

Running Title: SISTEMA AUTÓNOMO EN LOS BUSES PARA PERSONAS CON
LIMITACIÓN VISUAL

Diseño de la arquitectura de solución a la falta de autonomía de las personas con limitación visual
en los buses públicos de la ciudad de Bogotá, Colombia.

Nicolás Manuel Ruiz y Víctor Manuel Acosta Cano

Facultad de Ingeniería

Universidad EAN

"Para pequeñas criaturas como nosotros, la inmensidad es soportable sólo a través del amor."

Carl Sagan

Agradecimientos

Se desea agradecer a Santiago Rodríguez y Anderson Henao del Instituto Nacional de Ciegos; a William Pedraza del Ministerio de Tecnologías de la Investigación y las Comunicaciones; al Ingeniero Julio Andrés García Galvis de la empresa Rayco; Libardo Rodríguez del departamento SITP de Transmilenio S.A.

Por último, se desea agradecer al tutor de la investigación, el Ingeniero Mario Briceño por su asesoría en la tesis y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN no sólo por el apoyo durante la investigación, sino también durante toda la carrera.

Resumen

Se ha identificado que existen deficiencias en el sistema de transporte de la ciudad de Bogotá. Se ha notado que la falta de soluciones en éste ámbito no se vincula necesariamente a un contexto tecnológico insuficiente, sino a una falta de interés en solucionar estos problemas. En esta investigación se plantea una posible solución a la movilidad obstaculizada de las personas con limitaciones visuales en los buses públicos. En base al análisis realizado, se determinan los criterios para el diseño del sistema. Se definió como criterio de solución que el sistema deberá contar con tecnología actual, y así aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Adicionalmente, se ha definido como criterio que debe ser viable y efectivo. El documento continuará con la identificación de las consideraciones y requerimientos para una correcta definición de la solución y sus restricciones.

Palabras claves: discapacidad, limitación visual, bus, paradero, SITP, movilidad, comunicación, espectro radioeléctrico, autonomía, tecnología, arquitectura.

Glosario

- Discapacidad: “Es toda restricción en la participación y relación con el entorno social o la limitación en la actividad de la vida diaria, debida a una deficiencia en la estructura o en la función motora, sensorial, cognitiva o mental.” (Ministerio de Transporte, 2003)
- Limitación Sensorial Visual: “Alteración en las funciones sensoriales, visuales y/o estructuras del ojo o del sistema nervioso, que limitan al individuo en la ejecución de actividades que impliquen el uso exclusivo de la visión.” (Ministerio de Transporte, 2003)
- Limitación visual: “Es la pérdida total o parcial de la visión de ambos ojos, como consecuencia de un accidente, de una enfermedad congénita (adquirida en el vientres de la madre o al nacer) o de una enfermedad que se presenta en el transcurso de la vida.” (INCI, 2011)
- Persona con baja visión: “Es la disminución de agudeza visual (cantidad de visión que tiene una persona) y/o campo visual (el espacio que los ojos pueden ver sin moverlos), que no puede corregirse por medio de gafas, lentes de contacto, medicamentos o cirugía. Estas personas pueden emplear ayudas especiales como lupas, (o) telescopios, entre otros, lo que se les permiten aprovechar mejor su visión.” (INCI, 2011)
- Ceguera: “Es la ausencia de percepción de la luz, es decir, la persona no puede ver nada.” (INCI, 2011)
- Agudeza visual: “Capacidad de discriminar entre dos estímulos visuales distintos a una determinada distancia y la facultar de percibir la figura y la forma de los objetos.” (Organización Mundial de la Salud, 2011)

- Campo visual: “Grado de mayor excentricidad que puede abarcar el ojo humano en cada dirección o espacio en el que se puede ver un objeto mientras la mirada permanece fija en un punto.” (Organización Mundial de la Salud, 2011)
- Braille: “Es el sistema de lecto-escritura que utilizan las personas ciegas, se basa en la combinación de seis puntos en relieve ordenados en dos columnas para ser leído con el tacto. Su nombre se debe al ciego francés Louis Braille.” (INCI, 2011)
- Puntos Barbier: “...sistema de comunicación táctil que se valía de puntos en relieve dispuestos en un rectángulo de seis puntos de altura y dos de anchura.” (Tapia, 2002)
- Bus: Medio de transporte público de propiedad privada.
- Transmilenio: “TRANSMILENIO S.A. es una entidad dedicada a satisfacer las necesidades de transporte público de los habitantes de Bogotá, mediante la planeación, gestión y control del sistema de transporte público, gestionando la prestación de un servicio eficiente, seguro, rentable y sostenible financiera y ambientalmente, que contribuya a la mejora continua de la calidad de vida y bienestar de los habitantes de la ciudad, cumpliendo los requisitos normativos, previniendo la contaminación ambiental y las lesiones y enfermedades de los diferentes actores y mejorando continuamente la eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos del Sistema.” (Acerca de - Transmilenio S.A., 2011)
- Servicios Troncales: “... circulan por corredores exclusivos iniciando y terminando su recorrido en los Portales o Estaciones de Cabecera. Los vehículos sólo se pueden detener a dejar y recoger pasajeros en las estaciones, conforme a una planeación previa y a un riguroso control en tiempo real. En el corredor troncal sólo opera el servicio de transporte masivo Transmilenio, es decir, está prohibida la circulación de vehículos de transporte

colectivo. Existen servicios troncales de tres tipos: ruta fácil, expresos y súper-expresos.”

(Transmilenio S.A., 2011)

- Servicios Alimentadores: “Son rutas provenientes de un área geográfica definida por Transmilenio S.A., que concentran la demanda de un sector específico hacia el Sistema Transmilenio y se integran al servicio troncal mediante infraestructura física (estaciones intermedias). Los buses utilizados para esta operación son de capacidad media, adecuados a las condiciones viales y de tránsito que permiten el acceso desde los barrios cercanos al sistema sin pagar doble viaje.” (Transmilenio S.A., 2011)
- Paradero: Parada de buses.
- Paradero M-10: Paradero modular.
- BRT: Autobuses de Transporte Rápido
- iDEN: Integrated Digital Enhanced Network. “Tecnología inalámbrica de Motorola, combina la tecnología digital de la telefonía celular, radios de 2 vías, localizador alfanumérico y un modem data/fax.” (Search Networking, 2011)
- SITP: Sistema Integrado de Transporte Público. “Comprende las acciones para la articulación, vinculación y operación integrada de los diferentes modos de transporte público, las instituciones o entidades creadas para la planeación, la organización, el control del tráfico y el transporte público, así como la infraestructura requerida para la accesibilidad, circulación y el recaudo del sistema.” (Rodríguez Céspedes, 2011)
- Vehículos SITP: “Es la flota de operación del Sistema, la cual debe cumplir con los requerimientos de homologación definidos por el Ministerio de Transporte y con las características y funciones establecidas en el presente Contrato y en los pliegos de condiciones de la licitación.” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011)

- Espectro Electromagnético: “El Espectro Electromagnético es el conjunto de ondas electromagnéticas que existen en el universo ordenadas en función de sus frecuencias o longitudes de onda, o de la energía que transportan.” (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011)
- Espectro Radioeléctrico: “El Espectro Radioeléctrico es el conjunto de las ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de los 3000 Giga Hertz y que se propagan por el espacio sin guía artificial. El Espectro Radioeléctrico hace parte del Espectro Electromagnético. En términos prácticos, el espectro radioeléctrico es el conjunto de las ondas electromagnéticas utilizadas en las radiocomunicaciones.” (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011)
- Tecnología inalámbrica: Tecnología de conexión y telecomunicación entre dos o más dispositivos sin el uso de cables.
- Telecomunicación: “...es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.” (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011)
- Radiocomunicación: “Radiocomunicación es toda telecomunicación transmitida por medio de las ondas radioeléctricas.” (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011)
- GPS: Global Position System. Sistema de posicionamiento global
- Beeper: Tecnología “para comunicaciones de corto alcance, facilitando la localización de las personas para fines laborales y sociales, mediante un sistema de radiomensajes, que

viajan a través de un canal radioeléctrico predeterminado para este fin.” (Biblioteca Luis Ángel Arango, 2011)

- PTT: Push To Talk. “Medio de comunicación instantánea comúnmente empleado en los servicios inalámbricos de telefonía celular que utiliza un botón para cambiar un dispositivo del modo de transmisión de voz a modo de voz de recepción” (What Is, 2011)
- INCI: Instituto Nacional de Ciegos
- CONALIVI: Coordinadora Nacional de Organizaciones de Limitados Visuales
- ONCE: Organización Nacional de Ciegos Españoles
- ANE: Agencia Nacional del Espectro (ANE) tiene como objeto “...brindar el soporte técnico para la gestión y la planeación, la vigilancia y control del espectro radioeléctrico, en coordinación con las diferentes autoridades que tengan funciones o actividades relacionadas con el mismo.” (Agencia Nacional del Espectro, 2011)
- Diseño Universal: Modelo guiado por una serie de principios básicos para un plasmar un proyecto o una solución de manera integral teniendo en cuenta el 100% de la población donde se aplique.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: “...según la Ley 1341 o Ley de TIC, es la entidad que se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.” (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2011)
- Estado: Según el Artículo 1º del Título I de los principios fundamentales de la Constitución Política de Colombia, “Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades

territoriales, democrática, participativa y pluralista, fundada en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran y en la prevalencia del interés general.” (Estado Colombiano, 1991)

Introducción

Enunciado Del Problema

Se identificó que la gente con limitación visual no posee facilidades en los transportes públicos masivos en la ciudad de Bogotá bajo las condiciones y organización en las que se encuentran. Los buses actualmente no poseen ninguna condición para ningún tipo de discapacidad, esto se evidencia por los confusos letreros, los asientos pequeños y la registradora, que no hacen más que convertirlo en un medio de transporte discriminador.

Se partió de la premisa que el sistema de transporte estará cambiando en los próximos años junto con la implementación del tren de cercanías y el metro. Se espera que haya cambio de los vehículos así como también del sistema de pago y paraderos. Se desea proponer hoy, la solución de mañana.

Se consultó a personas con limitaciones visuales del Instituto Nacional de Ciegos (INCI) y se identificó que los que tienen la posibilidad financiera utilizan el taxi porque les resulta contraproducente utilizar otro medio. De todas formas, las personas con éstas limitaciones ocupan principalmente los estratos 1 a 3, haciendo imposible que se movilen en este medio de transporte, y se vean obligados a recurrir a los buses públicos o a los Autobuses de Transporte Rápido (BRT por sus siglas en inglés), conocido como Transmilenio. En todos los casos, se concluyó lo mismo: no hay facilidades en los buses, y el Transmilenio es confuso y complejo de utilizar. Adicionalmente, las personas con limitación utilizan los buses por una cuestión de alcance de recorridos, por ser más simple de solicitar asistencia a alguna persona que se encuentre cerca, y porque el Transmilenio es un sistema de uso masivo que dificulta ser utilizado por personas en desventaja entre el gran número de pasajeros. Si bien cuenta con gente dedicada

que asiste a los discapacitados, su ayuda no es completa ya que una vez dentro de los vehículos, vuelven a sentirse perdidos. En una entrevista realizada a Fernando Lancheros, presidente de la entidad Coordinadora Nacional de Organizaciones de Limitados Visuales (CONALIVI), resaltó que un gran número de vehículos de Transmilenio no cuenta con el sistema auditivo que indica las paradas o los conductores bajan el volumen hasta un nivel casi imperceptible y por esas razones ha perdido estaciones de descenso. Agrega también, que una vez dentro del bus, depende exclusivamente de él si desea preguntar o contar las estaciones para poder descender. En el caso de Fernando Lancheros, él utiliza el taxi en la mayoría de los casos, pero está consciente de que a largo plazo es un presupuesto importante exclusivamente destinado al transporte. Si pudiera utilizar otros medios con la misma facilidad, lo haría inmediatamente.

En la constitución existe la ley 361 de 1997 que incluye 73 artículos completamente relacionados con discapacitados, entre ellos el Artículo 20, Artículo 43, Artículo 52, Artículo 59, Artículo 61 y Artículo 43 que hacen referencia al transporte público. El más identificable es el Artículo 43, que dictamina *“El presente título establece las normas y criterios básicos para facilitar la accesibilidad a las personas con movilidad reducida, sea ésta temporal o permanente, o cuya capacidad de orientación se encuentre disminuida por la edad, analfabetismo, limitación o enfermedad. Así mismo se busca suprimir y evitar toda barreras físicas en el diseño y ejecución de las vías y espacios públicos...” “...Lo dispuesto en este título se aplica así mismo a los medios de transporte e instalaciones complementarias de los mismos y a los medios de comunicación. Los espacios y ambientes descritos en los artículos siguientes, deberán adecuarse, diseñarse y construirse de manera que se facilite el acceso y tránsito seguro de la población en general y en especial de las personas con limitación. (Constitución Política Colombiana, 1997)”*

Lamentablemente esta ley no se cumple en la actualidad.

Planteamiento De La Solución Y Delimitación

Bajo condiciones previamente planteadas, donde las personas con limitaciones visuales dependen de la asistencia de otros y donde muchos no poseen la capacidad económica para movilizarse en taxi, se consideró enfocar la solución en este aspecto.

La solución partirá de la fortaleza de las personas con limitaciones visuales; el sentido auditivo. Se diseñará algún sistema de aviso sonoro para notificar la llegada de un bus a un paradero, así como también el aviso dentro del bus sobre las paradas en las que se detenga. Se investigará la tecnología más apropiada en relación costo/beneficio para la solución. Se diagramará el sistema de comunicación entre el bus y el paradero, para que la persona con limitación visual pueda detener el bus deseado. Existen varias complicaciones tanto prácticas de escenarios donde el sistema pueda entrar en conflicto, como técnicas donde los costos de comunicaciones o aspectos legales puedan hacer del sistema un proyecto exitoso o no. Si se considera que es un sistema con interacción con varios sistemas externos, la solución debe ser óptima y no deben ser mitigadas todas las necesidades. Entre ellos se deben tener en cuenta los requerimientos, la tecnología inalámbrica, el posible uso de base de datos y por último la arquitectura de software. Si bien estos aspectos no serán desarrollados en la tesis, se necesita que las consideraciones y decisiones tomadas posean implicaciones de fácil integración y futura implementación.

Luego de identificar los diferentes problemas con los que se encuentran las personas con discapacidad visual en Bogotá, se enfocará en la forma de mejorar el transporte de buses específicamente para este grupo de personas. De acuerdo con las investigaciones realizadas, se concluye que no han sido tenido en cuenta para que su desplazamiento sea acorde, ya que no cuentan con ningún medio para detectar donde bajarse o realizar transbordos cuando es el caso.

En ocasiones, se basan en consultar a las personas para que les den información, pero no todas tienen el conocimiento o saben explicarles cómo hacerlo. Se realizará un estudio de la arquitectura del sistema de comunicación idóneo para el esquema planteado. El estudio se basará en la identificación de requerimientos funcionales y no funcionales para luego la identificación de las tecnologías posibles y su posible aplicación.

Antecedentes

La necesidad de resolver éste problema no es reciente, pero si externa a Colombia. En el pasado ha habido intentos fallidos, de los cuales se han aprendido y ha surgido la solución de la investigación. En España hubo intentos infortunios e intentos actuales en proceso de prueba. El país en cuestión demuestra vanguardia hacia las soluciones para discapacitados, con un notable aprendizaje de los errores cometidos. En primera instancia, las soluciones se basaban en avisos por mensaje de texto a las personas con discapacidad, pero no tuvo éxito debido a los posibles inconvenientes que pueden ocurrir con un dispositivo móvil que va desde pérdida, robo, ruptura, olvido del dispositivo, entre otros. Hoy en día, existen múltiples enfoques a solucionar éste problema que demuestran la tendencia hacia las facilidades para discapacitados. En Enero 2010, el transporte urbano de La Granada, Barcelona comenzó a implementar elementos facilitadores para los discapacitados que abarca desde pisos bajos con cromado y señalización de los botones y escalones para mejor identificación. De todas formas, la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) no avaló las implementaciones debido a la falta de componentes para una solución total. Entre las críticas, se encontraba la falta de identificación acústica al arribo de un bus a un paradero, el anuncio de la siguiente parada en el interior del vehículo y el uso de Braille tanto en los paraderos como en los buses. La ONCE remarcó respecto a las condiciones, que es necesaria la “instalación de avisadores acústicos en el dintel de la puerta de acceso que entren en

funcionamiento cuando esta se abra, informando al tiempo del número y nombre de la línea a la que corresponde. Sería conveniente que dicho sistema contara con una célula que regule su volumen e intensidad dependiendo del sonido ambiente.” (Organización Nacional de Ciegos Españoles, 2010). A fines de Marzo 2011, la empresa SuBús de Albacete, España, anunció la modificación de su flota de buses para la mejor movilidad de las personas con limitación visual, mediante la instalación del “Sistema Embarcado de Información Acústica” (SIENA). El mismo sostiene que “los invidentes contarán con un sistema que les informará del tiempo de espera en parada y el nombre de la siguiente estación, cuando ya se encuentran dentro del autobús”. (El Día Digital, 2011). En Septiembre 2011, en Ciudad Real, la alcaldesa inició la primera fase de un sistema de ayuda a la movilidad en la ciudad, permitiendo a cualquier persona de movilidad reducida o invidente a “estar informado del tiempo de espera de un autobús accionando un botón del panel digital o un mando que ha sido entregado por la ONCE a todas las personas que lo necesitan.” (ABC.es, 2011). En Octubre 2011, la Empresa Municipal de Transporte (EMT) de Madrid anunció, al igual que SuBús en Marzo del mismo año, la instalación del “Sistema Embarcado de Información Acústica” (SIENA) que anuncia en su interior “mediante mensajes escritos y orales, que informa sobre la próxima parada, destino, hora, líneas coincidentes y posibles desvíos de la línea” (Es Por Madrid, 2011) y en el exterior un “altavoz en la parte derecha, junto a la puerta de acceso al autobús, que indica mediante voz el número de línea de autobús y el sentido de la misma, además de facilitar la localización de la puerta” (Es Por Madrid, 2011). Por último, una solución que no proviene del Estado, ni empresa prestadora de transporte público o entidades sin fines de lucro, es Marquesinas Bus. Ésta empresa privada provee el paradero completo con un sistema que incluye varias soluciones, entre ella el ascenso para discapacitados mediante “un dispositivo de solicitud de parada que avisa al conductor del autobús

que hay pasajeros en espera. Éste es independiente para cada línea de autobús en el caso de que hubiera más de una.” (Marquesinas Bus, 2011). A diferencia de la solución propuesta por la investigación, ésta empresa cuenta con un letrero luminoso en el paradero que indica las líneas de buses solicitadas (Ver Figura 1). En primera instancia no muestra señales de uso de conectividad inalámbrica, y es donde se diferenciará del sistema de la investigación.

