ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DESARROLLO DE UN CATÁLOGO DIGITAL DE SOFTWARE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA UTILIZANDO PROTOTIPADO Y USER EXPERIENCE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN

JOHN SANTIAGO ARIAS MORALES
jhon.arias@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. ENRIQUE ANDRÉS LARCO AMPUDIA, MSc.
andres.larco@epn.edu.ec

Quito, octubre 2019

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por John Santiago Arias Morales, bajo mi supervisión.

Ing. Enrique Andrés Larco Ampudia, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **John Santiago Arias Morales**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

John Santiago Arias Morales

DEDICATORIA

A mis padres por ser el apoyo y guía incondicional durante mi camino de preparación profesional.

A mis hermanos por ser un gran ejemplo y los más especiales amigos que me motivaron para seguir adelante en mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos, por su esfuerzo en ofrecerme lo mejor para culminar mis objetivos.

A los docentes de la Escuela Politécnica Nacional que me han brindado el conocimiento necesario para llegar a ser un buen profesional.

A mi director, Andrés Larco, por haberme inculcado, más que conocimientos profesionales, enseñazas para ser una mejor persona.

CONTENIDO

Resumen **1**

Abstract **2**

1 INTRODUCCIÓN **3**

1.1 ANTECEDENTES 3

1.2 OBJETIVOS 5

1.2.1 Objetivo General 5

1.2.2 Objetivos Específicos 5

1.3 ALCANCE 6

1.4 MARCO TEÓRICO 7

1.4.1 Discapacidad Auditiva 7

1.4.2 Tipos de Pérdida Auditiva y Razones 7

1.4.3 Niveles de pérdida auditiva 9

1.4.4 Diferencia entre persona con discapacidad auditiva y sordomuda . . . 10

1.4.5 Lenguaje de Señas 11

1.4.6 Justificación Teórica 15

1.4.7 Justificación Metodológica 18

1.4.8 Metodología de desarrollo de software 18

1.4.9 Herramientas 21

1.5 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR 25

1.5.1 Sitios web y catálogos 25

1.5.2 Aplicaciones 30

1.5.3 Herramienta de evaluación de calidad de aplicaciones 30

1.6 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO 32

2 METODOLOGÍA **33**

2.1 Análisis del Proyecto 33

2.1.1 Estrategia 33

2.1.2 Alcance 35

2.1.3 Estructura 39

2.1.4 Esqueleto 44

2.1.5 Superficie 46
2.2 Prototipo 48
2.2.1 Prototipo Baja fidelidad 48
2.2.2 Prototipo Media fidelidad 52
2.2.3 Prototipo Alta fidelidad 53
2.3 Evaluación de los prototipos 58
2.3.1 Baja fidelidad 59
2.3.2 Media fidelidad 60
2.3.3 Alta fidelidad 61

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 63
3.1 Evaluación de las aplicaciones 63
3.1.1 Resultados 63
3.1.2 Discusión 68
3.2 Prototipo de baja fidelidad 69
3.2.1 Resultados 69
3.2.2 Discusión 70
3.3 Prototipo de media fidelidad 71
3.3.1 Resultados 71
3.3.2 Discusión 73
3.4 Prototipo de alta fidelidad 73
3.4.1 Resultados 73
3.4.2 Discusión 81

4 CONCLUSIONES 87
4.1 Conclusiones 87
4.2 Recomendaciones 89

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90

6 ANEXOS I
6.1 Investigación preliminar I
6.1.1 Calificaciones MARS aplicaciones Android I
6.1.2 Calificaciones MARS aplicaciones iOS I
6.2 Prototipos I
6.2.1 Prototipo de Baja Fidelidad I
6.2.2 Prototipo de Media Fidelidad I
6.2.3 Prototipo de Alta Fidelidad I

6.3 Evaluaciones de los prototipos I
6.3.1 Prototipo de Baja Fidelidad I
6.3.2 Prototipo de Media Fidelidad I
6.3.3 Prototipo de Alta Fidelidad I
6.3.4 Manuales I
6.4 Detalle de resultados por categorías de MARS II
6.4.1 Categoría Atractivo II
6.4.2 Categoría Funcionalidad III
6.4.3 Categoría Estética IV
6.4.4 Categoría Información V
6.4.5 Categoría Calidad Subjetiva VI

RESUMEN

Existen aplicaciones de software que pueden utilizarce como tecnologías de soporte de la comunicación, herramientas profesionales y herramientas de aprendizaje en el ámbito de la discapacidad auditiva, que benefician a terapeutas, intérpretes, personas que padecen ésta discapacidad y a sus familias. A pesar de que exite un alto porcentaje de personas que registran este tipo de discapacidad, no existe un catálogo que facilite la búsqueda y fácil acceso a éstas aplicaciones.

El objetivo del proyecto fue desarrollar un catálogo digital de software para personas con discapacidad auditiva utilizando Prototipado y Experiencia de Usuario.

Se realizó una búsqueda sistemática de sitios web, catálogos y aplicaciones web y móviles que se enfoquen en la discapacidad auditiva, con la finalidad de identificar características y opciones de mejora. Se implementó el catálogo digital combinando los criterios de Experiencia de Usuario y el Prototipado. La calidad de las aplicaciones mostradas en el catálogo fue evaluada utilizando la herramienta Mobile App Rating Scale.

En base a la investigación preliminar se obtuvo un listado de requerimientos funcionales y no funcionales para la implementación del catálogo. Las aplicaciones web y móviles de la plataforma Adroid e iOS evaluadas que cumplen con los criterios de la herramienta, fueron incluidos en el catálogo.

El catálogo implementado es intuitivo y simple de utilizar. Los terapeutas e intérpretes de la Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador, así como también, los terapeutas de la Fundación Mariana de Jesús, y usuarios finales, lo valoraron como una herramienta práctica y de gran utilidad al momento de encontrar recursos tecnológicos para sus actividades en el ámbito de la discapacidad auditiva.

Palabras Claves: discapacidad auditiva, aplicaciones, catálogo, terapeutas, intérpretes, experiencia de usuario, prototipado.

ABSTRACT

There are software applications that can be used as communication support technologies, professional tools and learning tools in the field of hearing impairment, which benefit therapists, interpreters, people with this disability and their families. Although there is a high percentage of people who register this type of disability, there is no catalog that facilitates the search and easy access to these applications.

The objective of the project was to develop a digital catalog of software for people with hearing impairment using Prototyping and User Experience.

A systematic search of websites, catalogs and web and mobile applications that focus on hearing impairment was performed, in order to identify characteristics and improvement options. The digital catalog was implemented combining the criteria of User Experience and Prototyping. The quality of the applications shown in the catalog was evaluated using the Mobile App Rating Scale tool.

Based on the preliminary investigation, a list of functional and non-functional requirements for the implementation of the catalog was obtained. The web and mobile applications of the Adroid and iOS platform evaluated that meet the criteria of the tool, were included in the catalog.

The implemented catalog is intuitive and simple to use. The therapists and interpreters of "Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador", as well as the therapists of "Fundación Mariana de Jesús", and end users, valued it as a practical and very useful tool when finding technological resources for their activities in the field of hearing impairment.

Keywords: hearing impairment, applications, catalog, therapists, interpreters, user experience, prototyping.

1 INTRODUCCIÓN

Esta sección describe los antecedentes, objetivos y alcance del proyecto integrador. También, se detalla la estructura del proyecto, el marco teórico y la investigación preliminar.

