

UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS



TÉCNICAS DE AYUDA A LA MOVILIDAD PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

**Informe de Revisión Bibliográfica para optar al Título de Ingeniero Civil
Informático**

Alumno:
Diego Aníbal Mauricio Huanaco Ramírez

Profesor:
Jorge Jonathan Díaz Ramírez

Iquique – Chile
2020

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Objetivos	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
3. Planteamiento del problema.....	3
3.1 Antecedentes.....	3
3.2 Identificación, descripción y definición del proyecto.....	4
4. Estado del arte.....	5
5. Conclusiones	38
6. Referencias	40

Índice de tablas

Tabla 4.1. Clasificación de las TA en el primer nivel (Clases).	8
Tabla 4.2. Clasificación de los AP en el primer nivel (Clases).	9
Tabla 4.3. Ventajas y desventajas de ayudas para la movilidad.....	13
Tabla 4.4. Funciones VOZ-TOUCH GPS.....	30

Índice de ilustraciones

Fig. 3.1: Predicción de personas con discapacidad visual.....	3
Fig. 4.1: Distribución de accidentes a la altura de la cabeza.	7
Fig. 4.2: Espectro audible.	14
Fig. 4.3: Sensor ultrasónico.	15
Fig. 4.4: Guante ultrasónico.....	17
Fig. 4.5: Brazalete ultrasónico.	18
Fig. 4.6: Esquema bastón electrónico.....	18
Fig. 4.7: Arquitectura del sistema de tracking.	19
Fig. 4.8: Prototipo de bastón electrónico.....	20
Fig. 4.9: Estructura del Láser de rubí.....	20
Fig. 4.10: Modelo reflectivo.....	21
Fig. 4.11: Modelo de barrera.....	21
Fig. 4.12: Modelo retroreflectivo.	22
Fig. 4.13: Diseño del bastón con sistema de visión basado en láser.....	24
Fig. 4.14: Diagrama del cálculo de distancia.	24
Fig. 4.15: Prototipo de Bastón virtual con sistema de visión láser.	25
Fig. 4.16: Obtención de coordenadas GPS (buen PDOP).....	26
Fig. 4.17: Obtención de coordenadas GPS (mal PDOP).	27
Fig. 4.18: Esquema del GPS referencial.....	28
Fig. 4.19: Interfaz VOZ-TOUCH GPS.	30
Fig. 4.20: Diagrama del funcionamiento de OGeo.....	31
Fig. 4.21. Diagrama de las etapas de un sistema de visión artificial.....	34
Fig. 4.22. Prototipo de LAZARUS.	35
Fig. 4.23. Arquitectura de Let Blind People See.	36

Resumen

Durante mucho tiempo la sociedad no ofrecía ayuda a las personas discapacitadas, dado los resultados de la Primera y Segunda Guerra Mundial, la sociedad se vio en la obligación de ofrecer ayudas a las personas con algún tipo de discapacidad. A partir de la necesidad de ayudar a la movilidad de personas con discapacidad visual, a lo largo del tiempo se han desarrollado diversas herramientas que ofrecen un grado de independencia y autonomía a sus usuarios, pero dado que estas herramientas no son populares en la población no vidente, muchas personas no tienen conocimiento de su existencia.

Este documento busca identificar las técnicas de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual que han surgido con el paso de los años, mediante la búsqueda en diversas fuentes de la información, la clasificación de técnicas de ayuda a la movilidad y el análisis y la estructuración de esta información mediante una revisión bibliográfica.

Hoy en día a la mayoría de estas herramientas se les conoce como Dispositivos Electrónicos de Ayuda a la Movilidad y de acuerdo con los ejemplos presentados se llega a la conclusión que estos dispositivos ofrecen un alto grado de independencia y autonomía a sus usuarios si se usan correctamente, además, tienen un gran impacto emocional en los usuarios. Y se piensa que, a futuro, si las investigaciones por ayudar a las personas con discapacidad visual continúan, estos dispositivos lograrán ofrecer una total independencia y autonomía.

1. Introducción

En la actualidad, dado el gran avance tecnológico que se tiene, las personas han implementado cada vez el uso de las tecnologías durante la mayoría de su día a día, pero en el caso de las personas que poseen discapacidad visual, de acuerdo con Perkins *school for the blind* [1], para ayudar a su movilización todavía se utilizan las técnicas tradicionales como lo son el depender de la poca visión útil que les queda, el uso de bastones largos y la ayuda de una persona o perro guía. Si bien siguen siendo efectivas en la vida diaria de ellos, estas herramientas ya no son las óptimas para lograr una correcta movilización y ofrecer un alto grado de independencia y autonomía a sus usuarios. Según Vásquez y Cardona [2], en el caso de los bastones estos solo sirven para detectar obstáculos hasta la altura de la cintura de las personas y en el caso del perro guía, su cuidado y adiestramiento conlleva a un alto costo. Actualmente existen diversas técnicas de ayuda a personas con discapacidad visual que incluye el uso de tecnologías, y estas herramientas pueden reemplazar o complementar a las herramientas tradicionales, dando con esto un aumento del grado de independencia y autonomía que tienen los usuarios para su movilización.

En Chile el organismo que entrega herramientas de ayuda en general a las personas con discapacidad es el Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS) [3], el cual ofrece en su catálogo como única herramienta de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual el bastón largo, por lo que en el caso que se desee un complemento o herramienta con mayor tecnología el usuario deberá buscar información referente a ellas por su cuenta. Además, las instituciones públicas poseen poca implementación de ayudas para personas con discapacidad visual, en la mayoría de los casos estas ayudas son la instalación de pasamanos para guiar a las personas y la implementación del lenguaje Braille en distintas fuentes de información dentro del edificio.

Por ello el presente trabajo tiene como objetivo identificar las técnicas de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual que han surgido y evolucionado junto a los nuevos conocimientos tecnológicos que se han desarrollado en los últimos años.

Finalmente, en este trabajo se podrán observar distintos tipos de técnicas de ayuda para la movilidad de personas con discapacidad visual que han sido desarrollados, así como su clasificación y algunos ejemplos que se han comercializado a nivel mundial. Junto a esto, se mostrarán diversos proyectos de investigadores que han desarrollado herramientas de manera independiente y las experiencias que han obtenido de las pruebas realizadas.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Desarrollar una revisión bibliográfica con la finalidad de identificar las técnicas de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual.

2.2 Objetivos específicos

- Buscar fuentes de información relacionada al tema de investigación, mediante un proceso sistemático.
- Clasificar información y técnicas de ayuda a la movilidad de personas con discapacidad visual, mediante la aceptación de documentos de mayor relevancia.
- Analizar y estructurar la información, mediante el proceso de una revisión bibliográfica para la redacción del informe final.

3. Planteamiento del problema

3.1 Antecedentes

De acuerdo con Bourne *et al.* [4] "A nivel mundial, de los 7,33 mil millones de personas vivas en 2015, se estima que 36 millones eran ciegos, 216,6 millones de personas tenían discapacidad visual moderada a severa, y 188,5 millones tenían discapacidad visual leve". A su vez, en la figura 3.1 se puede observar una predicción realizada sobre el aumento de la población con discapacidad visual hasta el año 2050, donde según [1] se estima que en el año 2020 se llegue a un total 38,5 millones de personas ciegos y 237,1 millones con discapacidad visual moderada y severa, mientras que en el año 2050 se proyecta un total de 114,6 millones de personas ciegos y 587,6 millones con discapacidad visual moderada y severa.

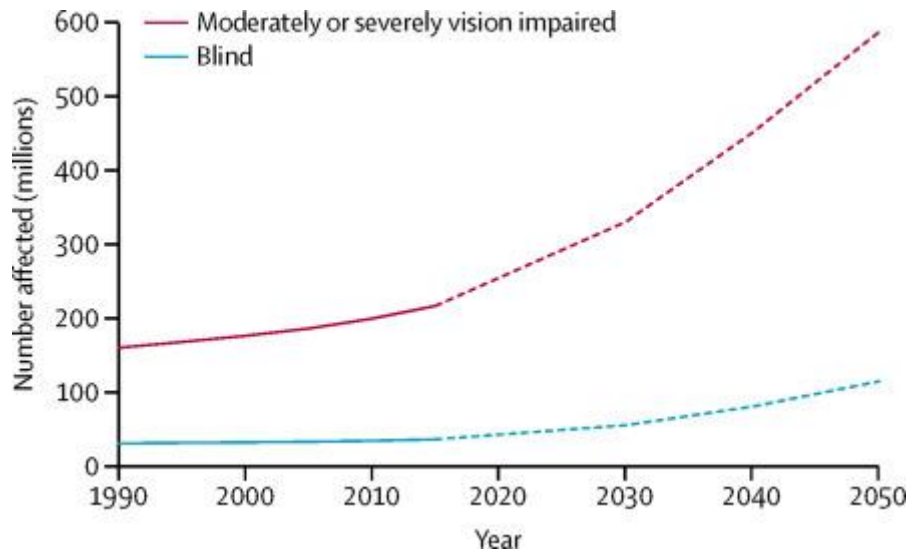


Fig. 3.1: Predicción de personas con discapacidad visual [4].

Por otra parte, de acuerdo con el *International Agency for the Prevention of Blindness*(IAPB) [5] el continente asiático es el que presenta la mayor cantidad de población con discapacidad visual, siendo la región sur de Asia la que posee la mayor concentración. Además, si observamos el continente americano, la mayor cantidad de personas con discapacidad visual es la de América central.

A su vez, en Chile el último gran estudio sobre discapacidad, fue el realizado por el Fondo Nacional de la Discapacidad(FONADIS) [6] en el año 2015, donde de un total de la población de 17.971.000 personas, 1.895.121 poseen discapacidad visual.

3.2 Identificación, descripción y definición del proyecto

Del total de personas con discapacidad visual, la gran parte de ellos usa como única ayuda para su movilización el bastón largo o el perro guía, esto puede deberse a distintas circunstancias como al desconocimiento de otras herramientas, al costo de estas o a que las instituciones que ofrecen ayuda a personas con discapacidad visual solo tengan estas herramientas tradicionales para entregar a las personas, como por ejemplo SENADIS [3] que solo ofrece el bastón largo como ayuda a la movilidad de personas con discapacidad visual. De esta manera el usuario al no tener más información o no disponer de los medios para optar por una herramienta complementaria o sustituta a las tradicionales, debe tomar el bastón largo como su única opción disponible.

Junto a esto, diversos estudios como los de Vásquez y Cardona [2] junto a los de Manduchi y Kurniawan [7] señalan que las ayudas tradicionales se están quedando obsoletas y presentan desventajas que pueden llegar a ocasionar accidentes de gravedad a sus usuarios, como por ejemplo el bastón largo al no detectar objetos sobre la cintura del usuario, existe la alta posibilidad de golpear la parte alta del cuerpo con algún objeto o el perro guía cuyo adiestramiento y cuidado presentan un alto costo.

Dado lo anterior, el presente proyecto busca identificar las técnicas de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual que se pueden encontrar actualmente disponible en el mundo y describirlas mediante una revisión bibliográfica, para esto la metodología usada fue: la búsqueda de diversas fuentes de información como bases de datos, revistas de investigación y páginas web oficiales, la clasificación de esta información y las técnicas de ayuda a la movilidad encontradas, y un análisis y estructuración de la información. Para estas técnicas de ayuda a la movilidad se definen como límites que su usuario final corresponda a una persona con discapacidad visual y puedan ser usados para moverse en espacios abiertos y/o interiores.

Finalmente, mediante los ejemplos presentados se espera que las personas con discapacidad visual puedan identificar qué técnica de ayuda a la movilidad se acomoda a sus necesidades y puedan optar por la herramienta más acorde a sus necesidades.

4. Estado del arte

Según la revisión histórica realizada por Ipland y Parra [8] el trato que gran parte de la sociedades de tiempos remotos tienen respecto a la discapacidad visual es

...Han considerado a las discapacidades sensoriales, incluida la ceguera, como algo de no agrado de la sociedad a la que pertenecían. [...], la mayoría de las personas afectadas por una discapacidad se les alejaba de la sociedad y en la mayoría de los casos vivían de la mendicidad.

por lo que las personas con discapacidad visual no recibían ayuda de la sociedad y debían valerse por sí mismas durante toda su vida. Durante estas épocas no existía una herramienta estándar para que quienes presenten una discapacidad de origen visual puedan tener una correcta orientación y movilidad.

Con el paso de los años la Organización Nacional de Ciegos Españoles ONCE [9] señala que “con anterioridad a la aparición del bastón largo de movilidad, era ya frecuente el uso de otros bastones”, pero no existía una estandarización de la arquitectura del bastón o una correcta técnica para su utilización, como menciona el autor anterior, “Utilizaban técnicas poco fiables, enseñadas por profesores ciegos, con un grado de seguridad dudoso”. Así, no fue hasta la primera guerra mundial que se tomaría un mayor peso a la necesidad de orientación y movilidad de personas con discapacidad visual.

Una de las grandes consecuencias que trajo la Primera Guerra Mundial fue el aumento de personas en situación de discapacidad, lo cual incluye la de carácter visual. No existe un registro cuantitativo final correspondiente a las personas con discapacidad visual producto de la primera guerra mundial, lo más cercano a estos datos los podemos obtener de UNICEF [10], donde nos presenta los datos correspondientes a niños que tuvieron participación en la guerra, señalando que “Los números, aunque imprecisos son devastadores: aproximadamente 2 millones de niños han sido asesinados durante la última década, y entre 4 y 5 millones discapacitados”. Dado estos resultados, el mundo se vio en la obligación de dar su apoyo a las personas que resultaron con alguna clase de discapacidad producto de la guerra, lo que fomento la creación de distintas formas de ayuda a las personas para mejorar su calidad de vida, siendo una de las mayores necesidades la de una correcta orientación y movilidad, surgiendo como una de las ideas más importantes el adiestramiento de perros, para ser de guías de personas con discapacidad visual.

