, dependen de la movilización del transporte público para tener un viaje independiente, sin embargo, para muchos de ellos representa un reto o un transporte con muchas dificultades lo cual no representa un servicio accesible.

Para esto se desarrolló VIATOR, un sistema de asistencia de viajes diseñado para dispositivos móviles como smartphones o tablets para usuarios del medio de transporte público, con un enfoque especial pero no exclusivo en personas con discapacidad. En comparación con las aplicaciones móviles de uso frecuente, considerando el tema del transporte público que muestra horarios y similares, esta aplicación contempla múltiples áreas y proporciona un apoyo

más amplio al viajero durante todo el viaje. La interfaz de usuario, el concepto de operaciones y la información proporcionada, se optimiza para soportar grupos de múltiples destinatarios, incluyendo personas ciegas o con discapacidades visuales y usuarios de sillas de ruedas. Esta plataforma emplea un servicio basado en la ubicación que permite el almacenamiento, recuperación y notificaciones considerando la posición del dispositivo móvil, puede proporcionar información actualizada al contexto durante el viaje. Con esta información de viajes actualizada de múltiples empresas de transporte público se combina ofreciendo orientación que cubre una gran parte del sistema de transporte público de Austria. Además, reacciona ante eventos inesperados que requieren ajuste, como recálculos de rutas y sugerencias automáticas de alternativas (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 58)

### **2.3.1 Solución Conceptual**

El sistema VIATOR se basa en un servicio basado en la localización y descripción de varios sitios denominado Digital Graffiti, que vincula lógicamente tanto la información textual como multimedia de cualquier lugar. Cada elemento está virtualmente rodeado de áreas que definen, cuándo los dispositivos móviles del cliente se informan sobre su existencia y cuándo los datos adicionales como contenido multimedia se transfieren automáticamente. En un ambiente abierto o al aire libre se utiliza la ubicación GPS del dispositivo móvil, para un ambiente interno o dentro de un ambiente cerrado se utiliza la ubicación del Wi-Fi (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 60)

Utilizando el servicio Digital Graffiti como base, lugares y objetos, sus ubicaciones e información pueden ser descritas y accesibles a los dispositivos cliente. Por lo tanto, los diferentes lugares como paradas de autobús y estaciones de ferrocarril, la infraestructura relacionada con la accesibilidad al medio como pavimento o rampas de sillas de ruedas pueden ser descritos

como un dato, la información descrita anteriormente es necesaria para la guía de viaje (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 60)

A través de las empresas de transporte público asociadas a la interfaz de transporte común, las empresas son: ÖBB1 (OÖVG2) y Linz AG3 Linz Linien4, la división de transporte público de Linz AG (una empresa local de transportes de Linz, Austria), necesitaba proporcionar datos en tiempo real de los horarios, los retrasos, la localización geográfica de los vehículos y demás. Con Digital Graffiti este mecanismo puede ser empleado para realizar el cálculo de ruta y tiempo de programación. Esto se utiliza para realizar un seguimiento del calendario de toda la cadena de movilidad, incluyendo los autobuses de conexión, tranvías y trenes. Por lo tanto, VIATOR puede reaccionar ante demoras y cancelaciones y adaptar automáticamente la ruta y sugiere alternativas apropiadas (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 60)

### **2.3.2 Prototipo**

La interfaz de usuario está especialmente diseñada para apoyar la tecnología de asistencia para las personas con discapacidades, como los usuarios con discapacidad visual o usuarios discapacitados en silla de ruedas. Las evaluaciones e informes de los usuarios, sobre la temprana integración y orientación del funcionamiento de la aplicación, confirman una interfaz de usuario accesible y optimizado para el lector de pantalla Android6 Talkback (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 61)

Se generan perfiles de usuarios para los distintos servicios que nos brinda la aplicación, los perfiles de usuario genéricos permitieron a los usuarios iniciar el prototipo la primera vez para que adaptaran el comportamiento a sus necesidades. Por ejemplo, el perfil "usuario de silla de ruedas" consideró una ruta de secciones peatonales largas y rutas sin barreras evitando de esta manera obstáculos como escaleras y escaleras mecánicas. En la Figura 15 se puede apreciar la interfaz de usuario de la aplicación VIATOR.

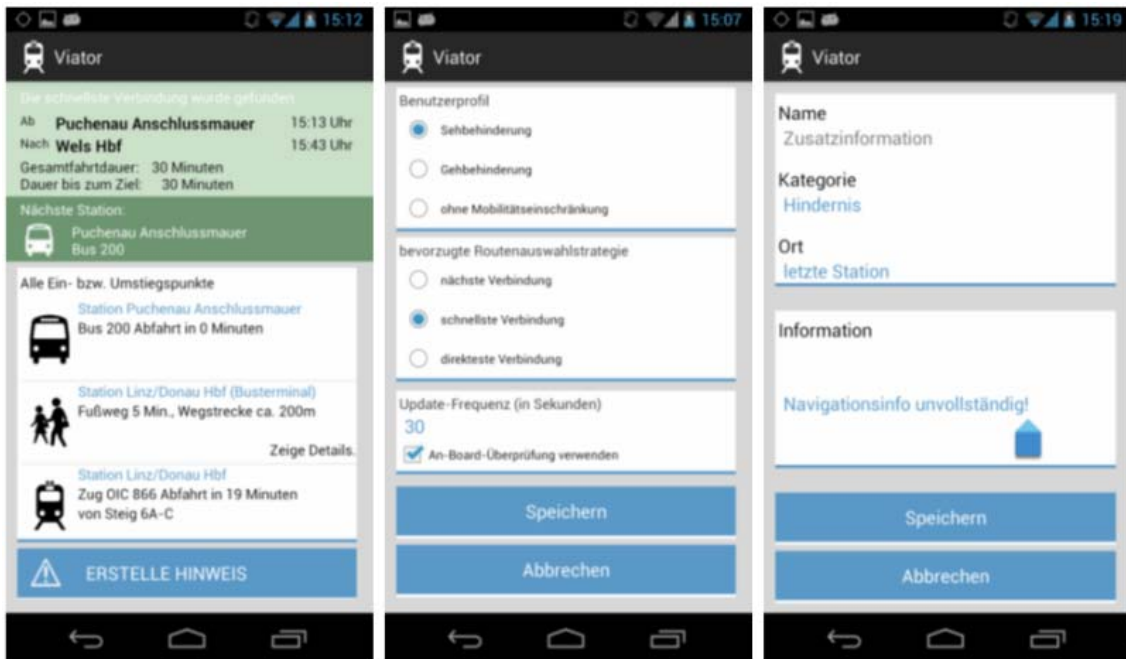


Figura 15: Captura de pantalla: (I) Horario de rutas (II) Perfiles de usuario (III) Contenido

Adaptada de: (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 61)

### 2.3.3 Descripción de funcionamiento

Como se puede apreciar en la Figura 15, las capturas de pantalla de la interfaz del prototipo VIATOR.

- i. Una vez iniciada la aplicación, se debe ingresar la ruta de viaje o seleccionar una de las ubicaciones sugeridas por las aplicaciones.
- ii. El usuario debe escoger el perfil que se acople a su discapacidad, en caso de no tener discapacidad es un usuario genérico. La ruta es calculada de acuerdo a su perfil escogido, el usuario puede establecer además su ubicación actual. Adicionalmente la aplicación le permite establecer el próximo punto de parada, con información de duración del viaje, el punto de transferencia, y la hora de llegada. Al momento de iniciar el viaje o la ruta, la aplicación puede sugerirle rutas entre paradas para las secciones peatonales, en el caso que la información necesaria se encuentre disponible.



En el caso de un usuario ciego, la descripción que debe guiarlo para su ruta es parecida a las de la Figura 16 (I). A pesar de su apariencia no muy intuitiva y atractiva, esta optimizada para cumplir con los requisitos derivados de los usuarios de los lectores de pantalla, como los usuarios ciegos. Si no se dispone de información adecuada para la orientación de pantalla, el usuario puede añadir descripciones como en la Figura 14 (III) que están disponibles posteriormente para otros usuarios que viajan en la misma área.

- iii. El sistema está activo durante todo el viaje y reacciona ante eventos inesperados, como retrasos y cancelaciones inesperados en las líneas de transporte público. Para ese inusual evento, se informa al usuario en ese momento, la ruta se recalcula automáticamente como se puede apreciar en la Figura 15 (II). Además, el sistema informa al usuario cuando tiempo de espera, tiempo de nueva ruta, calcula nueva duración de viaje (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 62)

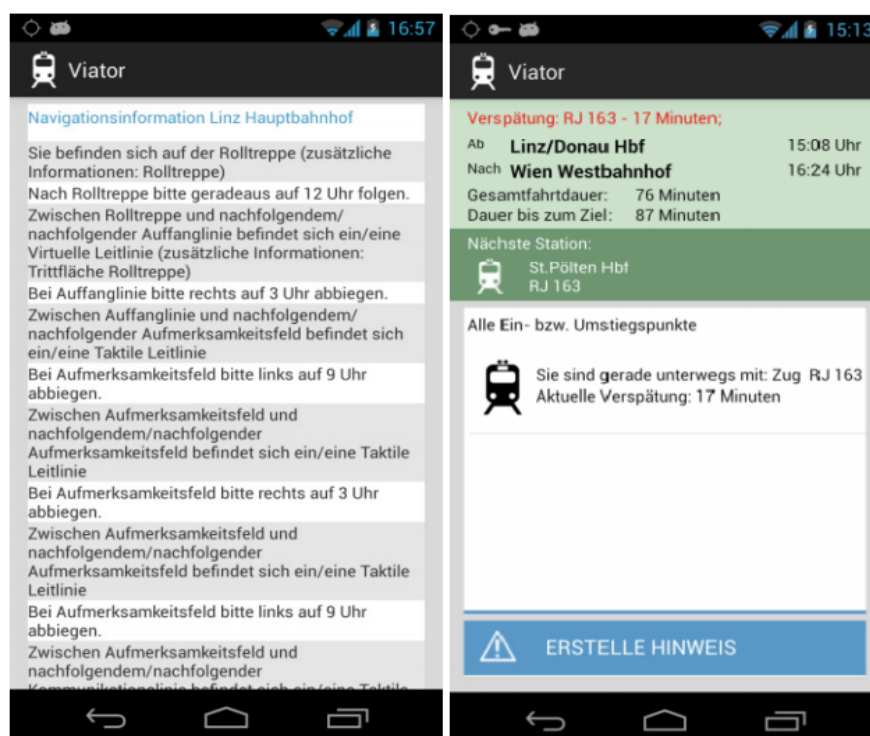


Figura 16: Captura de pantalla de interfaz de usuario para personas ciegas: (I) Notificación de cambio de ruta. (II) Nueva información de recalcado de ruta

Adaptada de: (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 62)

## **2.4 ARGUS SISTEMA DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL**

Para la sociedad actual, el tener una discapacidad no es motivo para ser excluido, por esto la tecnología se ha venido desarrollando para incluir a las personas que se han sido marginadas en los últimos años, por este motivo el viajar de una manera independiente hace fortalecer los valores de inclusión social y ayuda a las personas con discapacidad visual a no sentirse excluidos.

El proyecto ARGUS, está basado en sistemas de navegación autónoma que utilizan audio especializado lo que es conocido como audio binaural, además de ocupar un servicio de ubicación satelital. El Servicio Europeo de Navegación Geoestacionaria (EGNOS), que esencialmente es el precursor de Europa al sistema GALILEO, está proporcionando actualmente un servicio de datos comerciales terrestres llamado EDAS (Servicio de Acceso a Datos de EGNOS). Ofrece un servicio de corrección de datos GPS para proporcionar mayor precisión e integridad de posicionamiento (Carrasco, y otros, 2014, pág. 101)

El proyecto ARGUS, es un sistema innovador para la navegación segura y autónoma para las personas con impedimentos visuales o personas ciegas, basándose en una guía de audio binaural, además contiene actividades previas, posteriores al viaje para su debida planificación (Carrasco, y otros, 2014, pág. 101)

### **2.4.1 Funcionamiento**

El funcionamiento del sistema ARGUS, se lo presenta a continuación:

- ARGUS provee una plataforma Web, para que el usuario tenga una planificación de viaje. La interfaz de usuario de la plataforma Web, se encuentra almacenada en la plataforma de servicios ARGUS.

- ARGUS provee una aplicación para smartphones para dispositivos en la plataforma de Android, al momento de su ejecución tendrá que el usuario estar conectado a internet por los medios de datos móviles o conexión WiFi, para que las rutas puedan ser descargadas de la plataforma de servicio Web.
- El usuario una vez descargada la ruta de viaje, la unidad de posicionamiento de alto rendimiento (HPPU) corrige las señales GPS con datos del sistema EDAS, para obtener información de localización más exacta del usuario en la ruta. HPPU transmite información en tiempo real de la ubicación del usuario.
- El dispositivo móvil o smartphone contiene un algoritmo que compara la ubicación actual del usuario y la ruta para calcular el tiempo de viaje, además de calcular señales acústicas binaurales que se transmiten con el fin de guiar al usuario a través de la ruta planificada. Se utilizan audífonos para que el usuario pueda escuchar sonidos circundantes.
- Para finalizar, el usuario en la plataforma Web de ARGUS puede ingresar comentarios y recomendaciones o sitios de interés para seguir mejorando la aplicación, y compartir esos momentos en las redes sociales (Carrasco, y otros, 2014, pág. 102)

#### **2.4.2 Prototipo**

En la Figura 17 se pueda apreciar el concepto del funcionamiento del proyecto ARGUS, descrito anteriormente.



Figura 17: *Funcionamiento del proyecto ARGUS.*

El prototipo ARGUS, ha tenido un enfoque centrado para que los usuarios finales tengan una interfaz muy accesible, fácil de usar y sobre todo segura para un viaje independiente para las personas con impedimentos visuales o ciegos. En la Tabla 7 muestra las principales características de las herramientas a usar en el sistema (Carrasco, y otros, 2014, pág. 102)

Tabla 7:  
Especificaciones Técnicas

<b>Ítem</b>	<b>Módulo</b>	<b>Especificaciones Técnicas</b>
1	Unidad de posicionamiento de alto rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Frecuencia (GPS L1) corregido con datos EDAS.</li> <li>b. Sistema de navegación inercial: aceleraciones, tasas angulares, magnetómetro.</li> <li>c. Filtro extendido de Kalman para la fusión de mediciones GNSS e INS.</li> <li>d. Comunicación WiFi con dispositivo móvil o Smartphone.</li> <li>e. Precisión de localización en condiciones óptimas de 2 a 3 [mts], a 4 [Hz].</li> </ul>
2	Aplicación para Smartphone (Android)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diseño de arquitectura multiplataforma.</li> <li>b. Algoritmo de orientación dedicado para navegación segura. (GEOCorridor®).</li> <li>c. Generación de señales binaurales para guías de audio.</li> <li>d. Interfaz de usuario accesible.</li> </ul>
3	Plataforma de servicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Arquitectura de servicios Web.</li> <li>b. Módulo de cálculo de rutas.</li> <li>c. Sistema de gestión de información multicapa.</li> </ul>
4	Página web para el usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Acceso/Crear itinerario/Descargar itinerario/Cargar funcionalidades de itinerario.</li> <li>b. Registro mediante redes sociales.</li> <li>c. Aprobación nivel AA WCAG 2.0</li> </ul>
5	Audífonos	Audífonos inalámbricos para satisfacer a los usuarios en manera de confort y seguridad.

Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 103)

En la Figura 18, se muestra el funcionamiento de la aplicación ARGUS en un Smartphone con sus respectivos auriculares.



Figura 18: *Funcionamiento de la aplicación ARGUS para dispositivos Android, con auriculares inalámbrica y unidad de posicionamiento de alto rendimiento*  
Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 103)

### 2.4.3 Método de evaluación del prototipo

Para la evaluación del desempeño del prototipo ARGUS, se llevó a cabo ensayos a pequeña escala con 4 usuarios finales para evaluar rendimiento del prototipo de navegación autónoma ARGUS y reunir las opiniones de los usuarios iniciales (Carrasco, y otros, 2014, pág. 103)

A continuación, en la Tabla 8 se resume las principales especificaciones de estas pruebas.

Tabla 8:  
Resumen de pruebas del prototipo ARGUS

#	Especificaciones	Descripción
1	Sitios de prueba	Las pruebas de usuario tuvieron lugar en octubre de 2013, en Soest (Alemania). Se definieron dos rutas: <b>I)</b> Una ruta urbana en el centro de la ciudad. <b>II)</b> Una ruta suburbana en un parque público.
2	Reclutamiento de usuarios	4 usuarios finales fueron reclutados. Los aspectos a tomar en cuenta fueron: edad, habilidades técnicas, género y discapacidad. Estos requerimientos fueron equilibrados: <b>I)</b> 2 usuarios < 30 años. <b>II)</b> 2 usuarios estaban técnicamente capacitados. <b>III)</b> 1 mujer <b>IV)</b> 2 personas ciegas. <b>V)</b> 2 con visión parcial.
3	Entrenamiento de usuarios	La formación abarcó 4 etapas principales: <b>I)</b> Entrenamiento de gesto de interfaz web ARGUS para Android. <b>II)</b> Dispositivos para manejo de aplicaciones ARGUS. <b>III)</b> ARGUS orientación binaural.
4	Pruebas de usuarios	Se solicitó a los usuarios realizar un conjunto de tareas relacionadas con: <b>I)</b> Planificación del viaje. <b>II)</b> Navegación binaural. <b>III)</b> Compartir experiencias después del viaje.
5	Comentarios de usuarios	Todos los usuarios fueron entrevistados uno por uno después de cada tarea. Se desarrollaron cuestionarios (basados en escala del 1 al 5 siendo uno lo peor y 5 lo mejor). <b>I)</b> Uno para el pre y post evaluación de las actividades de viaje. <b>II)</b> Uno para la evaluación de la navegación guiada binaural.
6	Privacidad	Los usuarios firmaron un documento de consentimiento informado y las pruebas del usuario fueron grabadas en video.

Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 104)

En primer lugar, se evaluó la importancia de las rutas proporcionadas por la Plataforma de Servicio de ARGUS. Tanto las rutas urbanas como suburbanas fueron computarizadas y descargadas automáticamente desde la Plataforma de Servicio ARGUS, para luego ser comparadas con la pista real realizada por

una persona vidente. Los resultados obtenidos muestran una desviación inferior a 1 metro para ambos escenarios (Carrasco, y otros, 2014, pág. 104)

Los usuarios realizaron 6 pistas, 4 en el escenario urbano y 2 en el escenario suburbano. Se han recogido datos correspondientes:

- **Recepción GNSS:** Los números de satélites en vista, los valores de Dilución de Precisión (DoP), y Dilución Horizontal de Precisión (HDoP).
- **Pista del usuario:** Se han calculado las distancias de las pistas resultantes a la trayectoria ideal y las distancias (GEOCorridor).
- **Instrucciones de rumbo y reacción:** Las instrucciones de rumbo real transmitidas a los usuarios durante el viaje y la pista real realizada por ellos han sido comparadas.

Se han llevado a cabo análisis gráficos y numéricos sobre los datos anteriores obtenidos muestran que todos los usuarios lograron seguir las rutas (Carrasco, y otros, 2014, pág. 104)

La siguiente Tabla 9 muestra las distancias a la trayectoria ideal.