1.1 ANTECEDENTES

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) se han incorporado a la enseñanza y aprendizaje de las personas con el objetivo de mejorar la educación. Esta incorporación ha aportado diversos beneficios en áreas como: comprensión, autonomía, trabajo en equipo, pensamiento crítico y flexibilidad [1].

El aprendizaje, en promedio, obtenido a través del oído es del 25 %. Es decir, un estudiante recordará solo el 25 % de lo que escuchó al día siguiente de una lección dictada por un profesor [2]. Aunque el principal medio de aprendizaje es la vista, el oído es un complemento de gran importancia para percibir y relacionar sonidos con imágenes.

Las personas con discapacidad auditiva tienen dificultades para aprender de manera tradicional [3]. Por esta razón, existen instituciones especializadas que usan la tecnología como apoyo para el aprendizaje. Las aplicaciones de comunicación y aprendizaje, ayudan a reforzar y mejorar las habilidades de las personas con discapacidad, promoviendo una mejor calidad de vida para ellos y su familia.

De acuerdo al Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), existen un total de 63 191 personas registradas con algún tipo de discapacidad auditiva [4]. El Gobierno del Ecuador creó un conjunto de regulaciones y acuerdos que reconocen los derechos y la responsabilidad que tiene el Estado, de introducir, motivar y ayudar a las personas con discapacidad [5].

Las personas con discapacidad fueron incluidas como un grupo prioritario y de atención especial en la Constitución del 2008. En la sección 3 de la Ley Orgánica de Discapacidades, artículo 33, Accesibilidad a la educación, se establece que:

"La autoridad educativa nacional en el marco de su competencia, vigilará y supervisará, en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados, que las instituciones educativas escolarizadas y no escolarizadas, especial y de educación superior, públicas y privadas, cuenten con infraestructura, diseño universal, adaptaciones físicas, ayudas técnicas y tecnológicas para las personas con discapacidad; adaptación curricular; participación permanente de guías intérpretes, según la necesidad y otras medidas de apoyo personalizadas y efectivas que fomenten el desarrollo académico y social de las personas con discapacidad."[6]

Debido a estas regulaciones y normativas, el estado del Ecuador cuenta con cerca de 89 instituciones que ofrecen educación para personas con discapacidad. El presupuesto designado a estas instituciones para material educativo es limitado, por lo que pocas utilizan aplicaciones educativas [7].

El principal problema para las personas con discapacidad auditiva es la falta de software diseñado para complementar su aprendizaje. Además, la dificultad para encontrar software que se ajuste a las necesidades de las personas con discapacidad auditiva, genera dependencia del criterio de un terapeuta, intérprete o institución, como la Federación Nacional de Sordos del Ecuador (FENASEC).

La búsqueda de este tipo de aplicaciones resulta confusa, puesto que varias instituciones promueven diferentes aplicaciones o programas de descarga gratuita. Algunas páginas o sitios web también brindan acceso a aplicaciones, pero estas se encuentran en una lista, sin ningún tipo de categorización. Cabe resaltar que, las personas que utilizan este tipo de aplicaciones no saben qué calidad tienen las mismas.

La Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional ha realizado un catálogo de software para personas con discapacidad intelectual [8], un catálogo para personas con discapacidad visual [9], y un catálogo para personas con discapacidad física [10]. En el Ecuador, no existe un catálogo que permita buscar software educativo para personas con discapacidad auditiva.

El presente trabajo de titulación se realiza debido al problema que presentan instituciones, terapeutas, intérpretes y personas con algún tipo de discapacidad auditiva al buscar aplica-

ciones que permitan facilitar y mejorar el aprendizaje de personas con dicha discapacidad.

El presente proyecto propone el desarrollo de un Catálogo de Aplicaciones Web y Móviles para personas con Discapacidad Auditiva. El catálogo tiene el objetivo de acercar y facilitar el acceso a la tecnología digital e Internet a este grupo de personas. Además, busca incorporar aplicaciones web y móviles que les permita mejorar su aprendizaje y desarrollo personal, una sección de eventos y noticias, con una categorización adecuada y que permita realizar una búsqueda sencilla.

El proyecto Integrador se realizará en la institución FENASEC, la cual ha expresado su interés y brindará el apoyo para el desarrollo del catálogo. El catálogo también permitirá a otras instituciones para la discapacidad auditiva el acceso a las aplicaciones anteriormente mencionadas.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos para la realización de este proyecto, se detallan a continuación:

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un catálogo digital de software para personas con discapacidad auditiva utilizando Prototipado y User Experience.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Investigar y evaluar la funcionalidad de al menos 10 aplicaciones web y móviles existentes para discapacidad auditiva.
2. Recolectar los requerimientos del catálogo digital de software para personas con discapacidad auditiva.
3. Diseñar la arquitectura del catálogo en base a los requerimientos obtenidos.
4. Diseñar tres prototipos del catálogo digital de software.
5. Implementar el catálogo digital de software utilizando como metodología de desarrollo el prototipado y los criterios de experiencia de usuario.

6. Evaluar la funcionalidad, usabilidad y accesibilidad del catálogo digital de software

1.3 ALCANCE

El trabajo para este proyecto se divide en cuatro fases:

1. **Investigación Preliminar**

   Los sitios web y catálogos existentes serán analizados para identificar las necesidades del usuario y encontrar mejoras que se puedan implementar en el catálogo digital. Además, se realizará una búsqueda sistemática de aplicaciones para personas con discapacidad auditiva. Las aplicaciones seleccionadas serán posteriormente evaluadas.

2. **Experiencia de Usuario**

   La metodología de la experiencia de usuario será utilizada para verificar los aspectos de diseño para el catálogo digital.

3. **Prototipado**

   Las interfaces serán desarrolladas y divididas en tres prototipos de acuerdo a su fidelidad. El primer prototipo será creado como una solución a los problemas de los sitios y catálogos existentes. A continuación, el prototipo de media fidelidad será desarrollado para demostrar cómo funciona el catálogo de software. Finalmente, el prototipo de alta fidelidad será implementado usando los aspectos de la experiencia de usuario y las mejoras de los prototipos anteriores.

4. **Evaluación de Calidad**

   Los prototipos serán evaluados de manera que cumplan con los requerimientos y aspectos de la experiencia del usuario que son:

   - ❒ **Estrategia:** comprende las necesidades del usuario.
   - ❒ **Alcance:** comprende los requerimientos específicos del contenido y funcionalidad.
   - ❒ **Estructura:** comprende la arquitectura de la información.
   - ❒ **Esqueleto:** comprende al diseño de la información.
   - ❒ **Superficie:** comprende al diseño visual.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Discapacidad Auditiva

Según la Clasificación de las Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDD) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define a la discapacidad como un estado de salud. El término abarca deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones de participación entre la persona y su entorno. Las discapacidades se pueden clasificar en tres grupos principales: de movilidad o desplazamiento, de relación o conducta y de comunicación.

La discapacidad auditiva forma parte del grupo de discapacidad de comunicación, se caracteriza por la reducción de la capacidad de escuchar; parcial o total, y unilateral o bilateral. Una pérdida de audición dificulta escuchar el habla y otros sonidos del entorno [11].