Así fue cómo surgió la idea de adiestrar perros para que sirvieran de guías para las personas con discapacidad visual. Según Ostermeir [11], Alemania fue la pionera en el adiestramiento de perros guía para ayudar a veteranos que perdieron la visión producto de la Primera Guerra Mundial. El Dr. Gerhard Stalling, luego de ver durante su recorrido por un hospital de veteranos como su perro, un pastor

alemán, era de ayuda a un veterano ciego producto de la guerra, en el año 1916 abrió la primera escuela de perros guía en Oldenburg, Alemania. Ya en el año 1927, el autor ya mencionado, señala que existían aproximadamente 4.000 alemanes utilizando perros guías para su orientación y movilidad. Por otro lado, la idea del uso de perros como guías para personas con discapacidad visual en Estados Unidos tardaría más en implementarse. Tanto [11] y [9] declaran a Dorothy Eustis y Morris Frank como los fundadores de la primera escuela de perros guías en Estados Unidos, la cual fue creada en febrero de 1929 y se llamó The Seeing Eye. Ya en el año 1946 a la muerte de Dorothy Eustis cerca de 1.000 estadounidenses ciegos utilizaban un perro guía proveniente de las escuelas que ella fundó.

De manera que, el uso del perro guía fue establecido como la mejor forma de ayudar a las personas con discapacidad visual en orientación y movilidad hasta la década de 1940, en la cual, según los estudios de Strong [12] y ONCE [9], se estandarizaron las buenas técnicas para el uso del bastón blanco para invidentes. Gracias las investigaciones de [12] y [9] sabemos que con anterioridad las personas con discapacidad visual ya utilizaban bastones como herramienta de ayuda a la orientación y movilidad, el cambio al color blanco, de acuerdo con Strong [12], se le atribuye en Europa al fotógrafo James Biggs en el año 1921, cuya experiencia fue

...Después de que un accidente le quitó la vista, el artista tuvo que adaptarse a su entorno. Al sentirse amenazado por el aumento del tráfico de vehículos motorizados alrededor de su casa, Biggs decidió pintar su bastón de blanco para hacerse más visible para los automovilistas.

No fue hasta 1931 que el bastón blanco fue normalizado en Europa, pero principalmente como un símbolo que indicaba que alguien estaba ciego o con discapacidad visual. Por otra parte, en Norteamérica, Strong [12], atribuye el cambio al color blanco del bastón al Lion's Clubs International, gracias a la experiencia de un miembro

...En 1930, un miembro del Lion's Clubs observó cómo un ciego intentaba cruzar una calle muy transitada con un bastón negro, al darse cuenta de que el bastón negro estaba apenas visible para los automovilistas, el Lion's Clubs decidió pintar el bastón de blanco para aumentar su visibilidad para los automovilistas que se aproximan.

El Lion's Clubs en 1931 inició un programa que promueve el uso de bastones blancos para personas ciegas, esto popularizó el uso de bastones blancos, pero al igual que en Europa era visto principalmente como un símbolo que indicaba que el portador presentaba una discapacidad de origen visual. Luego de la Segunda Guerra Mundial, con una gran cantidad de veteranos de guerra ciegos producto de esta, de acuerdo a Strong [12], Richard Hoover decidió modificar el bastón blanco para que los veteranos regresen a sus estilos de vida, de esta manera Hoover desarrolló un método de desplazamiento con bastón en cual se conoce como

“método de bastón largo” o “método de Hoover”, el cual señala el correcto uso del bastón e introduce la necesidad de bastones largos.

Si bien el perro guía y el bastón largo son las ayudas para orientación y movilidad más comunes alrededor del mundo, estas presentan sus desventajas como lo señalan Vásquez y Cardona [2]

...Cada una de estas ayudas tiene sus propias limitaciones. El bastón tiene un alcance aproximado de 1,5 metros y no sirve para detectar obstáculos sobre el nivel de la cintura. En el caso de los lazarillos (perros guía), se requiere de mucho tiempo para entrenar a los perros, también hay un tiempo adicional para que la persona se adapte a estos y su cuidado apropiado se dificulta para las personas con discapacidad visual.

También tomamos en cuenta el sondeo realizado por Manduchi y Kurniawan [7] a una población de 307 personas entre 18 y 93 años y que se encontraban en situación de discapacidad visual, en el cual podemos observar que solo el 5% de los encuestados nunca ha sufrido un accidente a la altura de la cabeza durante su movilización, mientras que el 45% experimentaba como mínimo un golpe a la altura de la cabeza durante su traslado de un lugar a otro, ya sea si eran usuarios de bastón largo y/o perro guía, este gráfico se puede observar en la figura 4.1.

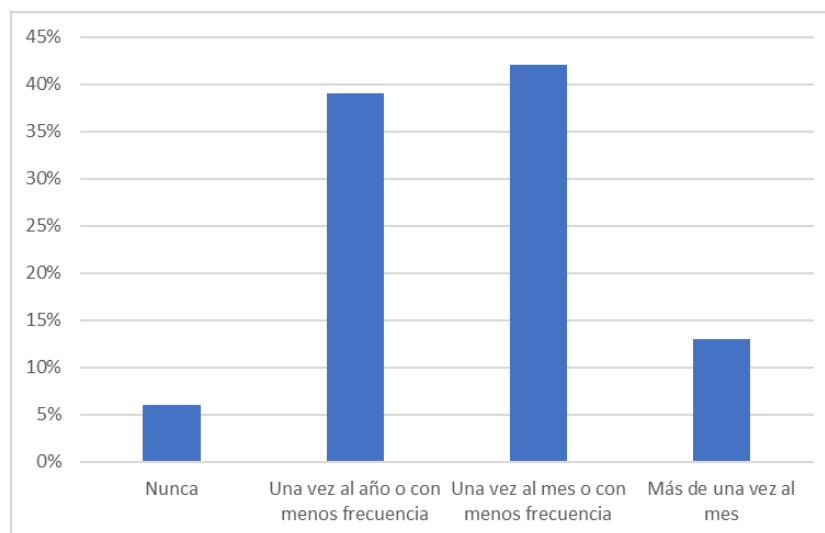


Fig. 4.1: Distribución de accidentes a la altura de la cabeza [7].

De manera similar, a través del tiempo fueron surgiendo diversos términos para definir las herramientas para ayudar a las personas con alguna clase de discapacidad, así fue como en el año 1992 el International Organization for Standardization, en su norma ISO 9999:1992 [13], estableció el término de Ayudas Técnicas o *Technical Aid* (TA) el cual define como “Cualquier producto, instrumento, equipo o sistema técnico utilizado por una persona discapacitada, especialmente producido o generalmente disponibles, previniendo, compensando, monitoreando,

aliviando o neutralizando el impedimento, discapacidad o desventaja”. Así también, Roca, Roca y Del Carmen [14], señalan que ISO creó una clasificación para las TA, donde la clasificación se compone de tres niveles jerárquicos clases, subclases y divisiones. Cada una de estas consta de un código, un título, una nota aclaratoria y/o una referencia a otras partes de la clasificación. El código consta de tres pares de dígitos, el primer par indica la clase, el segundo par corresponde a la subclase y el tercero indica una división. Las cifras para los números de código se han elegido con intervalos de tres con el fin de permitir la introducción de modificaciones y ampliaciones posteriormente sin necesidad de cambiar fundamentalmente la clasificación actual. En la Tabla 4.1 se aprecia la clasificación de las TA en el primer nivel correspondiente a clases.

Tabla 4.1. Clasificación de las TA en el primer nivel (Clases).

Código de la clase	Título de la clase
03	Para Terapia y Adiestramiento
06	Órtesis y Prótesis
09	Cuidado y Aseo Personal
12	Movilidad Personal
15	Cuidado del Hogar
18	Mobiliario / Adaptaciones (Hogar-Edificios)
21	Información, Comunicación y Señalización
24	Manipulación de Objetos o Dispositivos
27	Adapt. del Entorno, Utensilios y Máquinas
30	Para Actividades de Ocio y Tiempo Libre

Nota: Clasificación de las TA a nivel de clases en base a las normas ISO 9999:1992 [14].

Más tarde, en el año 2007 se le da un mayor peso a la ayuda de personas en situación de discapacidad, uno de los cambios más destacados en el ámbito histórico es la creación de la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Por otro lado, ISO decidió actualizar su norma con la nueva ISO 9999:2007 [15], en la cual decide cambiar el término de Ayudas Técnicas, el cual es reemplazado con Productos de Apoyo o *Assistive Products* (AP), el cual define como “Cualquier producto (incluyendo dispositivos, equipo, instrumentos, tecnología y software) fabricado especialmente o disponible en el mercado, para prevenir, compensar, controlar, mitigar o neutralizar deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación”, a su vez, ISO [15] crea una nueva clasificación, donde se mantienen las características de la clasificación anterior, pero se modifican algunos títulos, se hace uso de las cifras

entre los intervalos de tres para agregar nuevas clases y se eliminan las clasificaciones que ya no correspondan. En la Tabla 4.2 se aprecia la clasificación de las AP en el primer nivel correspondiente a clases.

Tabla 4.2. Clasificación de los AP en el primer nivel (Clases).

Código de la Clase	Título de la clase
04	Productos de apoyo para tratamiento médico personalizado
05	Productos de apoyo para el entrenamiento / aprendizaje de capacidades
06	Ortesis y prótesis
09	Productos de apoyo para el cuidado y la protección personal
12	Productos de apoyo para la movilidad personal
15	Productos de apoyo para actividades domésticas
18	Mobiliario y adaptaciones para viviendas y otros inmuebles
22	Productos de apoyo para la comunicación y la información
24	Productos de apoyo para la manipulación de objetos y dispositivos
27	Productos de apoyo para mejorar el ambiente, herramientas y máquinas
30	Productos de apoyo para el esparcimiento

Nota: Clasificación de las AP a nivel de clases en base a las normas ISO 9999:2007 [15].

Finalmente en el año 2016, ISO actualiza la norma a la nueva ISO 9999:2016 [16], en la cual el término Productos de Apoyo se mantiene, pero modifica su definición a

...Cualquier producto (incluidos dispositivos, equipos, instrumentos y software), especialmente producido o generalmente disponible, utilizado por o para personas con discapacidad para participar, para proteger, apoyar, entrenar, medir o sustituir funciones corporales / estructuras y actividades o para prevenir discapacidades, limitaciones de actividad o restricciones de participación.

Si bien estos términos se utilizan para describir herramientas de cualquier área para ayudar a las personas que presenten algún tipo de discapacidad, nos centraremos en terminologías que podemos relacionar al apoyo a personas con discapacidad visual. Acá, tenemos dos términos que destacar, estos términos son la Tiflotecnología y los dispositivos electrónicos de apoyo a la movilidad.

En primer lugar, Doménech [17], señala que el término Tiflotecnología se incorpora por primera vez al Real Diccionario de la lengua Española el año 2008 y

se define como “Estudio de la adaptación de procedimientos y técnicas para su utilización por los ciegos”, a su vez, ONCE [9] la describe como “Conjunto de técnicas, conocimientos y recursos para la fabricación y/o adaptación técnica o tecnológica de los productos de apoyo para las personas con discapacidad visual”, de este modo nace el termino de material tiflotécnico, para señalar que este corresponde a una tiflotecnología. Sánchez [18] expresa que “Como material tiflotécnico se entiende todo el material específico para ciegos y deficientes visuales desde los materiales más sencillos y de fácil manejo (bastones, avisadores de luz, relojes parlantes, etc.) hasta los materiales de alto nivel de especialización”, también Sánchez nos señala dos grandes grupos en los que se pueden separar los materiales tiflotécnicos.

1. Los que facilitan o permiten el acceso a la información del computador (sistemas de reconocimiento óptico o inteligente de caracteres, sistemas de reconocimiento táctil, revisores de pantalla, etc.).
2. Los que pueden conectarse al computador para intercambiar información, aun cuando también funcionan de forma autónoma y tienen su propia utilidad, como los sistemas portátiles de almacenamiento y procesamiento de la información, impresoras braille, aparatos de reproducción y grabación, calculadoras parlantes, diccionarios y traductoras parlantes, periódicos electrónicos adaptados para personas con discapacidad visual, programas de gestión bibliotecaria y de acceso a Internet, ampliación de la imagen, códigos de barras comprimidos para información de consumo y audio descripción, etc.

Si bien no existe una clasificación estandarizada para el material tiflotécnico, para este trabajo se tomará en cuenta la que nos presenta Raee [19], la cual se basa en la agrupación en base a la función principal que tendrá la herramienta, creando 6 grandes clases con subclases cuando corresponda, esta clasificación es la siguiente:

1. Para lectura de textos
 1. Amplificadores electrónicos: son dispositivos que captan cualquier tipo de imagen y la proyectan en una pantalla con mayor tamaño.
 2. Dispositivos de reconocimiento óptico de caracteres: se trata de *software* o *hardware* que permite convertir diferentes tipos de documentos (en papel, archivos, imágenes captadas por una cámara digital, etc.) en datos.
2. Que permiten la escritura y la impresión de Braille
 1. Anotadores electrónicos parlantes: son dispositivos electrónicos con teclado braille para almacenar información y recuperarla mediante voz o braille.
 2. Impresoras Braille: realizan semi perforaciones con matrices de seis u ocho puntos y separaciones entre líneas y caracteres, algunos

modelos son capaces de producir gráficos en forma de imágenes en relieve.