Por último, con respecto a Colombia, el INCI ha confirmado que siendo ellos los intermediarios entre entes privados y el Estado, no poseen registro de proyectos para esta necesidad.



Figura 1. Marquesinas Bus (Marquesinas Bus, 2011). Paradero de buses en España de la empresa Marquesinas Bus. Ofrece una alternativa sin comunicaciones mediante una notificación visual en el mismo paradero. Ofrece adicionalmente aire acondicionado y puertas automáticas para mantener el espacio aislado de sonidos.

Justificación

La ley 361 de 1997, como se menciona anteriormente, trata la discapacidad bajo varios aspectos; desde la discriminación y la igualdad, la prevención, la educación, la rehabilitación social, la integración laboral, la comunicación y el transporte público o accesibilidad. Entre los 73 artículos estipulados en la ley, los de mayor interés referencian la discriminación y la igualdad, y el último referenciando el transporte público. El Artículo 2, estipula que *“El Estado garantizará y velará por que en su ordenamiento jurídico no prevalezca discriminación sobre habitante alguno en su territorio, por circunstancias personales, económicas, físicas, fisiológicas, síquicas, sensoriales y sociales”*. Con respecto al capítulo relacionado al transporte, además del Artículo 43, mencionado anteriormente, resalta el Artículo 61 que estipula *“El Gobierno Nacional dictará las medidas necesarias para garantizar la adaptación progresiva del transporte público, así como los transportes escolares y laborales, cualquiera que sea la naturaleza de las personas o entidades que presten dichos servicios. En todo caso, el plazo para cumplir con lo dispuesto en este artículo, no podrá ser superior a cinco años contados a partir de la vigencia de la presente ley.”* La gran mayoría de los 73 artículos no se cumplen parcial o totalmente.

Cuando el sistema de buses públicos se instauró en Bogotá, mundialmente no se consideraban las facilidades para discapacitados, por lo que se encontraban las condiciones necesarias. Lamentablemente en Bogotá, como en el resto del país, jamás fueron adaptados en el transcurso del tiempo y hoy en día se encuentra en una situación de caos. Es por eso que no facilita la movilización independiente a las personas con limitaciones visuales, haciendo que no conozcan con exactitud cuál bus deben tomar y en qué momento se acercan a su destino.

Si bien Transmilenio posee en algunos buses un comando de voz que anuncia todas las paradas y un sonido para cuando las puertas se abren o cierran, el sistema no cubre la totalidad de

la ciudad de Bogotá por lo que las personas con limitaciones visuales necesitan recurrir a los buses. La gran mayoría de los medios de transporte masivo no tienen un servicio que tenga facilidades para los discapacitados, resultando más difícil su traslado. Algunos recurren a taxis, pero la gran mayoría recurre a los buses, por no tener un presupuesto para movilizarse en el anterior medio. De todas formas, independientemente del dinero o presupuesto, no justifica que las personas con limitaciones no se puedan integrar plenamente a un sistema público.

Lamentablemente hoy en día, la asistencia que necesitan es completa pero la que reciben es prácticamente nula. En las conversaciones se menciona que pedir ayuda no les resulta complicado, pero que no siempre se encuentran en paraderos concurridos y por ende, deben esperar a que alguien se acerque para solicitar ayuda.

Hipótesis

Existe tecnología accesible que permitiría la aplicación de un sistema que otorgue completa independencia a las personas con limitaciones visuales. No es descubrimiento de nueva tecnología, es tecnología aplicada.

Propósito De La Investigación

El propósito de la investigación es idear una solución a un sector desatendido de la población mediante el aprovechamiento de tecnologías existentes y la aplicación del conocimiento obtenido durante el transcurso de la carrera de Ingeniería de Sistemas. Se ha identificado que hay varios aspectos en la sociedad que no han sido solucionados hasta el momento, por lo que se buscó que la investigación tenga un valor agregado humano y ayude a un grupo desfavorecido a alcanzar su derecho de igualdad social.

Objetivos De La Investigación

General. Definir la arquitectura de una solución viable y realizable basada en componentes tecnológicos que brinden total autonomía a las personas con limitación visual, facilitando de esta manera el uso y acceso de los buses públicos.

Específicos.

- Realizar un análisis de requerimientos para identificar los componentes técnicos del sistema.
- Investigar los posibles protocolos de comunicación.
- Analizar los aspectos legales del protocolo identificado.
- Estimar sus costos del protocolo para validar su viabilidad.
- Realizar un esquema conceptual del sistema.
- Realizar un esquema técnico del sistema.

Recolección Y Procesamiento De La Información

El enfoque de la recolección se ha basado en recurrir a la fuente de cada componente. Para ello, se han analizado los actores involucrados y se realizaron reuniones, entrevistas, además de asistencias a congresos y revisión de material en sus respectivos sitios web. Una vez identificada la arquitectura para la solución, se analizaron los documentos oficiales de proveedores de la tecnología seleccionada para mayor fundamento. Adicionalmente, se recurrió a documentos legales y normativas que sustentan la investigación permitiendo así una mejor orientación.

Investigación

La investigación se basa en la comprensión del contexto y los actores involucrados. En base a las entrevistas y el análisis, se definen los requerimientos para realizar una búsqueda efectiva de posibles tecnologías y arquitecturas y así obtener una solución óptima.

Contexto de la investigación

Limitación visual. Si bien es correcto su uso, existen varios términos relacionados al concepto “ciego” que son aún más apropiados para referenciar a toda persona con dificultades visuales. El término más general es conocido como “Deficiencia Visual”. Este concepto abarca correctamente tanto a ceguera total, disminución o limitación visual, como a baja visión o visión subnormal.

La Organización Mundial de la Salud define a una persona con deficiencia visual como aquella que “presenta una ausencia o mal funcionamiento del sistema óptico, causado por enfermedad, lesión o anomalía congénita que, a pesar de la corrección, convierte a la persona en un sujeto oficialmente considerado como deficiente visual en el país en el que vive.”

(Organización Mundial de la Salud, 2011)

“Aun cuando la persona con deficiencia visual no posee una limitación funcional cognitiva, su limitación sensorial le ocasiona una gran dificultad tanto en la adquisición de la simbolización primaria (funciones nominativas y referitivas del lenguaje) como en la adquisición de la capacidad de simbolización secundaria (lectoescritura y simbolización numérica)” (Educar.org, 2011). Existe una gran variedad de discapacidades visuales que pueden representarse tanto como pérdida de la agudeza visual, como del campo visual. La primera refiere a la capacidad de discriminar objetos mientras que la segunda refiere a la pérdida de algunas

áreas periféricas o la totalidad del campo visual. Estas discapacidades se presentan en distintos momentos de la vida de un ser humano, como se representa en la Tabla 1.

Tabla 1

Origen y Discapacidades visuales (Discapacidad Sensorial, 2009)

Origen	Discapacidad Visual
Hereditario	Acromatopsia: ceguera total de colores. Albinismo: carencia total o parcial de pigmento, sensibilidad extrema a la luz y fotofobia. Cataratas congénitas Rinitis pigmentaria Miopía degenerativa Glaucoma
Congénito	Enoftalmia: ausencia del globo ocular o no desarrollo del mismo Atrofia del nervio óptico: pérdida de la agudeza visual y trastornos en la percepción de colores Rubéola: enfermedad que pasa de la madre que puede producir trastornos en los ojos del feto
Traumático o secundarias por otras enfermedades	Retinopatía del bebé prematuro: trastornos en la retina, resultado de la excesiva administración de oxígeno en la incubadora Retinopatía diabética: Desprendimiento de la retina
Trastornos producidos por tumores, virus o tóxicos	Glioma de la retina: tumor en la retina Melanosarcoma del coroides: tumor en el coroides Neuritis óptica: inflamación y degeneración del nervio óptico

En Colombia existe un factor adicional debido a su contexto socio-político, el cual se relaciona con los conflictos con grupos al margen de la ley. Debido a esta situación, existen minas antipersonales que en caso de no quitar la vida, de todas formas desmiembran extremidades y causan ceguera o sordera. Esto se debe a las ondas expansivas de las explosiones que dañan los órganos internos del cuerpo. “Colombia sigue con el penoso segundo lugar de los países con mayor víctimas de minas antipersona en el mundo, sólo superado por Afganistán. Según el Gobierno, se estima que en el país de los 9.133 afectados en los últimos 21 años, hay 7.000 sobrevivientes de estos accidentes que han quedado con secuelas que incluyen la pérdida de extremidades y ceguera” (Revista Semana, 2011)

La solución apunta a resolver en primera instancia la movilidad en el transporte público de la ciudad de Bogotá, por lo que se analiza la población de ésta capital. Según el INCI, en base a los datos del DANE de 2009 (Ver Tabla 2), hay un total de 64.701 personas con limitación visual en cualquiera de sus formas. En la Figura 2 se puede determinar la cantidad de personas con limitación por edad, así como en la Figura 3 por localidad. En base a las estadísticas del DANE, se discriminó al total del grupo con limitación visual por ocupación (ver Tabla 3 – Figura 4) para determinar cuál es la proporción de discapacitados visuales que utilizan el medio de transporte con frecuencia. Ver Tabla 4 – Figura 5.

Tabla 2

Resumen para población con discapacidad visual del Registro DANE (INCI, 2009)

Localidad	0 a 5 Años	06 a 13 Años	14 a 20 Años	21 a 30 Años	31 a 44 Años	45 a 59 Años	60 y más Años	Total
Antonio Nariño	11	79	62	34	127	348	935	1.596
Barrios Unidos	40	313	65	53	101	206	717	1.495
Bosa	84	554	408	457	964	1.969	2.617	7.053
Candelaria	3	7	10	15	37	110	249	431
Chapinero	27	55	31	23	59	99	291	585
C. Bolívar	108	382	281	315	506	1.118	2.076	4.786
Engativá	69	187	151	200	401	619	1.674	3.301
Fontibón	59	206	127	227	409	823	2.191	4.042
Kennedy	121	545	434	466	983	2.424	4.743	9.716
Los Mártires	2	8	5	17	21	73	243	369
Puente Aranda	35	120	110	163	332	952	2.590	4.302
Rafael Uribe	60	265	273	312	750	2.424	5.356	9.440
San Cristóbal	89	283	247	261	399	933	2.132	4.344
Santa Fe	20	47	37	44	91	141	439	819
Suba	53	209	184	190	296	611	1.628	3.171
Sumapaz	1	1	2	1	5	9	12	31
Teusaquillo	14	20	3	22	24	48	191	322
Tunjuelito	37	157	133	135	282	694	2.097	3.535
Usaquén	21	124	76	109	201	497	1.378	2.406
Usme	64	195	153	187	312	733	1.313	2.957
Total	918	3.757	2.792	3.231	6.300	14.831	32.872	64.701

Tabla 3

Limitación Visual en Bogotá por Ocupación

Ocupación	Total
Estudiando	3731
Incapacitado Permanente Con Pensión	4715
Incapacitado Permanente Sin Pensión	16182
Otra Actividad	4567
Pensionado - Jubilado	2575

Realizando Actividades De Autoconsumo	929
Realizando Oficios Del Hogar	16116
Recibiendo Renta	1087
Trabajando	9775
Sin Información	2822
Total	64701

Tabla 4

Frecuencia de uso del transporte según ocupación (INCI, 2009)

Uso del Transporte	Población
Movilidad constante	19002
Movilidad relativa	45699

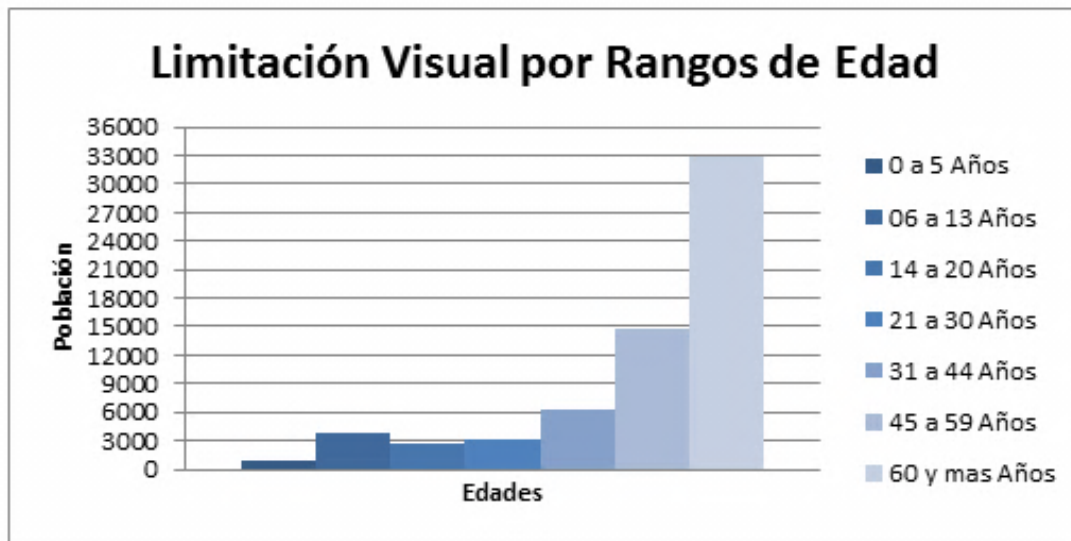


Figura 2. Limitación Visual por edad (INCI, 2009). Estadística realizada por el DANE y provista por el INCI.

Muestra la cantidad de ciegos por rango de edades. Dicha estadística fue realizada en 2009 la cual es la más actualizada al momento de realizar la investigación.

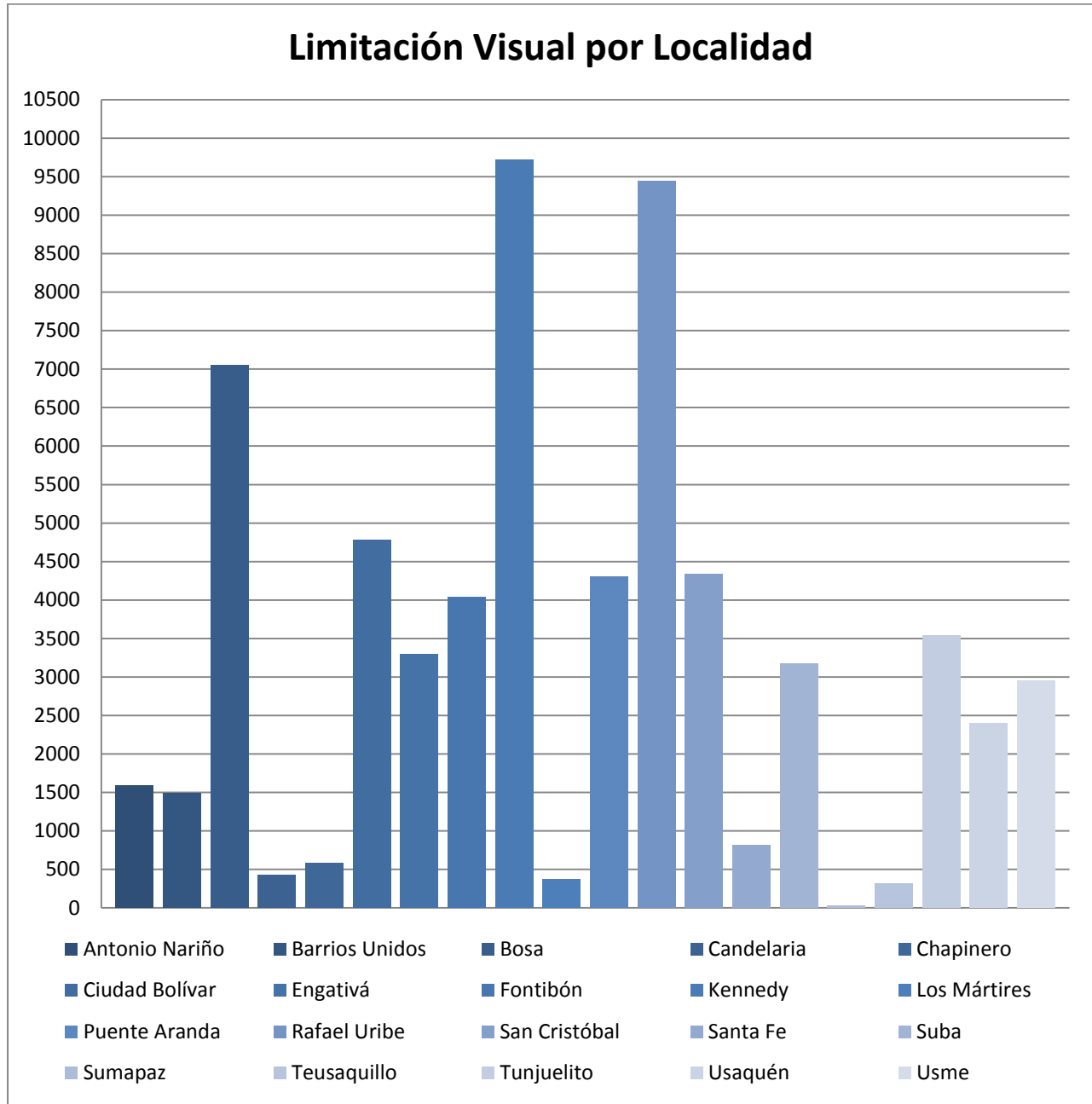


Figura 3. Limitación Visual por Localidad (INCI, 2009). Estadística realizada por el DANE y provista por el INCI. Muestra la cantidad de ciegos por rango de localidades de la ciudad de Bogotá. Dicha estadística fue realizada en 2009 la cual es la más actualizada al momento de realizar la investigación.