Tabla 9:  
*Requerimientos de evaluación*

Usuario	Escenario	Máxima (m)	Promedio (m)
U1	Urbano	9,37	6,32
U2	Urbano	13,66	6,86
U3	Urbano	11,76	6,4
U4	Urbano	4,69	1,54
U1	Suburbano	6,68	0,9
U2	Suburbano	6,19	2,6

Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 104)



## **2.5 FB-FINGER: DESARROLLO DE UNA NUEVA AYUDA ELÉCTRICA PARA VIAJES CON INTERFAZ HÁPTICA**

Numerosos dispositivos, denominados ayudas eléctricas de recorrido sus siglas en inglés Electric Travel Aid (ETAs), se han desarrollado para ayudar a locomoción en individuos con ceguera. Con el fin de garantizar la seguridad de la locomoción, las ETA han incorporado funciones que obtienen información con respecto a la orientación. Por ejemplo, los sensores ETA determinan la ubicación del usuario, la dirección en la que se mueve el usuario y la distancia de los objetos cercanos (Ito, y otros, 2014, pág. 65)

La razón principal para innovar con estas personas con discapacidad visuales es debido al gran esfuerzo que necesitan para aprender a usar estos dispositivos. Por ejemplo, la asociación de las variables hápticas (intensidad y frecuencia vibratoria) o auditivas (intensidad y frecuencia sonoras) con la distancia o dirección de los objetos circundantes es un desafío. Para abordar este problema, nuestro estudio previo propuso una nueva e intuitiva interfaz háptica para ayudar a caminar entre personas con discapacidad visual. Esta interfaz, representada en la Figura 19, se denominó el CyARM (Ito, y otros, 2014, pág. 66)

Sin embargo, el CyARM es poco práctico para el uso diario entre los discapacitados visuales por dos razones. En primer lugar, CyARM es demasiado grande. En segundo lugar, el CyARM restringe el brazo del usuario y el movimiento del tronco debido a la mecánica del dispositivo. Dado que el CyARM no es portátil, se ha desarrollado un dispositivo nuevo y fácil de manejar para explorar intuitivamente un entorno. A continuación, se discute el esquema de este dispositivo, que se denomina "FB-Finger", y demostrar la utilidad de este dispositivo basado en los resultados de dos experimentos separados (Ito, y otros, 2014, pág. 66)

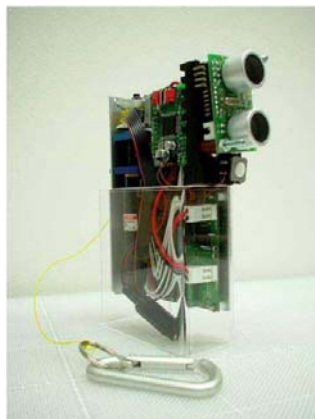


Figura 19: *Prototipo CyArm*  
Adaptada de: (Ito, y otros, 2014, pág. 66)

### 2.5.1 Esquema de FB-Finger

Se ha diseñado el prototipo FB-Finger con el fin de solucionar los problemas de interfaz de usuario que abordaba con el prototipo CyARM. Se espera que el FB-Finger permita a los usuarios obtener intuitivamente información espacial, como la dirección y la distancia, a un objeto. En la Figura 20, se muestra cómo operar el prototipo FB-Finger. Los usuarios sostienen el prototipo FB-Finger y colocan su dedo índice en el enlace. El dedo se dobla o se extiende dependiendo del movimiento angular del enlace. El ángulo cambia de 0 a 70 grados en correspondencia con la métrica (Ito, y otros, 2014, pág. 67)

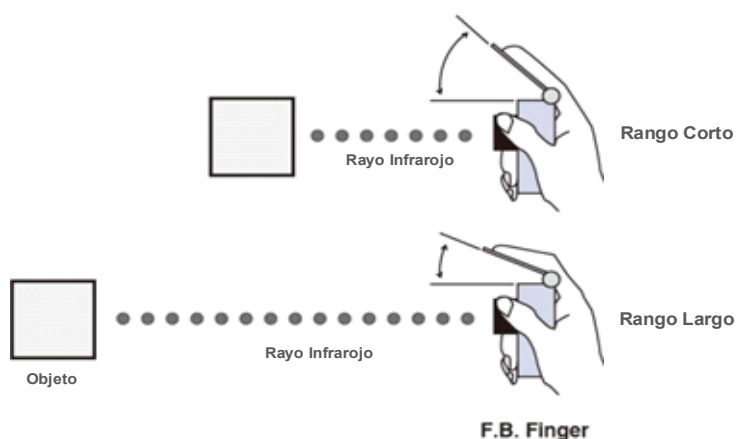


Figura 20: *Esquema de funcionamiento de FB-Finger*  
Adaptada de: (Ito, y otros, 2014, pág. 67)

## 2.5.2 Configuración de Hardware

Las especificaciones de hardware del prototipo FB-Finger son las siguientes:

- Peso, 60 g.
- Altura, 7,5 cm.
- Ancho, 4,5 cm.
- Profundidad, 3,5 cm.

La arquitectura de hardware del prototipo FB-Finger se muestra a continuación en la Figura 21. El prototipo FB-Finger está desarrollado en tres bloques funcionales:

- 1 controlador.
- Sensor y unidades de accionamiento estos sensores están conectados a un canal de comunicación común.
- Cada unidad tiene un microcontrolador (MCU, Cypress CY8C21123).
- La unidad sensorial tiene un dispositivo sensible a la posición, un sensor de distancia tipo (PSD), que irradia rayos infrarrojos hacia un objeto.

Este dispositivo detecta la posición de reflexión de los rayos recibidos usando un PSD que implementa una técnica de medición de distancia trigonométrica. El microcontrolador de la unidad de sensor calcula la distancia desde el FB-Finger al objeto. La unidad de accionamiento tiene un servomotor equipado con una palanca de 55 mm de longitud para formar un enlace de 1-DOF (un grado de libertad). El MCU es la unidad de accionamiento que controla el servomotor de acuerdo con la información angular recibida. La unidad de control solicita periódicamente información de distancia desde la unidad de sensor, convierte la distancia medida a información angular y transmite esta

información a la unidad del accionador. Esta cadena de operaciones forma el sistema sensor-actuador (Ito, y otros, 2014, pág. 67)

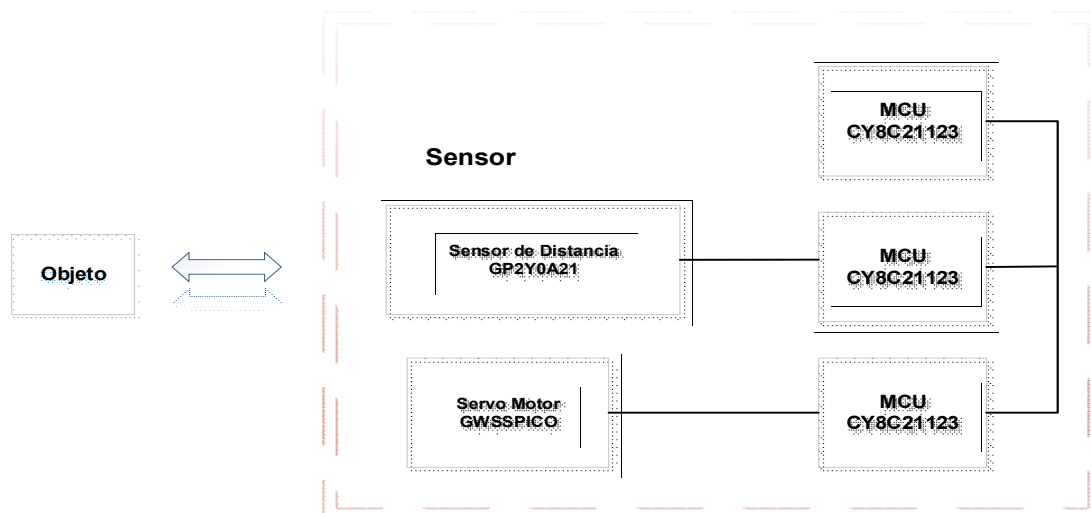


Figura 21: *Diagrama de bloques del funcionamiento Hardware de FB-Finger*  
Adaptada de: (Ito, y otros, 2014, pág. 68)

### 2.5.3 Métodos de evaluación del prototipo

El primer método de evaluación, fue considerado para medir la efectividad del prototipo FB-Finger incluyó un experimento conducido para revelar la correlación entre la distancia real y percibida a un objeto en las diferentes condiciones de sensores de distancia (Ito, y otros, 2014, pág. 68)

#### 2.5.3.1 Primer método de evaluación: Relación entre la distancia percibida y la real

Las condiciones de evaluación utilizado por Ito, K., fueron las siguientes:

- **Usuarios:** Ocho adultos videntes.
- **Objeto para los estímulos:** Un pedazo de cartón adherido a una pizarra (1,6 [m] x 1,0 [m] x 0,02 [m]) fue utilizado como el objeto. Se utilizó un estímulo estándar y cinco estímulos de prueba para los ensayos.

- **Condiciones experimentales:** Se ajustó el sensor de distancia corta (en lo sucesivo, "condición corta") y el sensor de distancia larga (en adelante, "condición larga"). En la condición corta, el objeto se presentó a una distancia de 0,4 [m] de un prototipo FB-Finger fijado sobre una mesa (estímulo estándar), en una de cinco posiciones que oscilaban entre 0,4 y 1,2 [m] de la tabla ("estímulos de prueba "). La distancia entre cada par de estímulos de prueba adyacentes fue de 0,2 [m]. A largo plazo, el objeto se presentó a una distancia de 1,0 m de un FB-Finger ("estímulo estándar"), una de cinco posiciones que oscilaban entre 1,0 y 2,6 [m] del dispositivo ("estímulos de prueba"). La distancia entre cada par de estímulos de prueba adyacentes fue de 0,4 [m]. FB-Finger: Desarrollo de una nueva ayuda de viaje eléctrica con una interfaz háptica única.
- **Procedimiento:** La Figura 22 muestra la configuración experimental utilizada. Todos los participantes se pusieron los auriculares con los ojos vendados para que no se pudieran utilizar señales auditivas y visuales. Durante cada ensayo, se pidió a los participantes que usaran el FB-Finger para detectar la distancia a un estímulo que se presentaba durante tres segundos. Inicialmente, se presentó el estímulo estándar, después de lo cual uno de los cinco estímulos de prueba fue presentado aleatoriamente. Se utilizó un método de estimación de magnitud para estimar la distancia al estímulo. Para este método, a un participante se le pidió que informara la magnitud de un estímulo que correspondía a alguna proporción de la norma. El participante estimó su experiencia subjetiva asignando números a los estímulos que reflejaban las magnitudes juzgadas de sus experiencias. Durante la estimación de la magnitud, a cada estímulo se le asignó un número que reflejaba su distancia como una proporción con el estándar. El estímulo estándar se fijó en "100". Si un estímulo de prueba era subjetivamente dos veces más alto que el estándar, se requería que un participante asignara una magnitud de "200". En cada condición de rango de sensor, cada participante realizó seis ensayos para cada uno de los cinco estímulos (Ito, y otros, 2014, pág. 68)

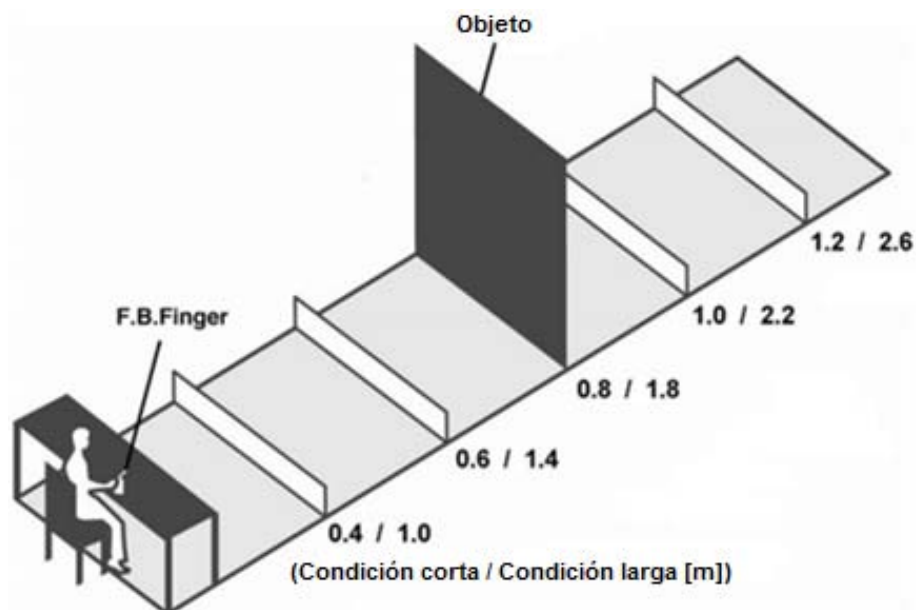


Figura 22: *Configuración experimental*  
Adaptada de: (Ito, y otros, 2014, pág. 68)

### 2.5.3.2 Segundo método de evaluación: Comparación de la precisión de la percepción de distancia con diferentes dispositivos

Para el segundo método de evaluación, comparamos la precisión de la distancia percibida (estimada) utilizando el FB-Finger, CyARM, y un producto comercialmente disponible (Ito, y otros, 2014, pág. 70)

Las condiciones utilizadas por Ito, K., fueron las siguientes:

- **Condiciones del dispositivo:** Se utilizaron los tres tipos de dispositivos ETA. Estos incluyen el FB-Finger, CyARM, y un dispositivo vibratorio. El FB-Finger y CyARM fueron nuestros dispositivos originales desarrollados. El dispositivo vibratorio era un producto comercial, de tamaño similar al FB-Finger. Este dispositivo tenía una interfaz háptica que transformaba distancias medidas en señales vibratorias (Ito, y otros, 2014, pág. 70)
- **Participantes:** Participaron 24 personas con visibilidad y con auriculares con cancelación de ruido. Ocho participantes fueron asignados aleatoriamente a cada condición del dispositivo.

- **Objeto para estímulos:** Utilizamos el mismo objeto que la anterior evaluación.
- **Procedimiento:** La mayoría de los procedimientos (configuración experimental, método de estimación de magnitud y ensayos totales para cada participante) fueron los mismos que en el Experimento 1, excepto que el estímulo estándar se estableció en 1,0 [m] y los cinco estímulos de prueba variaron de 1,0 a 2,6 [m].

## **2.6 SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y COMPARTICIÓN DE INFORMACIÓN VIAL BASADA EN EL MARCO SOCIAL**

En la sociedad actual el realizar una caminata es importante para llevar una buena salud. No sólo beneficia el cuerpo, sino que facilita las interacciones con amigos, compras y turismo. Sin embargo, algunas personas pierden su capacidad para caminar debido a accidentes u otras lesiones. Para una persona que realiza caminatas diarias y les hace formar parte de su estilo de vida, para ello ofrecer lugares seguros para que puedan realizar su ejercicio sin ningún tipo de peligro, hay que reconocer algún tipo riesgo antes de salir a caminar puede ayudar a evitar posibles accidentes. Estos riesgos pueden clasificarse en riesgos pasivos y activos. Un riesgo pasivo está relacionado con la información del declive de la ruta. Por ejemplo, los ancianos cuyos músculos han disminuido con la edad y que han vivido en el mismo barrio desde la infancia pueden caminar con confianza por un camino potencialmente desigual porque están en un entorno familiar. Estas condiciones de la carretera se consideran como riesgos pasivos para el caminante. En contraste, los riesgos activos están relacionados principalmente con el tráfico de automóviles (Suenaga, 2014, p. 89)

### **2.6.1 Marco social**

El sistema propuesto es manejar la información orientada al lugar, por lo tanto, requiere un apoyo significativo de los residentes. El sistema recopila

información de los residentes y les permite compartirla entre sí. Este tipo de arquitectura del sistema se denomina "Marco Social", en el que se utiliza un smartphone android para recopilar información sobre la carretera. El sistema propuesto consiste en un "Crawler Device" y un "Mobile Data Viewer" (Suenaga, 2014, p. 90)

### **2.6.2 Dispositivo Crawler**

El dispositivo crawler, está hecho de un rodillo equipado con un smartphone. El rastreador se utiliza para recopilar objetivamente la información del declive del camino sobre un área grande. El teléfono inteligente está montado en la plataforma, que sostiene el teléfono en paralelo a la superficie de la carretera. Una aplicación de recolección de datos que se ejecuta en el teléfono inteligente encuesta la información del sistema de posicionamiento global (GPS). En general, la precisión del GPS es de más de 5[m]. Sin embargo, para ciertas coordenadas, la mala visibilidad del satélite puede hacer que la precisión del GPS caiga a 20 m. Al momento de mover el rastreador, si el GPS detecta un cambio de posición, la aplicación obtiene el declive desde el sensor del acelerador del eje 3D (Suenaga, 2014, p. 90)

Después de recolectar datos sobre riesgos activos y pasivos, los datos se almacenan en un servidor de base de datos, a continuación, se generan los datos en un lenguaje marcado (KML) para Google Maps. Cada punto de datos se muestra usando un marcador de color utilizando la interfaz de programación de aplicaciones de Google Maps (API). Google Maps es un servicio de mapas compatible con muchos dispositivos, que permite a las personas ver la información de mapas en un teléfono inteligente o una computadora (Suenaga, 2014, p. 90)

### **2.6.3 Mobile Data Viewer**

Con lo mencionado anteriormente, la gente puede ver la información de la carretera en un teléfono inteligente o una computadora. Sin embargo, tal



equipo puede no ser fácil de usar para los muy jóvenes o personas mayores. En esta investigación, el autor desarrolló un visor especial de datos móviles para estas personas. El visor de datos móviles consta de una placa de microordenador, módulo de red 3G y un módulo de pantalla LCD (Figura 23 a la izquierda). Cuando el dispositivo visualizador consulta al servidor de base de datos para la ubicación actual (latitud y longitud), el visor recibe información de degradado horizontal para el área actual (Figura 23 derecha). Para este caso, el color de cada cuadrado (rojo, amarillo, verde, etc.) corresponde a un gradiente de paisaje. No se requiere ninguna operación para obtener dicha información, lo que la hace ideal para niños y ancianos (Suenaga, 2014, p. 90)



Figura 23: *Mobile Data Viewer*  
Adaptada de: (Suenaga, 2014, p. 90)

## 2.7 ESTRATEGIAS DE VALIDACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA EN NAVEGACIÓN ASISTIDA PARA PEATONES CON DISCAPACIDAD VISUAL

Una de las principales consecuencias de la discapacidad visual es la reducción de la autonomía en términos de movilidad y orientación. Se han propuesto ayudas electrónicas de orientación “*Electronic Orientation Aids*” (EOA, por sus siglas en inglés) para compensar problemas de orientación y ayudar a las personas con discapacidades visuales en sus viajes diarios. EOAs proporciona a los usuarios las direcciones a lo largo de itinerarios planificados, e incluyen también indicaciones de referencia y descripciones espaciales. Por lo tanto, los

EOA son dispositivos esenciales que, junto con las ayudas tradicionales de la movilidad, tales como el bastón largo o el guidéog, mejoran la autonomía de la gente ciega (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 92)

EOAs se basan generalmente en 3 componentes esenciales:

- Un sistema de posicionamiento (por ejemplo, GPS).
- Un Sistema de Información Geográfica (SIG) que incluya tanto un mapa digitalizado como un software diseñado para calcular rutas y extraer características ambientales.
- Una interfaz de usuario que se basa en la interacción no visual (es decir, auditiva o táctil).

Además de estos tres componentes, un EOA contiene una unidad de procesamiento central que realiza toda la conmutación (seguimiento y orientación del usuario, descripción del espacio...) y asegura una comunicación eficiente entre los componentes (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 92)

### **2.7.1 Seguimiento de peatones en navegación asistida**

El seguimiento de usuarios con puntos en la ruta consiste en determinar la ubicación del usuario en relación con los puntos de itinerario predefinidos. En este caso, el usuario es libre de seleccionar la trayectoria más adecuada hacia el siguiente punto de referencia o punto en la vía. Sin embargo, las observaciones empíricas muestran que la estrategia más utilizada en EOAs, con frecuencia se contiene problemas de orientación debido a la inexactitud de posicionamiento. En el presente estudio se diseñó diferentes estrategias de seguimiento basadas en puntos de vía dirigidas a minimizar estos problemas. En las siguientes secciones, se presenta primero la estrategia de radio de captura y luego introducimos tres nuevas estrategias de validación de puntos

de vía. Finalmente mostramos que el tiempo y la distancia que se pasan en ruta se minimizan con las estrategias de validación diseñadas (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 94)

### **2.7.2 Estrategias de validación de puntos de referencia**

En un itinerario cada punto de referencia se especifica con coordenadas geográficas. El sistema define un "radio de captura" alrededor de cada punto de referencia para validarlos cuando el usuario pasa como se muestra en la Figura 24. Este radio de captura permite cierta flexibilidad:

- El usuario no necesita estar exactamente en el punto de referencia para validarlo. Con esta estrategia, los puntos de referencia también son validados a pesar de la inevitable inexactitud de posicionamiento global. La longitud del radio se selecciona cuidadosamente para que el usuario sea considerado como "lo suficientemente cerca" del punto de ruta a validar.
- Si el radio de captura es demasiado pequeño, es posible que el usuario pierda constantemente el punto de referencia.
- Si el radio de captura es demasiado grande, el usuario puede considerar que ha alcanzado el punto de referencia demasiado pronto, lo que podría conducir a una orientación errónea y opciones de dirección no adecuadas.
- Un radio de captura óptima mantendría a la persona cerca de la ruta deseada mientras que todavía permite cierta flexibilidad, para tomar diferentes opciones en caso de tomar rutas alternativas.