3. Programas de conversión de texto a Braille: permite transcribir textos a formato Braille.
3. Para el acceso a la informática y a internet
 1. Magnificadores: son programas informáticos que amplían el contenido de la pantalla del computador de 2 a 16 veces.
 2. Revisores de pantalla: son aplicaciones que tratan de interpretar aquello que se muestra en una pantalla. Esta interpretación se presenta al usuario mediante sintetizadores de texto a voz, iconos sonoros o salida braille.
4. Para la vida diaria, diseñadas para conseguir la mayor independencia posible en las actividades de la vida cotidiana.
5. Dispositivos de grabación, reproducción y accesorios
 1. Magnetófonos: estos dispositivos graban y reproducen de acuerdo con un formato de grabación y estructuración de la información estandarizada (DAISY¹).
 2. Reproductores: permiten la lectura de archivos que contengan libros electrónicos en formato Daisy, mp3 y CD de audio convencionales.
 3. Conversión de texto a formato audio: permiten la conversión de archivos en formatos DOC, TXT o RTF a formato de audio (MP3 o WAV).
 4. Audio descripción: un sistema de apoyo a la comunicación que consiste en el conjunto de técnicas y habilidades aplicadas, con objeto de compensar la carencia de captación de la parte visual, contenida en cualquier tipo de mensaje, suministrando una adecuada información sonora que la traduce o explica.
6. Para la movilidad y orientación
 1. Dispositivos Electrónicos de Ayuda a la Movilidad (DEAM): dispositivos inteligentes que tienen como objetivo percibir y representar el entorno a las personas con discapacidad visual mediante el tacto, vibraciones, habla o señales acústicas.
 2. Dispositivos Electrónicos de Ayuda a la orientación: estas ayudas tienen como objetivo aportar información sobre el entorno antes o durante el trayecto.

De esta manera, gracias a la clasificación de material tiflotécnico señalada anteriormente, podemos observar la gran cantidad de herramientas que existen en el mercado y seguirán llegando, debido al avance tecnológico, para que las personas con discapacidad visual puedan llevar un buen estilo de vida de forma autónoma en los diversos ámbitos del día a día.

¹ Formato multimedia, consiste en la grabación de documentos por medio de lectores especializados en este tipo de producción, manejando la misma información que el documento original.

En segundo lugar, tenemos los Dispositivos Electrónicos de Ayuda a la Movilidad (DEAM) del término inglés *Electronic Travel Aids* (ETA), de acuerdo a Ranaweera, Madhuranga, Fonseka y Karunathilaka [20] los DEAM “son dispositivos que utilizan tecnología de sensores para ayudar y mejorar la movilidad de los usuarios ciegos en términos de seguridad”, si nos remontamos a los orígenes de los DEAM, de acuerdo a Velázquez, Fontaine y Pissaloux [21] este

...Se remontan a la Kay Sonic Torch a principios de la década de 1960. Desde entonces, se han desarrollado muchos DEAM de diversos tipos y ergonomía que pueden utilizarse solos o junto con ayudas clásicas, como el bastón blanco o el perro guía.

A su vez, Cardillo y Caddemi [22] nos señalan que el organismo The National Research Council publicó una lista de los requisitos más importantes con los que debe contar una DEAM:

1. Detección de obstáculos desde el nivel del suelo hasta la altura de la cabeza.
2. Información sobre la superficie de viaje.
3. Detección de objetos que rodean la trayectoria de desplazamiento por borde de acera y las salientes.
4. Objeto distante y dirección cardinal para la proyección de una línea recta.
5. Ubicación de puntos de referencia e información de identificación.
6. Información para mejorar la auto familiarización y para crear un mapa mental del entorno.

Cumpliendo estos seis puntos se podrá decir que se ha diseñado un DEAM de manera eficaz. Los tres primeros puntos nos señalan los obstáculos que un DEAM debe detectar, y los otros puntos fueron agregados con el paso del tiempo, debido a la necesidad de una mejor movilidad y seguridad en entornos complejos.

También, con el transcurso del tiempo y el descubrimiento de nuevas tecnologías de la información, de acuerdo a Velázquez, Fontaine y Pissaloux [21] los DEAM se pueden separar en dos grandes grupos:

1. DEAM tradicionales: son esencialmente sensores ambientales o indicadores de trayectoria claros que funcionan de forma similar a los sistemas de radar. Estos DEAM emiten un rayo láser o ultrasónico en una determinada dirección en el espacio y el rayo se refleja en los objetos que enfrenta en su camino. Un sensor detecta el haz reflejado, mide la distancia al objeto e indica esa información al usuario a través de señales de audio o táctiles.
2. DEAM de nueva generación: tiene como objetivo proporcionar una sustitución/suplementación sensorial más que la mera detección de obstáculos. Estos DEAM pretenden transformar estímulos característicos de la modalidad visual en estímulos de otra modalidad sensorial (mayoritariamente auditiva y táctil).

A pesar de que los DEAM proporcionan una mayor ayuda en la movilidad a las personas con discapacidad visual que los productos de apoyo tradicionales, estos no han tenido un gran impacto en las personas a las cuales buscan llegar, según Terven, Salas y Raducanu [23], los DEAM “han tenido poco éxito comercialmente ya que es muy difícil competir con la sencillez y bajo costo del bastón. Prueba de esto es que, muchas DEAM que alguna vez existieron comercialmente, ahora se encuentran fuera del mercado”, a su vez Jihong y Xiaoye [24] nos presentan las ventajas y desventajas de ayudas para la movilidad, descritos en tabla 4.3.

Tabla 4.3. Ventajas y desventajas de ayudas para la movilidad.

Ayuda	Ventaja	Desventaja
Tradicional	Bajo costo	No conveniente
DEAM	Conveniente y adaptable a todos los ciegos	Difícil de aprender
Prótesis implantada	Imágenes en tiempo real	No es adecuada para todos

Nota: Ventajas y desventajas entre las ayudas para la movilidad [23].

Por lo cual, se puede decir que los DEAM son la forma más eficiente de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual, pero para popularizarse deben sobrepasar dos grandes obstáculos. El primero es su alto costo de fabricación, debido a la tecnología que se debe implementar en ellos, pero, según Beltrán et al [25]

...Debido a que los países subdesarrollados cuentan con poblaciones mayores de personas con capacidades múltiples, la tendencia se centra en los desarrollos de bajo costo, que hacen más fácil la adquisición de tecnología por parte de grupos de bajos recursos.

Por lo que con el paso del tiempo estas tecnologías serán más accesibles para la mayoría de las personas. En segundo lugar tenemos la dificultad de aprendizaje por parte del usuario, esto puede deberse a que actualmente la mayoría de la población con dificultad visual es adulta y estos han tenido poco o nulo acceso a computadores, debido a esto no han aprendido los conocimientos necesarios para acceder a las nuevas tecnologías, a esto se le conoce como alfabetización digital, para solucionar este problema diversos organismos e instituciones han impartido capacitaciones de alfabetización digital para adultos, ejemplos como la campaña de alfabetización digital impartida por la Universidad Arturo Prat en la ciudad de Iquique en el año 2005 [26], así también las capacitaciones en alfabetización digital dadas por la Universidad de Tarapacá Sede Iquique en el año 2014 [27]. De esta manera, si junto al paso del tiempo que abaratará los costos de producción de los DEAM, se amplían las campañas de alfabetización digital para quienes por algún motivo no

han tenido acceso a los computadores y/o aprendido los conocimientos para un buen manejo de ellas, se verá en unos años más que el uso de DEAM se popularizará y de esta forma aumentará de gran manera la independencia en la movilidad de las personas con discapacidad visual.

Así mismo, si se desea realizar una clasificación de los DEAM, Raee [19] indica que la forma más común de organización es en base al sistema de adquisición de la información del entorno, de esta forma, podemos distinguir cuatro grandes grupos para los DEAM: de ultrasonido, laser, *Global Positioning System* y de visión artificial.

Para comenzar, el ultrasonido, de acuerdo a Pineda, Macías y Benal [28]

...Se define, entonces, como una serie de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, originadas por la vibración de un cuerpo elástico y propagadas por un medio material, cuya frecuencia supera a la del sonido audible por el humano: 20.000 ciclos/segundo o 20 kilohercios (20 KHz).

Y gracias al espectro audible de la figura 4.2, podemos señalar que todo sonido que posea una frecuencia entre los 20 kilo Hertz y los 500 mega Hertz entrará en la categoría de ultrasonido.



Fig. 4.2: Espectro audible [28].

Si se busca el descubrimiento del ultrasonido, Ortega y Seguel [29] señalan que “A partir del siglo XVIII se hace notar el US como un fenómeno de la naturaleza cuando el biólogo italiano, Lazzaro Spallanzani descubre en el año 1700 la existencia de estas ondas, observando cómo los murciélagos atrapan a sus presas”, desde entonces el ultrasonido ha estado presente en diversas áreas de la ciencia, pero finalmente, estos autores señalan que “En la década de 1950, el US es aceptado por las sociedades médicas como instrumento de diagnóstico en medicina, dando origen a un sinnúmero de trabajos de investigación en distintas áreas de aplicación”.

También, se debe agregar que, para hacer uso del ultrasonido en un DEAM es necesario la instalación de sensores que detecten sus rangos de frecuencia, estos sensores poseen un disparador que emiten una señal de ultrasonido, esta señal avanzará hasta chocar con un objeto sólido, luego la señal regresa al receptor del sensor para procesar la información, como se ve en la figura 4.3. Estas partes

están normalmente juntas en el mismo sensor, pero hay casos en los que pueden estar separadas.

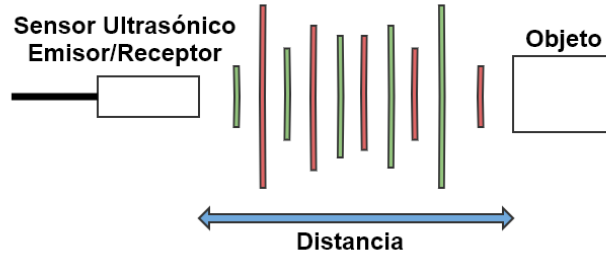


Fig. 4.3: Sensor ultrasónico [30].

Dicho lo anterior, para calcular la distancia entre el sensor y el objeto que recibe la señal ultrasónica, es necesario recurrir a la fórmula de la velocidad en el Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU), la cual se puede observar en la ecuación 4.1, donde d_0 es la distancia inicial en el tiempo inicial t_0 y d_1 es la distancia final en el tiempo final t_1 .

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_1 - d_0}{t_1 - t_0} \quad (4.1)$$

Se sabe que la distancia inicial de la señal es 0 metros y el tiempo inicial corresponde a 0 segundos, por lo que se puede reemplazar estos valores en la fórmula, quedando de esta manera la ecuación 4.2.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_1 - 0}{t_1 - 0} = \frac{d}{t} \quad (4.2)$$

Dado que el valor que se desea encontrar es el de la distancia recorrida, se debe despejar el valor de la distancia, además, dado que la distancia calculada será desde el lanzamiento de la señal ultrasónica del sensor hasta que este mismo recibe el rebote de esta, es necesario dividir la distancia en 2 para obtener la distancia entre el sensor y el objeto, como se ve en la ecuación 4.3

$$d = \frac{t * v}{2} \quad (4.3)$$

La velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura del ambiente, pero en un caso ideal se considera la velocidad que este alcanza a una temperatura de 20° Celsius, dicha velocidad corresponde a $343 \frac{mts}{s}$, de esta manera, si se toma en cuenta un proceso ideal, quedaría la ecuación 4.4.

$$d = 171,5 * t \quad (4.4)$$

Para concluir el cálculo, el tiempo lo devolverá el propio sensor y con esto podremos obtener la distancia entre este y el objeto detectado.

Ahora bien, en cuanto a las ventajas que nos ofrece el uso de sensores ultrasónicos, KEYENCE [30] señala que son las siguientes :

1. Objeto transparente detectable: dado que las ondas ultrasónicas pueden reflejarse en una superficie de vidrio o líquido, y retornar al cabezal (receptor), incluso los objetos transparentes pueden ser detectados.
2. Resistente a niebla y suciedad: la detección no se ve afectada por la acumulación de polvo o suciedad.
3. Objetos con forma compleja detectables: la detección de presencia es estable, incluso para objetos tales como bandejas de malla o resortes.