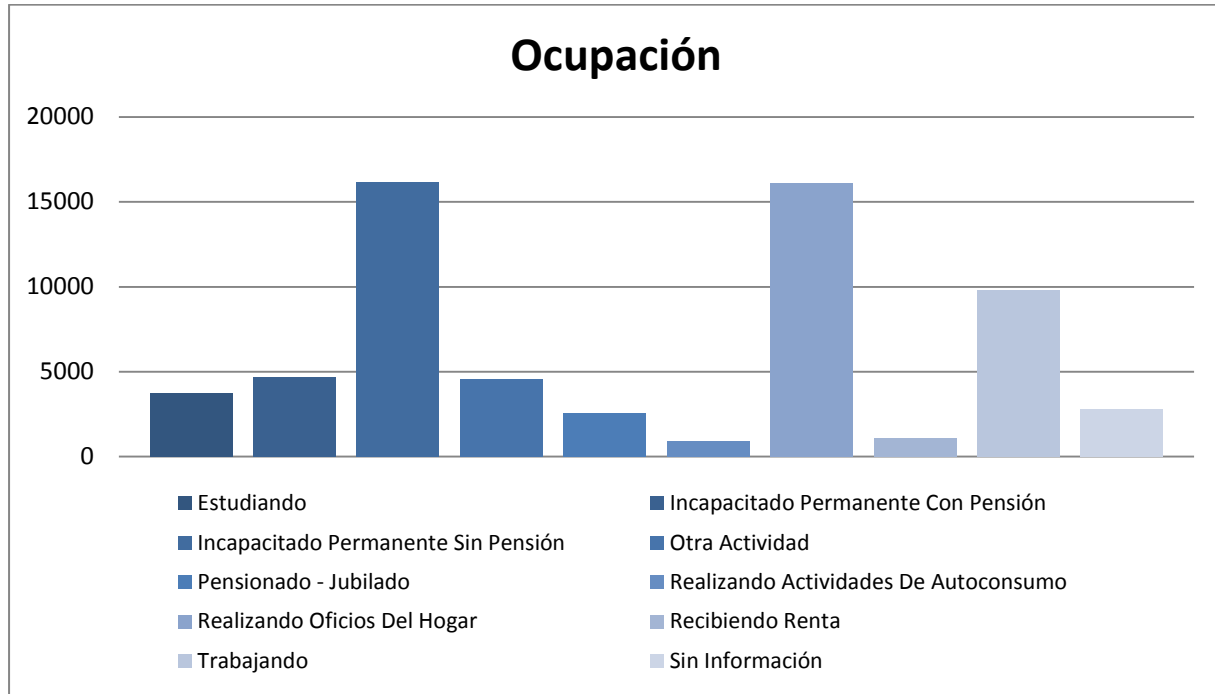


Figura 4. Limitación Visual en Bogotá por Ocupación (INCI, 2009). Estadística realizada por el DANE y provista por el INCI. Muestra la cantidad de ciegos por ocupación en la ciudad de Bogotá. Dicha estadística fue realizada en 2009 la cual es la más actualizada al momento de realizar la investigación.

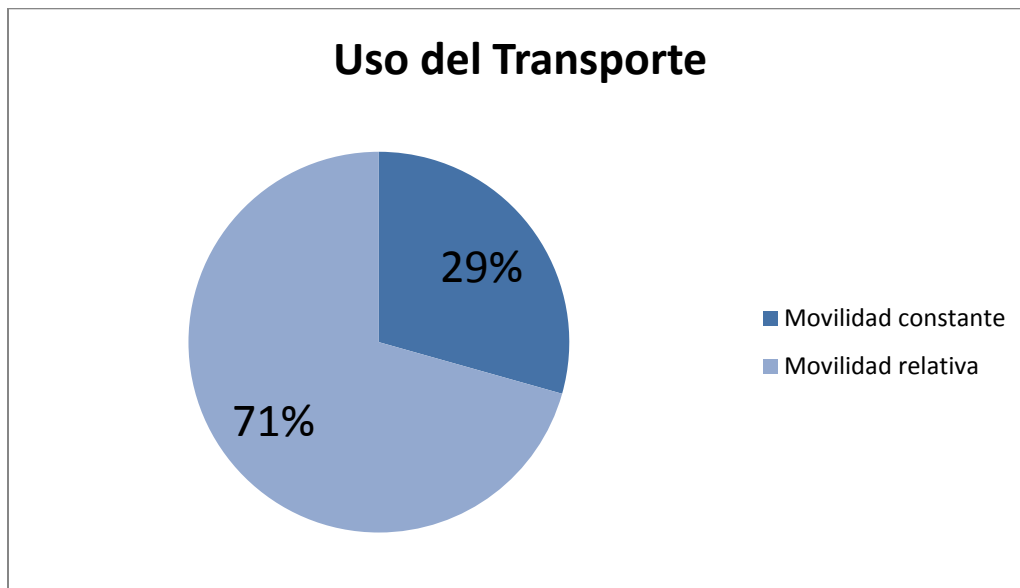


Figura 5. Proporción de discapacitados con mayor y menor frecuencia de uso (INCI, 2009). Estadística realizada por el DANE y provista por el INCI. Muestra la cantidad de ciegos que utilizan con frecuencia el sistema de transporte

de la ciudad de Bogotá. Dicha estadística fue realizada en 2009 la cual es la más actualizada al momento de realizar la investigación.

Sistema de lectura Braille. A diferencia de la creencia popular, el Braille no es un lenguaje ya que no es una estructura de código semiótico. El Braille “es un medio de lectura y escritura táctil” (Cdtarjeta Multimedia, S.L., 2011), el cual tiene una representación de cada letra del abecedario en un código identificable por tacto (Ver Figura 6). El sistema de lectura braille fue desarrollado por el francés Luis Braille, quien también ciego desde los tres años inventó a la edad de 15 un sistema de lectura de puntos, basado en el lenguaje de puntos de Barbier, utilizado en ese entonces para mensajes cifrados del ejército.



Figura 6. Sistema Braille (Cdtarjeta Multimedia, S.L., 2011). Ejemplo de lectura en sistema Braille.

La estructura del código se basa en puntos y guiones en relieve para ser captados por la sensibilidad de los dedos. El esquema de caracteres puede variar entre los diferentes tipos. Las letras del abecedario son las más elementales, ya que cuentan con tres filas de dos columnas cada una (fila x columna 3x2), y se diferencian mediante el relieve de unos con respecto al restante.

Ver Figura 7.

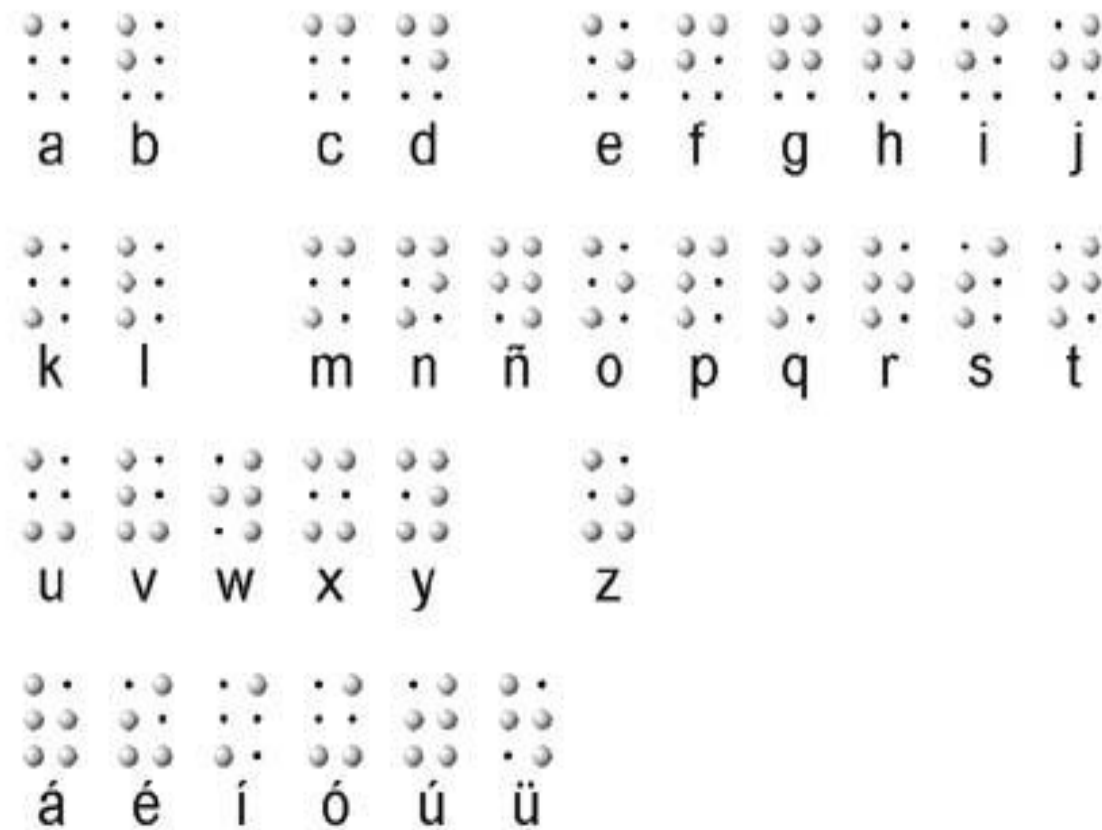


Figura 7. Alfabeto Braille (Cdtarjeta Multimedia, S.L., 2011). Diagrama de representación del alfabeto en el sistema Braille.

En el caso de caracteres como los las mayúsculas y los números, se utiliza un signo de identificación al inicio de la caracter. En el caso de las mayúsculas, se agrega un símbolo representativo al inicio de la letra. En el caso de los números, se agrega un diferente símbolo representativo, seguido de las primeras diez letras (Ver Figura 8). De esa forma, se reutilizan las combinaciones de puntos.



Figura 8. Alfabeto Braille - Signo de Mayúscula y Número (Cdtarjeta Multimedia, S.L., 2011). Representación del signo de mayúscula y el signo de número. Dicho indicador se encuentra por delante de las palabras.

Parámetros de representación de escritura Braille (Ver Figura 9) (Cdtarjeta Multimedia, S.L., 2011)

- Distancia horizontal entre los centros de puntos contiguos de la misma celda: de 2,5 a 2,6 mm (es decir entre 1-4, 2-5 y 3-6)
- Distancia vertical entre los centros de puntos contiguos de la misma celda: de 2,5 a 2,6 mm (es decir entre 1-2, 2-3, 4-5 y 5-6)
- Distancia entre los centros de puntos idénticos de celdas contiguas: de 6,0 a 6,1 mm
- Distancia entre los centros de puntos idénticos de líneas contiguas: 10,0 a 10,8 mm
- Diámetro de la base de los puntos: entre 1,2 y 1,5 mm

- Altura del relieve de los puntos: entre 0,20 y 0,50mm. La medida mínima será en cartonajes de excesivo grosor (más de 350 gr) y en casos excepcionales, como en los productos farmacéuticos.

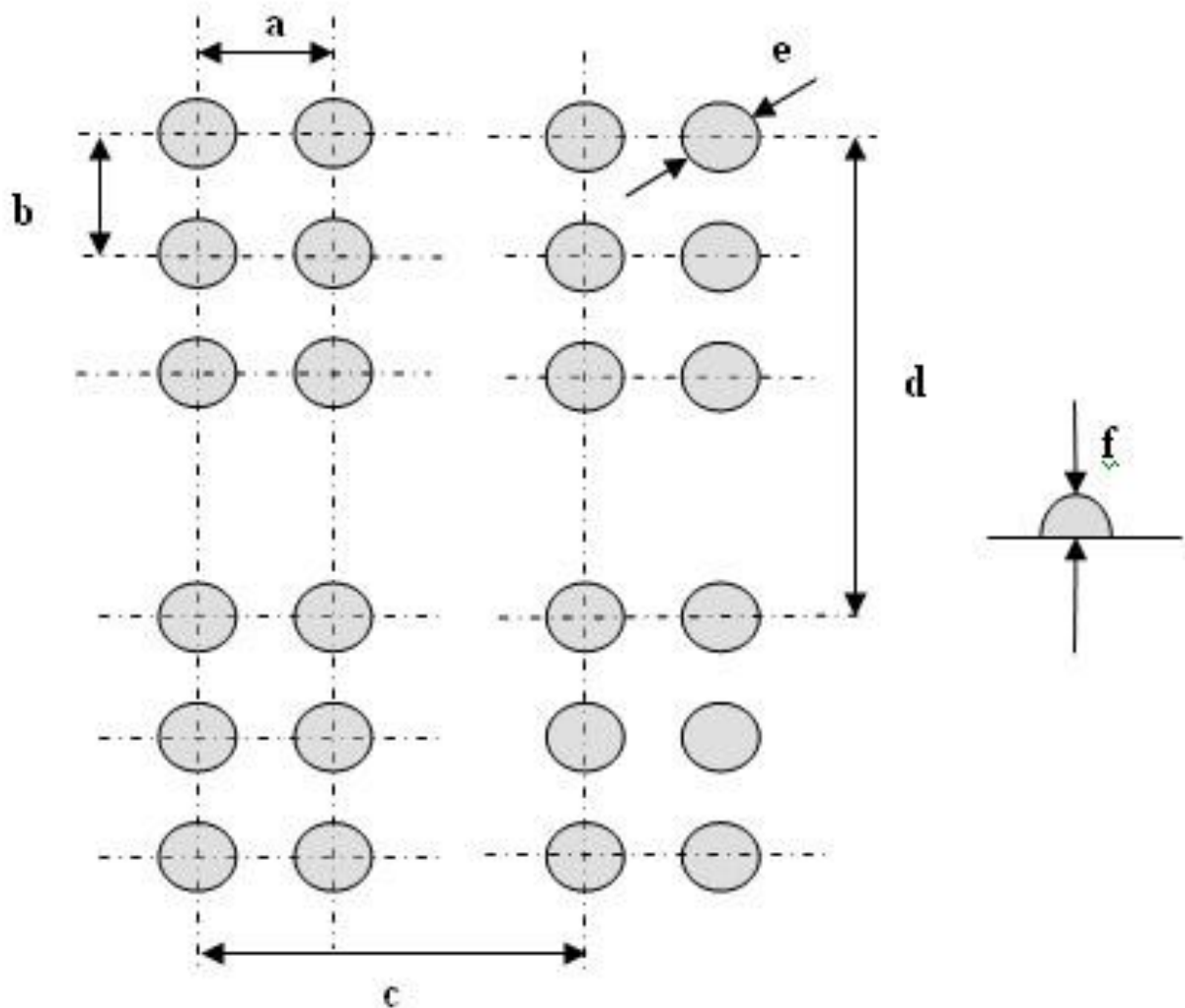


Figura 9. Estructura de escritura Braille (Cdtarjeta Multimedia, S.L., 2011). Diagrama de representación de la correcta forma de realizar escritura en sistema Braille.

Sistema Integrado De Transporte Público Y Masivo. El SITP es el proyecto de movilidad más reciente creado por la alcaldía de Bogotá, bajo la Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo (PNTU) en respuesta a los problemas en la operación del transporte en las ciudades colombianas. La política tiene como objetivo otorgar voz y voto al Estado para el funcionamiento

de los medios de transportes urbanos. Es por eso, que este proyecto surge como medida para “...garantizar los derechos de los ciudadanos al ambiente sano, al trabajo, a la dignidad humana y a la circulación libre por el territorio, mediante la generación de un sistema de transporte público de pasajeros organizado, eficiente y sostenible para el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá” (Transmilenio S.A., 2010). Se espera que luego del ordenamiento coexista el SITP con el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), es decir Transmilenio, para otorgar una solución completa y transparente al usuario.

El crecimiento de las ciudades principales de Colombia fueron acompañadas por el SITM para intentar mantener no sólo la movilidad, sino también el ordenamiento territorial, la calidad de vida y su infraestructura. Sin embargo, los SITM incrementan su cobertura en corredores alimentadores o complementarios de las vías principales pero desatendiendo sectores de la ciudad o inclusive barrios completos. Por esta necesidad fue necesaria la concepción del proyecto SITP.

El SITP comenzará en Abril 2012 (Rodríguez, 2011) y tendrá una duración de 16 meses. Iniciará por las zonas de Fontibón y Usaquén y se basará en la malla vial de la Figura 10. Para realizar un cambio de paradigma sin afectar el inconsciente colectivo de la sociedad y no repetir los eventos infortunios de Santiago de Chile, se ha decidido dividir la ciudad en trece zonas definidas, sumado a una zona conocida como “neutra” que es el centro de Bogotá. Las zonas se pueden ver diagramadas en la Figura 11, acompañada de los límites en la Tabla 5.