1.4.2 Tipos de Pérdida Auditiva y Razones

La Institución Better Hearing ha clasificado varios tipos de pérdida auditiva [12]:

- **Pérdida auditiva neurosensorial**

  Es la principal razón de la pérdida auditiva, ocurre cuando hay problemas con las estructuras sensoriales, células ciliadas y/o neuronales, nervios, en el oído interno en la región de la cóclea. En la mayoría de los casos el daño ocurre en las células ciliadas que se activan mediante ondas sonoras que vibran y liberan sustancias químicas en el nervio auditivo, pero el daño también puede ocurrir en el nervio auditivo. El nervio auditivo transmite las señales sensoriales al cerebro que las interpreta como sonidos.

  La pérdida auditiva neurosensorial reduce la intensidad del sonido, también puede distorsionar lo que se escucha, incluso cuando los sonidos son lo suficientemente altos. Por esta razón, las personas con este tipo de pérdida auditiva tienen dificultad para escuchar con claridad las palabras, particularmente sonidos de consonantes, o cuando se encuentran en ambientes ruidosos.

  La mayoría de los casos no se pueden revertir con tratamiento médico y, por lo general, se describen como una condición irreversible y permanente.

  Las principales causas de la pérdida auditiva neurosensorial son [12][13]:

- ✧ Exposición a ruidos fuertes.
- ✧ Envejecimiento por edad.
- ✧ Medicamentos dañinos para el oído.
- ✧ Enfermedades, como meningitis, sarampión y ciertos trastornos autoinmunes, entre otros.
- ✧ Por herencia genética.
- ✧ Traumas en la cabeza.
- ✧ Malformación de la estructura del oído interno.

❒ **Pérdida auditiva conductiva**

La pérdida auditiva conductiva es de naturaleza mecánica. Significa que una condición física o enfermedad, detiene el sonido desde el oído externo o medio hasta el oído interno, donde el nervio auditivo envía las señales al cerebro.

Con frecuencia, la causa de la pérdida auditiva conductiva puede identificarse y tratarse. El tratamiento médico a menudo permite la mejora parcial o completa de la audición. Los audífonos suelen ser útiles para compensar la pérdida de audición.

Las principales causas de la pérdida auditiva conductiva son [12][13]:

- ✧ Acumulación de cera en el oído medio.
- ✧ Líquido en el oído medio debido a resfriados o alergias.
- ✧ Problemas con la trompa de Eustaquio.
- ✧ Infección del oído.
- ✧ Objetos alojados en el oído.
- ✧ Ruptura del tímpano.
- ✧ Malformaciones de las partes del oído.
- ✧ Trauma en el oído.
- ✧ En casos raros, tumores.

❒ **Pérdida auditiva mixta**

Una pérdida auditiva mixta significa que hay una pérdida de audición neurosensorial junto con un componente de pérdida auditiva conductiva. Existe una pérdida auditiva

irreversible causada por un problema en el oído interno y también existe un problema con el oído externo o medio.

La pérdida auditiva conductiva se puede tratar como se mencionó antes. Después del tratamiento, la persona deberá utilizar audífonos para ayudar a controlar la pérdida neurosensorial [12][13].

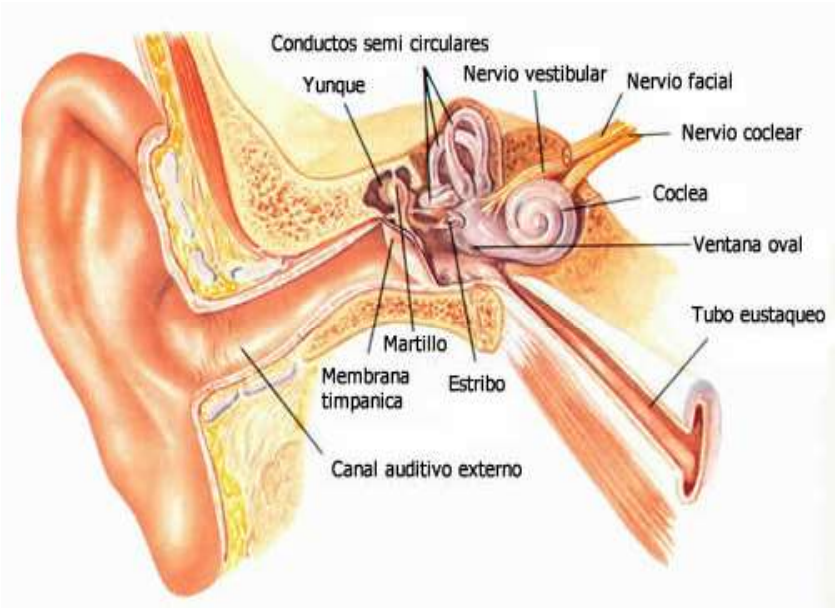


Figura 1.1: Partes del Oído [14].

1.4.3 Niveles de pérdida auditiva

Para realizar un diagnóstico, existen cuatro niveles que describen el grado de pérdida auditiva de una persona [15]

- **Pérdida de audición leve**

  Las personas con pérdida auditiva leve pueden escuchar sonidos silenciosos que están entre 25 y 40 decibeles (dB). Esto significa que no pueden escuchar sonidos suaves como un reloj o un grifo que gotea. Aunque pueden escuchar una conversación individualizada, puede ser difícil captar cada palabra en entornos ruidosos. Afortunadamente, la pérdida auditiva leve puede mejorar mediante el uso de un audífono, que amplifica los sonidos bajos.

- **Pérdida auditiva moderada**

  Las personas con pérdida auditiva moderada no pueden escuchar sonidos que son menores de 40 a 75 dB, es decir, pueden tener dificultades para entender el habla normal. Las personas pueden ser incapaces de escuchar un timbre de casa o de un teléfono. Dependiendo de la salud auditiva de la persona, una pérdida de audición moderada también puede mejorarse al usar un audífono o implantes en el oído medio.

- **Pérdida auditiva severa**

  Para una persona con pérdida auditiva severa, es casi imposible entender el habla normal cuando no está usando un audífono. Aunque un audífono puede ser útil, en la mayoría de los casos no son tan eficientes para mejorar la capacidad de audición. Uno de los tratamientos que pueden rectificar eficazmente la pérdida auditiva severa son los implantes del oído medio.

- **Pérdida auditiva profunda**

  Este nivel de pérdida de audición es el más significativo y el más severo. Las personas que sufren este grado de pérdida auditiva no pueden oír sonidos más suaves que 90 a 120 dB. Para las personas que tienen este nivel de pérdida de audición, el uso de un audífono generalmente no es efectivo. La pérdida profunda de audición hace que sea difícil escuchar sonidos fuertes, como motores de aviones o alarmas contra incendios. Las personas no pueden oír nada y generalmente se basan en la lectura de labios, gestos, lenguaje de señas u otras señales visuales. Una de las mejores soluciones para la pérdida auditiva profunda es un implante coclear, que puede ayudar a la persona a escuchar y comprender el habla después de la cirugía y con rehabilitación adecuada.

1.4.4 Diferencia entre persona con discapacidad auditiva y sordomuda

Una persona con discapacidad auditiva, tiene la dificultad o la imposibilidad de usar el sentido del oído. Esta pérdida auditiva puede ser parcial o total, y unilateral o bilateral.

Sordomudo es un término con el que se designa a aquellas personas que no han desarrollado o han perdido la capacidad auditiva y vocal al mismo tiempo [11].