Por otra parte, si se realiza una búsqueda de los DEAM que son o fueron comerciales y que hagan uso del ultrasonido para adquirir información de su entorno, se pueden encontrar diversos ejemplos, como los siguientes:

1. K-Sonar: es un pequeño dispositivo equipado con sensores ultrasónicos para detectar obstáculos, puede ser usado de manera individual o se puede acoplar a un bastón largo, de acuerdo con Penrod, Simmons, Bauder y Lee [31] es un dispositivo diseñado pensando en la facilidad de uso y promover la autonomía e independencia del usuario, fue desarrollado por el Dr. Leslie Kay y Bay Advanced Technologies Ltd. (BAT). Este dispositivo identifica objetos en el camino de usuario a través de ecos ultrasónicos, estos ecos luego se convierten electrónicamente en sonidos que se escuchan a través de pequeños auriculares que transmiten la forma y tamaño de los objetos en el camino del usuario.
2. UltraCane: es un bastón largo modificado, al cual se le agregaron sensores de ultrasonido para detectar los obstáculos y botones vibratorios para informar al usuario de los obstáculos, según UltraCane [32], es capaz de detectar objetos de 2 a 4 metros de distancia, y lo realiza emitiendo señales ultrasónicas desde 2 sensores, también permite al usuario detectar objetos hasta 1,5 metros por delante de la altura del pecho, entrega la información a su usuario por medio de retroalimentación táctil a través de dos botones vibratorios en el mango sobre el cual el usuario coloca su pulgar.
3. Sonic Pathfinder: es un dispositivo con forma de visera que dispone de sensores ultrasónicos, entrega la información por medio de sonido que se transmite por los auriculares del mismo, según La Grow [33], posee dos sensores de transmisión y tres de recepción. Los sensores de transmisión inundan el campo frente al viajero con energía ultrasónica. Los transductores receptores detectan las señales que rebotan de los objetos en su camino. Estos son procesados por un microordenador y traducidos en sonidos a través de altavoces incorporados.

4. Mowat Sonar Sensor: es un pequeño dispositivo de forma rectangular, basado en ultrasonidos, según Hernández et al. [34], este debe ser sostenido en las manos, cuando un obstáculo está cerca, la distancia entre el usuario y el objeto se detecta mediante vibraciones, cuya frecuencia es inversamente proporcional a la distancia del obstáculo.

Por lo cual, se puede observar que, si bien todos estos dispositivos utilizan ultrasonidos para recibir información del entorno, para ganar terreno en el mercado los fabricantes variaron en otras características de este, como en el tamaño, el medio por el cual entrega la información al usuario o el método de uso del dispositivo. De modo que los clientes puedan escoger su dispositivo en base a sus preferencias personales.

A su vez, distintas entidades han presentado alternativas no comerciales para ayudar a que las personas con discapacidad visual puedan movilizarse por su entorno, algunas de estas alternativas hacen uso del ultrasonido como método principal para obtener información del ambiente, pero otras la complementan con otras formas como láser, GPS o visión artificial. Algunos ejemplos de ellas son:

1. Brazaletes con sensores ultrasónicos: solución propuesta por Bravo [35] en la revista del grupo de investigación Grindda [36], plantea la creación de un brazalete electrónico equipado con sensores ultrasónicos para la detección de objetos en el trayecto del usuario. Este prototipo inicialmente se pensó con el diseño de un guante, al cual se les acoplaron dos receptores ultrasónicos a los laterales y solo un emisor, se instala un motor vibrador con la función de indicar al usuario si existe algún obstáculo, como se muestra en la figura 4.4. Pero debido a la mala disposición de los sensores solo se podían detectar objetos a los lados del usuario, además dado que hay dos receptores, si cada uno detecta un objeto distinto, el cálculo de la distancia no será preciso.

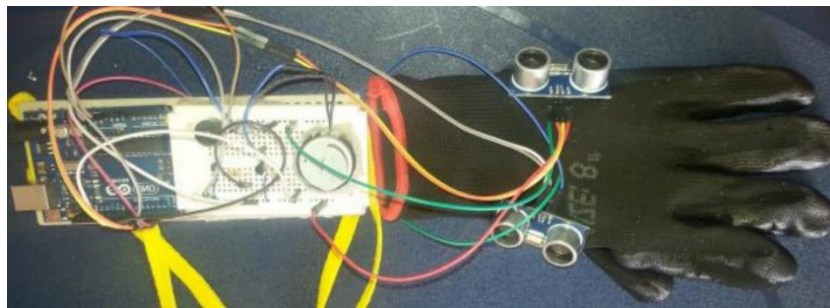


Fig. 4.4: Guante ultrasónico [35].

Luego, se decidió cambiar el diseño por el de un brazalete para mejorar la ergonomía y dar mayor libertad al usuario, también se decide quitar un receptor ultrasónico para mejorar el cálculo de la distancia del objeto,

además de incorporar un módulo de almacenamiento y reproducción del valor de las distancias en archivos de audios, a su vez, un módulo bluetooth para conectarse a otro dispositivo y entregar información, para utilizar con un auricular que reproduce los archivos de audio que poseen las distancias a los objetos. Si bien no existe un producto final, se nos presenta un prototipo el cual está en la figura 4.5.

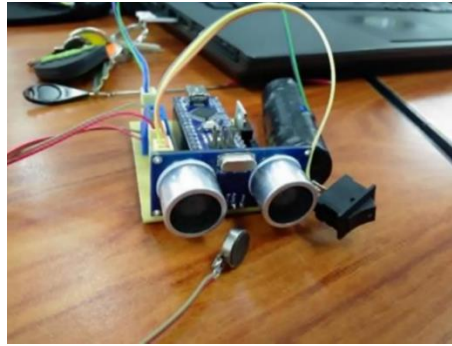


Fig. 4.5: Brazalette ultrasónico [42].

Con este prototipo se realizaron pruebas, las cuales dieron resultados favorables para el dispositivo, salvo en la señal audible que recibe el usuario, ya que manifestaron que los desconcentraba y les dificulta el desplazamiento.

2. Bastón electrónico: idea presentada por Rubio, Guimarães, Bayan y Gértrudix [37], trata de la creación de un bastón largo al cual se le agregaron las tecnologías Global Position System (GPS) y Global System for Mobile Communications (GSM). En el cuerpo del bastón incorpora dos sensores de ultrasonido en la parte intermedia y un sensor de luminosidad para informar al usuario si se encuentra algún obstáculo, esto lo indicará con señales sonoras o hápticas, este diseño se muestra en la figura 4.6.

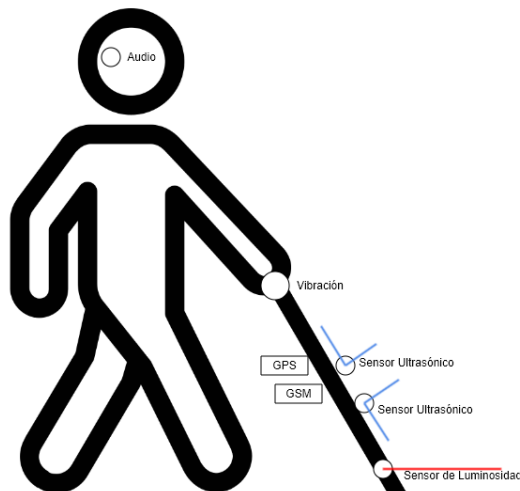


Fig. 4.6: Esquema bastón electrónico [37]

El funcionamiento de este dispositivo es el siguiente, el GPS recibe la posición global del usuario, estos datos son enviados por medio de una conexión GSM a un servidor remoto, el cual procesa y almacena la información. Actualmente la información no es utilizada para ninguna función, pero se plantea que a futuro con esta información se pueda entregar una ayuda especializada dependiendo de la posición global del usuario, dicha arquitectura se muestra en la figura 4.7.

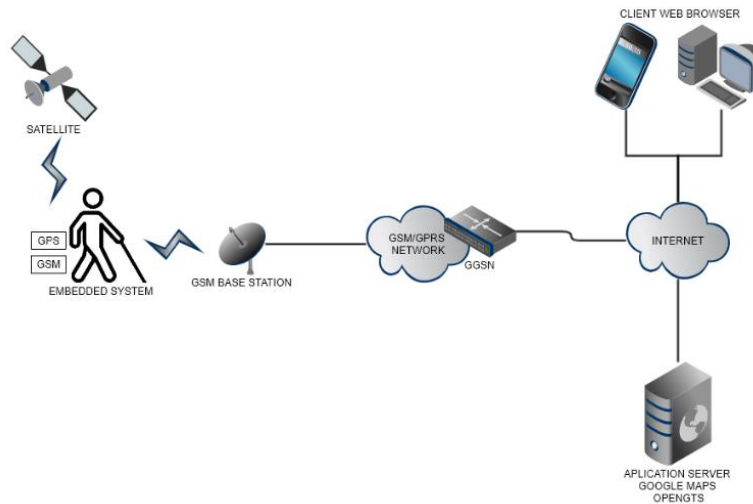


Fig. 4.7: Arquitectura del sistema de tracking [37].

La información captada y transmitida por los módulos y sensores es procesada por un microcontrolador, dotado de un algoritmo de control para activar los emisores de sonido y vibración. La localización global y la intensidad de la luz son transmitidas por audio, y la existencia de obstáculos se revela a través de la vibración generada por los motores incrustados en un dispositivo táctil. De este modo, el usuario del dispositivo puede tomar decisiones conforme a las informaciones recibidas de los emisores y obtener un mayor grado de confianza en el desplazamiento. Se desarrolló un prototipo de este dispositivo, el cual se muestra en la figura 4.8, con este se desarrollaron etapas de prueba para el funcionamiento de los módulos tanto de manera individual como grupal, dando resultados positivos en ambos aspectos.



Fig. 4.8: Prototipo de bastón electrónico [37].

Por otro lado, el láser proviene del acrónimo *light amplification by stimulated emission of radiation* o Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación, de acuerdo a EcuRed [38] “la palabra láser designa a todos aquellos dispositivos que generan un haz de luz coherente como consecuencia de una emisión inducida o estimulada”. Y de acuerdo con Ibarra, Pottiez y Gómez [39]:

...La primera investigación que se asoció con el láser es el efecto de emisión estimulada propuesta por Albert Einstein en 1917, consistía en una explicación teórica de cómo los electrones pueden emitir luz a una longitud de onda específica a partir de una intervención externa.

Así también, diversos investigadores buscaron la creación del láser en base a las teorías de Einstein, hasta que, de acuerdo con los autores anteriores, en 1960 Maiman desarrolló el primer láser llamado el láser de rubí, cuya estructura se puede ver en la figura 4.9.

...Consistió en una barra de rubí de aproximadamente un centímetro de diámetro, a la cual se enrolló una lámpara helicoidal de xenón y sus extremos fueron recubiertos por una película reflectiva, los cuales funcionaron como espejos.

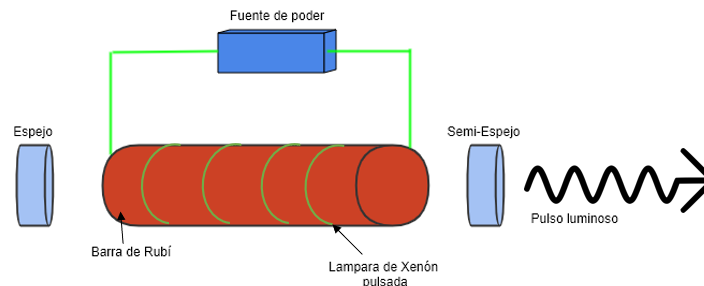


Fig. 4.9: Estructura del Láser de rubí [39].

Luego, diversos investigadores fueron creando sus propias versiones del láser, cambiando uno o más de los materiales utilizados, según Ibarra, Pottiez y Gómez [39], el cambio más destacado fue la utilización del gas como medio de amplificación, el láser es llamado láser de Helio-Neón diseñado por el físico Javan y sus colaboradores.

Para implementar la tecnología del láser en los DEAM, la forma más común es a través de sensores de luz láser, estos sensores poseen 2 dispositivos, el emisor de la luz y el receptor de esta, y estos pueden estar unidos al mismo cuerpo o ser elementos individuales.

De acuerdo con KEYENCE [30], existen 3 modelos de funcionamiento para los sensores láser, y estos son los siguientes:

1. Modelo reflectivo: tanto el emisor de luz como los elementos receptores están contenidos en una sola carcasa. El sensor recibe la luz reflejada desde el objeto. Esto se observa en figura 4.10.

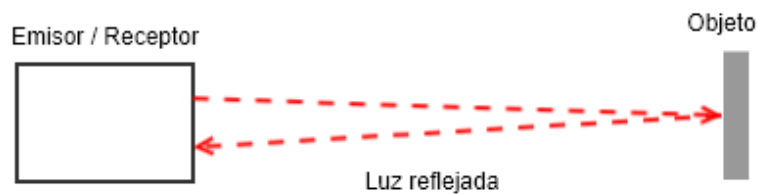


Fig. 4.10: Modelo reflectivo [30].

2. Modelo de barrera: el transmisor y el receptor están separados. Cuando el objeto se encuentra entre el transmisor y el receptor, se interrumpe la luz. Como se ve en la figura 4.11.

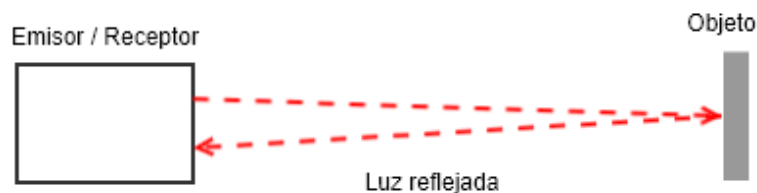


Fig. 4.11: Modelo de barrera [30].

3. Modelo retroreflectivo: tanto el emisor de luz como los elementos receptores están contenidos en un mismo recinto. La luz del elemento emisor incide en el reflector y regresa al elemento receptor de luz. Cuando hay un objeto presente, se interrumpe la luz. Esto se aprecia en la figura 4.12.



Fig. 4.12: Modelo retroreflectivo [30].