Un estudio experimental realizado por Kammoun, S en un entorno virtual por, concluye que un radio de captura de aproximadamente 1,5 m es óptimo. Sin embargo, en situaciones reales en las que el posicionamiento rara vez es más

exacto que 5-10m, un radio de captura de 1.5m es definitivamente demasiado preciso y un valor mayor es más apropiado (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 94)

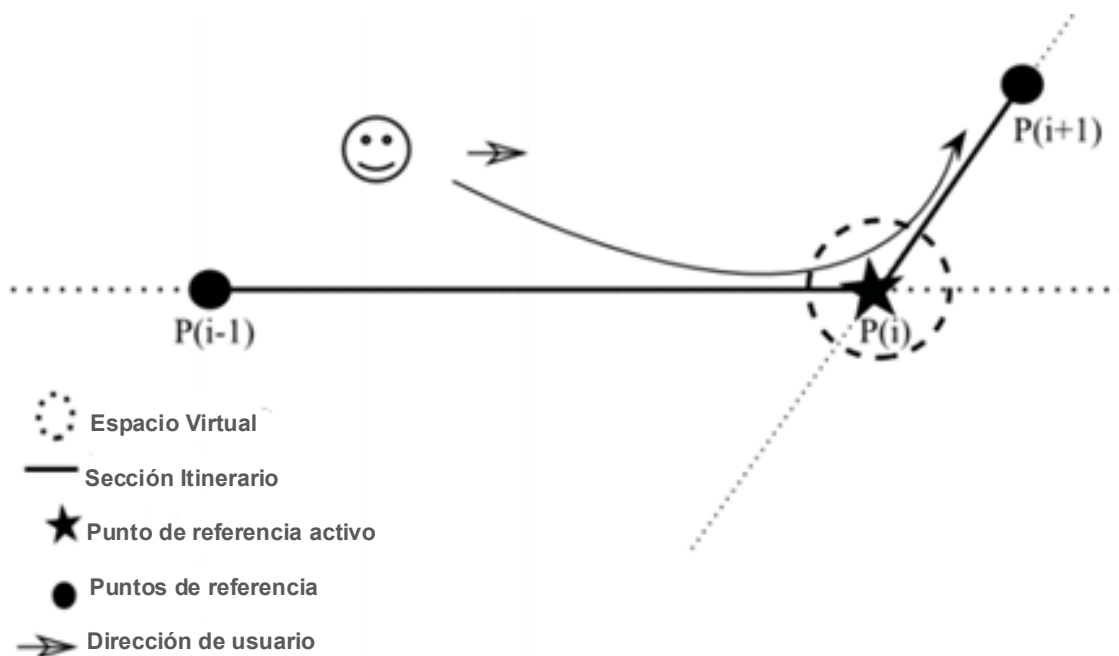


Figura 24: Estrategia de radio de captura

El punto de referencia se considera validado cuando el peatón cruza el círculo virtual. El punto de referencia "activo" es el punto que el usuario debe alcanzar actualmente (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 94)

En el estudio presentado por Kammoun, S, se diseñó estrategias alternativas de validación de puntos de referencia que son más flexibles y robustas que la estrategia de radio de captura. La primera se llama distancia a Secciones (D2S) y se presenta en la Figura 25. En esta estrategia, se alcanza un punto de referencia cuando la distancia a la siguiente sección del itinerario ( $d_2$ ) es menor que la distancia a la sección actual ( $d_1$ ).  $d_1$  y  $d_2$  se calculan como se presenta en la Figura 25 (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 94)

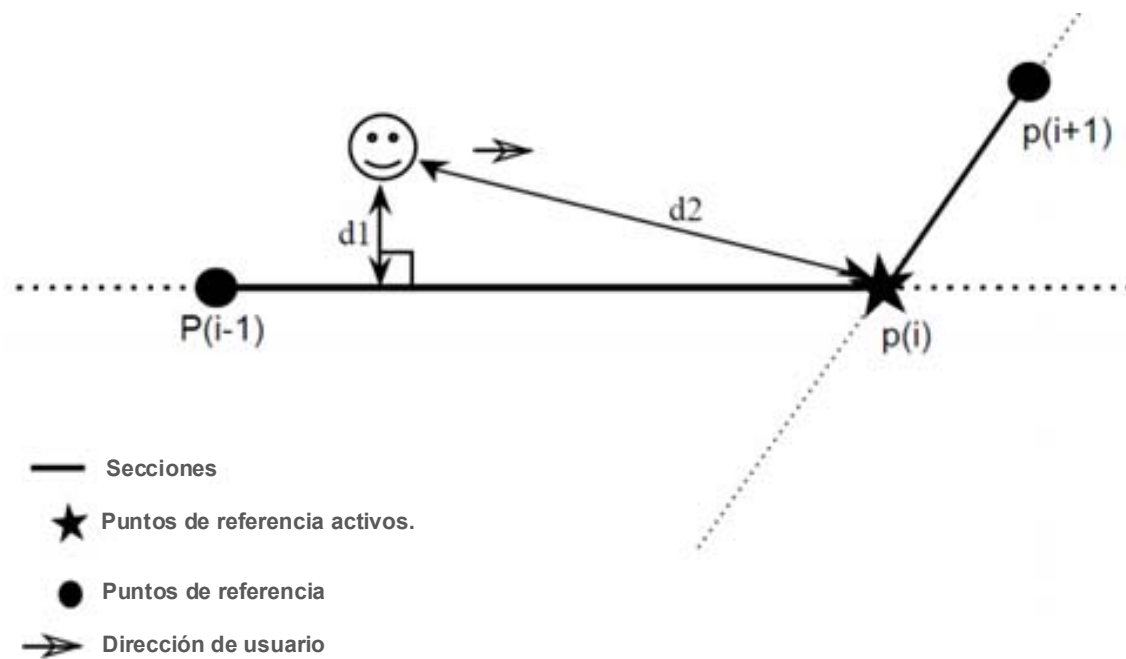


Figura 25: *Distancia a la estrategia de Secciones (D2S)*

D1 es la distancia más corta entre la estimación de la posición del usuario y la sección actual. D2 es la distancia entre la estimación de la posición del usuario y el punto de referencia actual. El punto de referencia actual se valida tan pronto como  $d2$  es menor que  $d1$  (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 95)

La segunda estrategia se llama Distancia a Líneas (D2L). Esta estrategia es una alternativa a la anterior donde las diferentes secciones del itinerario se prolongan virtualmente con "líneas". Se alcanza un punto de referencia cuando la distancia a la línea siguiente ( $d2$ ) es menor que la distancia a la línea actual ( $d1$ ) tal como se presenta en la Figura 26 (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 95)

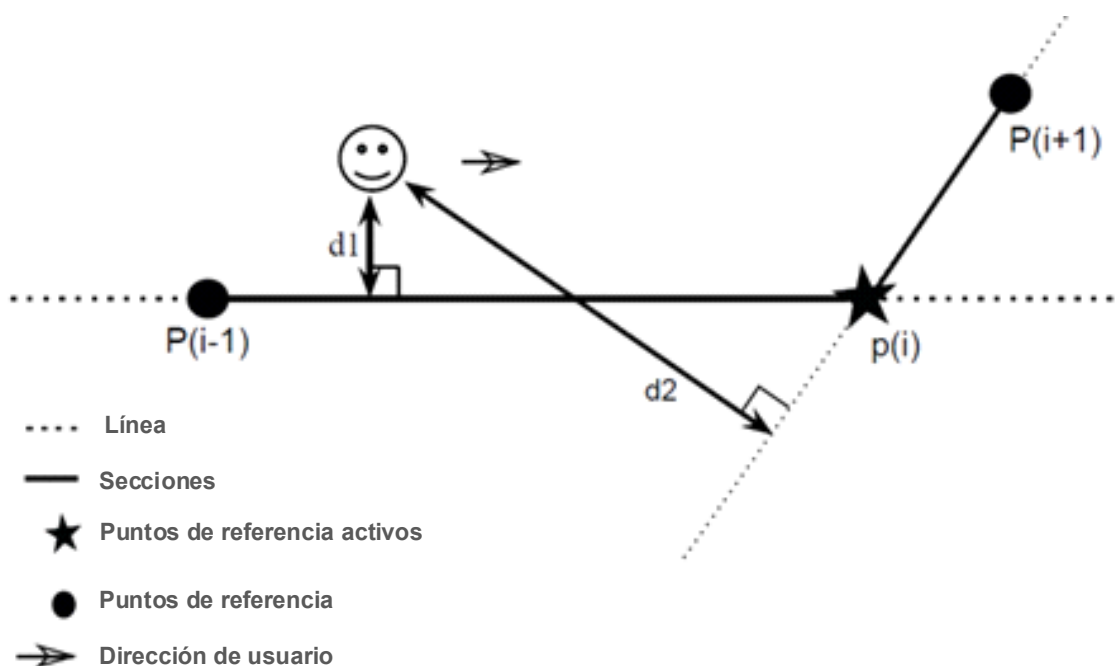


Figura 26: *Distancia a la estrategia de línea (D2L)*

D1 es la distancia más corta entre la estimación de la posición del usuario y la sección actual. D2 es la distancia más corta entre la estimación de la posición del usuario y la línea siguiente. El punto de referencia actual se valida tan pronto como  $d2$  es menor que  $d1$  (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 95)

La tercera estrategia, es denominada Distancia al umbral (D2T), la posición del usuario se proyecta ortogonalmente en la sección actual. El punto de referencia se valida cuando la distancia entre el punto proyectado y el punto de referencia actual es menor que un umbral predefinido como se muestra en la Figura 26 (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 95)

### 2.7.3 Método de evaluación del prototipo

La evaluación se ha realizado dentro de SIMU4NAV, que es un entorno virtual multimodal que sirve el diseño de los Ayudantes de Orientación.

#### **2.7.4 SIMU4NAV**

SIMU4NAV es un entorno virtual multimodal desarrollado para ayudar al diseñador de EOA a realizar evaluaciones en condiciones controladas antes de la implementación en sitio. El dispositivo presenta dos distintos modos: un modo de control y un modo de exploración. El modo de control es utilizado por los diseñadores, los investigadores y los instructores del sistema. Este modo permite crear y modificar entornos virtuales (VE). Una característica clave del modo de control es la posibilidad de importar archivos XML (por ejemplo, desde Open Street Map) para crear un mapa virtual en 3D que corresponde a un lugar real. Esto facilita la importación de mapas de barrios o ciudades reales. Otra función permite la selección manual o automática de puntos de inicio y de destino, así como caminos entre ellos. El modo de control también incluye un editor de realimentación para asignar realimentación táctil y / o auditiva arbitraria a cualquier evento en el VE. El modo de evaluación permite a los investigadores registrar los eventos y el comportamiento del usuario, con una función para reproducirlos más tarde. Con una mayor precisión, el sistema registra en un archivo de texto toda la información relativa a las interacciones (pulsaciones de teclas, joystick, audio, estímulos hápticos), así como la posición, orientación y velocidad del avatar (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 97)

#### **2.7.5 Protocolo**

Para el presente estudio, diseñamos una tarea de orientación dentro de un entorno virtual. Cuatro rutas predefinidas se generaron dentro de SIMU4NAV. Cada ruta tenía 225 [m] de longitud y estaba compuesta por el mismo número de vueltas (1 \* 0 ° (sin giro), 1 \* 30 °, 2 \* 60 °, 2 \* 90 °, 2 \* 120 ° y 1 \* 150 °) y Secciones (longitudes: 1 \* 40 [m], 5 \* 25[m] y 4 \* 15[m]). Las rutas fueron generadas al azar para asegurar que el aprendizaje no podría afectar los resultados. Cada estrategia de validación fue asignada aleatoriamente a una ruta.

Dieciséis sujetos con los ojos vendados dieron su consentimiento informado por escrito para participar en este estudio. Tenían entre 22 y 48 años (media: 28,7 años). Estaban sentados delante de un teclado y equipados con auriculares. Fueron capaces de moverse dentro de la VE con las flechas del teclado. Durante una sesión, cada sujeto con los ojos vendados siguió un total de 4 rutas, cada una con una estrategia de validación de punto de referencia diferente. Los usuarios fueron guiados con un sonido 3D virtual que fue colocado sobre el punto de referencia. Cuando se validó el punto de referencia actual, se indicó el siguiente. Todas las trayectorias de los sujetos fueron registradas en un archivo de texto y luego analizadas. La Figura 27 ilustra el recorrido de un sujeto con la estrategia de radio de captura (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 97)

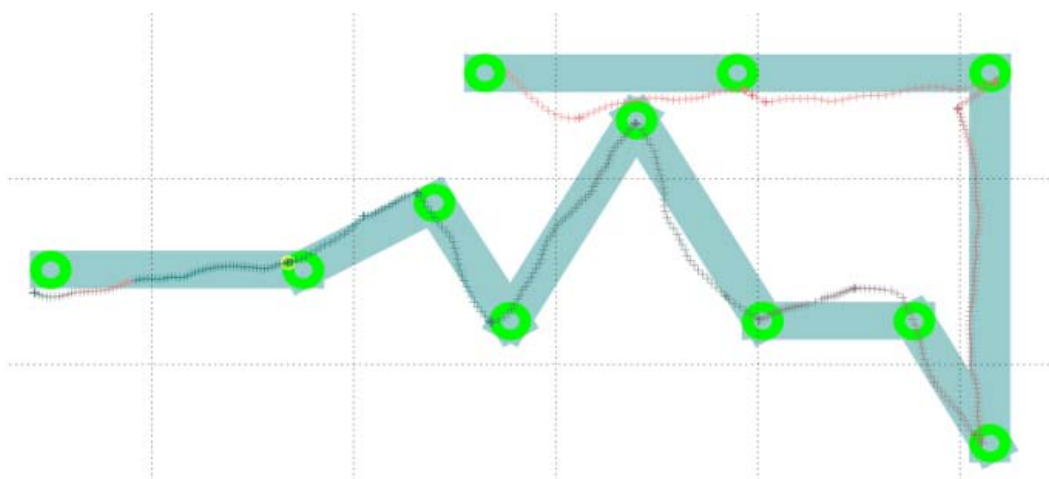


Figura 27: *Ejemplo de itinerario y recorrido realizado con la estrategia de validación del radio de captura*

Los círculos verdes presentan el radio de captura alrededor de los puntos de referencia. Los segmentos azules son secciones entre puntos de referencia. La posición del usuario se representa con cruces sucesivos (el color se desplaza hacia el rojo con el aumento de la velocidad de locomoción) (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 97)



## **2.8 SISTEMA DE CREACIÓN AUTOMATIZADA DE MAPAS TÁCTILES CON OPEN STREET MAP**

Los mapas táctiles son útiles en la prestación de conocimientos previos para personas ciegas en lugares desconocidos de movilidad, viajes de negocios, compras y viajes de ocio. Para este trabajo, un mapa táctil se refiere a una hoja de un mapa o un conjunto de mapas, que son portátiles y tienen la ventaja de ser explorado en casa elaboradamente de antemano. El mayor problema con los mapas táctiles es que crearlos requiere mucho tiempo y esfuerzo, ya que los datos del mapa en general son complejos y deben ser diseñados para ser leídos por el tacto (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 42)

### **2.8.1 Uso de datos OSM (Open Street Map)**

#### **2.8.1.1 Open Street Map**

OpenStreetMap es un proyecto colaborativo para crear un mapa editable gratuito del mundo.

Hay tres ventajas al momento de usar los datos de OSM:

- La información es útil para personas ciegas y con discapacidades visuales puede ser registrada en el mapa y posteriormente expresada en mapas táctiles.
- Los datos de OSM cubren el mundo (en la medida en que los contribuyentes se esfuerzan).
- Los datos OSM se pueden utilizar de forma gratuita (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 43)

### **2.8.1.2 Conversión de datos de OSM en base de datos GIS**

Descargamos los archivos XML que contiene los datos de OSM y los convertimos en tablas de bases de datos utilizando un programa de utilidad, `osm2pgsql`, e insertamos en una base de datos GIS. Un sistema de gestión de bases de datos llamado PostgreSQL se utilizó junto con PostGIS para tratar con los datos SIG. Al convertir y utilizar los datos de OSM, hubo dos problemas técnicos a resolver (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 43)

En primer lugar, el archivo de formato `osm2pgsql` predeterminado no incluye etiquetas para pavimentación táctil, señales con sonido y obstáculos. Como estas piezas de información son útiles para personas ciegas, hemos modificado el archivo “`mapfile`”, de estilo para incluir etiquetas para ellos (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 44)

En segundo lugar, el programa `osm2pgsql` define datos GIS en SRID: 900913. Por lo tanto, modificamos el archivo que usamos en la representación del mapa para poder referirnos a SRID: 900913 usando la codificación EPSG (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 44)

### **2.8.2 Funcionamiento del sistema**

La figura 28 muestra la configuración del sistema de `tmacs` para OSM. Se compone en 4 etapas fundamentales que se presentan continuación:

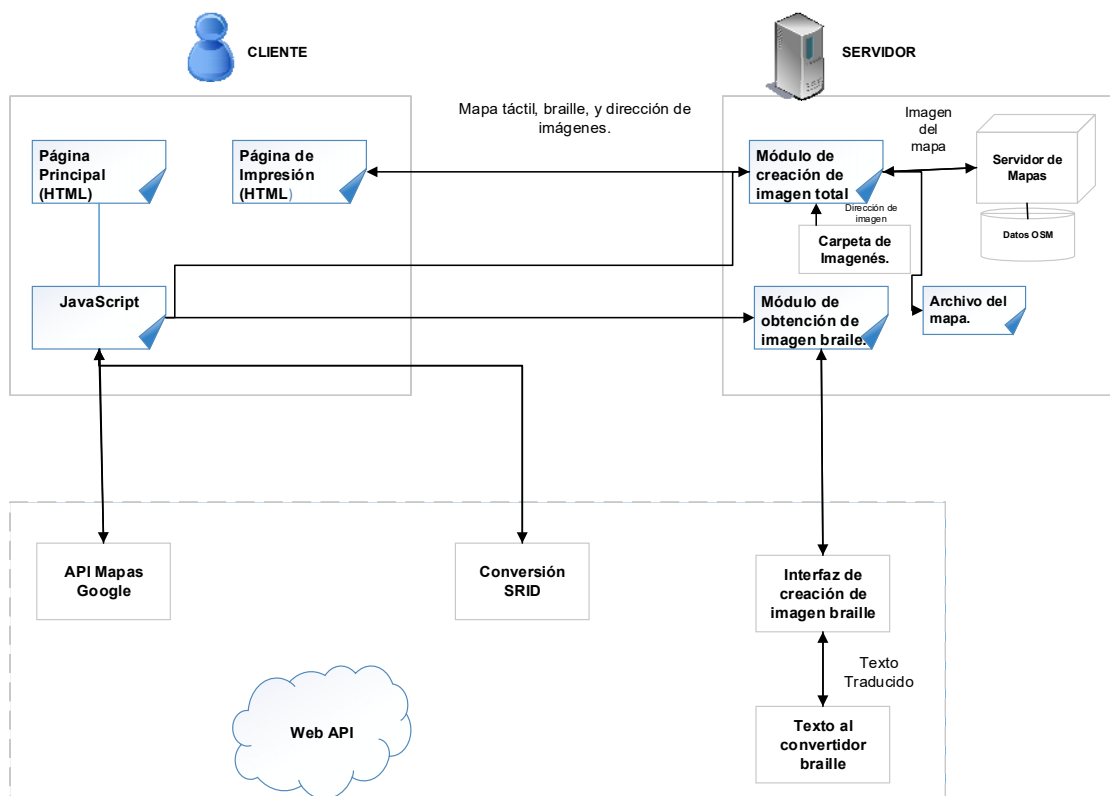


Figura 28: Configuración de sistema de tmacs para OSM

Adaptada de: (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 44)

- La figura 29 muestra la página superior del sistema de aplicaciones web. Esta página tiene dos cuadros de texto, tres botones y un mapa. Los usuarios escriben la dirección o el nombre del edificio en torno al cual desean crear un mapa táctil en el cuadro de texto correspondiente y pulsan el botón "Buscar". La dirección y / o el nombre del edificio se geo codifican con la API de Google Maps. Si se produce un error de geo codificación o si el nombre del edificio tiene dos o más direcciones de candidato, aparece un cuadro de diálogo y le pide al usuario que responda. Cuando se termina la geo codificación, el mapa se mueve al punto geo codificado. La gama de este mapa se convierte en la del mapa táctil a ser producido. Los usuarios con visión pueden cambiar el punto y la escala del mapa operando de la misma manera que un Google Map normal. (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 44)

- El texto para la dirección o el nombre del edificio se envía a un servidor de conversión de texto a Braille, denominado eBraille, y el servidor devuelve el texto convertido. Utilizando este texto en fuente braille, Braille Image Creating Interface crea una imagen braille que es legible por el tacto (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 44)
- Cuando se presiona el botón "Output", se obtienen las longitudes y las latitudes de los bordes del mapa y se convierten de SRID: 4326 a SRID: 900913 mediante OpenLayers, una biblioteca JavaScript de código abierto. Estos datos de localización se agregan al mapfile, en el que se definen los atributos de representación de carreteras, ferrocarriles y otros objetos. Este archivo de mapa es leído por un software de representación de mapas de código abierto, "MapServer" para representar el mapa (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 45)
- El módulo "Total Image Creating" integra las imágenes del mapa, el Braille y el símbolo de dirección en un mapa táctil para imprimir. Este mapa se muestra en una nueva ventana. Los usuarios imprimen esta imagen del mapa en el papel de la cápsula y la calientan para que la imagen del mapa se levante (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 45)