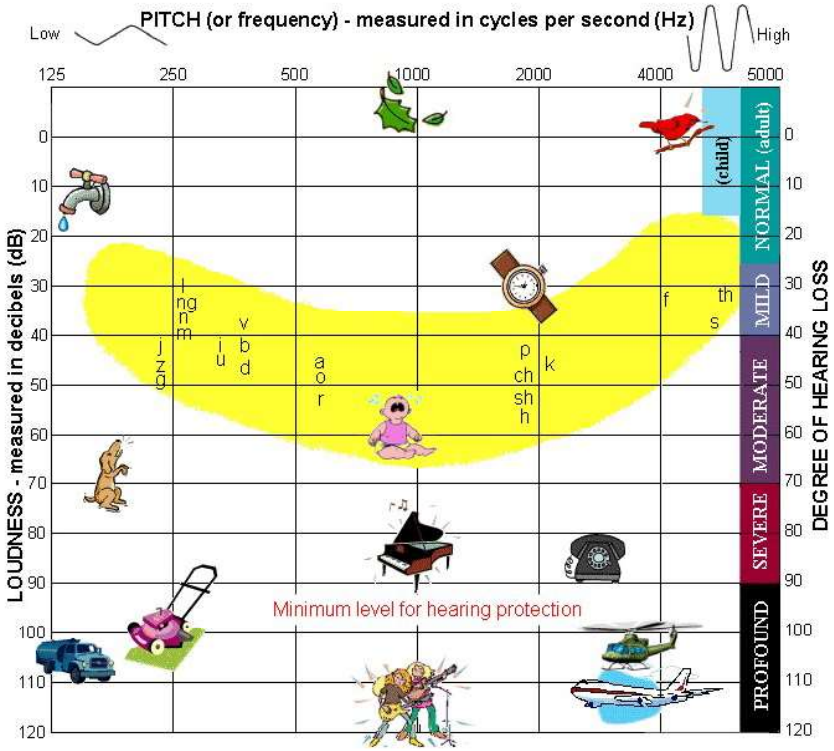


Figura 1.2: Audiograma,Niveles de Intensidad Acústica [16].

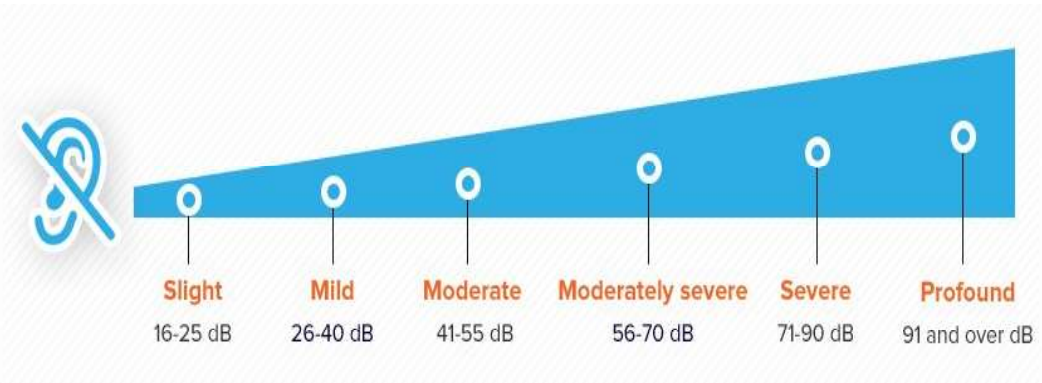


Figura 1.3: Medición de Niveles de Pérdida Auditiva en dB [17].

Sordo-ciego es un término con el que se designa a aquellas personas que no han desarrollado o han perdido la capacidad auditiva y visual al mismo tiempo.

1.4.5 Lenguaje de Señas

El lenguaje de señas o lengua de signos, es un lenguaje de expresión y combinación gesto-espacial, combinación de gestos con manos y el cuerpo, y percepción visual (o incluso táctil, por parte de ciertas personas con sordoceguera).

Gracias a este lenguaje, las personas con discapacidad auditiva pueden establecer un canal de comunicación con su entorno social, ya sea con otros sordos o con cualquier persona que conozca el lenguaje de señas [18].

1.4.5.1 Historia

La historia del lenguaje de señas se remonta al siglo V a.C., como lo describe Sócrates. En esta época existían personas con discapacidad auditiva, tanto de la nobleza como de la clase plebeya. Para los nobles era un gran problema el no poder comunicarse de forma tradicional, por lo cual empezaron a idear señas y gestos para expresar sus ideas [19].

En el siglo XVI, Jerónimo Cardano, médico de Padua, Italia, proclamó que las personas sordas podrían hacerse entender por combinaciones escritas de símbolos asociándolos con las cosas a las que ellos se referían [20].

En 1620, Juan de Pablo Bonet publicó su Reducción de las letras y Arte, cómo se puede ver en la Figura 1.4, para enseñar a hablar a los Mudos, considerado como el primer tratado moderno de Fonética y Logopedia [21].

Figura 1.4: Portada de la Reducción de las letras y Arte para enseñar a hablar a los Mudos [21]

Juan de Pablo Bonet, nace en 1573 y muere en 1633. Fue un pedagogo y logopeda español, nacido en El Castellar. Educó a un noble, sordo de nacimiento, hijo del condestable de Castilla, Juan Fernández de Velasco. Se dedicó a desentrañar los misterios del habla, los secretos de los sonidos, de las letras y de las estructuras gramaticales y fonéticas, para conseguir que los niños, y sobre todo los niños mudos, consiguiesen leer y hablar con facilidad [22].

Con la publicación de la Reducción de las letras y Arte para enseñar a hablar a los Mudos, se propuso un método de enseñanza oral para los sordos mediante el uso de señas alfabéticas, consiguiendo así, divulgar en toda Europa, y después, en todo el mundo, el alfabeto manual que es útil para mejorar la comunicación de los sordos y mudos, y el inicio para el Lenguaje de Señas.

1.4.5.2 Sistema Internacional de Signos

Hablar de un Lenguaje universal de señas, no tiene sentido, debido a que existe varios lenguajes dependiendo del lugar geográfico donde se encuentra la persona, al igual que los lenguajes tradicionales [23].

Sin embargo, las personas con discapacidad auditiva han encontrado una solución para comunicarse con personas de otros países que tienen la misma discapacidad. La solución es el Sistema Internacional de Signos (SII) [23].

En el año de 1951, durante el Primer Congreso mundial de Sordos, celebrado en Roma, quedó clara la necesidad de un sistema que permitiera a todos los participantes comunicarse. Como consecuencia de este congreso, se creó una comisión de unificación de signos, cuyos miembros eran principalmente italianos, británicos, rusos y americanos, que tuvieron el objetivo de seleccionar los signos más naturales, espontáneos y fáciles utilizados en todas las lenguas de signos del mundo [24].

Así, nació el sistema Gestuno, nombre que proviene del inglés *gest* y las siglas de la Organización de las Naciones Unidas, en inglés, UNO. El sistema incluía 1500 signos. Sin embargo, este sistema no se estandarizó por diversos motivos [24]:

- Existieron muchas quejas en cuanto a la selección de los signos del sistema, debido a que había sido arbitraria y solo se habían tomado en cuenta signos de los países

que tenían representación en la comisión. A pesar de que muchos países americanos, asiáticos y africanos sí pertenecían a la Federación Mundial de Sordos.