De estos modelos el que se utiliza para medir las distancias entre el sensor y un objeto es el reflectivo, ya que la luz es reflejada al chocar con un objeto y esta es recibida por el receptor para el cálculo de distancia. Para medir la distancia al objeto se debe utilizar la fórmula de la ecuación 4.5, donde d es igual a la distancia que recorre la luz, v es la velocidad del haz de luz y t el tiempo que tarda la luz en salir del emisor y llegar al receptor.

$$2d = v * t \quad (4.5)$$

Para lo anterior, se tiene en cuenta que, en un escenario ideal, la luz viaja a una velocidad de 300.000 km/s, por lo que al reemplazar este valor en la fórmula anterior obtenemos la ecuación 4.6.

$$d = 150.000 \frac{km}{s} * t \quad (4.6)$$

A su vez, KEYENCE [30] menciona que las principales ventajas que trae el uso de sensores láser son:

1. Punto de haz visible para una instalación fácil: a diferencia de la luz LED, un láser viaja en línea recta, por lo que la posición del punto del haz se puede identificar rápidamente. Esto reduce considerablemente el tiempo de instalación en comparación con los sensores fotoeléctricos.
2. Larga distancia de detección: el punto del haz se mantiene pequeño a lo largo de un gran rango, lo que elimina cualquier preocupación acerca de la distancia de detección.
3. Punto de haz pequeño que garantiza una alta precisión: existen sensores cuyo punto de haz es realmente pequeño, lo que permite una fiable detección de objetos pequeños.
4. Detección a través de un espacio estrecho: la luz enfocada permite la detección de objetos a través de un espacio estrecho.

Por otra parte, al realizar una búsqueda de DEAM que son o fueron comerciales y que utilicen la tecnología del láser para recibir información del entorno, se pueden destacar los siguientes productos:

1. Laser Cane: consiste en un bastón largo al cual se le equiparon 3 sensores láser en distintos ángulos, de acuerdo a Bujacz y Strumillo [40]:

...El sensor superior apunta hacia arriba, después de la calibración a la altura del usuario, advierte de obstáculos lo suficientemente cerca como para estar a la altura de la cabeza, el sensor del medio se dirige horizontalmente y se configura para alertar sobre obstáculos de 2 a 4 m de distancia. El sensor inferior apunta hacia abajo a lo largo del bastón y advierte de bordillos o desniveles al diferenciar la señal de alcance y detectar cambios repentinos. La salida del Laser Cane consiste en alertas simples, ya sean auditivas o táctiles, con una frecuencia de sonido o vibración distinta asignada a cada uno de los tres sensores.

Este dispositivo láser fue introducido en 1973 y rápidamente se transformó en uno de los DEAM más populares.

2. Teletact: se compone de 2 partes, la primera parte es un telémetro láser, que detecta las distancias a los obstáculos, y la segunda es una interfaz, que presenta estas distancias al usuario ciego. De acuerdo con Farcy y Bellik [41] el Teletact se desarrolló originalmente con una interfaz sonora, pero debido al largo entrenamiento que necesita el usuario para adaptarse a esta interfaz, se han probado interfaces basadas en retroalimentación táctil y de fuerza.
3. EyeCane: se trata de un bastón al que se le integran 2 sensores láser, según Bujacz y Strumillo [40] “El dispositivo emite dos haces estrechos, uno directamente hacia adelante y otro hacia el suelo en un ángulo de 45°. El sonido aumenta mientras el usuario se acerca a un obstáculo, simultáneamente también aumenta la fuerza de las vibraciones”.

A su vez, al buscar dispositivos que utilicen la tecnología láser para proponer DEAM no comerciales, las opciones son muy similares, dado que la mayoría propone el uso de bastones. Además, el alto costo que conlleva el uso de laser hizo que la mayoría de los investigadores optaron por el uso de los sensores infrarrojos. En base a esto la idea más destacable es la siguiente:

1. Bastón virtual con sistema de visión basado en láser: idea propuesta por Dang, Chee, Pham y Suh [42], se trata de un sistema de bastón virtual para aplicación en interiores, que incluye una cámara, un láser de línea y una unidad de medición inercial (IMU, *Inertial Measurement Unit*). Trabajando como un bastón largo, el sistema propuesto ayuda a una persona con discapacidad visual a encontrar el tipo de obstáculo y la distancia a él, como se puede observar en el diseño esquemático en la figura 4.13.

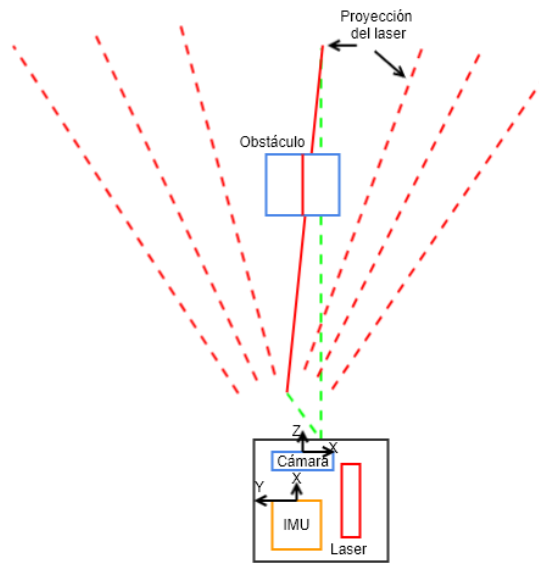


Fig. 4.13: Diseño del bastón con sistema de visión basado en láser [42].

Este bastón utiliza la cámara para observar la línea láser que despliega el bastón, si la línea es recta y continua no existen obstáculos en el camino del usuario, o si existe algún obstáculo como los objetos o las escaleras la línea cambiará su longitud, continuidad o ángulo, de acuerdo con la forma de obstáculo.

Además, junto con identificar los obstáculos, el sistema puede calcular la distancia que se tiene entre el usuario y el objeto, para esto se utiliza la altura del dispositivo que nos proporciona el IMU, y la distancia del láser, un diagrama de esto se puede observar en la figura 4.14.

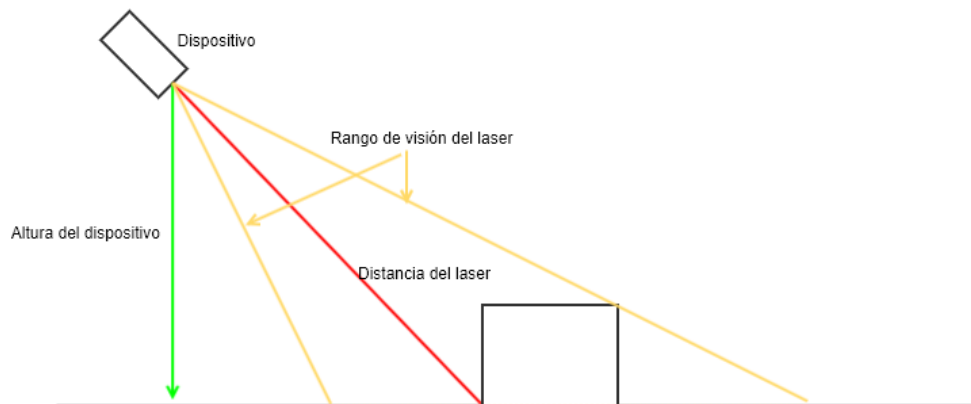


Fig. 4.14: Diagrama del cálculo de distancia [42].

Finalmente se diseñó un prototipo para la realización de una etapa de pruebas, el cual se puede apreciar en la figura 4.15. En base a esta etapa se dividieron los resultados en dos puntos, con respecto a la detección de obstáculos, si bien el dispositivo siempre detectaba cuando había un obstáculo cercano al usuario, el microprocesador que identificaba estos objetos confundía objetos rectangulares con escaleras y viceversa. En cuanto al cálculo de la distancia entre el usuario y el obstáculo, este presentaba un error mínimo y máximo aceptable con respecto a las distancias que maneja el sistema, por lo cual, si se logra mejorar la identificación del obstáculo, el dispositivo sería factible para la utilización en la vida diaria de una persona con discapacidad visual.

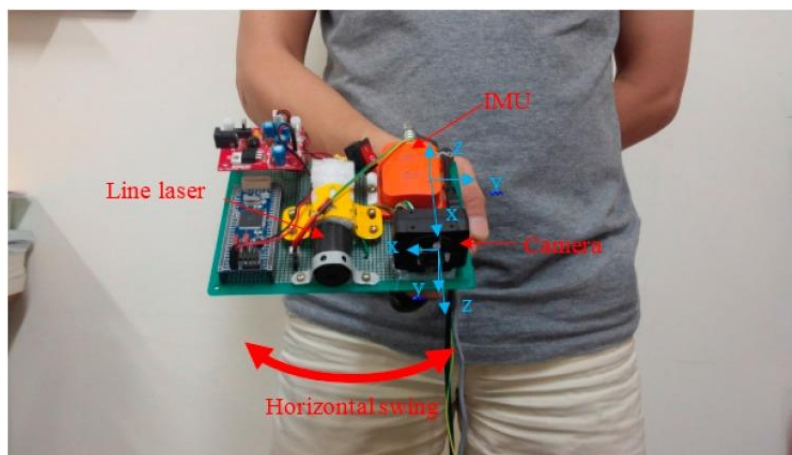


Fig. 4.15: Prototipo de Bastón virtual con sistema de visión láser [42].

En cuanto a la tecnología *Global Positioning System* (GPS), de acuerdo con Amado [43] “Es un sistema que permite la posición de un receptor en cualquier punto de la superficie terrestre mediante la recepción de las señales enviadas por una constelación de satélites artificiales que giran en torno a la tierra”. El GPS tiene su origen en la Guerra Fría, según Huerta, Mangiaterra y Noguera [44] la conceptualización del GPS tiene su origen durante la era de la geodesia espacial², la cual fue iniciada por la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) en el año 1957 con el lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik I. Finalmente, tanto [43] y [44] atribuyen el diseño y desarrollo del GPS al Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines estratégicos, estrechamente ligados a su aplicación bélica. Esta finalidad con el paso del tiempo fue ampliándose para convertirse en una herramienta de enormes posibilidades para la sociedad civil.

Según Amado [43] en el año 1999 “El GPS se fundamenta en una constelación de veinticuatro satélites que giran en torno a la tierra”, actualmente el

² Determinación de coordenadas a partir de mediciones efectuadas a satélites artificiales y relación con la definición de sistemas de referencia.

National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation and Timing [45] señala que existen 31 satélites operacionales.

Con respecto a la obtención de coordenadas del receptor, de acuerdo con Huerta, Mangiaterra y Noguera [44]:

...Para la obtención de coordenadas el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. Las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema.

A su vez Amado [43] señala con respecto a la necesidad de utilizar cuatro satélites, que:

...La necesidad de utilizar cuatro satélites para una correcta medición genera una variable a tener en cuenta que es la *Position Dilution Of Precision* (PDOP) o Dilución Geométrica de la Precisión, derivada de la posición que ocupan los satélites, ya que se trata de un índice que mide el volumen contenido por la figura formada por los cuatro satélites en uso y el receptor. Cuando esta figura es muy cerrada, es decir, cuando los satélites se encuentran muy próximos entre sí y muy verticales en relación con el receptor, el PDOP será insuficiente para realizar la medición, ya que el error que se produce es muy alto.

En base a esto, en la figura 4.16 se puede observar un esquema donde los satélites poseen una buena distancia entre ellos, aquí el PDOP es suficiente para obtener coordenadas exactas o muy próximas al receptor. Por otro lado, en la figura 4.17 se muestra que los satélites están muy cercanos el uno al otro, lo que genera un PDOP insuficiente para obtener las coordenadas del receptor.

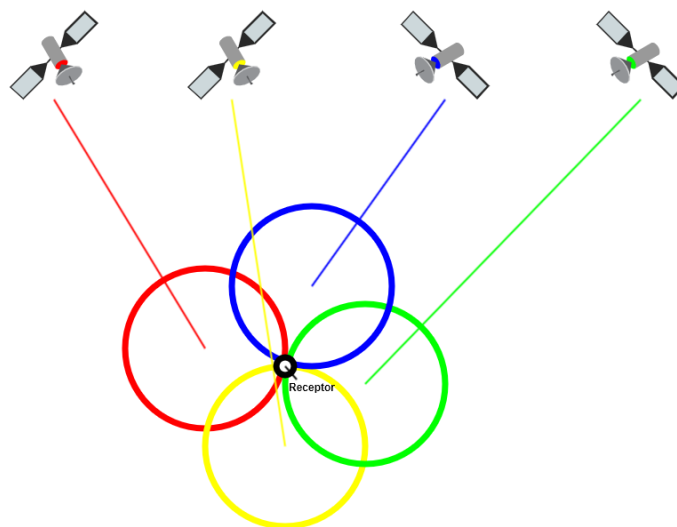


Fig. 4.16: Obtención de coordenadas GPS (buen PDOP) [46].

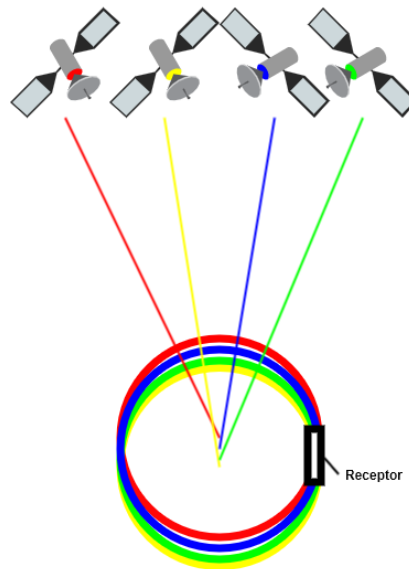


Fig. 4.17: Obtención de coordenadas GPS (mal PDOP) [46].