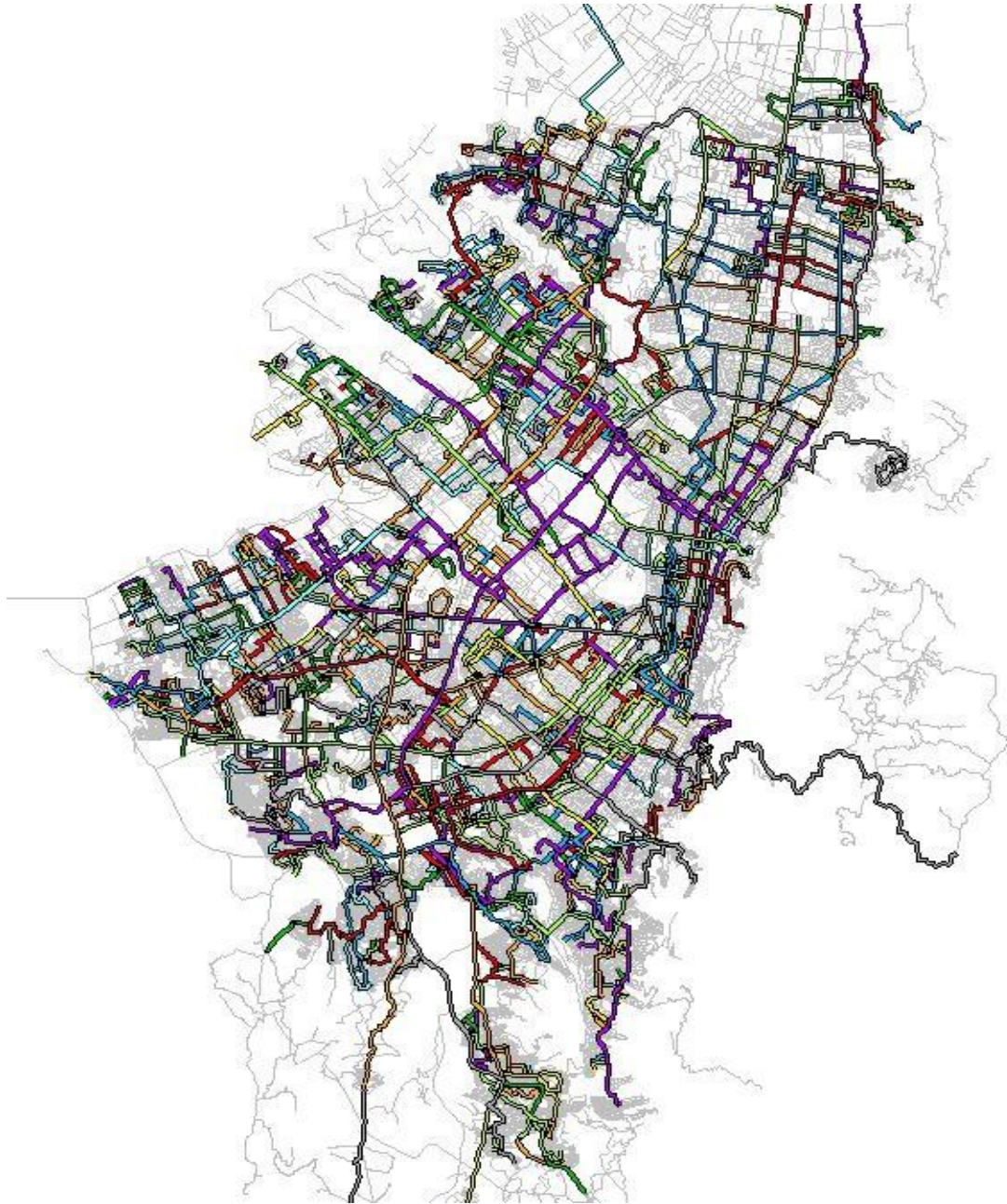


Figura 10. Malla Vial Bogotá (Transmilenio, 2011). Mapa de la malla vial de la ciudad de Bogotá.

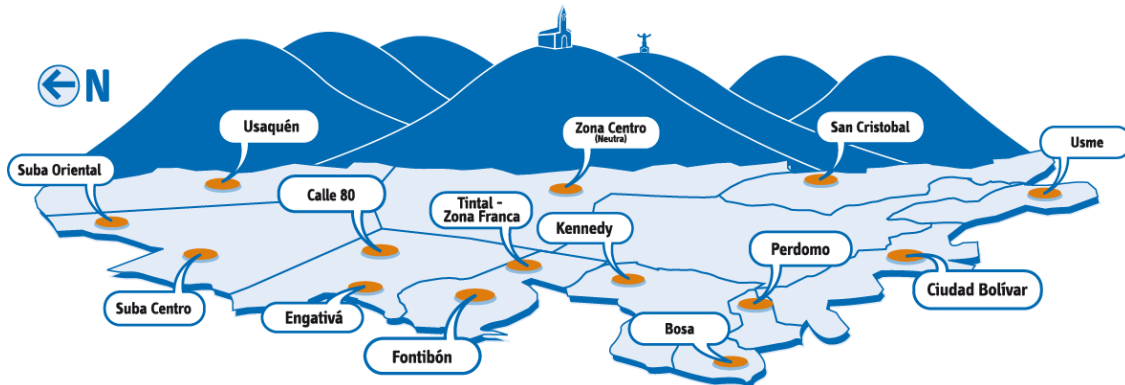


Figura 11. Mapa Zonas Bogotá (Transmilenio, 2011). Diagrama de la división de las zonas identificadas para la implementación del SITP.

Tabla 5

Límites de zonas identificadas para la implementación del SITP (Transmilenio S.A., 2010)

Zona	Nombre	Límites	Corredor
0	Neutra	Norte Occidente Sur Oriente	Avenida Carlos Lleras Restrepo (Calle 100) Avenida Suba - Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30) Avenida Fucha (Calle 8 Sur) - Avenida de la Hortúa (Calle 1) - Calle 6 Límite de la ciudad
1	Usaquén	Norte Occidente Sur Oriente	Límite de la ciudad Avenida Paseo de los Libertadores Avenida Carlos Lleras Restrepo (Calle 100) Límite de la ciudad
2	Suba Oriental	Norte Occidente Sur Oriente	Límite de la ciudad Límite de la ciudad – Cerros de Suba – Avenida Suba Vía a Cota – Calle 170 Avenida Paseo de los Libertadores (Autopista Norte)
3	Suba Centro	Norte Occidente Sur Oriente	Vía a Cota – Calle 170 Límite de la ciudad Río Juan Amarillo – Calle 80 Cerros de Suba – Avenida Suba
4	Calle 80	Norte Occidente Sur Oriente	Río Juan Amarillo – Calle 80 Límite de la ciudad Avenida Chile (Calle 72) - Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30)
5	Engativá	Norte Occidente Sur Oriente	Avenida Chile (Calle 72) Límite de la Ciudad Avenida El Dorado (Calle 26) – Calle 29 A Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30)
6	Fontibón	Norte Occidente Sur Oriente	Avenida El Dorado (Calle 26) – Calle 29 A Límite de la Ciudad Avenida Centenario (Calle 13) – Avenida Américas Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30)
7	Tintal - Zona Franca	Norte Occidente Sur	Avenida Centenario (Calle 13) – Avenida Américas Límite de la Ciudad Calle 6 – Avenida Américas - Calle 3

8	Kennedy	Oriente	Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30)
		Norte	Calle 6 – Avenida Américas - Calle 3
		Occidente	Límite de la Ciudad
		Sur	Diagonal 89 Sur – Calle 59 Sur – Avenida Primero de Mayo
9	Bosa	Oriente	Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30) – Carrera 95 A
		Norte	Diagonal 89 Sur – Calle 59 Sur – Avenida Primero de Mayo
		Occidente	Límite de la Ciudad - Carrera 95 A
		Sur	Límite de la Ciudad – Autopista Sur
10	Perdomo	Oriente	Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30)
		Norte	Calle 8 Sur
		Occidente	Autopista Sur – Avenida Ciudad de Quito (Carrera 30)
		Sur	Límite de la Ciudad
11	Ciudad Bolívar	Oriente	Transversal 51 – Carrera 45 A – Carrera 25 – Carrera 24 – Carrera 27 - Avenida Calle 1
		Norte	Transversal 51 – Carrera 45 A – Carrera 25 – Carrera 24 – Carrera 27 - Avenida Calle 1
		Occidente	Límite de la ciudad
		Sur	Límite de la localidad de Ciudad Bolívar
12	Usme	Oriente	Avenida Caracas - Calle 51 Sur – Carrera 4
		Norte	Avenida Calle 1 – Avenida Caracas
		Occidente	Avenida Caracas – Calle 51 Sur - Vía a Usme – Límite de la Ciudad
		Sur	Límite de la Ciudad
13	San Cristóbal	Oriente	Carrera 10 – Calle 39 B Sur – Carrera 11 A E – Calle 89 B Sur - Límite de la Ciudad
		Norte	Calle 6
		Occidente	Carrera 10 – Calle 39 B Sur – Carrera 11 A E
		Sur	Calle 89 B Sur
		Oriente	Límite de la Ciudad

Con respecto a las flotas, se ha determinado su tipo acorde a la necesidad específica, por lo que se espera un mejoramiento de las mismas así como también sus rutas. Estas flotas podrán ser las actuales en circulación con ciertos requerimientos y límites de antigüedad y acondicionamientos. Aquellos vehículos que no cumplan los requisitos deberán ser quitados de circulación y eliminados. De esa forma, el SITM será responsable de las rutas alimentadoras y los servicios troncales, mientras que el resto de la ciudad irá integrada con el SITP. En base a este esquema, se determinaron las flotas correspondientes a cada ruta (Ver Figura 12):

- **Rutas especiales:** Cubren zonas de baja demanda o difícil acceso.
- **Rutas complementarias:** Abastecen los portales, estaciones intermedias y sencillas.
- **Rutas urbanas:** Cubren las vías secundarias de la ciudad.



Figura 12. Flotas (Transmilenio, 2011). Representación de las flotas según su función en la integración del SITP y el SITM.

Finalmente las rutas alimentadoras y servicios troncales que se encuentran actualmente en servicio seguirán su funcionamiento normalmente como lo han hecho desde el año 2000 en el SITM. La implementación de este tipo de arquitecturas en las rutas se hará gradualmente hasta lograr el total de la flota esperada debido a la gran variedad de buses y rutas que se encuentran actualmente en circulación, además de pertenecer a empresas independientes.

Con respecto a los paraderos, el SITP contará con dos clases diferentes; los paraderos regulares de señalización básica y los modular M-10. Los primeros se encuentran diseñados con especificaciones básicas, en donde se indicarán las flotas con sus destinos y un color

diferenciador entre la red de paraderos. Los paraderos modulares M-10 tipo marquesina poseen estructura metálica, asientos y techo para precipitaciones. (Ver Figura 13)



Figura 13. Paraderos regulares y M-10 (Transmilenio, 2011). Representación de los paraderos en el SITP.

Los paraderos M-10 deben seguir las siguientes características en su diseño (Metalpack Ingeniería, 2011):

- Soportes verticales elaborados en lámina de acero inoxidable calibre 16 tipo 304, con acabado satinado, los cuales llevan en su parte inferior sistema de anclajes con tornillería en acero inoxidable.
- Soportes para el techo, fabricados en lámina de acero inoxidable calibre 16.
- Canales delantero y trasero elaborados en lámina de acero inoxidable calibre 18 con orificios en sus extremos para el desagüe.
- Techo en lámina de policarbonato alveolar de 6mm. Importado, con protección UV, resistente al impacto y al fuego.

- Fabricado en acero inoxidable tipo ASI 304 con medidas externas de 4.8 m. de largo, 1.9 m. de ancho y una altura de 2.6 m.
- Área cubierta por el domo 9,6 m² (4,8 m x 2 m).
- Costillares para techo, fabricados en lámina de acero inoxidable calibre 14.
- Panel de rutas elaborada en lámina de acero inoxidable calibre 18, tipo 304, con acabado satinado.
- Altura libre bajo el domo 2,4 metros.
- Soportes verticales elaborados en lámina de acero inoxidable calibre 14 tipo 304, con acabado satinado, bases para anclaje en lámina HR. Sistema de anclajes mediante chazo de expansión de ½” x 4 o perno de ½” fijado con epóxido RE-500 de Hilti.
- Soportes para techo, fabricados en lámina de acero inoxidable calibre 16.
- Canales delantero y trasero elaborados en lámina de acero inoxidable calibre 14 con orificios en sus extremos para el desagüe.
- Techo en lámina de policarbonato alveolar de 6mm. Importado, con protección UV, resistente al impacto y al fuego.
- Banca punzonada elaborada en lámina de acero inoxidable calibre 14, tipo 304, con acabado satinado.

Se construirán e instalarán un total de 3266 paraderos M-10 y 2897 regulares, distribuidos como se muestra en la Figura 14, donde M-10 se representa con color azul y regular con color rojo.

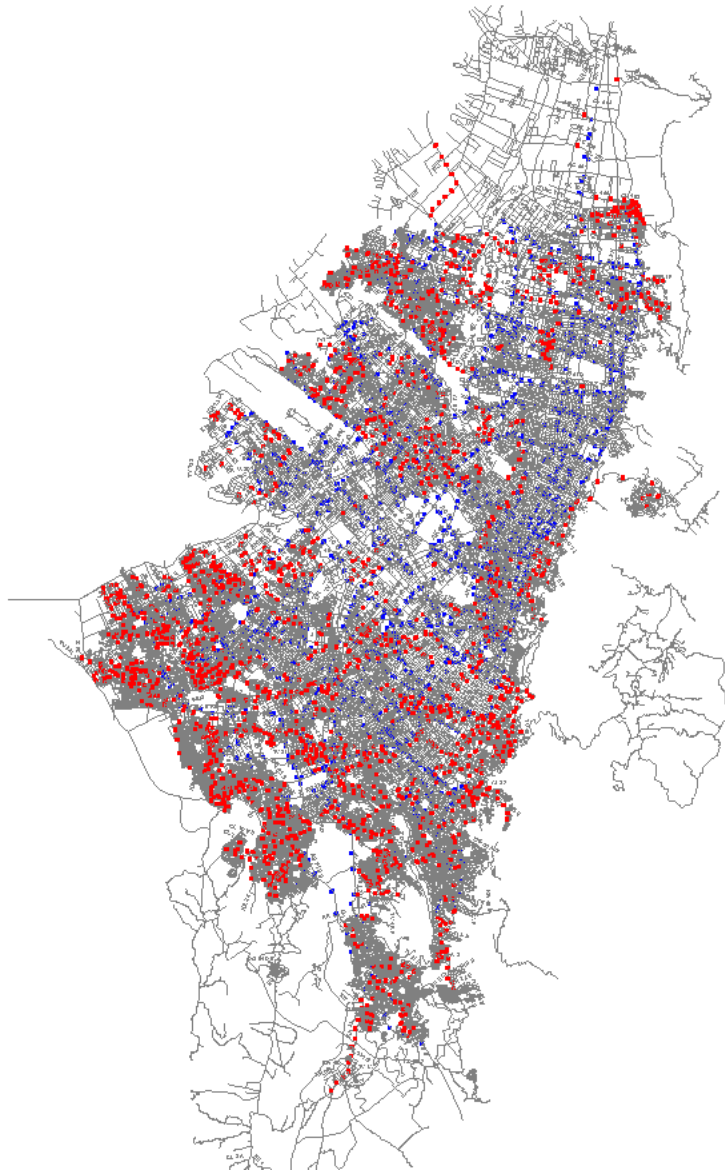


Figura 14. Disposición de Paraderos (Transmilenio, 2011). Representación de la distribución paraderos M-10 en color azul y regulares en color rojo.

Definición de Actores

En el marco de la investigación se realizó una serie de entrevistas al INCI, al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, al departamento SITP de Transmilenio, al Ministerio de Transporte y a los congresos del ANE en el Hotel Tequendama y SITP en Corferias. En el relevamiento, se identificaron los actores involucrados en la investigación, los

cuales en primera instancia se encuentran los directamente involucrados, es decir los más afectados por el sistema. Luego, se encuentran los indirectos, es decir aquellos que se encuentran en el entorno del sistema pero no necesariamente participan activamente en él. Los mismos se pueden identificar en las tablas 6 y 7.

Actores directos.

Tabla 6

Actores Directos

Actores Directos	Nombre	Descripción	Entidades Vinculadas
AD_001	Personas con limitación visual	Persona con alguna limitación visual que se vea afectada a desplazarse por la ciudad con total independencia	Instituto Nacional de Ciegos (INCI)
AD_002	SITP	Sistema Integrado de Transporte Público	Transmilenio S.A.
AD_003	Empresas de Buses	Empresa de Buses prestando servicio según regulación del SITP impuesto por el Estado y Transmilenio.	Secretaría de Movilidad y Ministerio de Transporte
AD_004	Estado	Estado Colombiano	Secretaría de Movilidad y Ministerio de Transporte

Actores indirectos.

Tabla 7

Actores Indirectos

Actores Indirectos	Nombre	Descripción	Entidades Vinculadas
AI_001	Usuarios del medio de transporte sin discapacidad	Usuario del transporte público que no posee limitación visual de ningún tipo.	Secretaría de Movilidad y Ministerio de Transporte
AI_002	Taxi	Vehículo particular prestador de servicio de transporte público, afiliado a una empresa de vinculantes.	Secretaría de Movilidad y Ministerio de Transporte

AI_003	Transmilenio	Empresa privada de autobuses de Transporte Rápido (BRT) de la ciudad de Bogotá	Transmilenio S.A.
AI_004	Agencia Nacional del Espectro	Ente gubernamental regulador del espectro radioeléctrico	Agencia Nacional del Espectro (ANE)
AI_005	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	Ente gubernamental administrador del espectro radioeléctrico	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Definición De Requerimientos

En base a las entrevistas a los actores, tanto directos como indirectos, se identificaron los requerimientos que debe cumplir la solución. Dichos requerimientos se pueden identificar en las tablas 8 y 9.