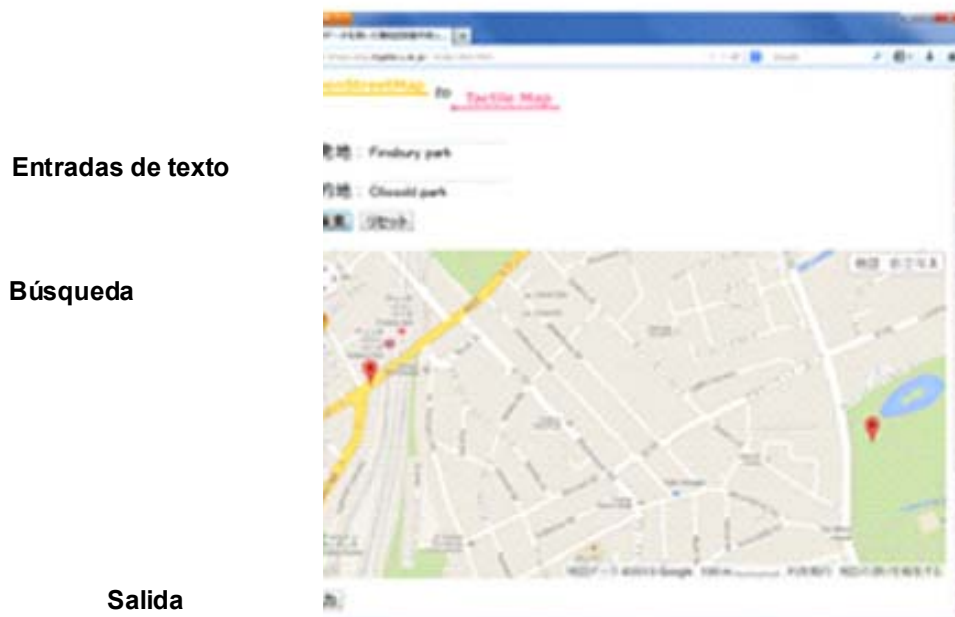


Figura 29: *Página de inicio de tmacs para OSM*

Adaptada de: (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 45)



Figura 30: *Uso de tmacs para OSM*

Adaptada de: (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 45)

### 2.8.3 Imagen del mapa táctil

Los mapas táctiles creados por tmacs incluyen carreteras, ferrocarriles, ríos, estaciones, áreas de agua, señales de tránsito, obstáculos y estaciones de parada. Los atributos de estos símbolos de línea táctil, área y punto se determinan sobre la base de varias directrices de gráficos táctiles previamente establecidas (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 45)

#### **2.8.4 Símbolos de línea**

Las carreteras se expresan como líneas con tres anchos diferentes, según los tipos de carreteras. Las autopistas, carreteras nacionales y carreteras locales principales se expresan con líneas de 4 [mm] de ancho. Las carreteras de la prefectura y otros caminos públicos se expresan como líneas de 2 [mm] de ancho. Las carreteras en áreas residenciales, parques, fábricas y otros sitios privados se expresan como líneas de 1 [mm] de ancho (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 46)

Las carreteras con pavimento táctil se expresan con líneas de 1 [mm] de ancho con puntos de 3 [mm] de diámetro a intervalos de 5 [mm]. Los ferrocarriles se expresan como una línea de 1 [mm], con barras de cruce de 3 [mm] a intervalos de 2 [mm]. Los ríos se expresan con líneas dobles de 0,7 [mm] de ancho con un espaciado de 0,5 [mm] (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 46)

#### **2.8.5 Símbolos de área**

Las áreas y estaciones de agua se expresan como matrices de puntos diferentes. Las áreas de agua usan puntos de 1,5 [mm] de diámetro a intervalos de 2,7 [mm] y las estaciones usan puntos de 0,8 [mm] de diámetro e intervalos de 1,3 [mm] (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 46)

#### **2.8.6 Símbolos de punto**





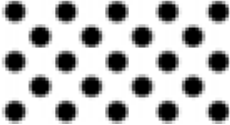
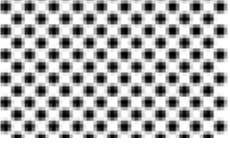



Las señales de tráfico se expresan como puntos de 2 [mm] de diámetro.

Los obstáculos para los peatones, como las obras de construcción de carreteras, se expresan triángulos con lados de 4 [mm].

Los puntos de inicio y de fin se expresan como círculos de 9 [mm] de diámetro de líneas de 0,7 [mm] de ancho. El punto de meta tiene un punto de 1,0 [mm] de diámetro en el centro del círculo. Cuando los símbolos de punto se colocan en otros símbolos, alrededor de 2,5 [mm] de espacio se dejan alrededor de ellos para que los símbolos de puntos se discernan fácilmente por el tacto (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 46)

Las especificaciones de estos símbolos se explican a continuación y sus imágenes se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10:  
*Descripción de símbolos*

<b>Tipos de Símbolos</b>	<b>Objetos</b>	<b>Imágenes</b>
Línea	Carretera	
	Carretera con pavimento táctil	
	Ferrocarril	
	Río	
Área	Área de agua	
	Estación	
Punto	Señal de tráfico	
	Obstáculo	
	Puntos de inicio y de final	

Adaptada de: (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 47)

En la Figura 31, se puede apreciar un ejemplo de un mapa táctil.

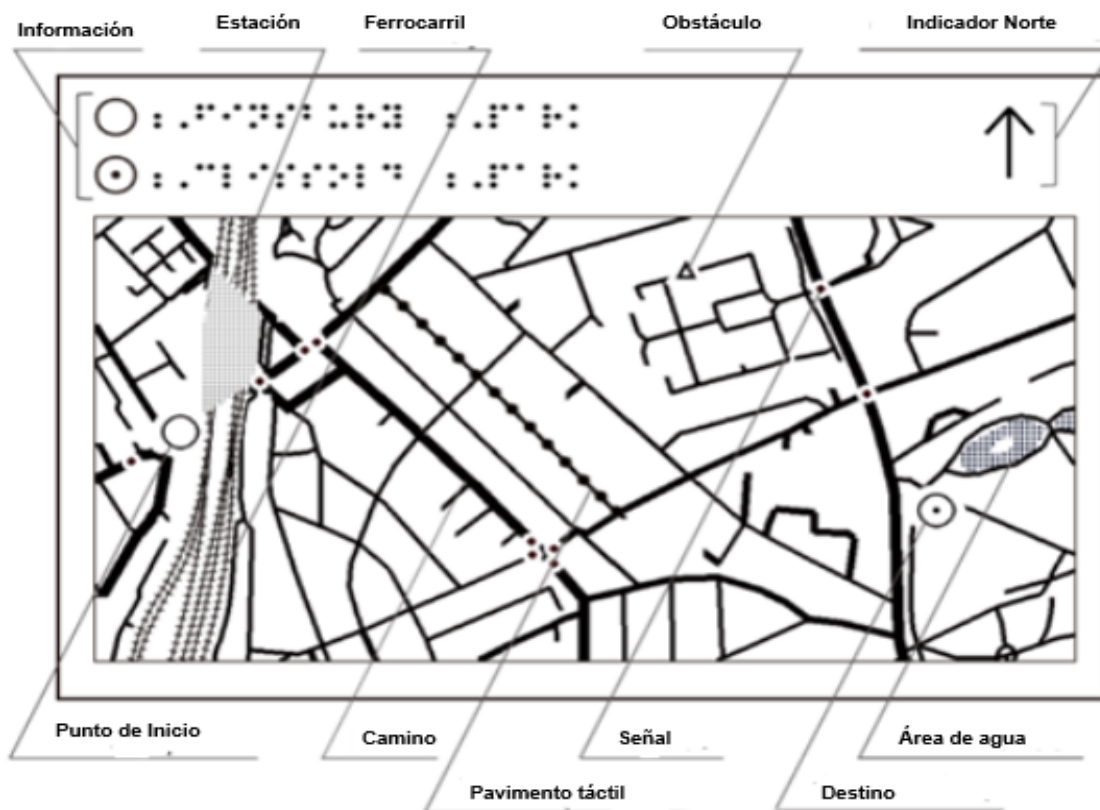


Figura 31: *Ejemplo de una imagen de mapa táctil*

Adaptada de: (Watanabe, Yamaguchi, Koda, & Minatani, 2014, pág. 46)

## 2.8.7 Método de evaluación del prototipo

### 2.8.7.1 Evaluación Preliminar

Con el fin de evaluar el rendimiento del prototipo del sistema (configuración física e implementación del software), se realizó una evaluación preliminar con una persona con discapacidad visual (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 5)



### 2.8.7.2 Configuración de prueba

El sistema de prueba utilizó la configuración mostrada en la Figura 32. El sujeto era un miembro del personal masculino con discapacidad visual, que no estaba directamente involucrado en el proyecto. En una entrevista semiestructurada, el sujeto primero se le pidió que diera su opinión subjetiva sobre varios mapas táctiles de papel, antes de ser introducido a la versión interactiva con seguimiento manual (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 6)

Experimento de "Mago de Oz"; Las manos fueron rastreadas por el sistema, pero un edificio fue seleccionado por el probador pulsando una tecla en el teclado del ordenador. Esto fue para probar el sistema de seguimiento sólo, en lugar de una combinación de seguimiento y gesto de selección. Estas pruebas preliminares fueron diseñadas para evaluar la configuración física y la funcionalidad básica del prototipo, por lo que sólo el modo de exploración del sistema se evaluó. La prueba fue grabada en video y los comentarios cualitativos del sujeto fueron transcritos manualmente (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 6)

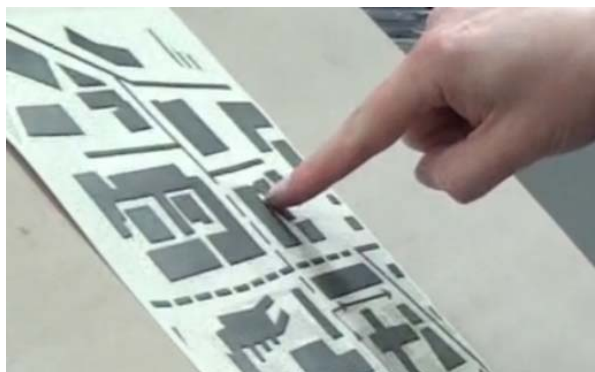


Figura 32: *Configuración de la prueba*

Tomado de: (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 6)

## **2.9 EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE TRANSPORTE BASADO EN GPS PARA APOYAR EL VIAJE INDEPENDIENTE EN AUTOBÚS DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL**

La inclusión social es un objetivo anhelado para la mayoría de las personas con discapacidad. Esta prioridad ha sido catalogada de muchas maneras, recientemente como parte de la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos y la Dignidad de las Personas con Discapacidad, en la que se identifican ocho principios generales (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 454):

- El respeto a la dignidad inherente, la autonomía (la libertad de tomar las propias decisiones), y la independencia de las personas;
- No discriminación.
- Completa participación plena y efectiva en la sociedad.
- El respeto de la diferencia y la aceptación de las personas con discapacidad como parte de la diversidad humana y de la humanidad.
- Igualdad de oportunidades.
- Accesibilidad.
- Igualdad entre hombres y mujeres.
- El respeto de la capacidad evolutiva de los niños con discapacidad y del derecho de esos niños a preservar su identidad (Naciones Unidas, 2017, pág. 5)

Es interesante que se estén explorando soluciones tecnológicas que reduzcan las barreras para una mayor independencia e inclusión de la comunidad para las personas con discapacidad. La aplicación de la tecnología al diseño de transporte parecería oportuna e importante, especialmente teniendo en cuenta el surgimiento de los dispositivos de cartografía y soporte de rutas que utilizan el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que están disponibles para el público en general (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 455)

La tecnología GPS ofrece aumentar la independencia en el transporte público para las personas con discapacidad intelectual. La evolución de las tecnologías GPS junto con las aplicaciones de software especializadas basadas en PDA (asistente digital personal) ofrecen una oportunidad para un transporte más independiente, en consecuencia, un mayor acceso e inclusión de la comunidad. Varios de estos dispositivos se han desarrollado para personas con distintas discapacidades. Por ejemplo, un dispositivo denominado BrailleNote GPS utiliza un receptor de tamaño similar a un teléfono celular que se conecta a un dispositivo BrailleNote y proporciona pistas de audio a los usuarios ciegos para la navegación por el pie. Un sistema similar llamado Trekker está basado en GPS y tecnología de mapas digitales para ayudar a las personas ciegas o con impedimentos visuales a navegar a través de su entorno. Estos sistemas proporcionan ejemplos de los tipos de soportes tecnológicos que podrían permitir a las personas con discapacidad superar las barreras al uso del transporte, pero estos dispositivos y otros similares no están diseñados para ser cognitivamente accesibles y todos asumen la capacidad de leer o usar Braille y requieren la capacidad de procesar las señales contextuales complejas. Nuestro propósito en el presente estudio fue evaluar la eficacia de un dispositivo habilitado para GPS diseñado específicamente para apoyar el transporte independiente y el uso de autobuses por personas con discapacidad intelectual (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 455)

### **2.9.1 Descripción de la tecnología asistiva**

La tecnología asistiva de viaje utilizado en este estudio fue un prototipo de software basado en GPS, especialmente diseñado con el fin que sea cognitivamente accesible, llamado WayFinder (actualmente disponible comercialmente en el Reino Unido, la disponibilidad en Estados Unidos está pendiente). Este dispositivo fue diseñado para integrarse con un ordenador portátil basado en Windows para móviles para facilitar el transporte independiente mientras se utiliza un sistema de transporte público. Se pueden

programar múltiples rutas de viaje o conjuntos de instrucciones basados en GPS en el dispositivo para proporcionar instrucciones de viaje personalizadas por ruta, por lo tanto, apoyar el transporte independiente para personas con discapacidad intelectual. Por ejemplo, se podrían crear en el sistema diferentes rutas de autobús para diferentes destinos (por ejemplo, ir a trabajar, ir a casa después del trabajo, visitar el consultorio del médico, ir al teatro), iniciarse a través de un icono de imagen identificable y una descripción de audio. Para este estudio, hemos programado una sola ruta de autobús en el dispositivo para la prueba, junto con una ruta de formación de muestra que se desarrolló para enseñar a los participantes cómo utilizar el dispositivo. A pesar de que cualquier ruta de autobús o de caminar puede ser programada por el personal de apoyo en la unidad montando o caminando hasta el destino y estableciendo puntos de referencia/instrucciones de grabación (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)

### 2.9.2 Descripción de funcionamiento

Con respecto al funcionamiento de WayFinder se describe a continuación:

- Primero el usuario selecciona la ruta de viaje deseada a través del icono en pantalla a todo color como se muestra en la Figura 33.



Figura 33: *Pantalla de inicio de la aplicación*

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- Se puede visualizar la pantalla de solicitud inicial en la Figura 34, en este caso, muestra una imagen del autobús específico para tomar, así como un mensaje de audio en inglés: “*This is our starting bus stop. Watch for the green and yellow shuttle bus and press the Start button when you see it coming.*” traducido al español sería: “Esta es nuestra parada de autobús. Observe el autobús verde y amarillo, presione el botón Inicio cuando lo vea venir.” cuando el autobús se acerca, el usuario presiona el botón de inicio y las instrucciones se proporcionan con una imagen y un mensaje de audio para esperar a que el autobús se detenga (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 34: *Pantalla de espera de autobús*

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- El usuario deber esperar a que otros pasajeros bajen del autobús, y luego subir para tomar asiento. El usuario presiona el botón OK para continuar como se muestra en la Figura 35 (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 35: *Pantalla de acceso al autobús*

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- En este punto, el usuario está sentado en el bus y la pantalla del dispositivo de recorrido muestra una filigrana de fondo que indica el recorrido del bus y un indicador de estado de avance en la parte inferior de la pantalla como se muestra en la Figura 36. Esta pantalla se visualiza cuando no hay otro mensaje de viaje que se esté visualizando en un momento determinado. El indicador de estado de avance de recorrido, se visualiza durante todo el recorrido, consiste en una línea que se encuentra en la parte inferior de la pantalla con un icono de persona que se mueve a través de la pantalla de izquierda a derecha a medida que se progresa en la ruta. Este indicador se utiliza para proporcionar retroalimentación a los usuarios con respecto a su progreso para que puedan tener una idea general de qué tan lejos en el viaje están y que tan cerca están a su destino final (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 36: *Pantalla de referencia de recorrido*  
 Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- Los puntos de referencia son una característica opcional que se puede crear dentro del sistema durante la configuración de la ruta, lo que permite a los usuarios ser alertados de puntos de referencia visuales (por ejemplo, edificios, puentes, parques, iglesias, etc.) a lo largo del recorrido. Cuando el bus se aproxima a un punto de referencia señalado, el sistema muestra automáticamente una imagen del punto de referencia como se muestra en la Figura 37, y reproduce un mensaje de audio personalizado en inglés como, por ejemplo: *“Look out the window and you will see the historic Grace Church. Press the OK button when you see it”* Traducido al español sería: *“Mira por la ventana y verás la histórica Iglesia Grace.”* Pulse el botón OK cuando lo vea”. El sistema también puede configurarse para simplemente mostrar el punto de referencia como un mensaje informativo y reproducir el mensaje de audio asociado sin requerir ninguna interacción del usuario. Luego, cuando se pasa el punto de referencia, la imagen desaparece y aparece de nuevo la pantalla predeterminada Figura 37. Uno de los propósitos de los puntos de referencias, además de la orientación general del viaje, es ayudar a mantener la atención del usuario enfocada en los mensajes proporcionados por el sistema de soporte de viajes para aumentar la

probabilidad de que no se distraiga. Por ejemplo, una persona con una discapacidad intelectual señaló que "el mayor desafío con mi discapacidad es que me distraigo con facilidad, tengo dificultades para mantenerme enfocado y el resultado, puede ser perder mi parada" (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 37: *Pantalla de puntos de referencia en el recorrido*  
Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- Pueden existir casos en el que el autobús se detiene en un punto de parada de parada programada conocida, pero no en la parada de destino designada para el viajero, se muestra la imagen de la Figura 38 se muestra con el mensaje verbal en inglés: *"This is not your stop, stay on the bus"*. Traducido al español sería: "No es tu parada. Permanezca en el bus". Este mensaje se repetirá hasta que el usuario confirme el mensaje pulsando el botón OK. Además, el sistema puede detectar cuando la parada puede durar varios minutos en un punto de parada y proporcionar información adicional al viajero para permanecer sentado. En este estudio, hubo un punto de parada donde el autobús a veces se detuvo y esperó hasta 5 min. En esta parada, se creó el indicador de referencia: *"This is not your stop, this is a waiting spot for the bus, and we might wait here for a few minutes. Do not get off the bus here"* "Este no



es tu punto de parada, este es un lugar de espera para el autobús, y podríamos esperar aquí unos minutos. No se baje del autobús”. La ruta utilizada para el estudio incluyó un total de cinco puntos de referencia y cuatro paradas de autobús programadas (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 38: *Pantalla 6, pantalla advertencia de no bajar del autobús*  
Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- A medida que el usuario se acerca a su destino, se puede usar un punto de referencia especial para decirle al viajero que su parada de destino se está aproximando y que es hora de sonar la campana (es decir, tirar del cordón que toca la campana) para que el conductor del autobús pueda detenerse en la siguiente parada. Este punto de referencia se lo fija durante la creación de rutas de la misma manera que otras paradas y puntos de referencia. Faltando una parada se activa la Figura 39, la imagen usada es una representación bastante exacta de la cuerda de tracción real en los autobuses utilizados en el estudio. Además, un mensaje de audio se reproduce reiteradamente que dice: *“Your bus stop is next, pull the cord now to ring the bell. Press the Next button after you ring the bell”* Traducido al español sería: “Su parada de autobús es la siguiente, tire del cable ahora para tocar la campana. Pulse el botón

Siguiente después de sonar la campana”. Este mensaje se repite hasta que el usuario tire del cable de campana y presione el botón “Next” (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 39: *Pantalla de sonar la campana para parada de autobús*  
Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- Después de haber presionado el botón “Next”. Se pueden crear avisos adicionales durante la configuración de la ruta con imágenes y mensajes de audio que proporcionen más instrucciones al viajero de acuerdo a sus necesidades específicas. Como, por ejemplo, un punto de referencia adicional que proporcionaba una indicación de la imagen de un asiento de autobús en el cuál emita un el mensaje: *“Check around your seat to make sure you have everything before you get off the bus, and then press the OK button”*. Traducido al español sería: “Revise alrededor de su asiento para asegurarse de tener todo antes de bajarse del bus y luego presione el botón OK”. Como se muestra en la Figura 40 (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 40: *Pantalla de revisión el asiento antes de bajar del autobús*  
Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

- A medida que el bus se detiene en la parada de bus de destino, los datos del GPS, así como el algoritmo de detección de parada, confirman que el bus se ha detenido en la parada de bus de destino del usuario, se proporciona la indicación final Figura 41, diciéndole al usuario: “*This is your stop. It is time to get off the bus*” Traducido al español sería: “Esta es tu parada. Es hora de bajar del autobús” (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 456)



Figura 41: *Pantalla de llegada al destino*  
Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 457)

### 2.9.3 Método de evaluación del prototipo

#### 2.9.3.1 Procedimiento

Se consideró un diseño experimental, para evaluación del dispositivo. Se utilizó un diseño completo entre sujetos con dos condiciones de tratamiento:

- Uso del sistema basado en tecnología para el grupo experimental.
- Uso de métodos tradicionales de apoyo (es decir, un horario de autobús escrito y un mapa impreso que está disponible para todos los pasajeros).