- ❒ Las personas sordas no entendían el sistema.
- ❒ El miedo a que la difusión de este sistema reemplazara a las distintos lenguajes de signos que ya conocían las personas.

En 1985, a través del proyecto International Sign Project, se comenzó a desarrollar un sistema internacional de signos. Este sistema incluía algunas nociones de gramática, signos icónicos, que son más fáciles de entender y aprender, y algunos signos de los lenguajes de signos europeos y el norteamericano. Por esta razón, los usuarios del lenguaje de signos asiáticos y africanos suelen tener más problemas para comprenderlo. Es así como se constituyó el SII [24].

1.4.5.3 Lengua de Señas Ecuatoriana

El derecho de las personas con discapacidad a comunicarse “por medio de formas alternativas” se reconoció inicialmente en la Constitución Política de la República del Ecuador, del año 1998, que declara, en su Artículo 53:

"Se reconoce el derecho de las personas con discapacidad, a la comunicación por medio de formas alternativas, como la lengua de señas ecuatoriana para sordos, oralismo, el sistema Braille y otras."[25]

La lengua de señas del país es conocida actualmente como Lengua de Señas Ecuatoriana, LSE, y en inglés se la representa con las siglas LSEC.

En 1988 se publicó el primer texto sobre el LSE, “Lenguaje de Señas: Guía Básica Sobre una Comunicación Especial Tomo I” [26], una compilación de señas elaborada por iniciativa de la asociación de sordos de Quito (Asociación Ponce de León). Fue el resultado del Proyecto “Mano a Mano”, iniciado por esa asociación en 1983 y uno de sus objetivos fue el registro de las señas locales. La obra ilustra, con fotografías y dibujos acompañados por una glosa española (ver Figura 1.5), cerca de doscientas cincuenta señas usadas en Quito y un número similar de señas de Guayaquil.

En el año 2012, se publicó el Diccionario oficial de Lengua de Señas Ecuatoriana, una obra impresa en 2 tomos, que contiene 4 363 señas ilustradas con dibujos y acompañadas de

Figura 1.5: Lenguaje de Señas: Guía Básica Sobre una Comunicación Especial Tomo I [25].

glosa española [27].

1.4.6 Justificación Teórica

La Human–computer interaction (HCI), permite impulsar el diseño e implementación de interfaces amigables y útiles para los usuarios [28].

La interacción Humano y Computador involucra múltiples disciplinas relacionadas con el procesamiento de imágenes, sonidos, visión computarizada, etc. La relación con el humano involucra disciplinas relacionadas con la ergonomía, factores humanos, psicología cognitiva y otros similares. La implementación de estas disciplinas se logra mediante la aplicación de los criterios de usabilidad [29]. Como antecedentes al desarrollo de este proyecto se investigó si existe un catálogo de similares características. Los resultados encontrados fueron los siguientes:

1. **Apps for Deaf Young People:** es un catálogo que contiene aplicaciones web en idioma inglés para personas con discapacidad auditiva. No existe un criterio de evaluación de calidad para la selección de las aplicaciones que se muestran al usuario [30].
2. **Useful apps for Hearing Loss:** es una lista de aplicaciones en inglés, seleccionadas por medio de una investigación de reporte [31].
3. **Hard of Hearing / Deaf Technologies:** es un catálogo en idioma inglés de tecnologías inclusivas, no presenta ningún criterio de selección [32].

4. **Wales Council for Deaf People:** es un catálogo de aplicaciones web para personas con discapacidad auditiva total. Es de uso bajo licenciamiento [33].
5. **Rois Medical - Apps móviles y su relevancia en el día a día de las personas con discapacidad auditiva:** es un blog de aplicaciones móviles para personas con discapacidad auditiva [34].
6. **Andalucía es digital:** es un sitio web de aplicaciones móviles y web para personas con distintas discapacidades incluyendo discapacidad auditiva [35].
7. **Materiales y recursos web para la D.A. - Aplicaciones web para Discapacidad Auditiva:** es un blog educativo que contiene una lista de aplicaciones web para personas con discapacidad auditiva [36].
8. **Blog de kiversal:** es un blog informativo que contiene una lista de aplicaciones web y móviles para personas con discapacidad auditiva [37].
9. **ARASAAC:** es un sito web que brinda una lista de sistemas aumentativos y alternativos de comunicación [38].
10. **Proyecto DANE:** es un sito que contiene aplicaciones inclusivas para un amplio ranfo de discapacidades [39].
11. **National Deaf Children Society:** es un catálago de aplicaciones para familias que tienen un integrante con discapacidad auditiva [30].
12. **Hearing Link:** es un sitio web que contiene una lista de aplicaciones móviles para personas con discapacidad auditiva [40].
13. **Trinity Disability Service:** es un sitio web que contiene una lista de aplicaciones móviles para personas con discapacidad auditiva [41].
14. **Sign Language Wales App:** es un sitio web que contiene una lista de aplicaciones móviles y web para personas con discapacidad auditiva [33].

El resumen de los sitios y catálogos encontrados se muestra en la sección 1.5.1. Los resultados demuestran que existen catálogos, pero solo en idioma inglés y que no presentan interfaces accesibles e intuitivas. No existe un catálogo de aplicaciones web y móviles para personas con discapacidad auditiva en español que cumpla con criterios de calidad [42], como la usabilidad y accesibilidad.

Usabilidad es la capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones. Esta característica se subdivide en las siguientes subcaracterísticas [42]:

- ❒ Capacidad para reconocer su adecuación.
- ❒ Capacidad de aprendizaje.
- ❒ Capacidad para ser usado.
- ❒ Protección contra errores de usuario.
- ❒ Estética de la interfaz de usuario.
- ❒ Accesibilidad.

Las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG) 2.1 cubren una amplia gama de recomendaciones para hacer que el contenido web sea más accesible. Seguir estas pautas permiten que el contenido sea más accesible para una gama más amplia de personas con discapacidades, incluidas personas con discapacidad visual y baja visión, discapacidad auditiva y pérdida de audición, movimientos limitados, discapacidades del habla, fotosensibilidad, algunas adaptaciones para discapacidades de aprendizaje y limitaciones cognitivas. Estas pautas abordan la accesibilidad del contenido web en computadoras de escritorio, computadoras portátiles, tabletas y dispositivos móviles [43].

Por lo tanto, el catálogo propuesto en este trabajo brindará una lista de aplicaciones para personas con discapacidad auditiva, además de incluir eventos y noticias relevantes para este grupo de personas. El catálogo tendrá características como Usabilidad y Accesibilidad, además de cumplir con los criterios de User Experience (UX). El objetivo es lograr obtener una interfaz intuitiva, eficiente, accesible y configurable para garantizar una categorización adecuada y búsqueda sencilla de aplicaciones [44].

1.4.7 Justificación Metodológica

El catálogo digital de software pretende facilitar el acceso y hacer intuitiva la búsqueda y uso de los programas. La combinación de User Experience (UX) y Prototipado permiten enfocarse en las necesidades del usuario y el diseño del catálogo digital de software. El desarrollo del proyecto integrador se basa en los cinco aspectos del UX y los prototipos.

Prototipado requiere la participación directa de los usuarios, por consiguiente, es posible obtener mayor detalle sobre sus necesidades y mejor retroalimentación durante las etapas de desarrollo, para así satisfacer de mejor manera sus requerimientos [45].