Requerimientos funcionales.

Tabla 8

Requerimientos Funcionales

Requerimiento Funcional	Descripción	Actor
FREQ_001	Debe ser de Diseño Universal	INCI
FREQ_002	Debe ser implementado en paradas fijas	INCI
FREQ_003	Debe utilizar aviso sonoro	INCI
FREQ_004	Debe otorgar libertad e independencia pero no quitar la solidaridad	INCI
FREQ_005	Debe solucionar toda la ciudad. No debe ser parcial	INCI
FREQ_006	Debe utilizar señalización por contraste	INCI
FREQ_007	Debe utilizar braille	INCI
FREQ_008	Debe cumplir con decreto 1660 de 2003 accesibilidad a los modos de transporte	INCI/Estado
FREQ_009	Cumplir con las Normas ICONTEC de accesibilidad en las calles	INCI/Estado

Requerimientos no funcionales.

Tabla 9

Requerimientos No Funcionales

Requerimiento No Funcional	Descripción	Actor
NFREQ_001	Debe permitir flexibilidad a cambios en las rutas, buses y paraderos	SITP
NFREQ_002	Debe ser un sistema en tiempo real	INCI/Propio
NFREQ_003	Debe acompañar el horario de funcionamiento de los buses	SITP/INCI
NFREQ_004	No debe generar contaminación visual y auditiva	Estado
NFREQ_005	Debe considerar el sonido ambiental de cada paradero	Estado
NFREQ_006	Debe permitir potencialidad	Propio
NFREQ_007	Debe contar con tecnología accesible y viable	Propio
NFREQ_008	Debe ser tecnología disponible en Colombia o de fácil importación	Propio
NFREQ_009	Debe utilizar tecnología homologada y de uso público para el uso del espectro	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
NFREQ_010	Debe ser confiable	INCI/Propio
NFREQ_011	Debe contar con protocolos de seguridad	Propio

Diseño Universal

Junto con el crecimiento y desarrollo de las ciudades el diseño universal ha tomado importancia y consideración por los gobiernos. Debido al aumento en la proporción de la población mayor de edad y de personas con discapacidades físicas, el requerimiento nuclear del diseño es el uso equitativo de la comunidad en futuras implementaciones sin discriminar ningún tipo de sector socio-cultural. Este aspecto se puede ver reflejado en el objetivo principal del diseño universal, el cual busca “brindar calidad de vida a las personas, ofreciendo condiciones igualitarias en los proyectos, servicios o artículos, de manera de considerar estos aspectos a la hora planear mejoras o modificaciones en el futuro.” (Ciudad Accesible, 2011)

“El buen diseño capacita, el mal diseño discapacita” (European Institute for Design and Disability in Stockholm, 2004)

El diseño universal es un concepto introducido en Estados Unidos por un grupo de científicos, quienes crearon el “Centro para el Diseño Universal” y definieron siete principios básicos, los cuales deben ser tenidos en cuenta para un proyecto exitoso. De todas formas existen factores externos que dificultan su seguimiento, y abarcan desde costos de implementación adicionales y en ocasiones elevados, el “choque cultural” del usuario, el ambiente donde se va a implementar, entre otros. Los principios básicos se detallan a continuación (Sidar, 2011):

Uso Equitativo

- Permitir el uso en igualdad de condiciones para todos los usuarios, sin discriminar ningún grupo.
- Ser diseñado en condiciones idénticas cuando sea posible, o equivalentes cuando no lo sea.
- Permitir los mismos medios de seguridad y autonomía para todos los usuarios.
- Debe ser agradable y atractivo para todos los usuarios.

Uso Flexible

- Acomodarse a las habilidades y capacidades individuales de cada uno de los usuarios.
- Facilitar la selección de métodos de uso a todos los usuarios.
- Debe ser pensado su uso tanto de diestros como zurdos.
- Adaptarse al transcurso del tiempo y al ritmo de los usuarios.

Uso Simple y Funcional

- Debe ser simple y de fácil entendimiento para los usuarios, independientemente de la experiencia.
- Evitar la complejidad en su estructura y en el lenguaje de instrucciones.
- Debe ser diseñado para cumplir las expectativas del usuario.
- Debe proporcionar avisos sobre la funcionalidad, avisos de emergencia y respuestas durante toda la ejecución.

Información Comprensible

- Comunicar información útil al usuario y de fácil comprensión.
- Mostrar información en diferentes formas (escritos, visuales, táctiles y auditivos).
- Facilitar instrucciones y direcciones.
- Debe ser compatible con técnicas de transmisión de información para personas con discapacidades sensoriales.

Tolerancia al Error

- Minimizar la posibilidad de errores y eventos que causen conflictos o emergencias.
- Poseer un plan de mitigación de riesgos.
- Proporcionar señales de advertencia de posibles peligros.
- Minimizar las posibilidades de interacción errada con el usuario.

Bajo Esfuerzo Físico

- Exigir el mínimo esfuerzo físico posible a los usuarios.

- Permanecer neutra la postura de los usuarios sin ningún esfuerzo que cause una lesión.
- Permitir el uso de fuerza razonable.
- Minimizar las repeticiones del uso por parte del usuario.

Uso adecuado del tamaño y espacio

- Debe ser creado en un espacio adecuado de aproximación, alcance y manipulación por parte de los usuarios, evitando así esfuerzos en el uso o complejidad de acceso.
- Proporcionar una línea de visión clara para los usuarios que se encuentran tanto de pie como sentados.
- El alcance de cualquier componente de la solución debe ser de acceso fácil para un usuario tanto sentado como de pie.
- Debe ser flexible al cambio de tamaño del cuerpo de los usuarios.
- Proporcionar espacios para asistencias o apoyos personales

Análisis De Tecnologías

En base a la comprensión del contexto y la identificación de los requerimientos, se analizan tecnologías de comunicación que cumplan con la hipótesis de la investigación; debe ser tecnología existente, costeable, aplicada y de fácil implementación. Es por eso que la investigación abarca tecnologías de comunicación de radio, tecnologías actualmente utilizadas en la vía pública, así como también comerciales. No serán consideradas las tecnologías basadas en infraestructura como WiFi o WIMAX.

Tecnologías de radio.

Espectro radioeléctrico. Las ondas electromagnéticas se representan en el espectro electromagnético. El espectro comprende desde longitudes de onda amplias con menor energía y mayor alcance, hasta las longitudes de onda cortas con mayor energía y menor alcance. Las comunicaciones de radio utilizan una fracción de todo el espectro electromagnético, que oscila generalmente entre los 3Khz y 300GHz y es denominado espectro radioeléctrico. (Ver Figura 15)

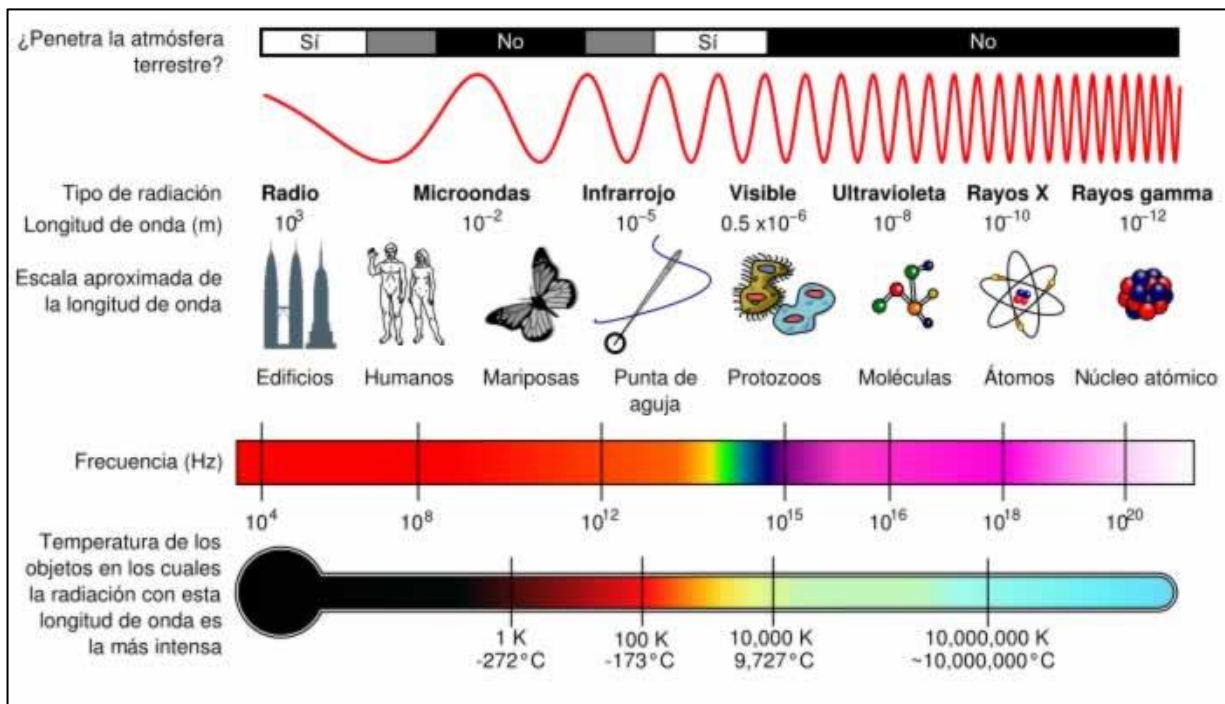


Figura 15. Diagrama del Espectro Electromagnético (Espectrometría, 2011). Representación del comportamiento y características de la onda electromagnética según su frecuencia.

Un ciclo de onda es una onda completa desde que inicia hasta que comienza un nuevo ciclo, y la distancia recorrida es denominada longitud de onda (λ). Usualmente, pero no obligatoriamente, se mide un ciclo entre dos crestas de onda, como se muestra en la Figura 16. Se denomina periodo al tiempo en segundos que transcurren al producirse un ciclo de onda

completa. La frecuencia es la inversa del periodo, es decir la cantidad de ciclos de onda por segundo y su unidad de medida es Hertz (Hz), la cual equivale a $\frac{1}{s}$, donde s es nuevamente segundos. A mayor frecuencia, mayor será la energía transmitida pero menor su alcance.

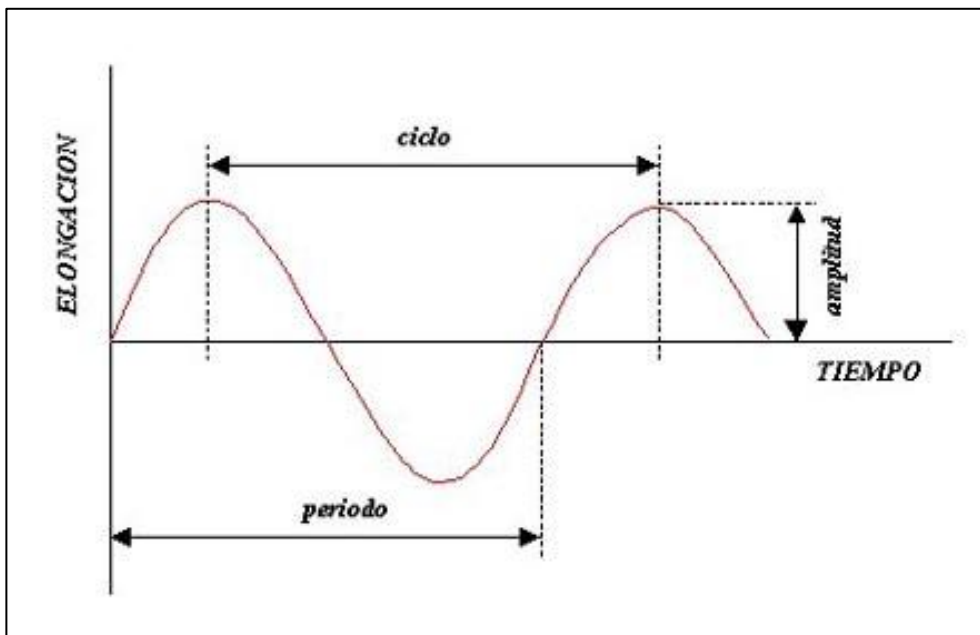


Figura 16. Diagrama de Onda (Pérez de Siles Marín & Cubero Atienza, 2011). Representación grafica de una onda y sus componentes.

El espectro es un recurso limitado y de bien público, por lo que es administrado por cada Estado. En Colombia, la Agencia Nacional del Espectro es quien normativiza el uso, pero es el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones quien lo administra y regula, otorgando frecuencias mediante concursos y subastas. (Pedraza, 2011). Ambas entidades buscan el mejor aprovechamiento del espectro y se encuentran en constante modificaciones para el contexto evolutivo actual. El marco general del espectro según el ANE se puede apreciar en la Figura 17, mientras que el ciclo del espectro en la Figura 18.

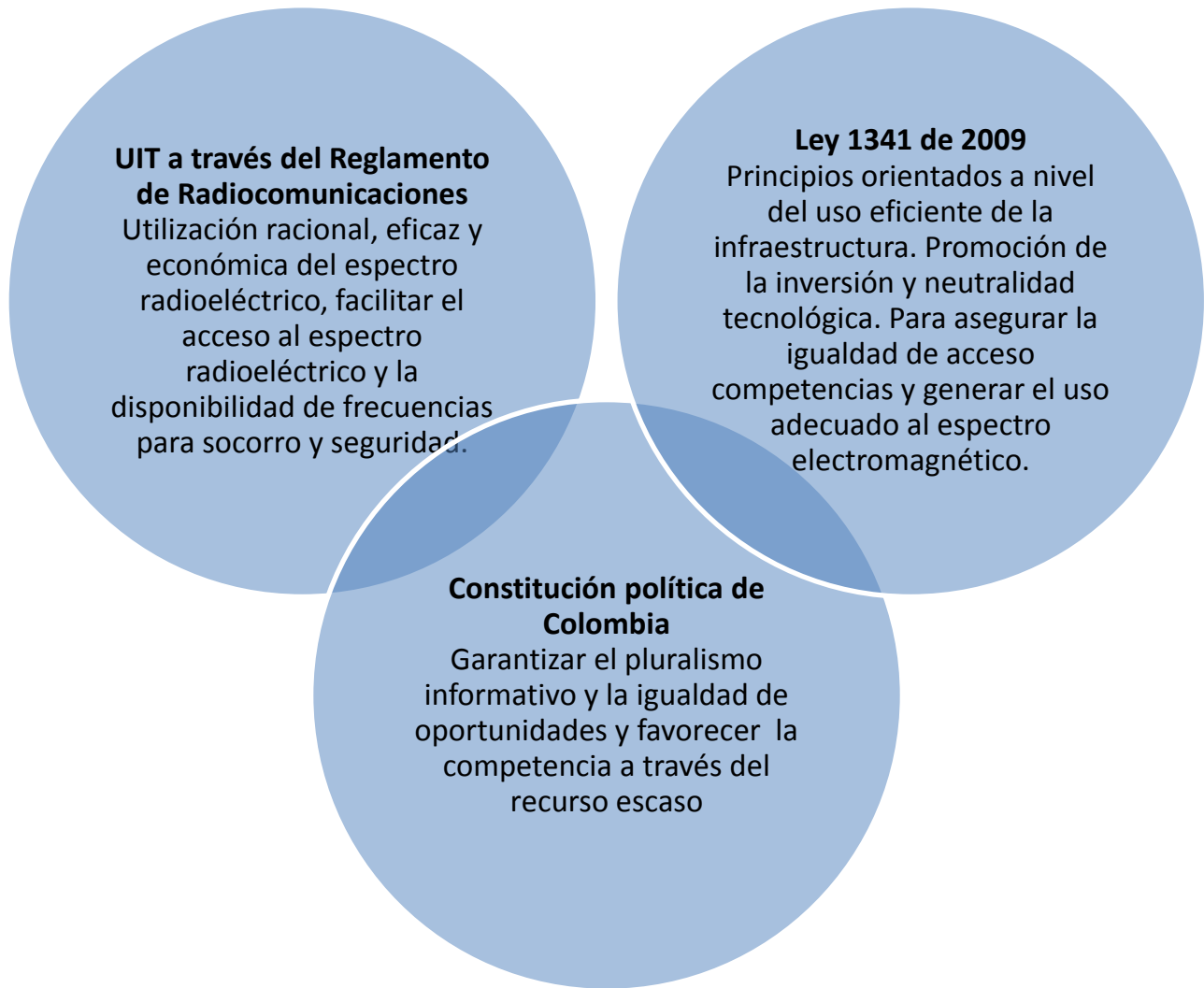


Figura 17. Marco General (Agencia Nacional del Espectro, 2011). Definición del marco legal del funcionamiento y asignación del espectro radioeléctrico.