La duración de cada sesión de evaluación para cada participante osciló aproximadamente entre 30 y 60 minutos, dependiendo del tiempo de espera, para el siguiente autobús en la parada. Porque los autobuses vinieron cada 10 minutos, el tiempo de espera era bastante corto. El viaje en autobús tomó en aproximadamente 10 a 15 minutos, que constituyó el período de prueba.

Debido a que ninguno de los participantes había viajado en el autobús de Shuttle, no estaban familiarizados con la ruta específica utilizada para las pruebas. Cada participante fue acompañado a la parada de autobús de salida, que estaba a una cuadra del lugar de investigación, por el (los) experimentador (es). La ruta de autobús seleccionada era circular porque el autobús fue abordado en la parada de autobús inicial y se dirigió al norte por varios bloques, al oeste por un bloque, luego al sur por un bloque, al oeste por un bloque, esto permitió que la parada de destino fuera la parada de Monumento, que estaba a una cuadra al norte de la oficina de investigación. Si el participante no tocó la campana para bajarse en la parada objetivo de autobús, el experimentador solicitó al participante a tocar la campana para bajarse en la siguiente parada, que estaba a una cuadra al sur de la oficina de investigación. Esto proporcionó la oportunidad de que los participantes salieran con éxito en la parada de autobús de destino, pero si se perdió, pudo salir del autobús en la

siguiente parada junto con el experimentador. En cualquier caso, la caminata de regreso a la instalación de investigación estaba a una cuadra. Los pasos específicos de la sesión de viaje en autobús se enumeran en la Tabla 11 (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 458)

Tabla 11:  
*Itinerario de la aplicación*

#	Pasos de transporte	Tipo	Acción exitosa
1	Presionar iniciar cuando el bus arribe	Paso de viaje	Presionar el botón "Inicio" en WayFinder cuando llega el autobús.
2	Subir al autobús y presionar OK	Paso de viaje	Embarcar y sentarse, luego presione el botón "OK".
3	Edificio de oficinas verde	Punto de referencia	Señalando el edificio verde Victorian.
4	Iglesia de la gracia	Punto de referencia	Señalando la iglesia de gracia.
5	Monumento al norte	Paso de viaje	Permanecer en el autobús si se detiene para que otros puedan subir o bajar.
6	Delicatessen Wooglin	Punto de referencia	Señalando la delicatessen Wooglin.
7	Parada universitaria	Paso de viaje	Permanecer en el autobús si se detiene para que otros puedan subir o bajar.
8	Punto de parada del museo	Paso de viaje	Permanecer en el autobús si se detiene para que otros puedan subir o bajar.
9	Centro de Bellas Artes	Punto de referencia	Punto turístico centro de bellas artes.
10	Manilla para tirar	Paso de viaje	Tirando del cordón para tocar la campana antes de la parada del Monumento
11	Parada final (Monumento)	Paso de viaje	Salir del autobús en la parada Monumento.

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 459)

Las tareas de viaje se dividieron en dos tipos:

- **Pasos de viaje:** los pasos necesarios para subir y bajar del autobús en la ubicación correcta.
- **Pasos de marcado:** eran actividades asociadas con la correcta identificación de los puntos de referencia durante el viaje.

### **2.9.3.2 Análisis de datos**

Se utilizó SPSS para analizar los datos y muestras independientes en “t” pruebas para evaluar las diferencias en los errores de viaje, los errores de marcado, los mensajes de viaje, y avisos de marcado entre el grupo experimental utilizando el sistema WayFinder y el grupo de control. Se utilizó un test unidireccional para analizar las diferencias de medias, con un nivel de significancia de 0,05 (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 459)

## **2.10 RESULTADOS DE APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES PROTOTIPOS**

A continuación, se detallarán los resultados arrojados en los estudios de aplicación de cada prototipo, para proceder con un análisis comparativa entre cada una de ellas.

### **2.10.1 Resultados de aplicación del prototipo Mobi+**

La tarjeta Mobi + es un sistema de bajo costo dedicado, integra una arquitectura de hardware basada en componentes con tolerancia a fallos con un sistema de software híbrido que combina recursos en tiempo real con un micro-kernel y un protocolo de aplicación inalámbrico dedicado. El sistema Mobi + es un sistema de transición de estado impulsado por eventos que puede proporcionar los servicios de notificación de detección / alarma en la estación, los servicios de vigilancia ambiental / estacionamiento de autobuses y

acceso en la parada de bus y el servicio de comunicación inalámbrica entre autobuses y estados en el subsistema inalámbrico. En el sistema Mobi + se ha implementado un mecanismo de comunicación y programación de la conciencia de recursos tolerante a fallos correspondiente a la arquitectura de hardware multi-transceptor multi-microcontrolador para garantizar la fiabilidad del intercambio de datos y la provisión de servicios. En la actualidad, el sistema Mobi + se ha implementado en los autobuses y estaciones de la línea '2' en la ciudad de Clermont-Ferrand (Francia), como se muestra en la Figura 42 (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10690)



Figura 42: *Prototipo Mobi+ en Clermont-Ferrand (Francia)*  
Adaptada de: (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10690)

Los resultados experimentales muestran el desempeño del sistema de prototipos Mobi + cumple con las expectativas de diseño y puede proporcionar un servicio eficaz de acceso de autobuses para personas con discapacidades minimizando significativamente el tiempo total de la ruta del autobús. Además, gracias a su pequeño factor de forma ya su bajo consumo de energía, el sistema Mobi + se despliega fácilmente en los autobuses y estaciones de autobuses (alimentados con baterías con paneles solares) (Zhou, Hou, Zuo, & Li, 2012, pág. 10690)

### 2.10.2 Resultados de aplicación del prototipo ABLE Transit

Los resultados de las evaluaciones de cada interfaz del prototipo se presentan a continuación:

- **Interfaz para personas con discapacidad visual:** La versión actual de ABLE Transit no tiene características audibles, Julie utiliza un lector de pantalla, que lee los elementos de la página. Con el lector de pantalla, se quiere obtener toda la información que este en la página como sea posible sin ser sobrecargado. La interfaz de la Figura 9 le permite desplazarse por los buses que se aproximan. Ella está familiarizada con las ubicaciones en las que se encuentra, por lo que la representación textual de las paradas de autobús es adecuada; Pero tiene dificultades para configurar los ajustes de red en un pequeño dispositivo. Por lo tanto, se prefiere ABLE Transit con almacenamiento de datos local, se recomienda a las futuras versiones del prototipo tomar en cuenta el audio para esta interfaz debido a que pueden ser aún más útil la aplicación para estas personas discapacitadas.
- **Interfaz para personas con discapacidad auditiva:** Tyler es capaz de navegar la aplicación como lo haría un usuario sin discapacidad, Tyler aprecia el mapa en la Figura 10, el cual está incluido en la pantalla principal para asegurar que la información del bus que recibe es para la parada correcta. No tiene problemas para entender y hacer clic en los botones y puede desplazarse fácilmente por la lista de autobuses. Además, las consultas de bases de datos remotas se pueden ejecutar más rápido que una local, por lo que Tyler prefiere el almacenamiento de datos remotos.
- **Interfaz para personas con discapacidad física:** Rosa usa esta aplicación para averiguar cuándo viene su autobús. Ella aprecia que la interfaz en la Figura 11 no tiene barra de desplazamiento, y ella puede navegar fácilmente, al botón del mapa para mirar el mapa. En las



paradas de autobús con muchos autobuses, ella podría apreciar un botón en la parte inferior de la lista de autobuses que le permite cargar más horarios de autobuses. Debido a las limitadas capacidades de movimiento, por razones similares a las de Julie, Rosa da preferencia al almacenamiento de datos locales debido a sus dificultades en la configuración de las conexiones de red.

- **Interfaz para personas con discapacidad cognitiva:** Kurt encuentra esta aplicación útil y aprecia la simplicidad del diseño en la Figura 12. Sus cuidadores se preocupan de que podría estar en una parada equivocada, se sugiere un módulo de la aplicación que informa a los cuidadores de la ubicación actual de Kurt para que puedan monitorear su ubicación en tiempo real. Kurt se siente menos angustiado por saber cuánto tiempo pasará hasta que llegue su autobús. Mientras tanto, para usuarios como Kurt, es crucial que la apariencia, la sensación y la experiencia del usuario sean consistentes incluso cuando cambie su dispositivo o un navegador web. Debido a las dificultades para recordar y llevar a cabo la configuración de la red, Kurt necesita contar con una base de datos local en caso de interrupción temporal de la red WiFi o celular (Harrington, y otros, 2013, pág. 328)

Se derivaron cuatro grupos de personas para realizar pruebas del prototipo, se presentaron los requisitos de diseño y consideraciones de interfaz para el software accesible. Utilizando el ABLE Transit como un caso de estudio, hemos identificado el nivel del sistema de compensaciones tales como Web versus aplicaciones nativas, almacenamiento local frente a almacenamiento de datos remoto. Este trabajo no sólo hace insistencia en la importancia de las interfaces personalizables para dar cabida a las personas con discapacidad, sino también la necesidad de flexibles modos de almacenamiento de datos, lo cual permita un mejor desempeño para la aplicación brindando mayor eficacia para los usuarios al momento de usar la aplicación (Harrington, y otros, 2013, pág. 330)

### 2.10.3 Resultados de aplicación del prototipo VIATOR

El prototipo fue implementado por la Universidad de Linz, el departamento encargado fue Informática Empresarial - Ingeniería de Software en colaboración con el Instituto de Estudio Integrado, se utilizó JBoss5 AS7 Java Enterprise Application para los componentes del servidor, mientras que la aplicación cliente móvil se basa en Android. La interfaz de usuario está especialmente diseñada para apoyar la tecnología de asistencia para personas con discapacidades como los usuarios ciegos o con discapacidades visuales. Por lo tanto, las evaluaciones de los usuarios y la integración temprana de los grupos destinatarios, incluidos los usuarios de silla de ruedas y los usuarios ciegos. Quedó en evidencia que la Interfaz de usuario es compatible y se puede optimizar el lector de pantalla.

Los perfiles de usuario genéricos permitieron un camino fácil para los beneficiarios que inician el prototipo por primera vez, había que adaptar el comportamiento de la aplicación a sus necesidades.

Por ejemplo, un usuario en silla de ruedas estableció un trayecto de largas secciones peatonales y rutas sin barreras, para evitar escaleras y escaleras eléctricas (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 61)

Las experiencias obtenidas en este proyecto han demostrado que existe una brecha en las secciones peatonales de la llamada cadena de movilidad. Esta es la secuencia de acciones y caminos que un viajero necesita para lograr desde el inicio hasta el destino de viaje. Esto incluye senderos por ejemplo de casa a la parada de autobús siguiente, el paseo de autobús realmente, el sendero en el punto de transferencia y así sucesivamente. También incluye senderos que no son necesariamente importantes para llegar desde el punto A al punto B utilizando el transporte público, pero hay que gestionar de todos modos. Especialmente en las secciones peatonales, la mayoría de las dificultades ocurren. El viajero también necesita obtener las direcciones

correctas, puntos de transferencia, como la estación principal de buses. Esto es particularmente importante para las personas que sufren de movilidad limitada debido a dificultades en la orientación y la navegación. Este grupo incluye, personas ciegas, personas con baja visión, dificultades de aprendizaje y personas que no están familiarizadas con el idioma local como turistas o personas con antecedentes migratorios. VIATOR ya abordó parcialmente la cuestión de hacer accesibles los senderos; Sin embargo, todavía carece de una solución adecuada, para los distintos usuarios (Koutny, Heumader, & Miesenberger, 2014, pág. 63)

#### 2.10.4 Resultados de aplicación del prototipo ARGUS

El análisis muestra que las distancias medidas a la trayectoria ideal para las vías suburbanas toman valores muy bajos (<3 m), debido a la buena cobertura de estas áreas. Sin embargo, estos datos son menos alentadores para los escenarios urbanos donde el posicionamiento de los usuarios es peor. Además, los resultados muestran que en la mayoría de los casos la percepción sonora espacial fue claramente percibida y seguida por los usuarios como se muestra en la Figura 43 (Carrasco, y otros, 2014, pág. 105)



Figura 43: *Ruta de usuario e instrucciones de encabezamiento análisis de escenarios urbanos y suburbanos*

Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 104)

### 2.10.4.1 Análisis de la retroalimentación de los usuarios

#### Evaluación de las actividades previas y posteriores al viaje

Se solicitó a los usuarios realizar un conjunto de actividades de pre y post viaje a través del sitio web de ARGUS. Los resultados obtenidos mediante el cuestionario confirmaron que se cumplían los requisitos específicos de todos los usuarios de pruebas en términos de accesibilidad. Además, todos los usuarios fueron capaces de llevar a cabo todas las tareas propuestas con éxito. La siguiente Figura 44 muestra las respuestas que se recopilaron (Carrasco, y otros, 2014, pág. 105)

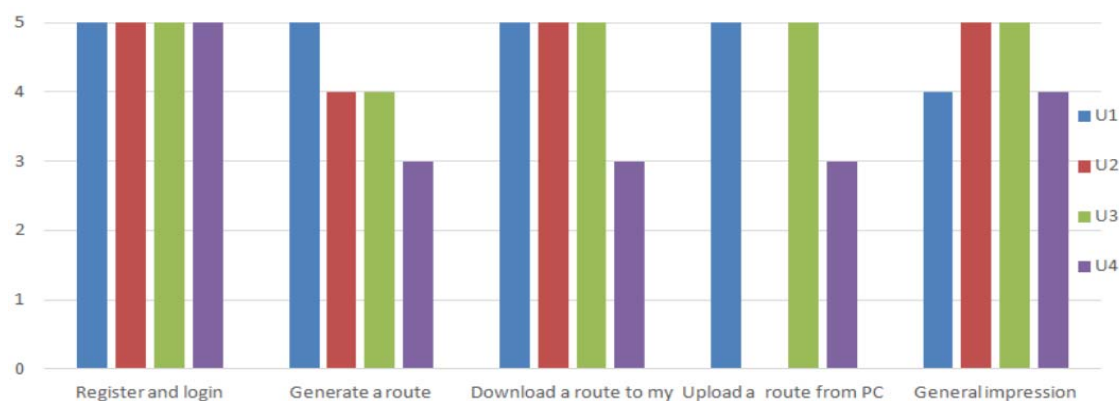


Figura 44: Resultados al cuestionario sobre las actividades previas y posteriores al viaje

Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 105)

#### Evaluación de navegación guiada binaural

Se solicitó a los usuarios que naveguen por una ruta urbana y suburbana utilizando el sistema ARGUS. Todos los usuarios pudieron utilizarlo correctamente. Todas las tecnologías de asistencia solicitadas por los usuarios como el lector de pantalla Talkback, zoom y capacidades de control de voz del sistema operativo Android fueron totalmente compatibles. Equipos adicionales como teclados externos, auriculares y dispositivos braille también se utilizaron. Los resultados del cuestionario se muestran en la Figura 45 (Carrasco, y otros, 2014, pág. 106)

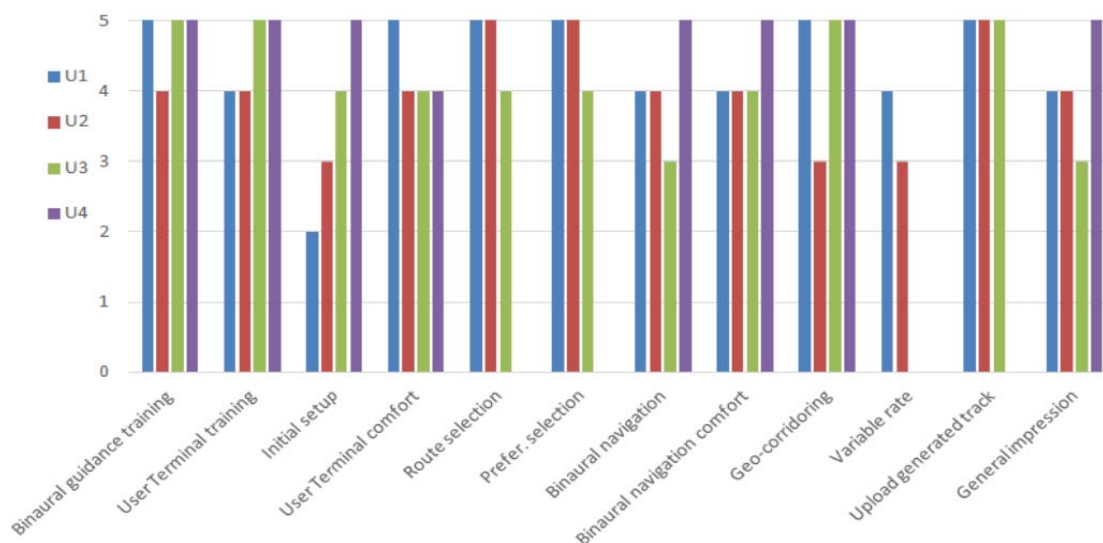


Figura 45: *Resultados al cuestionario respecto a la navegación binaural guiada*  
Adaptada de: (Carrasco, y otros, 2014, pág. 106)

Con respecto al rendimiento de la navegación al aire libre, los usuarios informaron en entrevistas realizadas después de cada prueba que la versión actual del sistema ARGUS funcionó excelente para los usuarios con visión parcial en escenarios urbanos y suburbanos. Además, los usuarios ciegos informaron que el sistema funcionó excelente para ellos en el escenario suburbano, porque los usuarios ciegos requieren una mayor precisión del sistema para la navegación segura en el escenario urbano. Además, los usuarios informaron que la sesión de entrenamiento sobre los principios de la aplicación anteriores a las pruebas era pertinente para ellos (Carrasco, y otros, 2014, pág. 106)

## **2.10.5 Resultados de aplicación del prototipo FB-Finger: Desarrollo de una nueva ayuda eléctrica para viajes con interfaz háptica**

### **2.10.5.1 Resultados del primer método de evaluación**

Para cada condición, se calculó un coeficiente de correlación producto-momento de Pearson ( $r$ ) entre la distancia presentada (es decir, el estímulo realmente presentado) y la distancia estimada. Los valores de correlación fueron 0,94 para la condición corta y 0,95 para la condición larga. No hubo

diferencias significativas entre estos valores. Así, independientemente del rango de distancia del sensor (condición corta o condición larga), la estimación de la distancia del objeto estaba fuertemente correlacionada con la distancia real. Este resultado sugiere que los usuarios pueden detectar distancias cercanas y distantes utilizando ambos sensores. También se realizó un análisis de regresión lineal sobre la magnitud estimada frente a la distancia real y se calculó un coeficiente de determinación ( $r^2$ ). La Figura 46 representa las líneas de regresión para cada condición del rango del sensor ( $r^2 = 0,88$  para la condición corta y  $R^2 = 0,90$  para la condición larga, respectivamente). Los resultados revelaron valores bastante altos de  $r^2$  para ambas condiciones. Esto sugiere que la distancia estimada se predijo linealmente a partir de la distancia real, lo que indica que los usuarios pueden percibir la distancia con alta precisión (Ito, y otros, 2014, pág. 69)

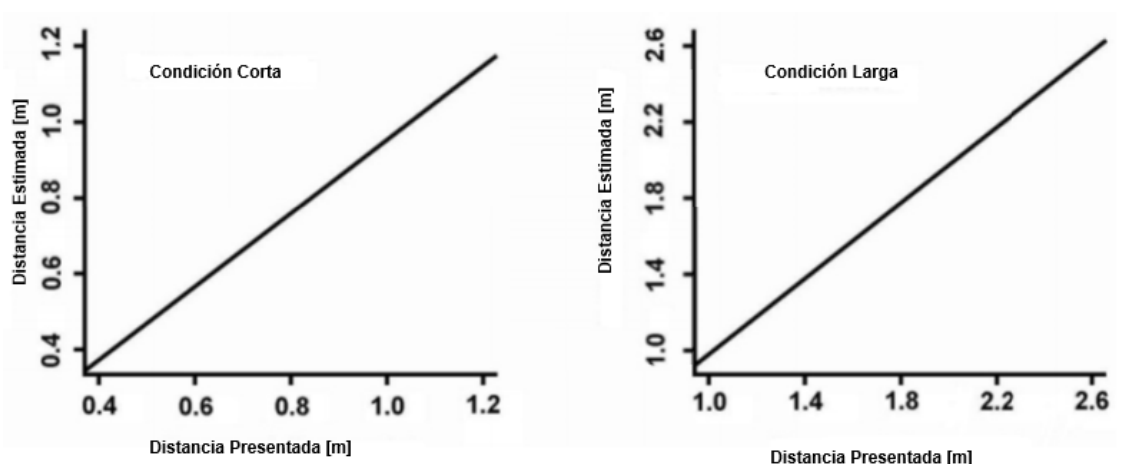


Figura 46: Líneas de regresión de distancia estimada señalada a partir de la distancia presentada para las dos condiciones ( $n = 240$ )