Se utilizará UX ya que permite captar las percepciones y respuestas de una persona ante el uso de un producto, sistema o servicio [45], además de obtener un catálogo digital de software que sea amigable, satisfactorio, inclusivo y fácil de utilizar [46].

1.4.8 Metodología de desarrollo de software

1.4.8.1 Prototipado

El prototipado de software se define como la actividad de crear prototipos de aplicaciones software, es decir, versiones incompletas de un programa software que se esté desarrollando. Un prototipo se puede utilizar en el proceso de desarrollo de software para ayudar a anticipar los cambios necesarios [45] :

- ❒ En el proceso de ingeniería de requisitos, un prototipo puede ayudar con la elicitación y validación de los requisitos del sistema.
- ❒ En el proceso de diseño del sistema, se puede utilizar un prototipo para explorar soluciones de software y soportar el diseño de la interfaz de usuario.

Prototipado define tres niveles de fidelidad junto con cuatro aspectos que categorizan al prototipo, los cuales deben relacionarse con los objetivos y requisitos que plantea el producto. Los aspectos son los siguientes [47] :

- ❒ **Características:** ¿cuántas características del producto final incluye el prototipo?

- ❒ **Funcionalidad:** ¿cuánta funcionalidad del producto final va a incluir el prototipo?
- ❒ **Interacción:** ¿qué tan similar es la interacción con el prototipo respecto al producto final?
- ❒ **Diseño:** ¿qué tan similar es el diseño del prototipo comparado con el producto final?

Un prototipo que cumpla con al menos una de estas dimensiones es considerado un prototipo de baja fidelidad.

Fidelidad del Prototipo

Existen tres tipos de prototipos, los cuáles se describen a continuación [48] :

1. **Baja fidelidad:** el prototipo de baja fidelidad es una forma eficiente de analizar el diseño, predecir las preferencias en el producto real, explorar las ideas de manera flexible para la participación de los usuarios en el proceso de diseño y permitir la visualización de posibles soluciones.
2. **Media fidelidad:** el prototipo de media fidelidad es la mejor implementación entre los de baja y alta fidelidad. Permite una combinación de vistas de alto nivel y detalladas, cambios rápidos e iterativos y la capacidad de realizar pruebas de usuario significativas para evaluar funcionalidades complejas y para ayudar a determinar los detalles del sistema.
3. **Alta fidelidad:** los prototipos de alta fidelidad, por otro lado, a menudo son un conjunto casi completo de características, funcionalidad y conexiones. Son sistemas muy detallados que son costosos de crear, difíciles de cambiar rápidamente, y por lo general requieren prácticas de desarrollo para obtener el sistema funcional.

Para poder tener un sistema que satisfaga completamente al usuario es necesario realizar varias iteraciones de los prototipos hasta que el sistema cumpla con los objetivos y el alcance.

1.4.8.2 User Experience

Según Garret, UX es la experiencia que el producto crea para las personas que lo usan en el mundo real. Cuando se está desarrollando un producto, se presta atención a lo que hace y el diseño se enfoca en la estética. Sin embargo, no se considera cómo funciona en el exterior, donde una persona entra en contacto con el mismo [46]. La metodología de los cinco planos de UX creada por Garrett, es una guía en el proceso de diseño y desarrollo. Los cinco planos consisten en verificar que ningún aspecto de la experiencia del usuario haya sido excluido o asumir por "obvia" su implementación en el desarrollo de un producto o servicio. Se considera cada acción, funcionalidad y característica que el usuario pueda entender a través de la navegación y uso de un sitio web. A continuación, se describe cada plano desde lo más abstracto a lo más concreto (ver Figura 1.6) [46].

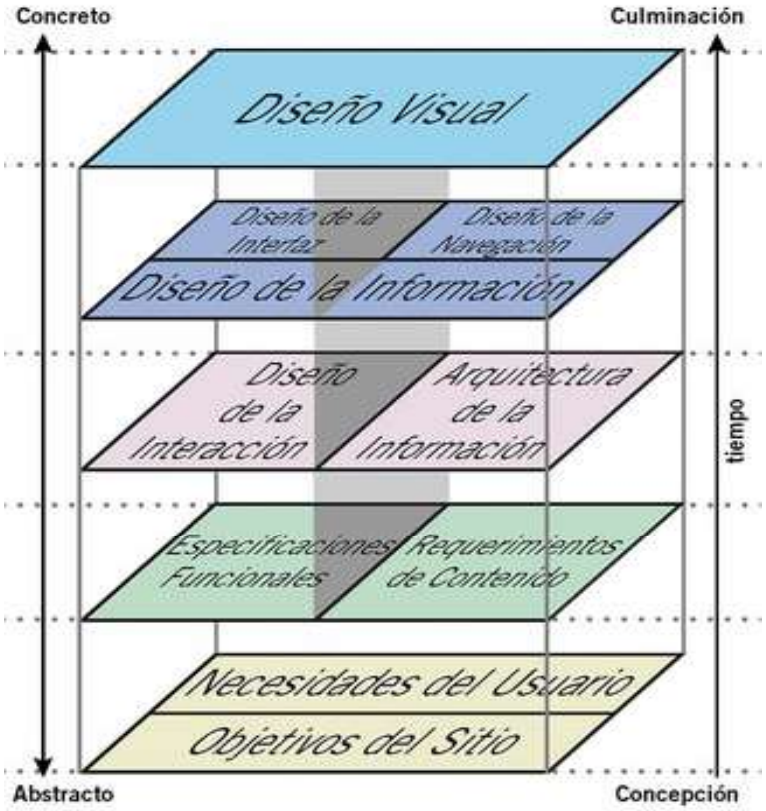


Figura 1.6: Los 5 planos del UX basada en los criterios de Garret [49].

1. **Estrategia:** el definir la estrategia permite saber qué se quiere del producto para la organización o proyecto y qué se logra para los usuarios. Informa las decisiones que se debe tomar sobre cada aspecto de UX. Los elementos son las necesidades del

usuario y objetivos del producto.

2. **Alcance:** el alcance queda delimitado cuando se traduce las necesidades de los usuarios y los objetivos del producto, en los requisitos específicos del contenido y funcionalidad del producto que se ofrecerá a los usuarios. Los elementos son la definición de requerimientos, las especificaciones de funcionalidades y los requerimientos del contenido.
3. **Estructura:** se desarrolla una estructura conceptual del sitio para determinar cómo las piezas encajan para formar un todo. Los elementos son el diseño de la interacción y la arquitectura de la información.
4. **Esqueleto:** se refina la estructura, identificando aspectos específicos de la interfaz, la navegación y el diseño de la información que harán que la estructura intangible sea concreta. Los elementos son el diseño de la interfaz, navegación e información.
5. **Superficie:** el contenido, la funcionalidad y la estética se unen para producir un diseño acabado que agrada a los sentidos mientras cumple todos los objetivos de los otros cuatro planos. El elemento es el diseño visual.

1.4.9 Herramientas

Se utilizaron entornos de desarrollo integrados y diferentes herramientas para el desarrollo del proyecto integrador. Las herramientas se clasificaron en herramientas de diseño de las interfaces del usuario, herramientas de programación, repositorios y otros. A continuación, se describen las herramientas usadas.