El GPS, según Amado [43], posee 2 modos básicos de trabajo, los cuales son:

1. Modo autónomo: sin el apoyo de un segundo receptor que le sirva de estación de referencia.
2. Modo relativo: apoyado en una estación que se sitúa en un punto conocido.

Además, el autor señala que:

...Otras distinciones en cuanto al modo de trabajo son las denominadas modo estático y modo cinemático según haya o no desplazamiento del receptor. El primero de ellos se refiere al trabajo realizado en un punto fijo sin que exista desplazamiento del receptor y el segundo modo es aquél en el que el receptor va recorriendo diversos puntos en funcionamiento continuo.

Con respecto al modo de trabajo relativo, a este se le conoce como GPS referencial, el cual se puede apreciar en la figura 4.18 y de acuerdo con Baena [47]:

...Consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación (o estaciones) de referencia situadas en coordenadas conocidas con gran exactitud. La estación de referencia comprueba todas las medidas a los satélites en una referencia local sólida, y obtiene en tiempo real las coordenadas de ese punto, cuyos valores ya se conocían con exactitud a priori. Compara resultados y a partir de ello calcula los errores del sistema en tiempo real y transmite por algún sistema dichas correcciones al receptor móvil, que deberá de disponer de un módulo con la capacidad de captar estas correcciones y recalculer su posición.

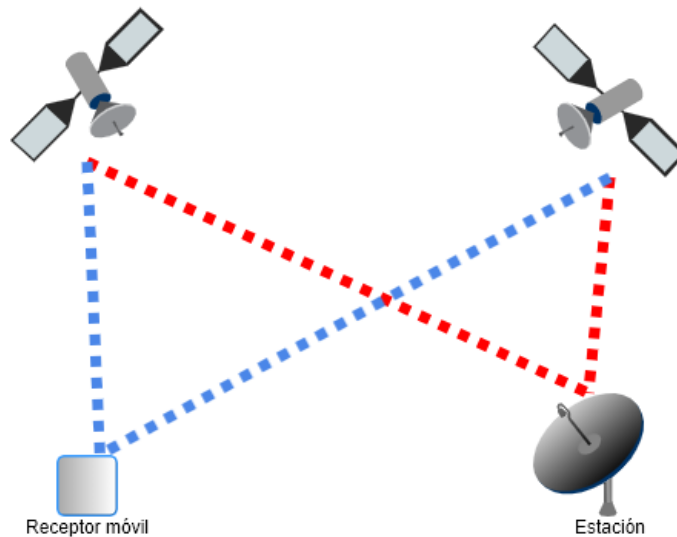


Fig. 4.18: Esquema del GPS referencial [43].

Junto a esto, el mismo autor señala que existen dos formas básicas de aplicar estas correcciones diferenciales:

1. Post-procesado: el GPS debe ir conectado a un ordenador que contenga un software capaz de capturar información del receptor. Esta información es almacenada y posteriormente debe ser procesada y comparada con datos de la estación de referencia.
2. Tiempo real: consiste en el uso de un enlace entre la estación base y el GPS. La corrección es aplicada a los datos que recibe el GPS en tiempo real. En la actualidad este es el más empleado, tanto como para posicionamiento como para navegación.

Con respecto a las correcciones, cabe señalar que mientras más cerca esté el receptor móvil a la estación de referencia la corrección será más precisa, dado que ambas medidas están afectadas por los mismos errores atmosféricos y tendrán en vista los mismos satélites.

En relación con la inclusión de la tecnología GPS a los DEAM, las formas más comunes de ver aplicada esta tecnología son mediante la instalación de un módulo GPS o con el uso de los teléfonos móviles que posean esta tecnología incorporada. El módulo GPS consiste en una pequeña placa electrónica que posee las partes necesarias para recibir la señal de los satélites GPS y calcular las coordenadas, luego esta información debe ser enviada a un computador para su uso. Por otro lado, de acuerdo a Sullivan [48] el primer teléfono móvil que poseía la tecnología del GPS fue el Benefon Esc! en el año 1999, desde ese entonces

diversas compañías han ido incluyendo esta tecnología en sus teléfonos móviles hasta llegar a la actualidad en la que todos los Smartphone la poseen.

Además, al realizar una búsqueda de DEAM que son o fueron comerciales y que utilicen la tecnología del GPS para recibir información del entorno, se pueden destacar los siguientes productos:

1. BrailleNote GPS: el BrailleNote es un computador portátil, el cual posee un teclado que puede ser Qwerty o Braille dependiendo del modelo, un sintetizador de voz y una pantalla Braille, actualizable de entre 32 y 18 columnas según el modelo. El BrailleNote GPS incluye un receptor GPS con el tamaño de un celular pequeño, según Sendero Group [49], este dispositivo permite a sus usuarios acceder a puntos de interés predefinidos o recomendados por otros usuarios del dispositivo, seleccionar la ruta para llegar a un punto de interés, navegar virtualmente por la ubicación a la cual se desea ir y conocer la información detallada del lugar al cual se desea llegar.
2. Loadstone GPS: es una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo IOS, de acuerdo con LoadStone GPS [50], esta aplicación ofrece a los usuarios indicaciones paso a paso desde su ubicación actual hasta el destino deseado, acceder a una base de datos mundial con diversos puntos de interés, recibir alertas de aproximación y llegada a puntos de interés, medir la distancia recorrida y disponibilidad en diversos idiomas.
3. Lazarillo App: aplicación para dispositivos móviles, la cual mediante el uso del GPS y mensajes de voz guía a personas con discapacidad visual para moverse por su ciudad. De acuerdo con Emol [51] esta aplicación nace como una idea de tesis del estudiante Rene Espinoza de la carrera de Ingeniería Civil Eléctrica en la Universidad de Chile, tiempo después entraría al mundo del emprendimiento ganado un fondo de innovación social CORFO. Su lanzamiento oficial no sería hasta el año 2016.

De acuerdo con Hora de Noticias [52], Lazarillo App es reconocida por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) como uno de los 35 desarrollos más importantes de Latinoamérica en 2019 creados por menores de 35 años.

La aplicación ya ha sido traducida a 22 idiomas y se encuentra disponible en todo el mundo y busca expandirse por Estados Unidos y Europa.

Actualmente Lazarillo App [53] ofrece un servicio a empresas para que la aplicación pueda guiar a sus usuarios en espacios interiores, para esto se utilizan pequeños dispositivos llamados *beacons* que sirven como puntos de referencias en el espacio para determinar la posición de las personas, ya que emiten una señal bluetooth que puede ser detectada por la aplicación y funcionar como un GPS para espacios cerrados.

A su vez, distintas entidades han presentado alternativas no comerciales para ayudar a que las personas con discapacidad visual puedan movilizarse por su entorno, algunas de estas alternativas hacen uso del GPS como método principal para obtener información del ambiente son:

1. VOZ-TOUCH GPS: idea diseñada por Rodríguez *et al.* [54], proponen la creación de una aplicación móvil que permite al su usuario tener conocimiento de su ubicación, la parada de bus más cercana, las rutas de los buses, realizar llamadas y enviar mensajes predeterminados de su ubicación, para esto, la persona podrá interactuar de 2 maneras con la aplicación, la primera es a través del tacto y la retroalimentación auditiva, y el segundo es por medio del sintetizador de voz del móvil, la cual genera texto a través de voz y viceversa.

Para esto la aplicación tendrá una interfaz simple la cual se puede apreciar en la figura 4.19. En la cual podemos observar que la totalidad de la pantalla está cubierta por un menú de botones con las funciones que puede realizar la aplicación, al presionar uno de estos botones el sistema enviará la información por medio auditivo al usuario. Las funciones que posee la aplicación se pueden visualizar en la tabla 4.4, la primera columna es el nombre de la función y la segunda corresponde a la descripción de esta.

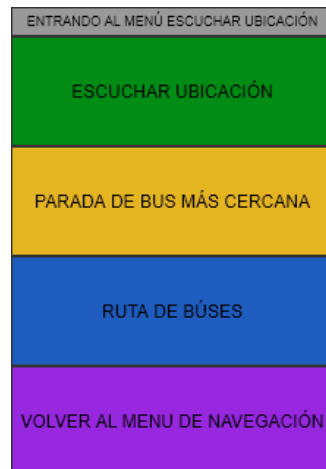


Fig. 4.19: Interfaz VOZ-TOUCH GPS [54].

Tabla 4.4. Funciones VOZ-TOUCH GPS.

Funciones	Descripción
Escuchar ubicación	Brinda información sobre su ubicación actual.
Escuchar para de bus	Brinda información de la parada de bus más cercana.
Ruta de bus	Brinda información sobre los buses que pasan por la parada más cercana y sus rutas.

Realizar llamada	Ayuda al usuario a que en caso de emergencia pueda realizar llamadas, sea por la voz o mediante el tacto.
Enviar mensaje	El mensaje contiene la ubicación, la parada de bus más cercana y un enlace que muestre su ubicación exacta.

Nota: Funciones VOZ-TOUCH GPS [54].

Finalmente, luego de la creación de un prototipo de esta aplicación, se realizó una extensa etapa de pruebas con usuarios en situación de discapacidad visual parcial o total, la cual comenzó el mes de mayo de 2016 y concluyó en abril de 2017, luego de esta etapa se obtuvieron resultados positivos y ofreciendo un mejoramiento en la calidad de vida de los usuarios.

2. OGeo: planteado por Henríquez, Vejarano, Montes [55], proponen la creación de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, utilizando las tecnología GPS, Wifi, RFID, NFC y sensores iBeacons. Esta aplicación busca que el usuario logre conocer su posición y localización dentro de un recinto cerrado o espacio físico en exteriores.

La aplicación utiliza el GPS cuando el usuario se encuentra en exteriores y en interiores es necesaria la instalación de iBeacons en lugares estratégicos, esta información es captada y comparada con la información de una base de datos mediante un servidor web, como lo muestra el diagrama de la figura 4.20.

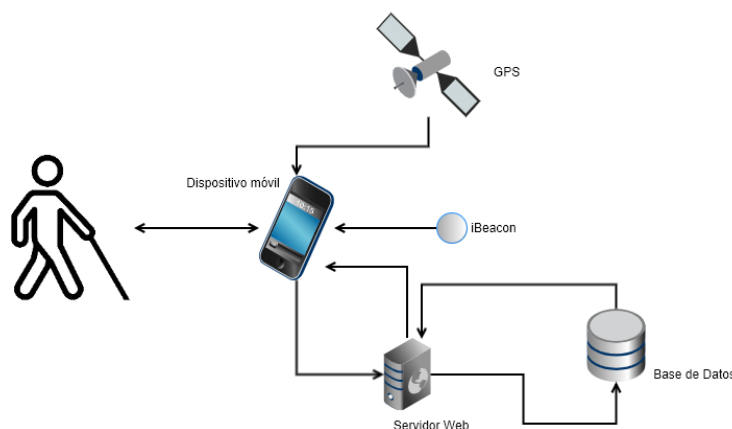


Fig. 4.20: Diagrama del funcionamiento de OGeo [55].

Para su interfaz, la aplicación posee menús de botones que ocupan el espacio total de la pantalla, al momento de presionar uno de estos botones se entregará la información seleccionada al usuario de manera audible.

Se diseñó un prototipo con el cual se realizaron una serie de pruebas con un usuario final, en base a estas pruebas se vio la necesidad de delimitar el área de la pantalla en el teléfono móvil, ya que el usuario no detectaba si estaba presionando en la pantalla táctil o no, también se tuvo que mejorar la

distribución de los botones y se añadió la opción de para activar la aplicación al contacto con una etiqueta NFC.

Finalmente, si nos referimos a la tecnología de visión artificial, también llamada visión por computador o *Computer Vision*, de acuerdo con Gonzáles *et al.* [56]:

...La visión artificial es una disciplina que engloba todos los procesos y elementos que proporcionan ojos a una máquina y se podría decir que: la visión artificial o comprensión de imágenes describe la deducción automática de la estructura y propiedades de un mundo tridimensional, posiblemente dinámico, bien a partir de una o varias imágenes bidimensionales de ese mundo.

También, según Platero [57] la visión artificial “pretende capturar la información visual del entorno físico para extraer características relevantes visuales, utilizando procedimientos automáticos”.

Si buscamos los orígenes de la visión artificial, paredes [58] menciona que este

...Fue marcado por Larry Roberts (considerado uno de los padres de Internet), el cual en 1961 creo un programa que podía “ver” una estructura de bloques, analizar su contenido y reproducirla desde otra perspectiva, demostrando así a los espectadores que esa información visual que había sido mandada al ordenador por una cámara había sido procesada adecuadamente por él.

Según Platero [57], un sistema de visión artificial debe contar mínimamente con los siguientes subsistemas físicos:

1. Subsistema de iluminación: conjunto de artefactos que producen radiación electromagnética para que incidan sobre los objetos a visualizar.
2. Subsistema de captación: son los transductores que convierten la radiación luminosa reflejada en señales eléctricas.
3. Subsistema de adquisición: la señal eléctrica procedente de las cámaras forma la señal de video. Para ser tratadas hay que muestrearlas y cuantificarlas.
4. Subsistema de procesamiento: parten de una representación digital de las imágenes y procesan esta información hasta alcanzar una de alto nivel. Esta transformación dependerá de las necesidades del algoritmo de visión artificial utilizado.
5. Subsistema de periférico: conjunto de elementos receptores de la información de alto nivel.