Adaptada de: (Ito, y otros, 2014, pág. 69)

### 2.10.5.2 Resultados del segundo método de evaluación

Al igual que en el Experimento 1, se calcularon los coeficientes de correlación de momento de producto de Pearson ( $r_s$ ) para las tres condiciones del dispositivo. Los valores de correlación para los dispositivos FB-Finger, CyARM y Vibratory fueron 0,95, 0,84 y 0,85, respectivamente. Por lo tanto, la

asociación entre la distancia estimada y real parecía ser mayor para el FBFinger en relación con los otros dos dispositivos. Los análisis de regresión para cada condición del dispositivo dieron como resultado valores medios de  $r^2=0,90$  para el FB-Finger, de 0,72 para el CyARM y de 0,72 para el dispositivo Vibratory (Figura 47). Se realizó un análisis de varianza unidireccional con la condición del dispositivo (FB-Finger, CyARM y dispositivo vibratorio) como un factor entre los sujetos. El efecto principal de la condición del dispositivo fue significativo ( $f(2, 21) = 3,73, p < 0,05$ ). Múltiples pruebas de comparación entre las tres condiciones del dispositivo mostraron diferencias significativas entre FBFinger y el CyARM ( $p < 0,05$ ) y entre el FB-Finger y el dispositivo vibratorio ( $p < 0,05$ ). No hubo diferencias significativas entre el CyARM y el dispositivo vibratorio. Estos resultados sugieren que FB-Finger ofrece a los usuarios dos ventajas que no se encuentran en los otros dispositivos. En primer lugar, la distancia estimada se corresponde mejor con la distancia real. En segundo lugar, FB-Finger permite a los usuarios detectar con mayor precisión la distancia a un objeto (Ito, y otros, 2014, pág. 71)

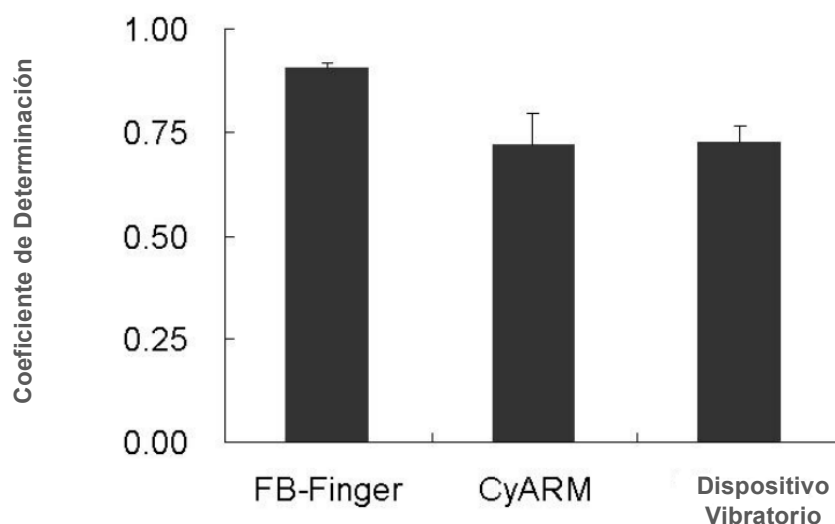


Figura 47: *Coeficientes de determinación media para las tres condiciones del dispositivo*

Adaptada de: (Ito, y otros, 2014, pág. 71)

Los resultados proponen que el prototipo FB-Finger tiene el potencial para ser una ayuda de viaje útil, mientras que también sirve para mejorar la calidad de vida diaria entre las personas con discapacidad visual (Ito, y otros, 2014, pág. 71)

La importancia del prototipo FB-Finger hacia los usuarios participantes con los ojos vendados, porque les permitió juzgar con precisión la distancia de un objeto a pesar que estos individuos tenían poca experiencia con la exploración háptica. Teniendo en cuenta que las personas con discapacidad visual tienen habilidades de percepción háptica aguda, es comprensible que los resultados del presente estudio proporcionan aplicaciones prometedoras de FB-Finger entre esta población (Ito, y otros, 2014, pág. 71)

FB-Finger es un dispositivo alternativo novedoso que debería ser bastante útil como ayuda para viajes y exploración. Sin embargo, los estudios futuros necesitarán incluir participantes con discapacidades visuales para determinar completamente la eficacia de este dispositivo (Ito, y otros, 2014, pág. 71)

#### **2.10.6 Resultados de aplicación del prototipo sistema de recolección y compartición de información vial basada en el marco social**

El sistema propuesto fue evaluado mediante la realización de experimentos de campo en el área de Nakayama - Japón, está ubicado en la región de Shikoku, cuenta con una superficie de 75.42 [km<sup>2</sup>], con una población de 4,472 habitantes. En la Figura 46, se puede observar los resultados arrojados por el dispositivo Crawler. Diferentes marcadores de color indican el declive de la carretera utilizada en la prueba. Los colores de los marcadores indican cambios suaves en el gradiente del paisaje. El visualizador de datos móviles obtuvo con éxito la misma información mostrada en la Figura 48.

En las pruebas realizadas para el prototipo se propuso un sistema de recopilación y compartición de información vial. Se realizó un experimento de



campo para demostrar la recolección y visualización de datos de riesgo pasivos (Suenaga, 2014, p. 91)

Cuando se recopile más información sobre el área de aplicación que vaya a ser utilizado utilizando el sistema propuesto, los residentes podrán comprender mejor las propiedades del paisaje y minimizar los riesgos pasivos (Suenaga, 2014, p. 91)

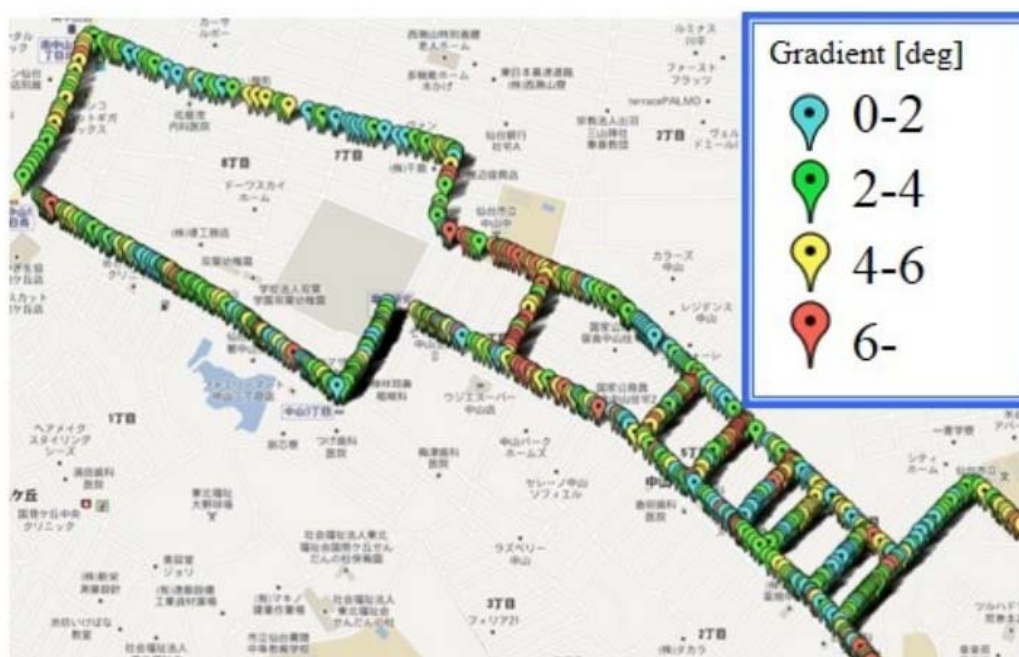


Figura 48: *Resultados del experimento de campo*  
Adaptada de: (Suenaga, 2014, p. 91)

### 2.10.7 Resultados de las Estrategias de Validación de puntos de referencia

Como se muestra en la Figura 49, la distancia media recorrida (16 sujetos) fue significativamente diferente en las cuatro estrategias de validación (Anova:  $F(3, 56) = 5,87, p < 0,001$ ). Una prueba post-hoc de LSD de pescadores mostró que la estrategia de radio de captura indujo una trayectoria significativamente más larga comparada con las otras tres estrategias (ver Figura 49). Sin

embargo, no hubo diferencias significativas entre las tres nuevas estrategias (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 98)

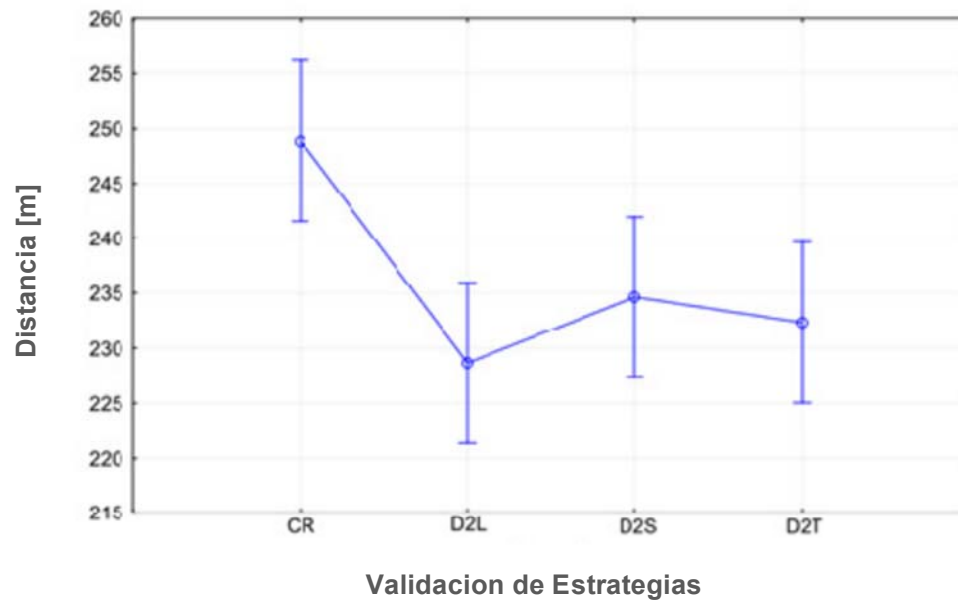


Figura 49: Promedio (16 sujetos) distancia total a través de las diferentes estrategias de validación  
Adaptada de: (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 98)

También observamos el tiempo promedio para completar el viaje fue significativamente diferente dependiendo de la estrategia utilizada (Anova:  $F(3, 56) = 8,93$ ,  $p < 0,0001$ ). La prueba post-hoc de LSD de Fisher mostró que la estrategia de radio de captura indujo tiempos de viaje significativamente más largos en comparación con las otras tres estrategias (ver Figura 50) (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 98)

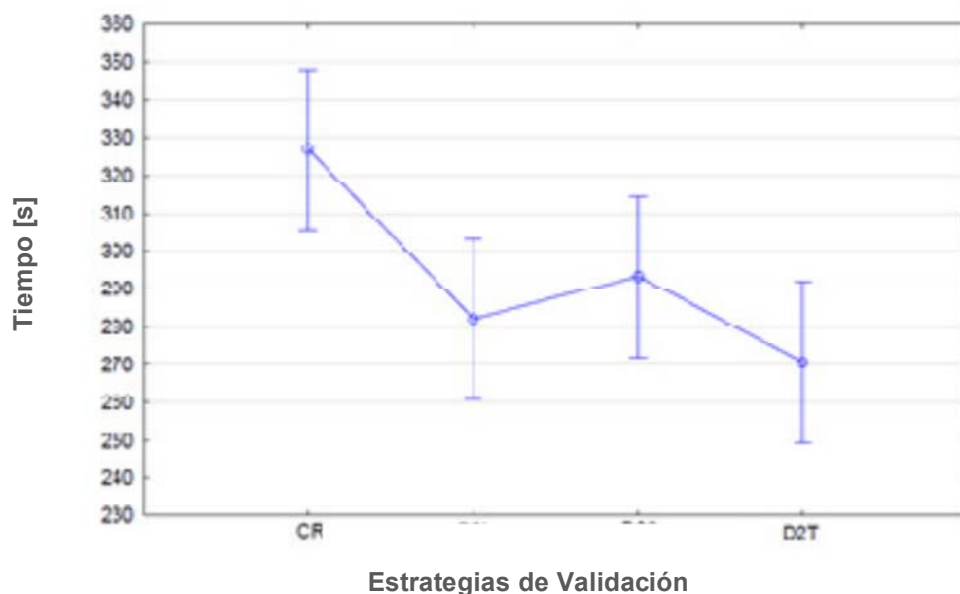


Figura 50: Promedio (16 sujetos) duración de los viajes a través de las distintas estrategias de validación de puntos de referencia  
Adaptada de: (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 98)

Los resultados presentados aquí muestran que es posible reducir significativamente el tiempo de viaje y la distancia de viaje cuando se mejora la estrategia de validación de puntos de referencia. La distancia es el primer criterio considerado por las personas con discapacidad visual al escoger un camino, y luego el tiempo empleado en la ruta. Como hemos mostrado aquí, cuando se considera el comportamiento del peatón ciego (deriva angular) y el error en el posicionamiento que no era el caso, la estrategia de "radio de captura" no es claramente óptima. Las tres estrategias alternativas propuestas aquí son más eficientes y más robustas a las imprecisiones de posicionamiento que probablemente proporcionarían una mejor orientación en los EOA (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 98)

Creemos que las estrategias propuestas son más flexibles que el "radio de captura" porque ponen menos restricciones en la movilidad de los usuarios ciegos. De hecho, la validación de puntos de referencia es menos conservadora, y el peatón guiado es capaz de tomar sus propias decisiones sin

verse forzado a recorrer lugares específicos (círculo virtual). Además, eliminamos la difícil cuestión de elegir el valor de radio de captura correcto.

El punto más importante sería comprobar que el uso del perro guía o de la caña larga no hace ninguna diferencia. Entonces seríamos capaces de definir qué estrategia específica utilizar entre las tres nuevas según las circunstancias. Un cambio dinámico entre las estrategias en función de la situación y la incertidumbre de posicionamiento también podría ser una solución elegante (Kammoun, Macé, & Jouffrais, 2014, pág. 98)

## **2.10.8 Resultados de evaluación del prototipo OPEN STREET MAP**

### **2.10.8.1 Resultados de los usuarios en el mapa táctil**

Se pidió al sujeto que puntuara diversos mapas táctiles de papel para la estética y la legibilidad de las 7 características distintas. Se hicieron observaciones con respecto a la eficacia de varias texturas para diferentes configuraciones de calor del fusor entre 0-10. Por ejemplo, se encontró que la textura del agua era indiscernible en los ajustes de 5 y más bajo y la textura punteada a 6°C y más baja. Sin embargo, en un ajuste de calor de 8 los edificios parecían tener una textura "ruidosa" que era un tipo de distracción debido a similitudes con las zonas punteadas. El sujeto, por lo tanto, favoreció los mapas producidos con un ajuste de calor de 7. Como el sujeto era miope, también puso de relieve que los ajustes de fusor más altos redujeron el contraste negro / blanco del mapa y por lo tanto la visibilidad para los usuarios con niveles similares de discapacidad visual (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 6)

### **2.10.8.2 Resultados de interacción con el sistema**

Sin dar ninguna instrucción, se le pidió que especificara qué gesto elegiría para seleccionar un edificio. La sugerencia recibida fue la aplicación de presión

adicional a las áreas del mapa levantadas; 'Empujar más fuerte en los edificios'. Para probar el sistema de seguimiento, se pidió al sujeto que seleccionara un edificio aleatorio del mapa e indicara verbalmente cuándo fue seleccionado. En el primer ensayo, no se dio ninguna dirección adicional al sujeto, por lo que utilizó su postura natural de la mano para explorar un mapa táctil e indicó un lugar de interés con un dedo índice. En este caso de uso, el seguimiento de los dedos no tuvo éxito. Para 10 lugares seleccionados, sólo 1 devolvió correctamente la información correcta, lo que indica que el seguimiento se había perdido para los otros 9 lugares (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 7)

Se realizó entonces un segundo ensayo, en el que el sujeto recibió una breve instrucción sobre cómo hacer un gesto distintivo hacia una característica de interés (Figura 50). El sistema correctamente devolvió la información en 7 de cada 10 lugares elegidos al azar para este conjunto de acciones, con el rendimiento aumentando después de los esfuerzos iniciales. Si bien esto todavía no es una tasa de detección totalmente satisfactoria, sí muestra que un gesto adecuado se aprende rápidamente y se repite fácilmente (O'Sullivan, Picinali, Feakes, & Cawthorne, 2014, pág. 7)

### **2.10.9 Resultados de evaluación de un dispositivo de transporte basado en GPS para apoyar el viaje independiente en autobús de personas con discapacidad intelectual**

#### **2.10.9.1 Resultados**

En la Tabla 13 se proporciona los resultados, el error estándar de la media para cada medida dependiente por grupo experimental. El análisis de los datos mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales y de control en los errores de viaje, los errores de marcado y las señales de marcado cuando se probó el alcance con una prueba unidireccional para las diferencias de medias. La diferencia entre los dos

grupos en las indicaciones de viaje se aproximó a la significación,  $p=.088$ , pero no logró los criterios prescritos. La Tabla 13 es un resumen de los resultados para cada diferencia de resultados (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 459)

Tabla 12:  
*Criterios de Evaluación*

<b>Errores de Viaje</b>	<p>Se registró un error si el sujeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. no tocó la campana en absoluto o un tiempo suficiente para detener el bus.</li> <li>b. comenzó a bajar del autobús en la parada de autobús equivocado.</li> <li>c. no bajar del autobús en la parada de autobús correcta.</li> </ul> <p>Se registró un máximo de un error para cada evento de viaje.</p>
<b>Errores de Marcado</b>	<p>Se registró un error si el sujeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. pasaba por un punto de referencia sin señalarlo.</li> <li>b. no presionó el botón Aceptar en el dispositivo después de señalar un punto de referencia.</li> <li>c. cometió otros errores con respecto al uso del dispositivo para identificar puntos de referencia.</li> </ul> <p>Se registró un máximo de dos errores para cada evento de marcado</p>
<b>Avisos de Viaje</b>	<p>Se registró un aviso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. si el sujeto solicitó específicamente ayuda.</li> <li>b. si era necesario un aviso para corregir un error antes de pasar al siguiente paso, como un aviso para tocar la campana o bajarse del autobús.</li> </ul> <p>Se registraron un máximo de tres avisos o cada paso.</p>
<b>Avisos de Marcado</b>	<p>Se registró un aviso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. si el sujeto solicitó específicamente ayuda.</li> <li>b. si era necesario un aviso para corregir un error antes de pasar al siguiente paso, tal como falta de un punto de referencia. En ese caso, el punto de referencia fue señalado por el experimentador después de que se pasó y un aviso fue registrado.</li> </ul> <p>Un máximo de tres avisos se registró para cada paso.</p>

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 460)

Tabla 13:  
*Estadísticas descriptivas*

Grupo	Resultado	Datos Estándar (SD)	Errores Estándar (SE)
<b>Errores en los pasos de viaje</b>			
Control	1.83	0.72	0.21
Experimental	0.64	0.924	0.279
<b>Puntos de referencia</b>			
Control	2.42	1.08	0.31
Experimental	0.91	1.22	0.37
<b>Avisos para viajes</b>			
Control	2.33	0.49	0.14
Experimental	1.82	1.17	0.35
<b>Solicitudes para identificación de puntos de referencia</b>			
Control	12.4	1.08	0.31
Experimental	2.36	1.5	0.45

**Nota:** Hubo 12 participantes en el grupo experimental y 11 en el grupo de control.

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 460)

El número máximo de errores que una persona podría hacer para completar la tarea experimental varió, dependiendo de cuántas paradas de autobús se hicieron antes de la parada de destino. En general, la mayoría de los viajes en autobús proporcionaron dos o tres oportunidades de error. La diferencia de medias observada para los errores de viaje fue estadísticamente significativa,  $p=0,001$ , con los sujetos haciendo significativamente menos errores al usar el dispositivo (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 461)

Tabla 14:  
*Pruebas independientes*

Medida Dependiente	t (21)	Diferencia de resultado	SE
Errores en los pasos de viaje	3.49**	1.20	0.34
Errores en la identificación de puntos de referencia	3.14**	1.51	0.48
Avisos para viajes	1.40	0.52	0.37
Solicitudes para identificación de puntos de referencia	1.91*	1.05	0.54

Adaptada de: (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 460)

Esta diferencia se evidenció por el importante hallazgo de que en el grupo de control (sin sistema GPS), sólo 1 de cada 12 sujetos (8%) salió con éxito del autobús en la parada de autobús correcta, mientras que, en el grupo experimental, 8 de 11 sujetos (73%) salió con éxito del autobús en la parada correcta (Davies, Stock, Holloway, & Wehmeyer, 2010, pág. 461)

## **2.11 ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS PROPUESTAS EN POSIBLE ESCENARIO DE FUNCIONAMIENTO EN EL DMQ**

En la siguiente Tabla 15 se detalla las ventajas y desventajas de cada prototipo.