1.4.9.1 Herramientas de Diseño de Interfaces de Usuario

Las herramientas que se utilizaron se describen en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Herramientas de Diseño de Interfaces de Usuario.

Gráfico	Nombre	Descripción	Uso
	Balsamiq Mockups	Balsamiq Mockups es una herramienta de diseño, que se utiliza para crear esquemas funcionales de baja fidelidad y permite enfocarse en el UX [50].	Se utilizó para el diseño e implementación de los Wireframes del prototipo de baja fidelidad.
	Bootstrap	Bootstrap es un conjunto de herramientas de código abierto para desarrollar junto con HTML, CSS y JS [51].	Se utilizó el framework 4.0.3 para la implementación de los estilos del prototipo de media y alta fidelidad.
	CSS	Es un lenguaje utilizado en la presentación de documentos HTML. Dota de colores, estilos de fuentes a los componentes de HTML [52].	Se utilizó para la inplementacion de estilos personalizados del prototipo de media y alta fidelidad.
	HTML	Hyper Text Markup Language (HTML), es un lenguaje utilizado para estructurar y presentar el contenido de páginas Web [53].	Se utilizó para la implementación del esqueleto del prototipo de media y alta fidelidad.

1.4.9.2 Herramientas de Programación

Las herramientas que se utilizaron se describen en la siguiente Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Herramientas de Programación.

Gráfico	Nombre	Descripción	Uso
	Node.js	Es un entorno de ejecución multiplataforma. Los paquetes de Node.js, npm, son la reunión más grande de librerías de código abierto en el mundo [54].	Se utilizó Node Express para el back-end del prototipo de alta fidelidad.
	React	Es una librería de Facebook, utilizada para la creación de las interfaces que permite una adaptación de los componentes de acuerdo al tamaño de pantalla que se utilice [55].	Se utilizó para la implementación front del prototipo de media y alta fidelidad.
	React Redux	Redux permite escribir aplicaciones que se ejecutan en diferentes entornos (cliente o servidor) [56].	Se incorporó esta librería para el manejo del estado de la aplicación en el prototipo de media y alta fidelidad.
	Firebase	Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones web y móviles, que permite crear aplicaciones sin necesidad de administrar infraestructura [57].	Se utilizó Firebase Real-time Database para el almacenamiento de la información en el prototipo de alta fidelidad.

1.4.9.3 Entornos de desarrollo integrado

Los entornos de desarrollo integrado se describen en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: Entornos de desarrollo integrado.

Gráfico	Nombre	Descripción	Uso
	Visual Studio Code	Es un editor de código fuente para diferentes lenguajes de programación que está disponible para Windows, macOS y Linux [58].	Se utilizó para la codificación y manejo de archivos del prototipo de media y alta fidelidad.
	Git	Es un sistema de control de versiones distribuido, gratuito y de código abierto, diseñado para manejar proyectos con rapidez y eficiencia [59].	Se utilizó para el versionamiento del código del prototipo de media y alta fidelidad.
	Redux Extension (Chrome)	La extensión permite depurar los cambios de estado de la aplicación. Puede utilizarse con cualquier otra arquitectura que maneje estados [60].	Extensión para mostrar *actions* y *reducers* de la aplicación por medio de la consola del navegador.
	React Developer Tools	Es una extensión para la biblioteca de código abierto React JavaScript disponible para el navegador Chrome [61].	Extensión para mostrar la estructura y estado de los componentes React por medio de la consola del navegador.

1.5 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

La búsqueda y evaluación de las aplicaciones educativas para el catálogo de software se realizó de la siguiente manera:

1. Se realizó la búsqueda de los sitios web y catálogos existentes que brindan soluciones tecnológicas a personas con discapacidad siguiendo las directrices de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) [62]. Después, se hizo un análisis de las características de estos sitios y catálogos. El detalle de la búsqueda y el análisis se pueden ver en la sección 1.5.1
2. Tomando como referencia los sitios web y catálogos encontrados, se hizo una búsqueda, esta vez, de las aplicaciones existentes para discapacidad auditiva usando PRISMA, cómo se puede ver en la sección 1.5.2. Se seleccionó las aplicaciones de acuerdo a los criterios y características que cubren las necesidades de las personas con discapacidad auditiva.
3. Finalmente, las aplicaciones fueron evaluadas usando la herramienta denominada Mobile Application Rating Scale (MARS), el detalle de la herramiente se puede ver en la sección 1.5.3.

1.5.1 Sitios web y catálogos

La búsqueda sistemática de sitios web y cátalogos se llevó a cabo utilizando el buscador de Google. La búsqueda se realizó con los siguientes términos: ”catálogo aplicaciones web para discapacidad auditiva”. Se obtuvo un gran número de resultados, por lo que, se descartaron resultados duplicados, páginas de noticias o artículos, y páginas que mencionan aplicaciones en desarrollo. Los sitios web y catálogos elegidos cumplieron los siguientes criterios:

- ❒ Páginas sobre productos de apoyo.
- ❒ Ayudas técnicas.
- ❒ Aplicaciones sobre discapacidad auditiva y aprendizaje.
- ❒ Aplicaciones de apoyo para la comunicación.

Se excluyeron los sitios web y catálogos duplicados, sitios informativos y blogs, sitios con contenido irrelevante para el aprendizaje y apoyo de comunicación de personas con disca-

pacidad auditiva y sitios web que sólo redirigían a otras páginas irrelevantes o fraudulentas.

La información que se obtuvo de cada sitio web y catálogo para el análisis se describe en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4: Información extraída de cada sitio web y catálogo.

Característica	Descripción
Nombre:	Nombre del sitio web o catálogo.
URL:	Link de acceso a la página principal del sitio web o catálogo.
País:	Lugar o país de origen del sitio web o catálogo.
Categorización:	Organización y especificación de categorías y subcategorías.
Responsable:	Gobiernos, Instituciones educativas u Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) relacionadas con el proyecto.
Detalles:	Información y características relevantes de la página.
Capturas:	Capturas del sitio web o catálogo, incluido sus logos.

La pre-selección permitió identificar sitios web y catálogos sobre discapacidad auditiva, aplicaciones de aprendizaje y aplicaciones de apoyo para la comunicación.

Los sitios web y catálogos que se revisaron para identificar las necesidades del usuario y recolectar los requerimientos no tenían un árbol de navegación y la búsqueda resultó confusa ya que algunos sitios presentaban la información en una lista de manera simple.

El análisis de los sitios web y catálogos existentes, permitió identificar características y requerimientos para su implementación en el presente proyecto.

El resumen de los sitios y catálogos analizados se muestra en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5: Sitios web y catálogos existentes encontrados.