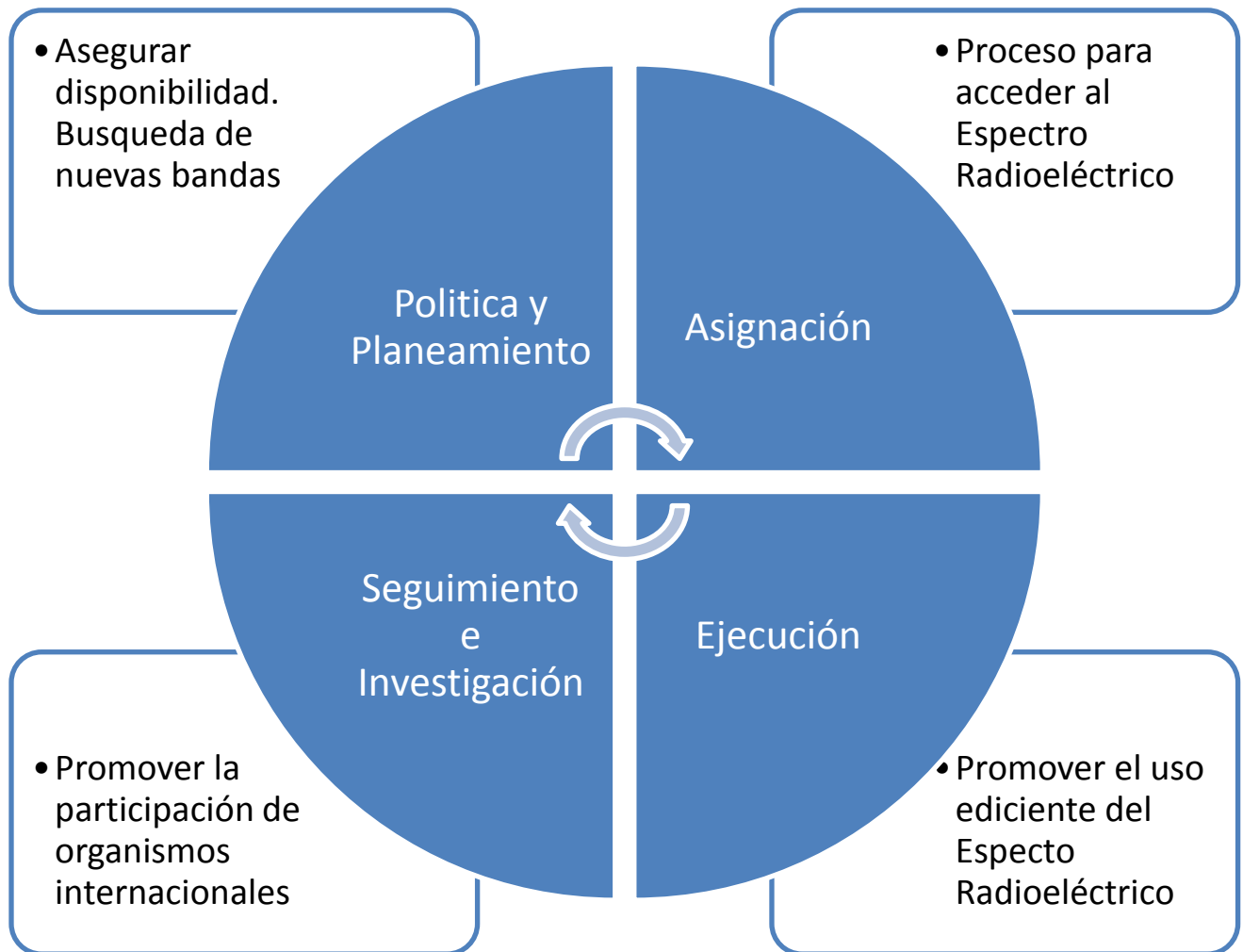


Figura 18. Ciclo del Espectro (Agencia Nacional del Espectro, 2011). Diagrama del ciclo de vida del espectro según la Agencia Nacional del Espectro.

Bandas de frecuencia. El Consejo Consultivo Internacional de las Comunicaciones de Radio (CCIR) estableció una categorización del espectro radioeléctrico según la frecuencia y sus características (ver Tabla 10). Esta división se encuentra delimitada bajo bandas de frecuencia. Existen dispositivos y compañías que operan en bandas de frecuencias específicas como es el caso de la telefonía celular, que en Colombia utilizan las bandas 850MHz y 1900MHz. (El Espectador, 2011). Dichas frecuencias se encuentran en las bandas UHF, mientras que las radios AM y FM que abarcan frecuencias de 525 a 1705Khz y de 87 a 107MHz se encuentran en las

bandas MF y VHF respectivamente. De todas formas, existen otros dispositivos, que ofrecen uso de frecuencias en distintas bandas. Es el caso del *Motorola MOTOTRBO*, que permite frecuencias entre UHF y VHF mediante licenciamiento con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y dicha licencia posee un costo de COL\$ 5,000,000 anuales (Pedraza, 2011).

Tabla 10

Distribución Convencional del Espectro Radioeléctrico (ArielDX, 2011)

Sigla	Denominación	Longitud De Onda	Gama De Frecuencia	Características	Uso Típico
VLF	Very Low Frecuencias Muy Bajas	30.000 m a 10.000 m	10 KHz a 30 KHz	Propagación por onda de tierra, atenuación débil. Características estables.	Enlaces de radio a gran distancia
LF	Low Frecuencias Bajas	10.000 m. a 1.000 m.	30 KHz a 300 KHz	Similar a la anterior, pero de características menos estables.	Enlaces de radio a gran distancia, ayuda a la navegación aérea y marítima.
MF	Medium Frecuencias Medias	1.000 m. a 100 m.	300 KHz a 3 MHz	Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Prevalece propagación ionosférica durante la noche.	Radiodifusión
HF	High Frecuencias Altas	100 m. a 10 m.	3 MHz a 30 MHz	Prevalece propagación Ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.	Comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia
VHF	Very High Frecuencias Muy Altas	10 m. a 1 m.	30 MHz a 300 MHz	Prevalece propagación directa, ocasionalmente propagación Ionosférica o Troposférica.	Enlaces de radio a corta distancia, televisión, frecuencia modulada
UHF	Ultra High Frecuencias Ultra Altas	1 m. a 10 cm.	300 MHz a 3 GHz	Solamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites	Enlaces de radio, Ayuda a la navegación aérea, Radar, televisión

				artificiales.	
SHF	Super High Frecuencias	10 cm.	3 GHz	Como la precedente	Radar, enlaces de radio
	Superaltas Frecuencias	a 1 cm.	a 30 GHz		
EHF	Extra High Frecuencias	1 cm.	30 GHz	Como la precedente	Como la precedente
	Frecuencias Extra-Altas	a 1mm.	a 300 GHz		

Transmisión. La transmisión se clasifica en analógica y digital. La analógica utiliza la conversión de sonidos, generalmente de voz, a señales eléctricas similares a las ondas de sonido. La transmisión analógica es vulnerable a interferencias de señales externas de frecuencias similares, que son imposibles de quitar en el receptor. La digital, en cambio, utiliza transmisión de series de dígitos binarios por lo que permite no sólo voz, sino también datos y la posibilidad de quitar posible interferencia en el receptor. “Los radios analógicos únicamente ofrecen comunicaciones de grupo (uno-a-muchos), mientras que los radios digitales tienen una capacidad de comunicación de persona-a-persona y de uno-a-muchos. Los radios digitales además ofrecen capacidades mejoradas debido a su habilidad para transmitir y recibir tanto datos como voz.” (Motorola, 2005) . “Este proceso de transformación que sufren los medios a nivel mundial, es algo que empezó a suceder hace poco más de 10 años, pero es en este momento que ese proceso comienza a acelerarse” (Morrison, 2010).

Arquitectura. En lo que respecta a comunicación por ondas de radio, existen diferentes arquitecturas utilizadas que incluyen protocolos de seguridad, cobertura y tipo de datos que se ajustan a las necesidades de cada usuario.

Las arquitecturas de comunicación se clasifican en convencional y troncal. La arquitectura troncal, o “trunking”, es un sistema que utiliza un rango de frecuencias libres destinadas a un

grupo de usuarios específicos para un uso eficiente del espectro radioeléctrico mediante una búsqueda de una frecuencia libre, entre las existentes. La arquitectura es idónea para casos donde la utilización de la frecuencia es baja, evitando una asignación del espectro ineficiente. De todas formas, el sistema ofrece características de seguridad limitadas ya que los radios pueden sufrir ataques de denegación de servicio. En el caso de Transmilenio, por ejemplo, la empresa emplea transmisión analógica para envío de voz complementada con servicio celular para envío de datos; éste concepto es conocido como red de valor agregado. (Pedraza, 2011).

El sistema convencional utiliza una frecuencia de radio fija. La misma, puede ser licenciada o no, dependiendo de la cobertura. “Los sistema de radio convencional son soluciones que permiten conectividad de voz entre equipos de trabajo manteniendo el control y la privacidad propios de operaciones robustas y de misión crítica.” (Anditel, 2011) Existen radios convencionales de corto alcance que utilizan frecuencias no licenciadas, como es el caso de la banda 900MHz.

Comunicaciones. Las comunicaciones pueden ser Broadcast, Multicast o Unicast. El primero refiere a comunicación de uno-a-todos, el cual implica que existe un transmisor y múltiples receptores. Siendo Broadcast exclusivamente, implica que no existe la posibilidad de comunicación uno-a-uno, como es el caso de Unicast. Un ejemplo de Broadcast es la radio AM y FM, los cuales utilizan una antena en la estación para transmitir la frecuencia a todos los radiorreceptores. Esto no implica necesariamente que un dispositivo no pueda ser transmisor y receptor, sino que el tipo de comunicación es de uno-a-muchos. El Multicast es similar al Broadcast debido a que hay un transmisor y múltiples receptores. La diferencia radica en la selección de los receptores; a diferencia del primero que es a todos, éste permite la selección de quienes podrán escuchar. Por último, como se menciona anteriormente, el Unicast es transmisión

de uno-a-uno, sin la necesidad de que otros dispositivos reciban la comunicación. A diferencia de los radiorreceptores, los cuales no tienen la capacidad de transmitir, si es posible con los radios de dos vías.

Dispositivos. Existen diferentes dispositivos que cubren las distintas necesidades de los usuarios combinando los parámetros mencionados. Los dispositivos más populares son los radios portátiles, también conocidos como Walkie Talkie. Estos dispositivos de dos vías pueden utilizar frecuencias licenciadas o no, y la diferencia entre ellos será la cobertura. Los dispositivos profesionales, como es el caso del Motorola DTR-620 (Ver Figura 19), utilizan la banda no licenciada de 900MHz (UHF), más específicamente 902 a 907MHz y 915 a 928MHz con una cobertura entre 1 y 2km entre dos dispositivos (García Galvis, 2011). Estos dispositivos permiten Unicast, Multicast y Broadcast y el envío de mensajes cortos de 80 caracteres. (Motorola, 2005). En el caso de necesitar mayor cobertura, algunas radios portátiles utilizan repetidoras para ampliar el área de comunicación, pero requiere el uso de una banda de frecuencia licenciada, otorgada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.



Figura 19. Radio Portátil Motorola DTR-620 (Motorola, 2005). Imagen de radio portátil Motorola DTR-620.

Adicional a las radios portátiles, existen las radios móviles, las cuales se encuentran diseñadas principalmente para vehículos. Estas radios no portables, poseen GPS para su ubicación geográfica y, como las radios portátiles, posee comunicación de dos vías. Debido a su

necesidad de amplia cobertura, el uso de bandas no licenciadas en principio no tendría utilidad, por lo que las radios requieren licenciamiento de bandas de frecuencia en las categorías UHF o VHF. Para aumentar el área de cobertura en bandas licenciadas, es estratégico el uso de repetidoras. Con ubicación estratégica, amplían el área de cobertura considerablemente, permitiendo alcances mayores. En el caso del Motorola MOTOTRBO, sin repetidora posee un alcance punto-a-punto de 5km, mientras que con repetidora llega a 15km (García Galvis, 2011).

Por último, dependiendo de la necesidad del usuario, se puede utilizar una estación base. Independientemente si es radio portátil o radio móvil, sirve de central para las comunicaciones entre los dispositivos en banda licenciada, por lo que no posee utilidad alguna para comunicaciones en banda sin licenciamiento de corto alcance. Ambas clases de dispositivos pueden comunicarse analógica o digitalmente, así como también por arquitectura troncal como convencional y con o sin repetidoras y centrales base. Algunas empresas ofrecen soluciones con todas las combinaciones, como el caso del Motorola MOTOTRBO (Ver Figura 20).



Figura 20. Motorola MOTOTRBO (Motorola, 2010). Imagen de radio portátil y móvil con repetidora Motorola MOTOTRBO.

Tecnologías alternativas.

Bluetooth. Se conoce Bluetooth como la comunicación inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.15.1 para transferencia de datos entre dispositivos mediante una frecuencia de radio no licenciada y de corto alcance. Esta comunicación segura y privada fue desarrollada en 1999 por una unión de empresas a la que se denominó Bluetooth SIG, en búsqueda de una comunicación inalámbrica de bajo consumo eléctrico para dispositivos móviles. Las empresas más destacadas involucradas en la unión son Ericsson, Intel, Nokia, Toshiba, IBM, Microsoft, 3COM, Motorola y Lucent. (Tecnyo, 2011)

La frecuencia de uso se encuentra entre los 2,402 y 2,480 GHz y una transferencia de 720kb/s, aunque con su evolución tecnológica, la velocidad ha variado. En cuanto a su alcance, posee una distancia óptima de 10 metros, aunque existen distintas clases con alcances de 100 metros pero menor velocidad de transferencia (Franklin & Layton, 2011). Con respecto a las versiones, la tecnología ha evolucionado desde a su primera implementación en 1999. La versión 1.2 permitía un ancho de banda de 1Mbit/s, mientras que la versión 2.0 una velocidad de 3Mbit/s y la más reciente versión 3.0 con velocidad de transferencia de 24Mbits/s. En adición, la tecnología Bluetooth no posee restricciones concretas respecto al tipo de dato que puede enviar, siendo este texto, imágenes o videos y sonidos. Actualmente, si bien la tecnología permite hasta ocho dispositivos conectados simultáneamente, es un evento no recurrente debido a su técnica de saltos en la frecuencia. Ésta técnica define que el dispositivo utilizaría 79 frecuencias individuales y al azar dentro del rango designado, cambiando de una frecuencia a otra constantemente. En el caso de Bluetooth, los dispositivos pueden cambiar frecuencias hasta 1600 veces por segundo para un mejor aprovechamiento del espectro para la innumerable cantidad de dispositivos que pueden comunicarse en un mismo lugar y momento. (Franklin & Layton, 2011)

Beeper. La tecnología, también conocida como localizador o buscapersonas, se encuentra prácticamente en desuso a pesar del apogeo adquirido en la década de los 90. El beeper fue creado por Al Gross en Estados Unidos en la década de los 50 y hoy en día, sólo se encuentra vigente en pocas compañías como SkyTel.

La tecnología constaba de un servicio prestado por compañías privadas de comunicación, donde era recibido un mensaje de voz del remitente y era la compañía quien transcribía el mensaje a texto corto para ser enviado al beeper. El beeper consta de comunicación de una vía, siendo el dispositivo sólo receptor.

Según William Penagos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en Colombia la tecnología ha quedado obsoleta y no existen proveedores de dicho servicio. De todas formas, afirma que cualquier entidad con tecnología homologada y una infraestructura de comunicación beeper se encuentra en condiciones de solicitar un ancho de 25KHz, suficientes para utilizar la tecnología. Al igual que el Motorola MOTOTRBO, requiere de licenciamiento de COL\$ 5.000.000 anuales por la licencia.

No obstante, es de importancia considerar que la tecnología ha quedado obsoleta por las tecnologías alternativas y su eficiencia. En un artículo publicado por la revista Gerente en Mayo 1999, llamado Avantel vs Celulares, se encuentra el siguiente testimonio “...recurrimos al sistema trunking como el más efectivo porque nos permite comunicación inmediata en línea sin temor a que se pierdan los mensajes, como podría ocurrir con sistemas como el beeper.” (Herrera, 1999)

Avantel. Avantel es una empresa privada que ofrece comunicaciones móviles como alternativa a las comunicaciones por celular. La empresa utiliza dispositivos Motorola con

tecnología de Red Mejorada Digital Integrada (iDEN) y arquitectura trunking, la cual utiliza la banda 800MHz, más específicamente de 806 a 824MHz y 851 a 869MHz. La empresa ofrece como alternativa de comunicación adicional a la celular el sistema Push To Talk (PTT) para conversación de voz por radio a otros dispositivos conocidos por el transmisor, similar a NexTel. Dicho sistema permite conversaciones uno-a-uno o uno-a-muchos, con un límite de 600 dispositivos mediante grupos. “Para comunicarse en fracciones de segundo, usted sólo debe marcar el ID (código del equipo) de la persona de su misma flota con quien quiere comunicarse, y presionar el botón de Comunicación Inmediata (ubicado al costado izquierdo de su equipo). Presione este botón cada vez que desee hablar y suéltelo para escuchar.” (Avantel, 2011). Un componente que caracteriza los dispositivos móviles de Avantel es que cuentan con GPS. El uso del servicio consta de un pago mensual que a diferencia de las compañías de celular, donde fraccionan el cobro por minuto, realiza un cobro por segundo utilizado. De todas formas, el sistema PTT es exclusivamente de voz y no permite datos, los cuales requieren la utilización SMS como las compañías de telefonía celular competidoras.

Análisis De Posibles Arquitecturas Del Sistema

Luego de referenciar el contexto tecnológico del mercado, se han tenido en cuenta los requerimientos de los usuarios junto con los técnicos para definir la tecnología idónea para la solución. La misma contempla arquitecturas, tipos de transmisión, tipos de dispositivos y tecnologías alternativas. Es importante remarcar que algunas combinaciones de los parámetros a considerar son en primera instancia obsoletas para la solución, pero se han comparado igualmente en caso de resultar favorables para los requerimientos funcionales. Es posible que dicho escenario ocurriera y se pudiera buscar la forma de implementarla con red de valor agregado.