Tabla 15:  
Análisis de Ventajas y Desventajas

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Prototipo Mobi+	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fácil implementación en las estaciones de paradas de los diferentes corredores.</li> <li>✓ Modificación de las estaciones de paradas, es un sistema que brinda mayor seguridad a la ciudadanía.</li> <li>✓ Aumenta la independencia de los usuarios al momento de tomar un transporte público urbano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No permite monitoreo del usuario en la ruta.</li> <li>✓ Mantenimiento de los equipos costoso.</li> </ul>
Prototipo ABLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contiene horario de rutas, para una mayor eficiencia al momento de tomar un bus, incluyendo los retrasos y tiempos de espera.</li> <li>✓ Interfaz interactiva para los usuarios, muy fácil para utilizar.</li> <li>✓ Monitoreo en tiempo real de la aplicación en caso de ser necesario el rastreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dificultades de configuración hacia los usuarios para realizarlos de manera independientemente.</li> <li>✓ La interfaz para personas con discapacidad visual no contiene salida de voz.</li> <li>✓ El almacenamiento de información es un problema debido al tipo de smartphone que posea el usuario y su capacidad económica.</li> </ul>
Prototipo VIATOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema que recalcula las rutas o eventos inesperados, para no alarma a los usuarios.</li> <li>✓ Interfaz simple, para mejor manejo por parte de los usuarios.</li> <li>✓ Perfiles de usuario para usuarios con o sin discapacidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizado solo en Android.</li> <li>✓ Solo contempla por el momento dos discapacidades.</li> <li>✓ No almacena información de las rutas escogidas por el usuario.</li> </ul>
Prototipo ARGUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Servicio de ubicación más exacta.</li> <li>✓ Aplicación para monitorear al usuario vía Web, almacena la información de la ruta.</li> <li>✓ Audífonos para una mejor experiencia del usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solo es para un tipo de discapacidad.</li> <li>✓ Dispositivos extras, pueden ser fuera de presupuesto para algunos usuarios.</li> <li>✓ Solo es para dispositivos Android.</li> </ul>
Prototipo FB-Finger	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Excelente ayuda para moverse en un ambiente urbano.</li> <li>✓ Ayuda al usuario con mejor información que existe a su alrededor.</li> <li>✓ Los sensores vibradores y auditivos, ayuda a una mejor percepción para mejor traslado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Uso exclusivo de personas con discapacidad visual.</li> <li>✓ Poca influencia para el usuario al momento de tomar un transporte.</li> <li>✓ No existe necesidad de aplicar al transporte público urbano.</li> </ul>
Prototipo Crawler	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permite conocer los declives de la zona residencial.</li> <li>✓ Los usuarios adultos mayores pueden salir a con una información exacta de cómo se encuentra su zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Prototipo no adaptable para personas con discapacidad, solo es orientado para personas adultas mayores.</li> <li>✓ Prototipo no aplicable al transporte público</li> <li>✓ Es un dispositivo para conocer el medio residente más no un ambiente público urbano.</li> <li>✓ Solo para dispositivos Android.</li> </ul>
Navegación asistida	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Puede escoger la ruta más adecuada para el usuario.</li> <li>✓ Precisión en los puntos de referencia.</li> <li>✓ Ayuda a la orientación del usuario a lo largo de su recorrido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solo es para personas discapacidad visual.</li> <li>✓ No está la aplicación en tiempo real para un monitoreo.</li> <li>✓ Necesita ayuda de un usuario para determinar su ruta.</li> <li>✓ No se puede modificar la ruta.</li> </ul>
Open Street Map	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Información a lo largo del entorno urbano donde se puede aplicar, para una mejor orientación del usuario.</li> <li>✓ Contempla todas las señalizaciones del ambiente urbano.</li> <li>✓ Muy interactiva con el usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solo para discapacidad visual.</li> <li>✓ Aplicables solo para las estaciones de parada de bus.</li> <li>✓ Necesario una salida de audio para una mejor interacción.</li> <li>✓ No permite la modificación de nuevas avenidas, edificios, etc.</li> <li>✓ Necesita de un usuario para ayuda.</li> </ul>
Prototipo WayFinder	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Interfaz muy fácil de usar para los usuarios.</li> <li>✓ Aumenta independencia en los usuarios para tomar el transporte público.</li> <li>✓ Contempla desvío del transporte en caso que ocurra algo en la vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aún no está diseñado para personas con discapacidad cognitivas.</li> <li>✓ No permite la modificación de ruta en tiempo real.</li> </ul>

### 3 CAPÍTULO III: ANÁLISIS DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN EL DMQ

#### 3.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN EL DMQ

El DMQ cuenta con una población de 2'239.191 habitantes según el último censo realizado en el año 2010 por el Instituto de Estadística y Censos (INEC), generando así un promedio de 4'600.000 viajes, se define viaje(s) “el desplazamiento realizado de un origen a un destino y un motivo específicos, que, en el presente caso, se le asigna un modo de transporte utilizado en la mayoría de su trayecto” (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 3). Se consideró además un total de 5'300.000 etapas, se define etapas como “el desplazamiento en cada uno de los trayectos de un mismo viaje, realizados en vehículos (de transporte público o privado) diferentes” (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 3), los que se distribuyen en los distintos modos de transporte, sean motorizados o no motorizados, las estadísticas del uso de los diferentes transportes se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16:  
*Tipos de movilidad*

<b>Motorizado</b>	Transporte Público	2.800.000	61,3%
	Transporte Privado	1.050.000	23,0%
<b>No Motorizados</b>	Peatonal	700.000	15,3%
	Bicicleta	15.000	0,3%
<b>TOTAL</b>		4.565.000	100,00%

Adaptada de: (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 3)

Existen dos diferentes tipos de transporte que son:

- Transporte Público.
- Transporte Privado.

En el sistema de transporte público están considerados, los sistemas de transporte escolar e institucional y en el transporte privado está considerado el servicio de taxi.

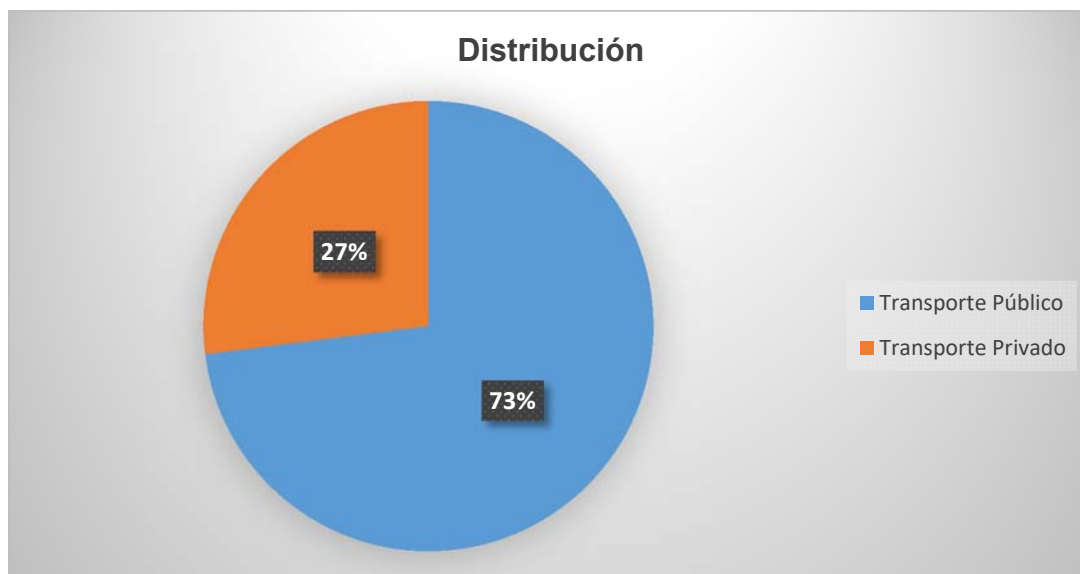


Figura 51: *Distribución de viajes*

Adaptada de: (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 3)

### 3.1.1 Situación actual del transporte público urbano

La oferta en el DMQ del transporte público urbano, se divide en:

- Articulados.
- Trolebuses.
- Minibuses.
- Buses "tipo" o convencionales.

El transporte público urbano contiene una flota 3.515 unidades para atender la demanda de usuarios en el DMQ, esta flota tiene una gran variedad de buses descritas anteriormente que se encuentran distribuidas en sus diferentes subsistemas de transporte público, un estudio realizado por la Secretaría de Movilidad el 90% de la flota son buses convencionales o buses tipo, el 10% restante se divide entre buses articulados, trolebuses y biarticulados, la

distribución exacta de la oferta de transporte se detalla en la Tabla 17. Según la Secretaría de Movilidad en el DMQ esta oferta se distribuye en 60 operadoras (59 privadas y 1 municipal).

Tabla 17:  
*Subsistemas de TP*

<b>Tipos de Unidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Servicios</b>	<b>%</b>
<b>Subsistema Convencional</b>			
<b>Buses Convencionales</b>	1.542	Urbanos	61%
	379	Inter e Intraparroquiales	
	<b>1.921</b>		
<b>Subsistema BRT – Corredores Metrobús-Q</b>			
<b>Buses Alimentadores</b>	70	Central – Trolebús	29%
	130	Sur Oriental – Ecovía	
	400	Central Norte	
	301	Sur Occidental	
	<b>901</b>		
<b>Trolebuses, buses articulados, buses biarticulados</b>	168	Central – Trolebús	10%
	142	Sur Oriental – Ecovía	
	74	Central Norte	
	309	Buses biarticulados	
<b>TOTAL</b>	<b>3.515</b>		<b>100%</b>

Adaptada de: (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 10)

El transporte público tuvo que ser restringido en cuanto a incrementar su flota en los últimos 10 años, la oferta se vio afectada directamente considerando que el parque automotor en el DMQ ha tenido un crecimiento apresurado muy considerable, según la Secretaría de movilidad “pasando entre 1998 y 2014, de 131 a 192 vehículos por cada 1.000 habitantes.”

Las nuevas unidades de los buses biarticulados, favorecieron a la demanda de usuarios que existe en los diferentes corredores del DMQ, aprovechando su mayor capacidad de usuarios, consecuentemente provoco un reemplazo de

257 unidades, estas cifras fueron verificadas por la secretaría de movilidad pública en el año 2016.

La oferta actual en la flota de transporte es de 3.515 unidades en el DMQ, con una capacidad general de 100.000 pasajeros por día, en el estudio realizada por la secretaría de movilidad pública indica un crecimiento cerca del 23% de demanda en cuanto a pasajeros, lo que nos vendría a dar un crecimiento de alrededor de 125.000 pasajeros por día esto quiere decir que la demanda no podría ser atendida por completo en los servicios regulares de transporte público (Secretaría de Movilidad, 2014, pág. 11)

### **3.1.2 Calidad del servicio**

Una de las principales dificultades que presenta en el transporte público, es la calidad con la que se brinda el servicio a la ciudadanía. Las compañías de transporte público organizan sus rutas y horarios semana a semana para cumplir a la ciudadanía con su deber, pero un estudio hecho por la secretaría de movilidad pública identificó un serio problema en las rutas convencionales del transporte público urbano, el 50% no cumplen con horarios y las frecuencias establecidas en los títulos habilitantes, se debe mencionar que las compañías de transporte que tienen las rutas en las zonas periféricas no tienen la capacidad de cubrir un alto porcentaje de cobertura de la zona, el estudio señala que esto se debe a la falta disponibilidad de los recursos en el transporte público urbano. El confort y la comodidad brindada a la ciudadanía al momento de usar el servicio, quedo en evidencia debido a que en las horas pico las unidades convencionales o buses “tipo” sobrepasan en un 8% el límite máximo admisible de pasajeros.

La deficiencia es muy evidente cuando se refiere a capacidad en los servicios de los corredores o servicios integrados BRT, la secretaría de movilidad identifico que los usuarios deben esperar un promedio de 3 o 4 unidades articuladas para poder ingresar y usar el servicio en las estaciones Matrices o

Troncales, los usuarios identificaron una única ventaja que se benefician en tiempo de traslado, debido a su velocidad y carril exclusivo de los corredores, pero su capacidad y confort deja mucho que desear al momento de usar el servicio.

### **3.1.3 Principales problemas en el transporte público para las personas con discapacidad**

En el DMQ, se puede apreciar a lo largo de todos sus circuitos de transporte público los siguientes problemas para las personas con discapacidad, detallados a continuación en la Tabla 18.

Tabla 18:  
*Tipos de vehículos*

<b>Problema</b>	<b>Valoración</b>
<b>No Motorizados</b>	Bicicleta

### **3.1.4 Inclusión de las personas con discapacidad al transporte público en el DMQ**

La Empresa Pública Metropolitana de Pasajeros de Quito (EPMTP) identificó en el año 2016, un total de 618 mil traslados de personas con discapacidad, entre enero y septiembre, estos datos fueron evidenciados gracias al pago de tarifa preferencial.

En el DMQ se ejecutó un plan de renovación integral de uno de los subsistemas integrados de transporte público (Trolebús), el plan consiste en renovar las estaciones de paradas, para poner en actividad la nueva flota de buses biarticulados, esto gracias al Municipio de Quito con las Secretaría de Movilidad y Obras Públicas del DMQ, siendo la primera actividad de inclusión social en nuestro transporte público urbano.

El plan de renovación de las paradas del sistema trolebús fueron 44 paradas, estas nuevas paradas están con las siguientes ventajas para las personas con discapacidad:

- Rampas.
- Pasamanos dobles.
- Permiten circulación de personas con sillas de ruedas o apoyos ortopédicos.
- Vados recubiertos con pisos podotáctiles que delimitan el espacio seguro para personas no videntes.
- Estructuras de apoyo isquiático, permiten el descanso sin necesidad de sentarse y recobrar la postura erguida fácilmente, ayuda mucho a las personas adultas mayores.

Se debe añadir que, en las unidades biarticulados, contienen el espacio adecuado para las personas en sillas de ruedas, como todas las demás unidades tienen los asientos preferenciales, entre otros elementos muy novedosos para la sociedad como lo es Wi-Fi, tomas corrientes para cargar celulares, etc.

### **3.2 ESTADÍSTICAS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL DMQ**

En el DMQ existe una población de 2'239.191 de habitantes según el INEC, en el CONADIS se registraron un total de 56.408, entonces podemos asumir que el 2.51% de población en el DMQ sufre de algún tipo de discapacidad. En las Figura 52 y Figura 53 se puede apreciar las estadísticas de personas con discapacidad registradas en el DMQ.

**PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS**

Provincia	Provincia	Canton	Tipo Discapacidad Actual	FEMENINO	MASCULINO	Grand Total
PICHINCHA	PICHINCHA	QUITO	AUDITIVA	4.154	4.634	8.788
			FISICA	11.663	13.283	24.946
			INTELLECTUAL	5.498	6.440	11.938
			LENGUAJE	314	388	702
			PSICOSOCIAL	1.467	1.786	3.253
			VISUAL	2.934	3.847	6.781
Grand Total				26.030	30.378	56.408

Figura 52: *Estadísticas de personas con discapacidad registradas en el DMQ*  
Adaptada de: (CONADIS, 2017)

**PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS**

Provincia	Provincia	Canton	Edad (group)	FEMENINO	MASCULINO	Grand Total
PICHINCHA	PICHINCHA	QUITO	0 a 3 años	238	275	513
			4 a 6 años	410	585	995
			7 a 12 años	1.318	1.715	3.033
			13 a 18 años	1.611	2.140	3.751
			19 a 29 años	3.685	4.166	7.851
			30 a 65 años	13.663	16.333	29.996
			mayores de 65 años	5.105	5.164	10.269
Grand Total				26.030	30.378	56.408

Figura 53: *Estadísticas de personas con discapacidad registradas por edad en el DMQ*  
Adaptada de: (CONADIS, 2017)

### 3.3 ANÁLISIS DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL DMQ

Las tecnologías que se han venido desarrollando a lo largo de este documento, tienen como objetivo brindar una inclusión social a las personas con discapacidad en el DMQ, para con esto mejorar la calidad de vida de dichas personas, para que puedan sentirse un poco más independientes y que se trasladen disminuyendo los riesgos al momento de escoger trasladarse en el transporte público.

Para la implementación de las tecnologías en nuestro ambiente urbano del DMQ hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:



- Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ.
- Tecnología existente en la ciudad.
- Recursos que existen en el medio.
- Impacto sociológico.
- Costos de implementación.

Una vez nombrados los principales parámetros para una posible implementación en el DMQ, se debe tomar en cuenta las estadísticas de discapacidad dominante y edad de los usuarios, debido a que mientras las personas sean más adultas son mucho más reacias para adaptarse a la tecnología.

### **3.3.1 Análisis de tecnología Mobi+**

#### **3.3.1.1 Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ**

La tecnología del prototipo Mobi+ fue diseñado especialmente para buses articulados, lo que es una ventaja para una posible implementación en el DMQ.

La situación actual del transporte público urbano de Quito, existen 693 unidades entre trolebús, buses articulados y buses biarticulados, que estos están distribuidos en sus diferentes subsistemas de corredores, las nuevas paradas del corredor del Trolebús Q serían el perfecto escenario para una posible implementación, con sus nuevas modificaciones en las 44 estaciones de paradas, teniendo un complemento adicional que sería un beneficio para las personas con discapacidad.

Con el proyecto que está en desarrollo del Metro en el DMQ, también es una opción muy viable para una posible implementación y sería un beneficio a nuestra sociedad para tener una mayor ventaja al momento de viajar en el transporte público.

### **3.3.1.2 Tecnología existente en la ciudad**

En el DMQ no existe alguna tecnología igual o mejor a la que el prototipo Mobi+ pueda ser acoplada, esta tecnología sería la pionera en la ciudad para personas con discapacidad.

Lo que sí existe en el DMQ son las tarjetas con lectores RFID, estas pueden ser modificadas para precisarles tarifas en los precios preferenciales para las personas con discapacidad.

### **3.3.1.3 Recursos que existen en el medio**

Para esta tecnología los recursos si existen en el medio, debido a que las unidades pueden ser modificadas para brindar un servicio para personas con discapacidad y la tecnología recién implementada en las 44 estaciones de Trolebús Q, son perfectamente adaptables a lo que requiere el prototipo Mobi+.

### **3.3.1.4 Impacto sociológico**

Esta tecnología está orientada para mejorar el servicio de transporte público urbano, tendría un impacto sociológico positivo muy elevado, debido a que brinda muchas facilidades para las personas con discapacidad, contribuye al medio ambiente y a la seguridad del transporte.

En el DMQ la discapacidad mayoritaria es la discapacidad física las unidades de transporte están capacitadas para brindar un servicio accesible, el prototipo Mobi+ sería un plus para estas personas, contemplando las demás discapacidades, las personas que están entre 30 y 65 años de edad son personas con más discapacidad por lo tanto a estas personas se las vería con una mayor independencia e inclusión nuevamente a la sociedad.

### **3.3.2 Análisis de aplicaciones desarrolladas para dispositivos móviles**

A lo largo de este documento se ha venido proponiendo diferentes tipos de tecnologías aplicadas en el transporte público en los países desarrollados, una se propuso 3 tecnologías que han sido desarrolladas específicamente para smartphones que son las siguientes:

- ABLE Transit
- VIATOR
- ARGUS
- WayFinder

Estas aplicaciones fueron desarrolladas en diferentes países, con distintos resultados de aplicación, estas aplicaciones son muy similares en cuanto a interfaz y funcionamiento a continuación se presenta las características de las aplicaciones, con detalle en la Tabla 18.