Además, para realizar correctamente una tarea de visión artificial, de acuerdo con Gonzáles *et al.* [56] se deben llevar a cabo las etapas que se muestran en la figura 4.21. Estas etapas son las siguientes:

1. Etapa sensorial: aquí se obtiene la imagen digital, para ello se necesita de sensores y la capacidad para digitalizar la señal producida por el sensor.
2. Etapa de preprocesado: el preprocesamiento tiene que mejorar la imagen, de forma que el objetivo final tenga mayores posibilidades de éxito.
3. Etapa de segmentación: su objetivo es dividir la imagen en partes que la constituyen o los objetos que la forman. Esta etapa es una de las más importantes para el proceso, ya que una buena segmentación facilitará mucho la solución final, por otra parte, la segmentación errónea conducirá a fallos.

La salida de esta etapa es una imagen de datos, las cuales pueden contener la frontera de la región y/o los puntos de ella misma. Es necesario convertir esos datos a una forma que sea apropiada para el computador.

4. Etapa de parametrización: se extraen rasgos que producen alguna información cuantitativa de interés o rasgos que son básicos para diferenciar una clase de objetos de otra.
5. Etapa de clasificación: asigna una etiqueta a un objeto basada en la información que proporcionan los descriptores.

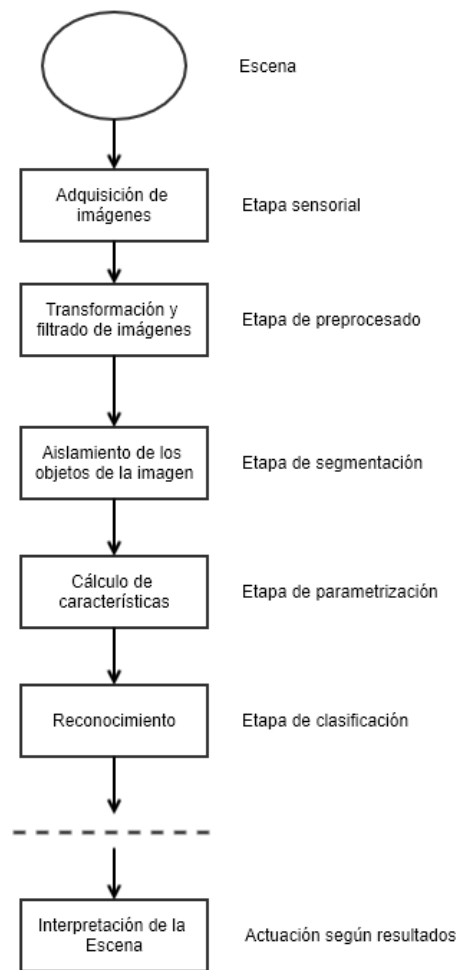


Fig. 4.21. Diagrama de las etapas de un sistema de visión artificial [56].

Por otro lado, para utilizar la tecnología de la visión artificial en los DEAM es necesario el uso de una cámara y un computador que procese las imágenes tomadas. Según Rubal [59], la primera cámara fotográfica data del año 1888 y esta fue llamada Kodak, además desde ese tiempo han pasado por 2 grandes cambios, el primero fue la invención de las cámaras digitales en la década de 1970 y el segundo es la cámara del dispositivo móvil, lo cual hizo más accesible la toma de imágenes para la mayoría de la población mundial.

También, al realizar una búsqueda de DEAM que son o fueron comerciales y que utilicen la tecnología de la visión artificial para recibir información del entorno, se pueden destacar los siguientes productos:

1. vOICe: dispositivo con forma de gafas, poseen una cámara incorporada para obtener la información del entorno y un par de auriculares para entregar la información al usuario, de acuerdo con Meijer [60] esta herramienta ofrece la

experiencia de vistas de una cámara en vivo a través de representaciones de imagen a sonido.

A su vez, distintas entidades han presentado alternativas no comerciales para ayudar a que las personas con discapacidad visual puedan movilizarse por su entorno, algunas de estas alternativas hacen uso de la visión artificial como método principal para obtener información del ambiente. Y estas son:

1. LAZARUS: idea propuesta por Rojas y Castillo [61], plantea la creación de un pequeño dispositivo que posee una cámara, un microcomputador, un microcontrolador y un micro vibrador. Busca ayudar a los deportistas en atletismo para que puedan recorrer el circuito de la pista de manera autónoma.

De acuerdo con el autor, el funcionamiento del dispositivo es el siguiente:

...El equipo procesa la ubicación de las líneas del carril del corredor, calcula su centro y genera un punto de referencia dinámico que se ajusta constantemente, desde el cual a partir del punto de referencia mide la distancia entre él y las líneas indicando al corredor si se mueve hacia uno de los lados del carril, la ubicación le es comunicado al atleta mediante unos micro-vibradores ubicados en una faja alrededor del torso, uno a cada lado.[62].

En base al prototipo creado, que se muestra en la figura 4.22, se realizan pruebas con usuarios que llevaban los ojos vendados, dando resultados variados, en el 80% de los casos, los usuarios lograron caminar a paso lento sin salirse de su carril. En el caso de correr, es necesario un entrenamiento para el usuario, debido a que es necesario interpretar la intensidad de cuando girar y en qué magnitud hacia el lado indicado por el dispositivo.



Fig. 4.22. Prototipo de LAZARUS [61].

2. Let Blind People See: idea de Jiang, Lin y Qu [62], ellos plantean la creación de un sistema que mediante el uso de una cámara, un computador y

auriculares, el sistema detecta los objetos que se encuentran alrededor del usuario y se lo comunicará mediante audio 3D.

En la figura 4.23 se muestra la arquitectura que posee el sistema, la cual de acuerdo con los autores se describe como:

...Nuestro sistema se compone de varios módulos. El video se captura con un dispositivo de cámara portátil (Ricoh Theta S, Microsoft Kinect o GoPro) en el lado del cliente y se transmite al servidor para el reconocimiento de imágenes en tiempo real con los modelos de detección de objetos existentes (YOLO³). La ubicación 3D de los objetos se estima a partir de la ubicación y el tamaño de los cuadros delimitadores del algoritmo de detección. Luego, una aplicación de generación de sonido 3D basada en el motor de juego Unity renderiza el sonido binaural con ubicaciones codificadas. El sonido se transmite al usuario con auriculares inalámbricos.

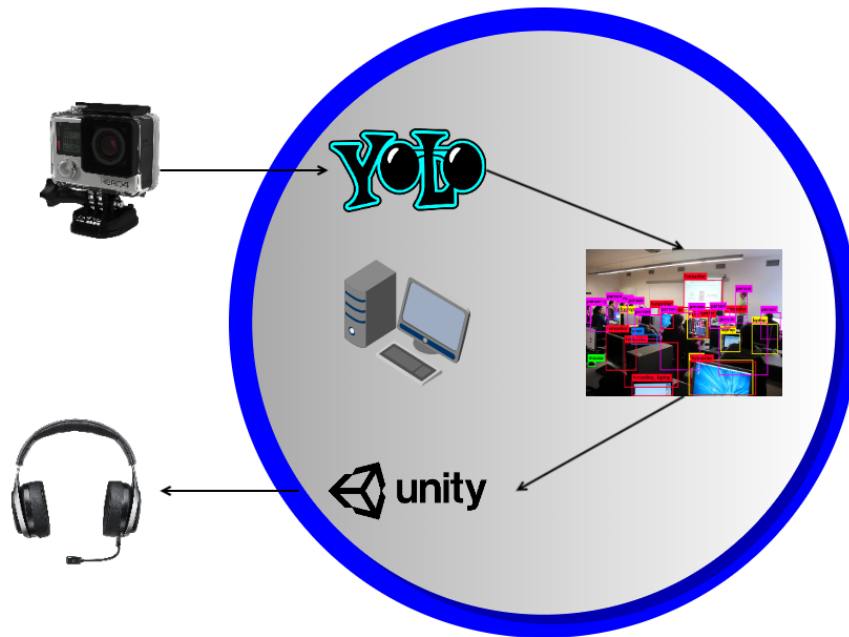


Fig. 4.23. Arquitectura de Let Blind People See [62].

Finalmente, se creó un prototipo el cual se probó con un usuario al cual se le obstruyó la vista. Las pruebas incluían detectar objetos y personas, buscar un objeto en específico y ubicar una silla y guiarle hasta sentarse en ella. En todas estas pruebas se obtuvieron resultados positivos. Luego se pasó a realizar pruebas con un usuario que poseía discapacidad visual, el usuario se mostró conforme, pero resaltó problemas con la parte audible del dispositivo, principalmente, el audio que emitía el dispositivo bloqueaba el

³ Es un algoritmo de visión artificial que detecta y clasifica objetos en tiempo real.

sonido ambiental y la sobrecarga de información que se notificaba al usuario cuando había muchos objetos frente a él.

Para concluir, se puede decir que el desafío de ayudar a las personas con discapacidad visual con respecto a una movilidad independiente y autonomía motivó a muchos investigadores a ofrecer su apoyo con diversas ideas que pueden ser usadas para complementar o reemplazar las ayudas convencionales como lo son el bastón largo y el perro guía. Estas ayudas con el paso de los años y debido a los nuevos avances tecnológicos han ido evolucionando y ofreciendo mayor independencia y autonomía a sus usuarios en diversos ámbitos del día a día.

También, en los últimos años se ha empezado a usar la inteligencia artificial para ayudar a las personas con discapacidad de origen visual, como en el caso del proyecto Google Project Guideline [63], el cual con ayuda de la visión artificial y la inteligencia artificial ayuda a atletas con discapacidad visual a correr por un camino marcado sin desviarse del trayecto señalado. Así como esta idea se espera que con las diversas áreas de aplicación que posee la inteligencia artificial y las nuevas tecnologías que irán surgiendo con el pasar de los años, se logren desarrollar herramientas muy completas que puedan ofrecer una completa dependencia y autonomía a las personas con discapacidad visual en el ámbito de la movilidad y sean amigables para estos usuarios.

5. Conclusiones

El desarrollo de las técnicas de ayuda a la movilidad para personas con discapacidad visual ha evolucionado satisfactoriamente desde los inicios con el bastón largo o el perro guía hasta la actualidad, donde podemos apreciar herramientas muy complejas que hacen uso de diversas tecnologías para recibir la información del entorno y entregarla a sus usuarios. Junto a estos el uso de técnicas de ayudas modernas puede incrementar de gran manera el grado de independencia y autonomía que las personas con discapacidad visual tienen al moverse, así también pueden impactar de manera positiva en el ámbito emocional de sus usuarios.

Con esta revisión bibliográfica se buscó entregar la información sintetizada con respecto a las técnicas de ayuda a la movilidad y los nuevos términos referente a estas que han ido surgiendo con el paso del tiempo.

Las técnicas de ayuda para la movilidad, en especial los DEAM, otorgan un gran grado de independencia y autonomía en la movilización de las personas con discapacidad visual en el ámbito de la realización de tareas cotidianas. En los últimos años se está buscando expandir este ámbito y han empezado a surgir herramientas que ayuden en actividades más específicas como por ejemplo el deporte. Así también, algunos DEAM pueden ser de utilidad para diversos tipos de usuarios, como por ejemplo los DEAM GPS pueden ser de mucha ayuda para que puedan guiarse en la ciudad en la que estén.

El mayor problema con el uso técnica de ayuda como los DEAM viene por parte de los creadores y usuarios, por su parte, los creadores no siempre toman en cuenta las capacidades de los usuarios con respecto al uso de las tecnologías, lo que resulta en herramientas muy complejas que no son amigables con el usuario. Por otra parte, los usuarios de edad mayor no tienen una gran disposición al uso de nuevas tecnologías que reemplacen las que ya utilizan y han manejado durante años, esto se puede deber a diversos factores como la falta de alfabetización digital, el alto costo de los nuevos dispositivos y el gran tiempo que lleva la capacitación para el correcto uso del dispositivo.

Las técnicas de ayuda a la movilidad han visto un gran impulso en los últimos años dado los avances tecnológicos, gracias a esto se ha aumentado el uso de las nuevas técnicas como los DEAM, y se espera que como consecuencia de los futuros avances que vendrán con el pasar de los años, la nuevas técnicas de ayuda a la movilidad vayan popularizando hasta complementar o reemplazar a las tradicionales y de esta formas ofrecer a sus usuarios una mayor independencia y autonomía en el ámbito de la movilidad.

De acuerdo con los ejemplos presentados, se encuentra constantemente la incursión por el desarrollo de soluciones de bajo costo, lo que evidencia que estas

herramientas se pueden poner al alcance de las personas con escasos recursos o pertenecientes a países subdesarrollados, para que puedan llevar un desarrollo integral en diferentes ámbitos a lo largo de su vida.

Por otra parte, en el área de la tecnología existe una gran tendencia por la compactación de los dispositivos, esto presenta un gran problema en la población con discapacidad visual, ya que si no se garantiza una correcta interacción hombre-máquina estas herramientas se vuelven inaccesibles para ellos. Actualmente la mayoría de las formas con las cuales se interactúa con un computador son completamente visuales, como por ejemplo mediante la acción del usuario sobre una pantalla táctil, esta es una gran barrera para las personas con discapacidad visual, ya que al ser una interfaz completamente visual supone una enorme barrera para su usabilidad.