De los requerimientos, se han definido los valores en la Tabla 11. En base a los requerimientos se detallan las comparaciones de las diferentes tecnologías en una matriz QFD. En la Tabla 12 se comparan las distintas comunicaciones de radio, sea convencional o troncal así como también analógica o digital y licenciada o no. En la Tabla 13, se analizan redes de valor agregado, y por último en la Tabla 14, las tecnologías alternativas.

Tabla 11

Tabla de valores para Matriz QFD

Actor	Requerimiento	Descripción	Valor
INCI	Cobertura	La solución debe ser en la totalidad de la ciudad	10%
INCI	Ascenso/Descenso	Debe ser total en el desenvolvimiento de la persona en el transporte	10%
INCI	Integridad	Los ciegos prefieren Transmilenio por ser ordenado. Debe ser confiable	10%
INCI	Usabilidad	Transparente para el Usuario.	10%
INCI/Propio	Seguro	No permitir interferencias	10%
Propio	Control	Control centralizado (Conocimiento + potencialidad)	9%
Estado	Limpio	No debe generar contaminación visual o auditiva	7%
SITP	Escalabilidad	Facilidad para agregar nuevos buses o paraderos	6%
SITP	Flexibilidad	Facilidad de modificar el sistema	6%
Propio	Infraestructura	Infraestructura necesaria para el funcionamiento y cobertura	6%
Propio	Costeable	Costo/Oportunidad realizable	6%
Propio	Tamaño de Datos	Capacidad de Transferencia	4%
Propio	Licenciamiento	Licencia o pago mensual	3%
Propio	Integración	Con otros sistemas + Potencialidad	2%
Propio	Ahorro Energético	Bajo consumo de energía	1%
Total			100%

Tabla 12

Matriz QFD Tecnologías de Radio

Requerimiento	Convencional				Troncal	
	Analógica		Digital		Analógica	Digital
	No Licenciada	Licenciada	No Licenciada	Licenciada	Sólo Proveedor	Sólo Proveedor
Cobertura	10	10	10	10	10	9
Ascenso/Descenso	0	0	10	9	0	8
Integridad	3	3	10	8	2	5
Usabilidad	8	8	10	10	10	10
Seguro	3	3	10	10	4	10
Control	0	8	0	10	8	10
Limpio	8	8	10	10	10	10
Escalabilidad	1	8	7	10	8	10
Flexibilidad	1	7	7	10	4	10
Infraestructura	10	5	9	2	2	6
Costeable	10	8	9	3	2	6
Tamaño de Datos	1	1	10	5	2	7
Licenciamiento	10	5	10	5	2	7
Integración	4	7	10	10	6	7
Ahorro Energético	10	3	9	3	8	8
Total	4,8	5,72	8,61	8,38	5,32	8,43

Tabla 13

Matriz QFD Redes de Valor Agregado

Requerimiento	Convencional	Troncal
	Digital No Licenciada + Paraderos cable	Analógica Con Datos Celular
Cobertura	10	10
Ascenso/Descenso	10	8
Integridad	7	10
Usabilidad	10	10
Seguro	7	10
Control	9	8
Limpio	10	10
Escalabilidad	8	8
Flexibilidad	10	6
Infraestructura	5	1
Costeable	6	3
Tamaño de Datos	7	7
Licenciamiento	6	1

Integración	10	9
Ahorro Energético	7	8
Total	8,38	7,87

Tabla 14

Matriz QFD Tecnologías Alternativas

Requerimiento	Bluetooth	Beeper	Avantel
Cobertura	10	10	10
Ascenso/Descenso	8	8	8
Integridad	5	10	10
Usabilidad	10	10	10
Seguro	8	8	10
Control	2	10	2
Limpio	10	10	8
Escalabilidad	4	6	10
Flexibilidad	4	6	6
Infraestructura	8	2	8
Costeable	8	8	8
Tamaño de Datos	10	8	8
Licenciamiento	10	2	4
Integración	4	8	8
Ahorro Energético	10	8	8
Total	7,3	8,14	8,14

Como se menciona anteriormente, algunas combinaciones de tecnologías no son eficientes. Sin embargo se ha considerado en esta investigación en caso de ofrecer un valor agregado sustancial que desemboque en la necesidad de buscar el complemento necesario para las posibles falencias. Un ejemplo de esta situación ocurre con toda transmisión análoga y justifica la tendencia mundial de migración hacia la transmisión digital. De todas formas, en la matriz QFD ha obtenido las calificaciones más bajas.

Las tecnologías alternativas denotan unas semejanzas entre los valores obtenidos; sin embargo sus arquitecturas son diferentes. En primera instancia, la tecnología Bluetooth es sólo

para corto alcance, es decir para comunicación bus-paradero sin la posibilidad de una central que controle y actualice el sistema. Posee características favorables como la transferencia de archivos y la seguridad, pero no un alcance de la transmisión. Si bien existen dispositivos de insuficientes 100 metros, la comunicación ideal se genera a los 10 metros y como se menciona anteriormente las comunicaciones suelen ser uno-a-uno. Aun no presentando problemas desde el punto de vista del bus, si puede ser un inconveniente para el paradero que realiza múltiples búsquedas simultáneas. En el caso del Beeper, la tecnología permite envío de mensajes de texto cortos pero al ser una tecnología obsoleta, no existe infraestructura en Colombia para su implementación, por lo que la central requeriría de una gran inversión de capital. Por último, Avantel, posee varios componentes favorables como GPS, envío de mensajes de texto, pero a costa de un gran costo de mantenimiento mensual, adicional a los problemas que pueden presentarse en una empresa de telefonía celular, y sumado a que la comunicación PTT es analógica, es decir sólo voz.

Con respecto a las tecnologías de radio, la comunicación con arquitectura troncal y transmisión digital posee una calificación considerablemente alta. De todas formas, posee características que afectan y favorecen la solución. Si bien reduce los costos en licenciamiento, el uso de la frecuencia para diez veces la cantidad de buses del Transmilenio (Rodríguez Céspedes, 2011) ocuparía constantemente las bandas del grupo de usuarios. Es posible, aunque a un mayor costo, solicitar un número determinado de frecuencias y utilizar la arquitectura troncal entre esas bandas privadas. Aun así, no es necesaria esta medida y con una mejor utilización del espectro se puede cubrir la ciudad con una sola banda de frecuencia en arquitectura convencional.

Por último, en redes de valor agregado, con arquitectura troncal, transmisión analógica y complemento en telefonía celular para mensajes de texto, se ha considerado debido a que es la estructura actual del Transmilenio. Sin embargo, no implica que la estructura sea la más eficiente.

“Según el contralor (Miguel Ángel Morales), el 20 por ciento de los buses que tiene Transmilenio no tienen conexión con la central de comunicaciones, lo cual, deja a unos 200 articulados por fuera del control de tráfico en las horas pico.” (Caracol, 2008) Cabe destacar, que la comunicación de datos dependa de una empresa externa como Avantel, no es sólo costoso sino que tampoco puede garantizar un funcionamiento óptimo, ya que posee un gran abanico de diferentes usuarios y los problemas habituales que cualquier compañía de telefonía celular puede presentar, como caída del servicio o saturación. "Sabíamos que era un sistema costoso, de casi 12 mil millones de pesos, y que iba a funcionar como una isla porque un sistema tan complejo como Transmilenio también necesita tener conexión con otras entidades como la Policía" (Caracol, 2008). Y finalmente, radios digitales no licenciadas y paraderos por cable fue una solución sugerida por William Pedraza del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, mencionando que los paraderos pueden comunicarse con la central mediante conexión de fibra óptica o coaxial, contratando el servicio a un proveedor de telefonía. Ésta arquitectura es interesante, ya que no requiere licenciamiento y la comunicación entre bus y paradero puede ser mediante banda no licenciada de corto alcance. Mediante cable, la central puede controlar el sistema con el paradero como intermediario. Un inconveniente es el costo de instalación en 3266 paraderos M-10 (Transmilenio, 2011) , sumado al aumento de puntos en el futuro y el pago mensual por el mantenimiento.

Es por eso que la matriz QFD coincide con la conclusión de utilizar arquitectura convencional con transmisión digital. Con respecto al licenciamiento, existe un factor importante respecto a uso de frecuencia que puede afectar el sistema; la caída funcional de la central. En caso de una caída de energía o de comunicación de la central, los dispositivos se verían afectados y no garantizaría la disponibilidad del sistema. Adicionalmente, el costo anual es

considerablemente elevado para el tamaño de la infraestructura, si se considera la cantidad de buses, paraderos y metros cuadrados de cobertura. Bajo esa premisa, no justifica centralizar el sistema, por lo que utilizar la banda de 900MHz sin el pago anual es la opción resultante.

Planteamiento De La Solución

La tecnología seleccionada ofrece una gran variedad de características que sustentan los requerimientos del sistema. En primera instancia, las radios como el Motorola DTR-620, utiliza la banda ISM (Industrial, Científico y Médico) de 900MHz, más precisamente de 902 a 907MHz y 915 a 928MHz siendo no licenciada y sin pago anual al Ministerio de Tecnologías de la Investigación y las Comunicaciones. El alcance de éstas radios es de entre 1 a 2km (García Galvis, 2011), suficiente para la necesidad del sistema. Las radios, al ser digitales poseen envío de mensajes de texto de hasta 80 caracteres y la facilidad de ingresar 25 mensajes predeterminados, que podrían ser configurados con las notificaciones del sistema. Los dispositivos poseen identificaciones de hasta once dígitos, con un total de cien millones de combinaciones posibles, permitiendo la posibilidad de agregar nuevos dispositivos. Para garantizar la seguridad en frecuencias no licenciadas, los dispositivos poseen medidas como el protocolo MOTotalk para las comunicaciones PTT y la tecnología FHSS (Espectro Disperso para Salto de Frecuencia) con 7 zonas de 50 frecuencias dando un total de 350 frecuencias posibles para ofrecer protección contra otros productos que están usando la misma banda y garantizando que otros dispositivos no puedan interceptar las comunicaciones. (Motorola, 2005)

De todas formas, existe un obstáculo que debe ser atendido; no poseen GPS integrado. Esto se debe a que el GPS es de gran utilidad para conocer la ubicación geográfica de dispositivos en grandes distancias, mientras que con un alcance de 1 a 2 km el dato resultaría innecesario para la mayoría de los casos. Se considera que el dispositivo GPS sería de gran utilidad en el sistema para poder identificar la ubicación geográfica del bus, con respecto al paradero. Siendo su señal omnidireccional, es dificultoso poder identificar si el bus se acerca, se aleja pero se encuentra en el radio, o si se acerca en dirección opuesta en una vía de doble sentido. No obstante, el departamento SITP de Transmilenio garantizó la adaptación tecnológica de los buses para circular, y una de las adaptaciones será el dispositivo GPS (Transmilenio, 2011). La arquitectura resultante será privada entre el paradero y los buses, como se muestra en la Figura 21.



Figura 21. Comunicación Bus/Paradero (Falling Pixel, 2007) (Alibaba, 2011), Diagrama simplificado de la comunicación según la solución planteada.

Ascenso

Cuando la persona con limitaciones visuales se acerca a un paradero M-10, seleccionará con ayuda de una leyenda en lenguaje Braille la ruta correspondiente. En ese momento, un mensaje de voz confirmará su línea, de manera que el solicitante se encuentre consciente del bus que se ha seleccionado. En ese momento, el paradero comenzará a realizar la búsqueda de dicho bus. Para facilitar el sondeo, cada ruta de buses será identificado con un número, propio de su recorrido, implicando que dos buses de las mismas compañías y rutas tendrán igual identificación, y corresponderá al número referenciado en el tablero de selección del paradero. Una vez identificado el bus más próximo, será notificado que ha sido solicitado para su detención en el próximo paradero. Al detenerse, una notificación auditiva anunciará la línea de bus permitiendo al solicitante ingresar. Por cuestiones de eficiencia y menor uso del espectro, el mensaje será reproducido por el bus al abrirse las puertas de acceso. Adicionalmente a la notificación auditiva, el bus comunicará al paradero su arribo, dando por finalizada la búsqueda.

Descenso

Basado en el mismo sistema, así como los buses serán configurados con identificadores relacionados con su compañía y ruta, también sucederá con los paraderos; el paradero tendrá configurada como identificación la combinación de carrera y calle según su ubicación geográfica. Cada bus que circule su respectiva ruta tendrá en su lista de grupo privado las identificaciones de los paraderos asignados. Al encontrar un paradero conocido, se establecerá comunicación entre los dispositivos, y posterior análisis de aproximación en la dirección correcta, el paradero enviará un mensaje de texto al interior del bus con la intersección o ubicación estratégica (CAN, DAS, Parque de la 93, entre otros) para ser leído por un sistema de lectura de texto simple.

Condiciones del sistema

- Para garantizar que el bus seleccionado se encuentra aproximándose, el bus deberá enviar la ubicación geográfica provista por el GPS del bus en las dos solicitudes que realice el paradero. De esa forma, el paradero podrá realizar el cálculo de aproximación o apartamiento con una simple operación matemática, además de la identificación de la dirección y el sentido.
- El alcance de los radios debe ser reducida a 150 metros para optimizar la búsqueda y la selección del bus más cercano por sobre el primero identificado. Se ha definido 150 metros sobre 100 metros porque en momentos de flujo vehicular prácticamente nulo, los buses transitan a velocidades mayores y podría resultar complicado y hasta peligroso detenerse según solicitado.
- En caso de encontrar dos buses aproximándose en la dirección correcta, considerando el radio de 150 metros, se realizarán los cálculos de aproximación en los buses localizados y se identificará el bus más próximo.
- Si se realiza una solicitud de detención desde el paradero, estando el bus fuera del radio de 150 metros, el paradero no sólo solicitará la detención del bus sino que además enviará un segundo mensaje con su ubicación para el anuncio en el interior del vehículo. De esa manera se busca eliminar cálculos y comunicaciones innecesarias.
- En caso de realizar la solicitud desde el paradero, estando el bus dentro del radio de 150 metros, se asume que ya ha habido una previa comunicación entre ambos notificando la ubicación geográfica del paradero en el interior del bus.
- Únicamente se finalizará la búsqueda cuando una vez detenido el bus en la estación, éste de una notificación de arribo.

- Para evitar uso innecesario del espectro, una vez solicitado el bus, el paradero marcará la ruta como “enBusqueda()”, deshabilitando el interruptor hasta la confirmación de arribo.
- Los paraderos también detendrán la búsqueda luego de sesenta minutos transcurridos para evitar búsquedas innecesarias durante la noche donde no hay buses en circulación, pero dando lugar a las posibles demoras debidas al tránsito.
- En el caso donde dos buses de la misma compañía y ruta previamente solicitada no se detengan, comprenderá que nadie se encuentra en el paradero y finalizará la búsqueda, realizando una notificación auditiva que ha sido cancelada. Dicho escenario es de utilidad para casos donde el paradero se encuentra sin usuarios o cuando una persona realizó dos búsquedas simultáneas de compañías distintas y un bus se acercó primero. Si se diera el caso donde el usuario todavía permanece en el paradero aguardando el bus, deberá volver a solicitar la búsqueda y quedará registrado el evento para posterior análisis.
- Todos los buses y paraderos contarán adicionalmente con un identificador propio para control, mediante el cual se podrán realizar rutinas de revisión y así garantizar la integridad.

En base a las características y condiciones del sistema, se plantean los diagramas de flujo del ascenso y descenso en Figura 22 y Figura 23.

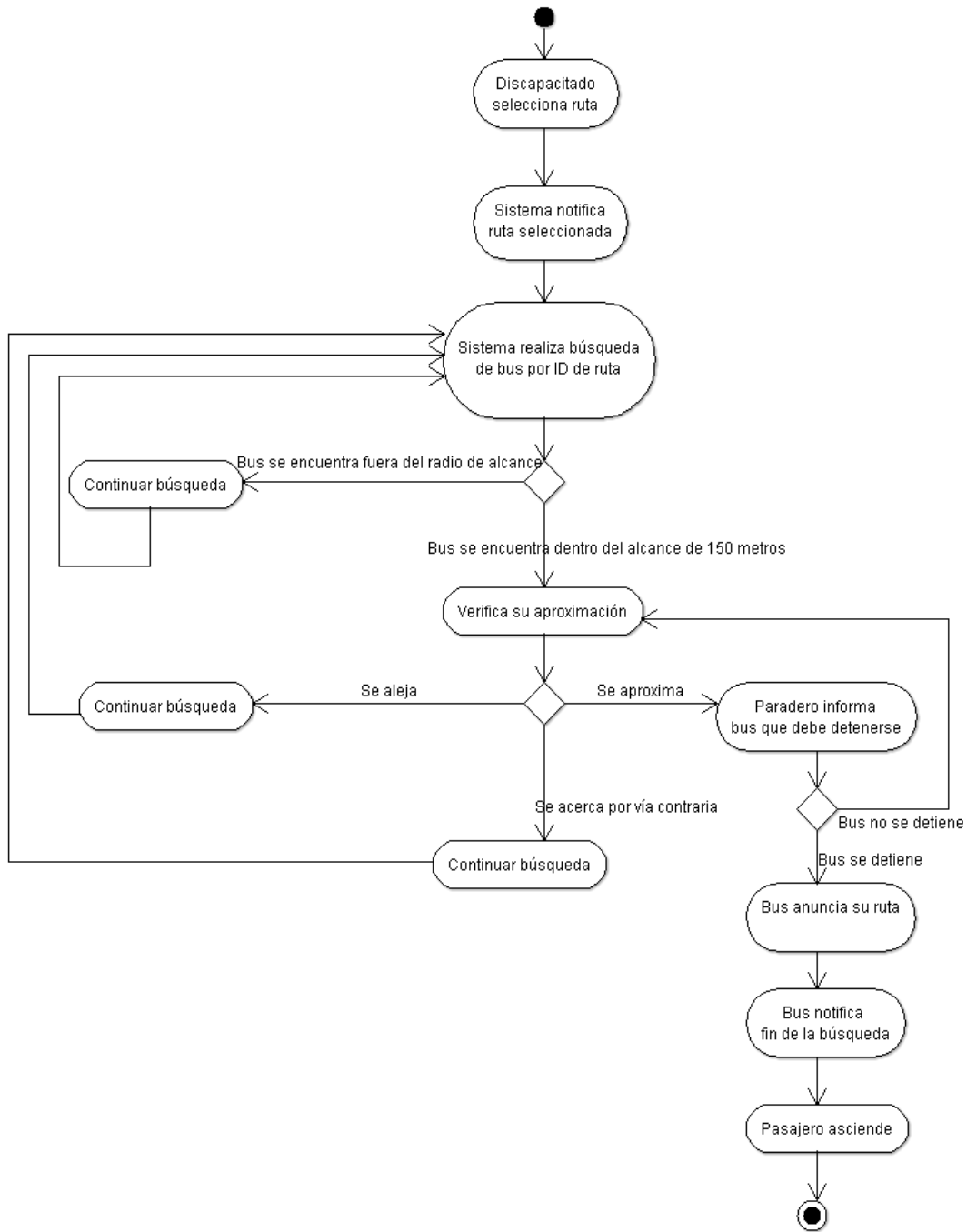


Figura 22. Diagrama de flujo del ascenso al bus. El diagrama plasma la lógica del funcionamiento desde el punto de vista del paradero para ascender al bus deseado.