Tabla 19:  
Características de las aplicaciones móviles

<b>App</b>	<b>Características</b>	<b>Usuarios con discapacidad</b>	<b>Extras</b>	<b>Comentario</b>
<b>ABLE Transit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diferentes interfaces para usuarios con distinta discapacidad.</li> <li>▪ Contiene: horario, rutas, ubicación de unidades.</li> <li>▪ Almacenamiento local y remoto.</li> <li>▪ Uso de datos móviles y WiFi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visual.</li> <li>▪ Física.</li> <li>▪ Cognitiva.</li> <li>▪ Auditiva.</li> </ul>		Las aplicaciones detalladas en esta tabla, pueden ser utilizadas por personas sin discapacidad, cada una de estas aplicaciones tiene la característica de modificar la ruta en el caso de que el usuario lo requiera.
<b>VIA TOR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Única interfaz.</li> <li>▪ Utiliza perfiles de usuario.</li> <li>▪ Contiene: horario, ruta, ubicación de unidades.</li> <li>▪ Uso de datos móviles y WiFi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visual.</li> <li>▪ Física.</li> </ul>		
<b>ARGUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Única interfaz.</li> <li>▪ Contiene: ubicación de unidades y tiempo de viaje.</li> <li>▪ Planifica su ruta a través de una plataforma Web.</li> <li>▪ Utiliza datos móviles o WiFi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auricular.</li> <li>▪ GPS.</li> </ul>	
<b>WayFinder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Única interfaz.</li> <li>▪ Planifica diferentes rutas.</li> <li>▪ Utiliza alarmas de audio para detallar puntos de referencia.</li> <li>▪ Utiliza datos móviles y WiFi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cognitiva.</li> </ul>		

Como se pudo evidenciar las aplicaciones móviles tiene muchas características en común, la gran diferencia es hacia qué tipo de discapacidad están desarrolladas.

### **3.3.2.1 Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ**

Las aplicaciones mencionadas anteriormente son muy adaptables a nuestro medio de transporte público debido a que las diferentes compañías tienen un sistema para el monitoreo de: rutas, horarios, y ubicación de las unidades de transporte, favorable para adaptar las aplicaciones a nuestro medio, las aplicaciones tendrían las rutas bien definidas sin muchas variaciones al momento de ponerlas en funcionamiento.

### **3.3.2.2 Tecnología existente en la ciudad**

En el DMQ no existen aplicaciones desarrolladas asistivas para viajar en el transporte público, en el medio existen aplicaciones turísticas señalando lugares para visitar y lugares emblemáticos de la ciudad de Quito. Por lo tanto, al momento de una posible implementación en el DMQ, esta idea sería muy innovadora para el medio.

### **3.3.2.3 Recursos que existen en el medio**

Con el desarrollo y avances científicos de la tecnología en los últimos años un estudio realizado por el INEC en el año 2011 la provincia con mayor número de teléfonos inteligentes (*smartphones*) registrados, es la provincia de Pichincha con un porcentaje de 60,9%. Por lo tanto, se puede asumir que a lo largo de estos últimos 5 años el porcentaje debe haber incrementado considerablemente por lo cual una aplicación para el transporte público sería un éxito debido a que la población contaría con los recursos para poder utilizar cualquiera de las aplicaciones mencionadas.

### **3.3.2.4 Impacto sociológico**

El manejo de smartphones y aplicaciones móviles hoy en día es muy fácil el manejo para la mayoría de personas debido al gran impacto que ha tenido el desarrollo de aplicaciones, por lo tanto, esta aplicación su interfaz es específicamente diseñada para las personas con discapacidad, con los resultados arrojados las interfaces diseñadas son muy interactivas para el usuario brindando una tecnología asistida eficiente.

### **3.3.3 Análisis de tecnología FB-Finger en el DMQ**

#### **3.3.3.1 Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ**

El prototipo FB-Finger está diseñado para que las personas con discapacidad visual puedan intuir de mejor manera su espacio, o en el ambiente que se encuentren. La adaptación a nuestro medio de transporte público no sería tan eficiente, debido a que esta tecnología es más adaptable para el uso de la persona discapacitada en su vida diaria, ayudando a tener una independencia al momento de viajar en cualquier tipo de transporte que este necesite.

#### **3.3.3.2 Tecnología existente en la ciudad**

La tecnología existente en la ciudad para personas con discapacidad visual, no son muy notorias o relevantes para el medio de transporte público, pero las tecnologías existentes en la ciudad para personas con discapacidad visual, son unos bastones inteligentes con sensores para intuir obstáculos, es lo más parecido que existe en la ciudad.

#### **3.3.3.3 Recursos que existen en el medio**

Para este prototipo si existen los recursos en el medio para ser desarrollado, pero no al modo de transporte público sino a nivel personal de usuario.

### **3.3.3.4 Impacto sociológico**

Este prototipo puede ser muy útil para las personas con discapacidad visual, ayudando a comprender mejor su entorno en el que se maneja o está por conocer, es de mucha ayuda para estas personas solventando una mejor experiencia de intuición y conocimiento del medio.

### **3.3.4 Análisis de la tecnología Prototipo Crawler**

#### **3.3.4.1 Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ**

Este prototipo fue desarrollado, específicamente para determinar riesgos pasivos para las personas adultas mayores al momento de salir a recorrer su zona residencial, lo que cuál esta tecnología tiene un gran impedimento para recolectar información a lo largo de las rutas que son de gran cobertura en nuestro medio de transporte público urbano.

Nuestra ciudad tiene un relieve muy cambiante a lo largo de los recorridos de los transportes urbanos, esta tecnología no estaría en la capacidad de representar los declives a lo largo del recorrido de un transporte público.

#### **3.3.4.2 Tecnología existente en la ciudad**

No existe alguna tecnología parecida para el transporte público, o para las zonas residenciales, en nuestra ciudad.

#### **3.3.4.3 Recursos que existen en el medio**

Los recursos tecnológicos para desarrollar este prototipo si existe actualmente en el medio, pero en las condiciones que fue desarrollado el software no están altamente capacitados para poder representar nuestro medio.

#### **3.3.4.4 Impacto sociológico**

Este prototipo es orientado para las personas adultas mayores para zonas residenciales, en nuestro medio el impacto social sería muy bajo debido a que todavía la sociedad no estaría compartiendo o usando la aplicación para que otras personas puedan ver la información de las rutas tomadas por los demás usuarios, el relieve que existe en el DMQ es muy variante como este prototipo no está diseñado para una gran cobertura no sería de mucha utilidad para nuestro medio.

#### **3.3.5 Análisis de la tecnología navegación asistida**

##### **3.3.5.1 Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ**

Las estrategias de validación de puntos de referencia el prototipo fue diseñado en un entorno virtual, los resultados fueron prometedores para realizar una implementación en sitio, la estrategia que usa esta tecnología es para una navegación asistida con una mayor exactitud para el usuario tenga una mejor intuición de orientación para poder moverse libremente por su ruta pre definida y sea libre de tomar sus propias decisiones, en nuestro medio de transporte público no sería capaz de una implementación porque es una tecnología asistida sea de un perro guía o un cana guía como se plantea en la tecnología pero no es una tecnología adaptable al transporte público.

##### **3.3.5.2 Tecnología existente en la ciudad**

Una tecnología similar no existe en la ciudad, lo más parecido son los bastones inteligentes para guiar a los usuarios ciegos.



### **3.3.5.3 Recursos existentes en el medio**

No existen los recursos en nuestro medio para una implementación, la tecnología analizada solo fue realizada un prototipo experimental.

### **3.3.5.4 Impacto sociológico**

El impacto sería muy elevado en caso de una implementación en sitio, aumenta la autonomía del usuario discapacitado, para elevar su autoestima en el ámbito personal, no es una tecnología para uso en el transporte público en el DMQ.

## **3.3.6 Análisis de la tecnología OPEN STREET MAP**

### **3.3.6.1 Adaptación al medio de transporte público urbano en el DMQ**

Es una tecnología exclusiva para los usuarios con discapacidad visual, es una tecnología muy adaptable para nuestro medio de transporte público, pero con una pequeña variación de propuesta, se puede colocar islas con esta tecnología en las estaciones matrices del transporte público urbano para que estos usuarios puedan escoger su ruta de viaje, una vez seleccionada la ruta de viaje, estas rutas pueden ser impresas en texto braille para los usuarios.

### **3.3.6.2 Tecnología existente en el medio**

En nuestro medio si existen tecnologías en texto braille, pero no son orientadas para el transporte público son diseñadas para educación o información.

### **3.3.6.3 Recursos existentes en el medio**

Los recursos para la implementación de esta tecnología si existen en el medio, la base de datos que usa esta tecnología es a nivel mundial recogiendo la mayor cantidad de información posible, la conversión a texto braille es un recurso existente en nuestro medio.

### 3.3.6.4 Impacto sociológico

La tecnología tendría un alto impacto en nuestra sociedad, es una tecnología muy eficiente dados sus resultados de implementación, en una posible implementación en nuestro medio sería la tecnología pionera en el DMQ, con un alto impacto.

## 3.4 TECNOLOGÍA PARA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN EN EL DMQ

Se presenta los principales problemas existentes en el transporte público urbano en el DMQ para las personas con discapacidad, a continuación en la Tabla19.

Tabla 20:

*Principales problemas de usuarios discapacitados.*

<b>PROBLEMA</b>	<b>DISCAPACIDAD AFECTADA</b>
Transportistas no se detienen en las paradas asignadas.	Todas las discapacidades.
Falta de rampas.	Discapacidad física.
Falta de señaléticas.	Todas las discapacidades.
Falta de información de horarios de las unidades de bus.	Todas las discapacidades
Calidad del servicio en las paradas y unidades de bus.	Todas las discapacidades
Espacios reservados para personas con discapacidad no son respetados	Todas las discapacidades.
Exceso de pasajeros por unidad de bus.	Todas las discapacidades.

De acuerdo con la fuente del CONADIS, en el DMQ los usuarios con mayor índice de discapacidad son físicos. En este documento el objetivo primordial es brindar una solución tecnológica que abarque todas las discapacidades para lograr una inclusión total por lo cual a través de todo el estudio realizado se llegó a determinar que el prototipo Mobi+ es la mejor opción para una posible implementación en el DMQ, a continuación en la Tabla20 se detalla las condiciones y los aspectos que contempla una mejora con este prototipo.

Tabla 21:  
Solución a la problemática planteada con un prototipo

PROBLEMA	SOLUCIÓN	Comentarios	
	Prototipo Mobi+	Característica Técnica	
Transportistas no se detienen en las paradas asignadas	Subsistema de estación.	Tecnología GPS, tarjeta mobi+, con microcontrolador y micro kernel.	Con el subsistema de estación, los transportistas tendrán la información suficiente para saber qué tipo de pasajero va arribar a la unidad por lo tanto necesariamente debe detenerse en las respectivas paradas.
Falta de señaléticas.	Subsistema de estación y autobús.	Tarjeta RFID, con bocina, buzzers, señales led, rojas para parada y verde para arribo.	En los dos subsistemas tanto de estación como de autobús, el prototipo contiene la información necesaria para cada uno de sus módulos, adaptando la información a cada usuario discapacitado.
Falta de información de horarios de las unidades de bus.	Subsistema de estación.	Comunicación Wireless con operación en 2.4 [GHz], GPS, UNTIS Horarios software para control de horarios.	El subsistema de estación consta con los horarios de cada unidad de transporte y con su monitoreo mediante GPS, en la tarjeta RFID contiene alertas de acercamiento de la unidad para un mejor aviso a los usuarios.
Calidad del servicio en las paradas y unidades de bus.	Subsistema de estación.	Tarjetas RFID, Panel de control del chofer, con avisos para parada, arribo de pasajeros.	La calidad del servicio, tendría una mejora continua debido que con este prototipo se enfoca en brindar seguridad en las paradas de autobús, monitoreo ambiental en las unidades de bus, facilitando el acceso para las personas con discapacidad al momento de tomar el transporte público aumenta la autonomía de las personas con discapacidad.
Espacios reservados para personas con discapacidad no son respetados	Subsistema de autobús.	Señaléticas en autobús, reserva de asientos y espacios para personas con discapacidad.	El prototipo es diseñado para dar alerta al transportista y a los usuarios que se encuentran en el autobús, que tipo de persona con discapacidad va arribar a la unidad, por lo tanto los espacios son estrictamente reservados para dichas personas.
Exceso de pasajeros por unidad de bus.	Subsistema de autobús.	Contador de pasajeros, tarjetas RFID.	El control de pasajeros no está contemplado en el prototipo, pero con el anuncio de los usuarios que arriban el objetivo es que los transportistas no excedan el límite de su capacidad para transportar usuarios.

El prototipo contiene unas funciones extras que ayudarán con toda seguridad a mejorar la calidad del servicio en el TP, fomentando la inclusión social se detalla a continuación:

- **Módulo de vigilancia ambiental:** Este módulo se encarga de recoger datos de calidad del aire urbano a lo largo del recorrido del bus en diferentes momentos del día. Estos datos serán publicados de forma on-line para luego proporcionar el servicio de vigilancia de calidad ambiental de la ciudad en tiempo real.
- **Módulo de detección de pasajero:** Este módulo es el encargado de reconocer los tipos de pasajeros que van arribar a la unidad de autobús, con esto se puede sacar un provecho para la recaudación de la tarifa debido que en nuestro medio tendrían que pagar la tarifa preferencial con esto poder llevar un mejor control para el TP.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

En este documento se realizó un análisis comparativo de diferentes tecnologías asistivas para personas con discapacidad implementadas en el transporte público urbano en diferentes países, de acuerdo a las condiciones presentadas en nuestro medio de transporte público urbano se llegó a concluir que la mejor opción para una posible implementación es el proyecto Mobi+.

La calidad del servicio puede mejorar en nuestros circuitos de transporte público en el DMQ, fomentando la inclusión social, para un incremento de la independencia de las personas que sufren distintas discapacidades, provocando una evolución al transporte urbano.

Desde el punto de vista de la arquitectura del sistema y sus componentes, se puede introducir el sistema Mobi +, que tiene como objetivo facilitar el acceso al sistema de transporte público urbano para personas con discapacidades, también nos permite recolectar datos ambientales urbanos a lo largo de las líneas de autobús en diferentes momentos del día, contribuye conjuntamente con la seguridad en las estaciones matrices y las diferentes paradas de autobús con un monitoreo de cámaras de video vigilancia.

Por los resultados presentados y el análisis realizado, de acuerdo con la tecnología que presenta el sistema Mobi+, las estaciones de parada tendrán la información suficiente para que los transportistas brinden un mejor servicio y tengan el conocimiento de qué tipo de pasajero discapacitado va arribar a la unidad por lo tanto necesariamente debe detenerse en las respectivas paradas, respetando los horarios establecidos de la jornada, además las estaciones de parada cuentan con tarjetas RFID para diferenciar el tipo de discapacidad y los usuarios obtengan un servicio adecuado, con bocinas y sensores led para notificaciones.

El subsistema de autobús contiene tecnología GPS, para que las unidades cumplan con su ruta definida y sus respectivos horarios, además cuentan con señaléticas en los espacios haciendo respetar el uso exclusivo de las personas con discapacidad, cada una de las unidades contienen sensores de arribo y bajada de usuarios de la unida para evitar cualquier inconveniente.

El prototipo Mobi + es un sistema embebido de bajo costo dedicado, que integra una arquitectura de hardware basada en componentes con tolerancia a fallos con un sistema de software en tiempo real, con un micro-kernel y un protocolo de aplicación inalámbrico dedicado.

El sistema Mobi + es un sistema de transición de estado impulsado por eventos que puede proporcionar los servicios de notificación de detección / alarma para los distintos usuarios en la estación, los servicios de vigilancia ambiental / estacionamiento de autobuses y acceso en las distintas unidades y el servicio de comunicación inalámbrica entre autobuses y estaciones en el subsistema inalámbrico.

En el sistema Mobi+ se ha implementado un mecanismo de comunicación y programación de la conciencia de los recursos con tolerancia a fallos, que garantiza la fiabilidad del intercambio de datos y la provisión de servicios.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Fomentar el desarrollo de las personas con discapacidad, a través de las diferentes tecnologías como las aplicaciones para dispositivos móviles, con el objetivo de eliminar la privación de oportunidades de desarrollo social, económico y laboral para lograr una mayor autonomía en la vida diaria de estas personas, así como su inclusión en la sociedad con igualdad de condiciones.

Analizar la posible implementación del prototipo Mobi+ en los futuros sistemas de transporte público en el DMQ, como por ejemplo el nuevo sistema de

transporte público urbano Metro de Quito, por parte de la alcaldía de Quito y la secretaría de movilidad pública.

Promover la implementación de herramientas tecnológicas para que sean de dominio público y que contribuyan a generar un mayor desarrollo e investigación en nuestro país, con el objetivo de transformar nuestro medio en una sociedad del conocimiento. La investigación e inversión en nuevas tecnologías permitirá no solamente trabajar por los discapacitados, sino también por otros sectores de la sociedad, como niños, adolescentes, familias, adultos mayores, etc.

## REFERENCIAS

- Carrasco, E., Loyo, E., Otaegui, O., Fösleitner, C., Dubielzig, M., Olmedo, R., & Spiller, J. (2014). *ARGUS autonomous navigation system for people with visual impairments*. Switzerland: Springer International Publishing.
- CONADIS. (2017). *Información estadística de personas con discapacidad*. Recuperado el 19 de abril de 2017, de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- Davies, D., Stock, S., Holloway, S., & Wehmeyer, M. (2010). Evaluating a GPS-Based Transportation Device to Support Independent Bus Travel by People With Intellectual Disability. *48(6)*, 454-463. doi:<https://doi.org/10.1352/1934-9556-48.6.454>
- Ferrari, L. B. (2014). Improving the accessibility of urban transportation networks for people with disabilities. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.10.005>
- Gell, N., Rosenberg, D., Carlson, J., Kerr, J., & Belza, B. (2015). Built environment attributes related to GPS measured active trips in mid-life and older adults with mobility disabilities. *Disability and Health Journal*, *8(2)*, 290–29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2014.12.002>
- Harrington, N., Zhuang, Y., Yazır, Y., Baldwin, J., Coady, Y., & Ganti, S. (2013). *Beyond user interfaces in mobile accessibility: Not just skin deep*. Victoria BC, Canadá: IEEE Xplore.
- Ito, K., Fujimoto, Y., Otsuki, R., Niiyama, Y., Masatani, A., Komatsu, T., & Okamoto, M. (2014). *FB-Finger: Development of a Novel Electric Travel Aid with a Unique Haptic Interface*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Kammoun, S., Macé, M., & Jouffrais, C. (2014). *Waypoint Validation Strategies in Assisted Navigation for Visually Impaired Pedestrian*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Koutny, R., Heumader, P., & Miesenberger, K. (2014). *A mobile guidance platform for public transportation*. Austria: Springer International Publishing.
- Maunder, D., Venter, C., Rickert, T., & Sentinella, J. (2004). *Improving transport access and mobility for people with disabilities*. Dubai, UAE: Transport Research Laboratory.
- Meriläinen, A., & Helaakoski, R. (2001). Transport, Poverty and Disability in Developing Countries: Technical note prepared for the Poverty Reduction Sourcebook. Washington DC, U.S.A: The World Bank.



- Metts, R. (2000). *Disability issues, trends, and recommendations for the World Bank*. Washington DC: World Bank.
- Naciones Unidas. (6 de abril de 2017). *Convention on the rights of persons with disabilities and optional protocol*. Recuperado el 10 de marzo de 2017, de <http://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf>
- O'Sullivan, L., Picinali, L., Feakes, C., & Cawthorne, D. (2014). *Audio Tactile Maps (ATM) System for the Exploration of Digital Heritage Buildings by Visually-impaired Individuals - First Prototype and Preliminary Evaluation*. Krakow, Poland: European Acoustics Association.
- Pacheco, M. (2 de febrero de 2017). *El 12% de buses no cumple parámetros de calidad en Quito*. Recuperado el 20 de abril de 2017, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/buses-transportepublico-calidad-pasajeros-quito.html>
- Roberts, P., & Babinard, J. (2004). *Transport strategy to improve accessibility in developing countries*. Recuperado el 10 de marzo de 2017, de <http://siteresources.worldbank.org/INTTTSR/Resources/accessibility-strategy.pdf>
- Secretaría de Movilidad. (30 de octubre de 2014). *Diagnóstico de la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el Plan Metropolitano de Desarrollo Territorial (PMOT)*. Recuperado el 10 de marzo de 2017, de <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>
- Suenaga, T. (2014). *Road Information Collection and Sharing System Based on Social Framework*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Watanabe, T., Yamaguchi, T., Koda, S., & Minatani, K. (2014). *Tactile map automated creation system using openstreetmap*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Zhou, H., Hou, K., Zuo, D., & Li, J. (2012). Intelligent urban public transportation for accessibility dedicated to people with disabilities. *Revista Sensors*, 12(8), 10678-10692. doi:<https://doi.org/10.3390/s120810678>
- Zhuang, Y., Baldwin, J., Antuña, L., Yazir, Y., Ganti, S., & Coady, Y. (2013). Tradeoffs in cross platform solutions for mobile assistive technology. *In IEEE Pacific RIM Conference on Communications, Computers, and Signal Processing - Proceedings*, 330-335. doi: <https://doi.org/10.1109/PACRIM.2013.6625498>