Se considera que el uso de la visión artificial para ayudar en la movilidad de personas con discapacidad visual esta en una etapa temprana y existe la oportunidad de desarrollar algoritmos de visión más avanzados y que ofrezcan un nivel más alto de interpretación de la información visual, lo cual garantizará una mayor aceptación por parte de los usuarios y les ofrecerá la confianza para llevar una vida independiente y autosuficiente.

Gracias al auge de las TIC, el siguiente gran avance que buscan las grandes ciudades del mundo es la implementación del modelo de *Smart cities*, lo cual con el pasar de los años incrementará de forma extraordinaria el registro y almacenamiento de datos sobre diferentes puntos de interés. La posibilidad de analizar y dotar de sentido a dichos datos, a través de aplicaciones o dispositivos adaptados que faciliten la movilidad, integración y participación social a ciudadanos con discapacidad visual, llevará a espacios más accesibles y habitables.

6. Referencias

- [1] Perkins school for the blind, "10 fascinating facts about the white cane | Perkins School for the Blind." <https://www.perkins.org/stories/10-fascinating-facts-about-the-white-cane>.
- [2] R. D. Vasquez Salazar and A. A. Cardona Mesa, "Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica," *Rev. Politécnica*, 2019, doi: 10.33571/rpolitec.v15n28a10.
- [3] Servicio Nacional de la Discapacidad, "CATÁLOGO DE AYUDAS TÉCNICAS CONVOCATORIA AÑO 2020," pp. 1–32, 2020.
- [4] R. R. A. Bourne *et al.*, "Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis," *Lancet Glob. Heal.*, vol. 5, no. 9, pp. e888–e897, Sep. 2017, doi: 10.1016/S2214-109X(17)30293-0.
- [5] The International Agency for the Prevention of Blindness, "Vision Atlas - The International Agency for the Prevention of Blindness." <https://www.iapb.org/learn/vision-atlas/>.
- [6] FONADIS and INE, "Primer Estudio Nacional de la Discapacidad en Chile," *Inf. Fonadis*, pp. 42–82, 2004, [Online]. Available: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/encuestas_discapacidad/pdf/reultados3.pdf.
- [7] R. Manduchi and S. Kurniawan, "Mobility-related accidents experienced by people with visual impairment," *Insight Res. Pract. Vis. Impair. Blind.*, 2011.
- [8] J. Ipland and D. Parra, "La formación de ciegos y discapacitados visuales: visión histórica de un proceso de inclusión," *El largo camino hacia una Educ. inclusiva*, 2009.
- [9] Organización Nacional de Ciegos Españoles, *Discapacidad visual y autonomía personal. Enfoque práctico de la rehabilitación*. 2011.
- [10] UNICEF, "THE STATE OF THE WORLD'S CHILDREN 1996.pdf," *J. Vis. Lang. Comput.*, vol. 11, no. 3, p. 55, 2559, [Online]. Available: https://www.m-culture.go.th/mculture_th/download/king9/Glossary_about_HM_King_Bhumibol_Adulyadej's_Funeral.pdf.
- [11] M. Ostermeier, "History of guide dog use by veterans," *Military Medicine*. 2010, doi: 10.7205/MILMED-D-10-00082.
- [12] P. Strong, "The History of the White Cane," *Tennessee Counc. Blind*, 2009, doi: 10.1016/B978-0-12-381383-1.00006-0.
- [13] ISO, "ISO 9999:1992."
- [14] J. Roca Dorda, J. Roca González, and M. E. Del Campo Adrián, "De las ayudas técnicas a la tecnología asistiva," *Tecnol. Educ. y Divers. Retos y Real. la Inclusión Digit. Actas del III Congr. Nac. Tecnol. Educ. y Divers.*, pp. 235–240, 2004.
- [15] ISO, "ISO 9999:2007."
- [16] ISO, "ISO 9999:2016(en), Assistive products for persons with disability — Classification and terminology." <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9999:ed-6:v1:en>.

- [17] X. Doménech Riera, "Historia de la Tiflotecnología en España." <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/tiflotecnologia.htm>.
- [18] J. Sánchez García, "Tiflotecnología," *Acción Soc. Rev. Política Soc. y Serv. Soc.*, vol. V. I/Nº5, pp. 97–107, 2017, [Online]. Available: [https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/52562/1/acción social 1-5.pdf](https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/52562/1/acción%20social%201-5.pdf).
- [19] N. Raee Ghahramanzadeh, "Ayudas Electrónicas en Baja Visión," *Text*, pp. 1–7, 2003.
- [20] P. S. Ranaweera, S. H. R. Madhuranga, H. F. A. S. Fonseka, and D. M. L. D. Karunathilaka, "Electronic travel aid system for visually impaired people," *2017 5th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2017*, vol. 0, no. c, 2017, doi: 10.1109/ICoICT.2017.8074700.
- [21] R. Velázquez, E. Fontaine, and E. Pissaloux, "Coding the environment in tactile maps for real-time guidance of the visually impaired," 2006, doi: 10.1109/MHS.2006.320235.
- [22] E. Cardillo and A. Caddemi, "Insight on electronic travel aids for visually impaired people: A review on the electromagnetic technology," *Electronics (Switzerland)*. 2019, doi: 10.3390/electronics8111281.
- [23] J. R. Terven Salinas, J. Salas, and B. Raducanu, "Estado del Arte en Sistemas de Visión Artificial para Personas Invidentes," *Año VI. Enero -Junio*, 2013.
- [24] L. Jihong and S. Xiaoye, "A survey of vision aids for the blind," 2006, doi: 10.1109/WCICA.2006.1713189.
- [25] J. Beltrán Ramírez, J. R. Zepeda Gómez, M. D. R. Maciel Arellano, V. M. Larios Rosillo, J. Espinoza, and J. D. J. Martínez Mendoza, "Tecnologías en apoyo al traslado y acceso a la información destinado a personas con discapacidad visual," *INVENTUM*, 2019, doi: 10.26620/uniminuto.inventum.14.26.2019.70-78.
- [26] La Estrella de Iquique, "Comenzó masiva alfabetización digital." https://www.estrellaiquique.cl/prontus4_nots/site/artic/20050823/pags/20050823020948.html.
- [27] Universidad de Tarapacá, "Exitosa capacitación de la UTA culminó con entrega de certificados a Juntas de Vecinos – Universidad de Tarapacá." <https://www.uta.cl/index.php/2014/06/24/exitosa-capacitacion-de-la-uta-culmino-con-entrega-de-certificados-a/>.
- [28] C. Pineda, M. Macías, and A. Bernal, "Principios físicos básicos del ultrasonido," *Investig. en Discapac.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–34, 2012, [Online]. Available: <http://www.medigraphic.com/rid>.
- [29] T. Ortega and S. Seguel B, "Historia Del Ultrasonido: El Caso Chileno," *Rev. Chil. Radiol.*, vol. 10, no. 2, pp. 89–93, 2004, doi: 10.4067/s0717-93082004000200008.
- [30] KEYENCE, "Qué Es Un Sensor," *Sitio Web - KEYENCE*, pp. 1–32, 2017.
- [31] W. M. Penrod, T. J. Simmons, D. K. Bauder, and D. B. Lee, "A Comparison of Selected Secondary Electronic Travel Aids with a Primary Mobility System," *Int. J. Orientat. Mobil.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–41, 2009, doi: 10.21307/ijom-2009-003.
- [32] UltraCane, "About the UltraCane." https://ultracane.com/about_the_ultracane.

- [33] S. La Grow, "The use of the sonic pathfinder as a secondary mobility aid for travel in business environments: A Single-subject design," *J. Rehabil. Res. Dev.*, vol. 36, no. 4, pp. 333–340, 1999.
- [34] L. H. Hernández-Gómez *et al.*, "Development of a sensitive system to fixed prosthesis in the lumbar and cervical orthopedic area," *Adv. Struct. Mater.*, vol. 92, no. October, pp. 345–362, 2019, doi: 10.1007/978-3-319-79005-3_23.
- [35] J. G. Bravo Dussan, "PROTOTIPO DE BRAZALETE COMO COMPLEMENTO AL BASTÓN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL," vol. 1, 2019.
- [36] GRINDDA, "Grindda." <https://www.grindda.com/informacion-general>.
- [37] J. Luis *et al.*, "Robótica y UX para la Mejora de las Interacciones en el Espacio Urbano : Desarrollo y Perfeccionamiento de un Bastón Electrónico para Invidentes Resumen," vol. 3491488857, no. 8579, pp. 1–17, 2016.
- [38] EcuRed, "Rayo láser - EcuRed." https://www.ecured.cu/Rayo_láser.
- [39] H. E. Ibarra Villalón, O. Pottiez, and A. Gómez Vieyra, "El camino hacia la luz láser," vol. 64, no. December, pp. 100–107, 2018.
- [40] M. Bujacz and P. Strumiłło, "Sonification: Review of Auditory Display Solutions in Electronic Travel Aids for the Blind," *Arch. Acoust.*, vol. 41, no. 3, pp. 401–414, 2016, doi: 10.1515/aoa-2016-0040.
- [41] R. Farcy and Y. Bellik, "Universal Access and Assistive Technology," *Univers. Access Assist. Technol.*, no. May 2014, 2002, doi: 10.1007/978-1-4471-3719-1.
- [42] Q. K. Dang, Y. Chee, D. D. Pham, and Y. S. Suh, "A virtual blind cane using a line laser-based vision system and an inertial measurement unit," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 1, 2016, doi: 10.3390/s16010095.
- [43] X. Amado Reino, *El GPS en Arqueología : Introducción y Ejemplos de uso*, vol. 15. 1999.
- [44] E. Huerta, A. Mangiaterra, and G. Noguera, *GPS Posicionamiento satelital*, vol. 53, no. 9. 2013.
- [45] National Coordination Office for Space-Based Positioning Navigation and Timing, "GPS.gov: Space Segment." <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>.
- [46] GIS Geography, "GPS Accuracy: HDOP, PDOP, GDOP, Multipath & the Atmosphere - GIS Geography." <https://gisgeography.com/gps-accuracy-hdop-pdop-gdop-multipath/>.
- [47] M. Baena Capilla, "DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE CORRECCIONES RTCM DE LA RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO PARA NAVEGADORES DE CÓDIGO (GEORAP)." <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11417/direccion/Capítulos+%252F>.
- [48] M. Sullivan, "A brief history of GPS." <https://www.pcworld.com/article/2000276/a-brief-history-of-gps.html>.
- [49] Sendero Group, "Sendero Group: BrailleNote GPS Software." <http://www.senderogroup.com/products/shopgps.html>.
- [50] LoadStone GPS, "Loadstone GPS - Home." <http://www.loadstone-gps.com/>.
- [51] Emol, "Lazarillo, la aplicación chilena que guía por la ciudad a personas ciegas

en más de 14 países.” <https://vcm.emol.com/1268/inspiracion/lazarillo-la-aplicacion-chilena-que-guia-por-la-ciudad-a-personas-ciegas-en-mas-de-14-paises/>.

- [52] Hora de Noticias, “Lazarillo APP es reconocido como uno de los mejores emprendimientos de Latinoamérica.” <https://horadenoticias.cl/tendencias/lazarillo-app-es-reconocido-como-uno-de-los-mejores-emprendimientos-de-latinoamerica/>.
- [53] Lazarillo, “Empresas - Lazarillo Accesibilidad para clientes con discapacidad visual.” <https://lazarillo.app/es/empresas/>.
- [54] A. Rodríguez, D. De La Cruz, J. Tobar, P. Mejía, N. Paredes, and G. Olmedo, “VOZ - TOUCH GPS: Asistente de navegación y movilidad para personas con discapacidad visual en el Ecuador,” 2017, doi: 10.23919/CISTI.2017.7975821.
- [55] A. Henríquez, R. Vejarano, and H. Montes, “OGeo: Aplicación para Ayuda en la Movilidad de Personas con Discapacidad Visual (OGeo: App for Mobility Assistance for People with Visual Disability),” *VIII Congr. Int. sobre Apl. Tecnol. la Inf. y Comun. Av.*, no. October, 2017.
- [56] A. González Marcos *et al.*, *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial*, no. December 2016. 2006.
- [57] C. Platero Dueñas, “Tema 1.- Introducción a la Visión Artificial,” *Univ. Córdoba Esc. Politécnica Super.*, p. 37, 2014, [Online]. Available: <http://www.uco.es/users/ma1fegan/2012-2013/vision/Temas/ruido.pdf>.
- [58] T. S. Huang, “Computer Vision: Evolution and Promise.”
- [59] M. Rubal Thomsen, “Historia de la fotografía.” <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20180411/442459480247/historia-fotografia-camara-kodak-polaroid-digital-daguerrotipo.html>.
- [60] P. Meijer, “The vOICe.” <https://www.seeingwithsound.com/>.
- [61] D. Rojas Hernández and F. Castillo Moya, “LAZARUS , los ojos del atleta con discapacidad visual LAZARUS , the eyes of the athlete with visual impairments,” pp. 21–28, 2019.
- [62] R. Jiang, Q. Lin, and S. Qu, “Let Blind People See: Real-Time Visual Recognition with Results Converted to 3D Audio,” 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/312593672_Let_Blind_People_See_Real-Time_Visual_Recognition_with_Results_Converted_to_3D_Audio.
- [63] T. Panek, “How Project Guideline gave me the freedom to run solo,” Nov. 19, 2020. <https://blog.google/outreach-initiatives/accessibility/project-guideline/>.