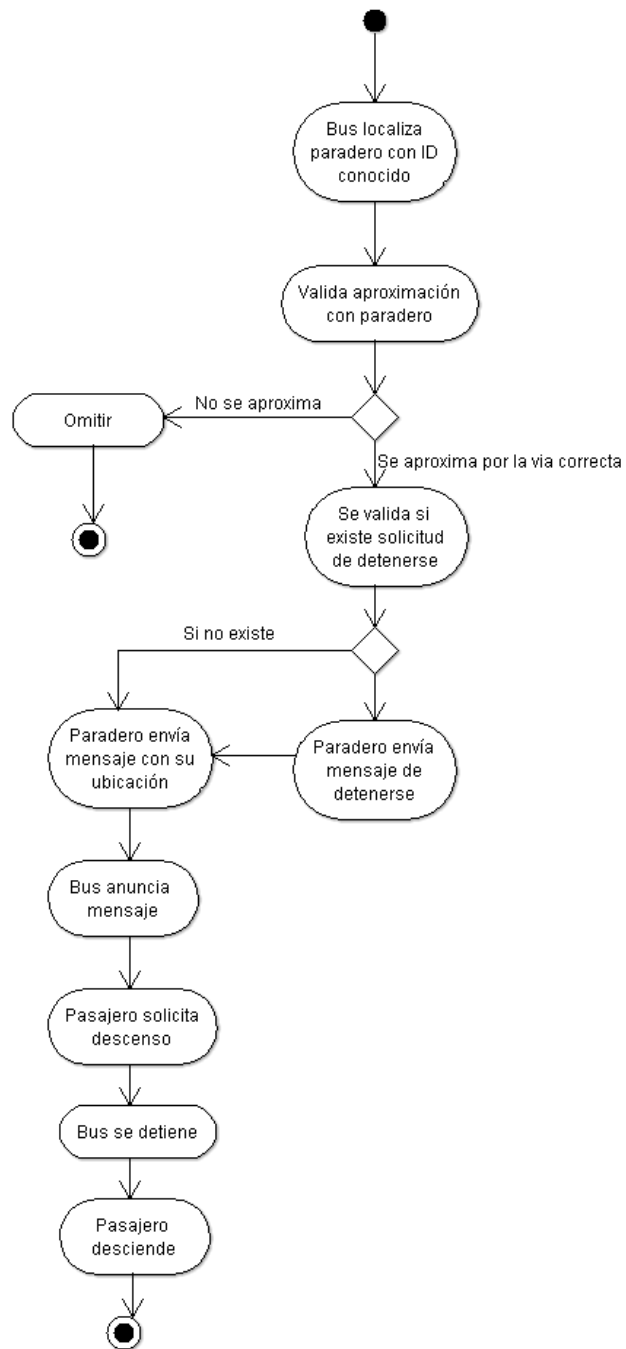


Figura 23. Diagrama de flujo del descenso del bus. El diagrama plasma la lógica del funcionamiento desde el punto de vista del bus para descender al paradero deseado.

Conclusiones

Al analizar y comprender tanto las necesidades de las personas con limitación visual como la facilidad y versatilidad de dispositivos de radiocomunicación en el mercado, no existe un impedimento distinto a financiero para la instalación de una solución de estas características. Si bien la investigación buscaba una arquitectura con central para mejor manejo del sistema, control del conocimiento y posibles actualizaciones de manera más flexible, los aspectos negativos superaban los positivos. En un grupo de la sociedad desatendido como los discapacitados, la integridad del sistema es vital para garantizar igualdad de condiciones, por lo que sin centralización, no se daría a lugar a posibles caídas del sistema completo.

Es importante remarcar la cooperación de los actores involucrados. En todos los casos, desde el Instituto Nacional de Ciegos representando los afectados hasta el Transmilenio representando el sistema, se ha obtenido suficiente información y apoyo para la realización de la investigación. No obstante, en todas las entrevistas, reuniones y congresos se ha concluido que al día de hoy, Bogotá no posee ningún proyecto para la mejora del sector en cuestión.

Sugerencias Y Mejoras

A lo largo de la investigación han surgido innumerables ideas de mejora que se encontraban fuera del contexto de la investigación y es de interés de los participantes mencionarlas.

- Siendo la tendencia hacia el diseño universal, se recomienda que los buses y paraderos cuenten con señales definidas y en contrastes para las personas sordas que no pueda oír el anuncio, junto con un letrero en el interior del bus que mencione la próxima parada al recibir el mensaje del paradero.

- Siendo el verdadero alcance de los radios de entre 1 y 2km, se podría permitir comunicación con el centro policial más cercano mediante un interruptor de pánico con un mensaje de la ruta y ubicación.
- El paradero puede servir para múltiples funciones, fuera del sistema de comunicaciones entre dispositivos, como es el caso de información auditiva sobre las rutas.
- Así como en el paradero se encuentra la solución para el ascenso y descenso, el INCI comentó que existen texturas en el suelo para conocer la ubicación del Transmilenio. Dicho esquema podría ser utilizado también para guiar a las personas hacia los paraderos.
- Tanto los paraderos como los buses deberían aplicar señalizaciones visuales mediante diferencia de contrastes para mejor identificación.
- El audio de notificación en los paraderos debería ser relativo al contexto de la vía pública; no sólo debido al nivel de intensidad del sector, sino también en diferentes horas del día.
- Según el INCI, la gran mayoría de las personas con limitación visual no conocen el sistema Braille. Para una mejor adaptación al sistema, debería existir un proyecto de capacitación.

Referencias

Discapacidad Sensorial. (24 de Mayo de 2009). Obtenido de Porque Todos Somos Personas:

<http://amicsdelaprovidencia.wordpress.com/2009/05/24/discapacidad-sensorial/>

ABC.es. (20 de Septiembre de 2011). *La alcaldesa inaugura un sistema de paradas de autobús*

para invidentes. Recuperado el 27 de 11 de 2011, de ABC.es:

<http://www.abc.es/20110920/ciudad-real/abcp-alcaldesa-inaugura-sistema-paradas-20110920.html>

Acerca de - Transmilenio S.A. (2011). *Transmilenio S.A.* Recuperado el 14 de Octubre de 2011, de

http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=AcercaDeLaEntidad_PoliticaYObjetivos

Agencia Nacional del Espectro. (2011). *Agencia Nacional del Espectro*. Recuperado el 28 de 10

de 2011, de Objetivos y Funciones: <http://www.ane.gov.co/estructura.shtml#objetivos>

Agencia Nacional del Espectro . (21 de Noviembre de 2011). *Congreso Internacional del*

Espectro. Hotel Tequendama, Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (3 de Agosto de 2011). Generalidades del contrato de concesión.

Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Alibaba. (2011). *Mini Bus*. Obtenido de Alibaba: [http://spanish.alibaba.com/product-gs/mini-](http://spanish.alibaba.com/product-gs/mini-medium-hiace-commuter-bus-coaster-bus-school-shuttle-bus-intercity-buses-206306466.html)

[medium-hiace-commuter-bus-coaster-bus-school-shuttle-bus-intercity-buses-](http://spanish.alibaba.com/product-gs/mini-medium-hiace-commuter-bus-coaster-bus-school-shuttle-bus-intercity-buses-206306466.html)

[206306466.html](http://spanish.alibaba.com/product-gs/mini-medium-hiace-commuter-bus-coaster-bus-school-shuttle-bus-intercity-buses-206306466.html)

Anditel. (2011). *Sistemas de Radio Convencional*. Obtenido de Anditel:

http://www.anditel.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=20&lang=es

ArielDX. (2011). *Introducción a la Radioescucha*. Obtenido de ArielDX:

<http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/bandas.htm>

Avantel. (2011). *Preguntas Frecuentes*. Obtenido de Avantel:

http://www.avantel.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=134&Itemid=188

Biblioteca Luis Ángel Arango. (2011). *Beeper*. Obtenido de Banco de la República:

<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/objetos/objetos32.htm>

Caracol. (16 de Mayo de 2008). *'Trancón' de comunicaciones en Transmilenio*. Obtenido de

Caracol: <http://www.caracol.com.co/noticias/actualidad/trancon-de-comunicaciones-en-transmilenio/20080516/nota/597360.aspx>

Cdtarjeta Multimedia, S.L. (2011). *Código Braille*. Obtenido de CDBraille:

http://www.cdbraile.com/codigo_braille.asp

Ciudad Accesible. (2011). *Diseño Universal*. Obtenido de Ciudad Accesible:

http://www.ciudadaccesible.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=80&

Constitución Política Colombiana. (7 de Febrero de 1997). Ley 361 de 1997. Bogota, Colombia.

Educar.org. (2011). *La Limitación Visual Y Sus Implicaciones En Los Procesos De Enseñanza -*

Aprendizaje Relacionados Con La Lectura Y Escritura. Carlos Casares, Buenos Aires, Argentina. Obtenido de Educar.Org.

El Día Digital. (29 de Marzo de 2011). *Los autobuses urbanos incorporarán un sistema informativo para ciegos*. Recuperado el 27 de 11 de 2011, de El Día Digital:

http://eldiadigital.es/zonadepruebas/not/17428/los_autobuses_urbanos_incorporaran_un_sistema_informativo_para_ciegos

El Espectador. (19 de Julio de 2011). *Comcel, Movistar y Tigo, a subasta por más espectro radioeléctrico*. Obtenido de El Espectador:

<http://www.elespectador.com/tecnologia/articulo-285703-comcel-movistar-y-tigo-subasta-mas-espectro-radioelectrico>

Es Por Madrid. (4 de Octubre de 2011). *Es Por Madrid*. Recuperado el 2 de 11 de 2011, de

<http://www.espormadrid.es/2011/10/autobuses-emt-accesibles-minusvalidos.html>

Espectrometría. (2011). *Espectro Electromagnético*. Obtenido de Espectrometría.com:

http://www.espectrometria.com/espectro_electromagntico

Estado Colombiano. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá.

European Institute for Design and Disability in Stockholm. (9 de Mayo de 2004). The EIDD

Stockholm Declaration. Estocolmo, Suecia. Obtenido de

http://www.designforall.org/en/documents/Stockholm_Declaration_ang.pdf

Falling Pixel. (26 de Febrero de 2007). *Bus Stop 3 3D Model*. Obtenido de Falling Pixel:

<http://www.fallingpixel.com/bus-stop-3-3d-model/1036>

Franklin, C., & Layton, J. (2011). *How Bluetooth Works*. Obtenido de How Stuff Works:

<http://www.howstuffworks.com/bluetooth.htm>

García Galvis, J. A. (18 de Noviembre de 2011). Tecnologías Inalámbricas. (N. M. Ruiz, Entrevistador)

Herrera, E. R. (Mayo de 1999). Avantel vs Celulares. *Gerente*, 47-48.

INCI. (Enero de 2009). Registro para la localización y caracterización de personas con discapacidad. Bogotá D.C., Colombia.

INCI. (2011). *Glosario*. Recuperado el 21 de 4 de 2011, de INCI:

<http://www.inci.gov.co/glosario.shtml>

Marquesinas Bus. (2011). *Producto*. Obtenido de Marquesinas Bus:

<http://www.marquesinasbus.com/producto.html>

Metalpack Ingeniería. (2011). *Estaciones de espera para transporte público*. Obtenido de

Metalpack Ingeniería: <http://www.metalpack.net/paraderos>

Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2006). Orientaciones Pedagógicas Para La Atención Educativa A Estudiantes Con Limitación Visual. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2011). *Portal del Estado*

Colombiano. Recuperado el 14 de Octubre de 2011, de Gobierno en Línea:

[http://www.gobiernoenlinea.gov.co/web/guest/encyclopedia/-](http://www.gobiernoenlinea.gov.co/web/guest/encyclopedia/)

[/wiki/Enciclopedia%20del%20Estado/Preguntas+y+respuestas+frecuentes+de+Espectro+](http://www.gobiernoenlinea.gov.co/web/guest/encyclopedia/-/wiki/Enciclopedia%20del%20Estado/Preguntas+y+respuestas+frecuentes+de+Espectro+Radioel%C3%A9ctrico+en+Colombia)

[Radioel%C3%A9ctrico+en+Colombia](http://www.gobiernoenlinea.gov.co/web/guest/encyclopedia/-/wiki/Enciclopedia%20del%20Estado/Preguntas+y+respuestas+frecuentes+de+Espectro+Radioel%C3%A9ctrico+en+Colombia)

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2011). *Quiénes somos*.

Recuperado el 28 de 10 de 2011, de <http://www.mintic.gov.co/index.php/quienes>

Ministerio de Transporte. (16 de Junio de 2003). Decreto 1660 de 2003. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Morrison, H. (19 de Abril de 2010). *Audiencia Electrónica*. Obtenido de HM Consulting:
<http://www.audienciaelectronica.net/2010/04/19/%C2%BFdesparecera-la-radio-analogica-en-r-d/>

Motorola. (2005). DTR 620. Obtenido de Motorola.

Motorola. (2005). Preguntas y Respuestas del Radio DTR 620. Estados Unidos.

Motorola. (2010). MOTOTRBO.

Organización Mundial de la Salud. (2011). *Deficiencia Visual - Aproximaciones Conceptuales*.

Obtenido de Educación Visual:

http://ntic.educacion.es/w3//recursos2/atencion_diversidad/01_02_03a.htm

Organización Nacional de Ciegos Españoles. (26 de 1 de 2010). *Los buses indican que están adaptados para ciegos, pero ¿realmente lo están?* Recuperado el 23 de 5 de 2011, de Ecomovilidad: <http://ecomovilidad.net/granada/buses-indican-adaptados-ciegos>

Pedraza, W. (12 de Septiembre de 2011). Espectro Radioeléctrico. (V. M. Acosta, & N. M. Ruiz, Entrevistadores)

Pérez de Siles Marín, A. C., & Cubero Atienza, A. J. (Septiembre de 2011). *Propiedades Físicas del Ruido*. Obtenido de Universidad de Córdoba:

[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(1\)%20Prop%20fis%20del%20ruido/Param%20que%20definen%20el%20ruido.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(1)%20Prop%20fis%20del%20ruido/Param%20que%20definen%20el%20ruido.htm)

Revista Semana. (4 de Abril de 2011). *Revista Semana*. Obtenido de

<http://www.semana.com/nacion/desde-1990-minas-antipersona-han-dejado-promedio-victima-diaria/154541-3.aspx>

Rodríguez Céspedes, L. (9 de Marzo de 2011). Sistema integrado de transporte público: una realidad en la aplicación de políticas públicas de democratización. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Rodríguez, L. (14 de Octubre de 2011). Sistema Integrado de Transporte Público. (N. M. Ruiz, & V. M. Acosta Cano, Entrevistadores)

Search Networking. (2011). *iDEN*. Obtenido de

<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/iDEN>

Sidar. (2011). *Principios del Diseño Universal o Diseño para Todos*. Obtenido de Fundación

Sidar: <http://www.sidar.org/recur/desdi/usable/dudt.php>

Tapia, I. (10 de Octubre de 2002). *Historia de la Educación de Ciegos*. Obtenido de

http://www.integrando.org.ar/datosdeinteres/it_historia_educacion_ciegos.htm

Tecnyo. (20 de Septiembre de 2011). *Bluetooth*. Obtenido de Tecnyo:

<http://tecnyo.com/bluetooth/>

Transmilenio. (Agosto de 2011). Sistema Integrado de Transporte Público. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Transmilenio S.A. (11 de Mayo de 2010). Anexo Técnico con Cambios de Adendas. Bogotá.

Transmilenio S.A. (31 de Enero de 2010). Estudios Previos. Bogotá.

Transmilenio S.A. (2011). *Transmilenio S.A.* Recuperado el 13 de Octubre de 2011, de

Operación:

http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TransmilenioSA_QuienesSomos_SistemaDeTransporte_Operacion

What Is. (2011). *Push To Talk (PTT)*. Obtenido de What Is:

http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci1186491,00.html

Apéndice

Minuta Entrevista INCI

Minuta Entrevista Ministerio de Tecnologías de la Investigación y las Comunicaciones

Minuta Entrevista Departamento SITP de Transmilenio

Minuta Congreso ANE

Minuta Congreso SITP de Corferias

Diseño Técnico Y Operacional Del Sitp

Manual de Operaciones