No.	Nombre	Enlace	País	Información
1	Apps for Deaf Young People	https://www.ndcs.org.uk/	Reino Unido	Es un catálogo que contiene aplicaciones web en idioma inglés para personas con discapacidad auditiva.No contiene una categorización de las aplicaciones ni retroalimentación por parte de los usuarios.
2	Useful apps for Hearing Loss	https://www.hearinglink.org/living/loops-equipment/useful-apps-for-hearing-loss/	Estados Unidos	Es una lista de aplicaciones en idioma inglés, seleccionadas por medio de una investigación de reporte. No contiene criterios de categorización.
3	Hard of Hearing / Deaf Technologies	http://www.hearingreview.com/2017/11/2018-harris-communications-catalog-now-available/	Estados Unidos	Es un catálogo en idioma inglés de tecnologías inclusivas, no presenta ningún criterio de selección ni categorización.
4	Wales Council for Deaf People	https://www.wcdeaf.org.uk/	Reino Unido	Es un catálogo de uso bajo licenciamiento en idioma inglés. La selección de aplicaciones fue resultado de un proyecto de investigación con financiamiento del gobierno local.
5	Rois Medical	http://roismedical.com/las-apps-moviles-y-su-relevancia-en-el-dia-a-dia-de-las-personas-con-discapacidad/	Argentina	Es un blog de aplicaciones móviles en idioma español para personas con discapacidad auditiva. No contiene ningun tipo de criterio de clasificación o categorización.
6	Andalucía es digital	https://www.blog.andaluciaesdigital.es/aplicaciones-para-personas-con-discapacidad/	España	Es un sitio web de aplicaciones móviles y web en idioma español para personas con distintas discapacidades incluyendo discapacidad auditiva.

(continúa en la siguiente página)

7	Materiales y recursos web para la D.AA	https://sites.google.com/site/webparalada/materiales-y-recursos-web-2/aplicaciones-web-para-discpacidad	Centro América	Es un blog educativo que contiene una lista de aplicaciones web en idioma español para personas con discapacidad auditiva. Tiene apoyo del gobierno para la selección de las aplicaciones por medio de proyectos de investigación.
8	Blog de kiversal	https://sites.google.com/site/webparalada/materiales-y-recursos-web-2/aplicaciones-web-para-discpacidad	Centro América	Es un blog informativo que contiene una lista de aplicaciones web y móviles en idioma español para personas con discapacidad auditiva.
9	ARASAAC	www.arasaac.org/software.php	España	Este sitio brinda Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación en idioma español. La categorización del sitio es por herramientas, actividades y desarrollador. Las aplicaciones fueron desarrolladas por instituciones para personas con discapacidad. Simula un catálogo digital.
10	Proyecto DANE	www.proyectodane.org/aplicaciones/	Argentina	El sitio ofrece aplicaciones inclusivas para un amplio rango de discapacidades en idioma español. Está clasificado por actividades, habilidades cognitivas y habilidades de comunicación.
11	National Deaf Children Society	www.ndcs.org.uk	Reino Unido	Es un catálogo que contiene una lista de aplicaciones en idioma inglés para las familias de niños y jóvenes sordos. No contiene ningún criterio de clasificación o categorización. Las aplicaciones fueron desarrolladas por ONGs.

(continúa en la siguiente página)

12	Hearing Link	www.hearinglink.org	Estados Unidos	El sitio presenta una lista de aplicaciones móviles en idioma inglés para personas con discapacidad auditiva. No contiene ningún criterio de clasificación o categorización. Contiene una wiki para información de la discapacidad auditiva.
13	Trinity Disability Service	www.tcd.ie/disability	Irlanda	El sitio presenta una lista de aplicaciones móviles en idioma inglés para personas con discapacidad auditiva. No contiene ningún criterio de clasificación o categorización.
14	Sign Language Wales App	www.wcdeaf.org.uk/wbs-app/	Reino Unido	El sitio contiene una lista de aplicaciones móviles en idioma inglés para el lenguaje de señas. No contiene ningún criterio de clasificación o categorización.

1.5.2 Aplicaciones

De igual manera, la búsqueda de aplicaciones se realizó con PRISMA. Se realizó una búsqueda sistemática de aplicaciones en idioma español. El motor de búsqueda utilizado fue Google, con los siguientes términos: ”aplicaciones web y móviles para discapacidad auditiva en español” y ”software para discapacidad auditiva”. El motor de búsqueda retornó un gran número de resultados, por lo que, se descartaron resultados duplicados, páginas de noticias o artículos, resultados con contenido irrelevante para el aprendizaje o el apoyo para la comunicación de personas con discapacidad auditiva y páginas que mencionan aplicaciones en desarrollo o que no están disponibles.

Las aplicaciones elegidas en las búsquedas, cumplieron los siguientes criterios:

- ❒ Idioma español.
- ❒ Enfocado en la discapacidad auditiva parcial y total.
- ❒ Aplicaciones recomendadas en los sitios web y catálogos previamente analizados.
- ❒ Aplicaciones con altas calificaciones y recomendadas en las principales tiendas de aplicaciones, Google Play y AppStore.
- ❒ Relacionadas con educación o aprendizaje y comunicación.
- ❒ Aplicaciones Gratuitas.
- ❒ Aplicaciones Móviles, Web y de Escritorio.

Se consideró que las aplicaciones móviles sean multiplataforma. Esto debido a que se busca la mayor difusión de aplicaciones para todos los dispositivos. Además, se verificó que estén disponibles en la tienda de aplicaciones de Google Play y AppStore de Ecuador.

Las aplicaciones restantes se descargaron y evaluaron. Las aplicaciones seleccionadas para el catálogo se pueden ver en la sección 3.1.

1.5.3 Herramienta de evaluación de calidad de aplicaciones

Los sitios web y tiendas de aplicaciones realizan una evaluación basada en la popularidad y la puntuación que dan los usuarios a dichas aplicaciones. Es decir, la calidad de las apli-

caciones se basa en el número de descargas, puntaje de calificación y la disponibilidad en el mercado [63]. No realizan una evaluación de las características que posee la aplicación, ni de la utilidad para las personas con discapacidad.

Existen herramientas manuales que usan estándares para evaluar la calidad del software. Por ejemplo, el proyecto de titulación de Evelyn Balseca, es una matriz de calidad que permite la evaluación de productos de software aplicando la norma ISO/IEC 25000 [64].

Los estándares utilizados para medir la calidad del producto son los siguientes:

- El estándar ISO/IEC 9126 - Ingeniería de Software y Calidad del producto [65], [66].
- El estándar ISO/IEC 14598 - Evaluación del producto de software.
- El estándar ISO/IEC 25000 - Evaluación de la calidad del producto de software [66].

ISO/IEC 25000, conocida como SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation), es una familia de normas que tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto software [42]. Estos estándares usan el código fuente y de acuerdo a las métricas usadas, son aplicadas durante las etapas de desarrollo del producto o sistema de software. Debido que las aplicaciones elegidas no permiten el acceso al código fuente, se buscó una herramienta utilizada para evaluar el diseño y la usabilidad de las aplicaciones.

Stoyanov *et al.* desarrollaron la escala de evaluación para aplicaciones móviles, denominada Mobile App Rating Scale (MARS). MARS es una herramienta de evaluación creada en el ámbito de salud mediante una revisión sistemática de la literatura a través de PRISMA por un equipo multidisciplinario experto. MARS permite evaluar aplicaciones web y móviles y consta de 23 subcategorías [67]. MARS evalúa la calidad en base a las siguientes categorías: Atractivo (5 subcategorías), Funcionalidad (4 subcategorías), Estética (3 subcategorías), Información (7 subcategorías) y Calidad subjetiva (4 subcategorías). En cada pregunta, se usa una escala de Likert de 5 puntos (1-Inadecuado, 2-Pobre, 3-Aceptable, 4-Bueno, 5-Excelente), donde se escriben descriptores para cada calificación. En el caso de que un ítem no sea aplicable para las aplicaciones, se incluye la opción de “No aplica – N/A” [67].

A través de un análisis estadístico, MARS demostró una consistencia interna de 0,90 mediante el alfa de Cronbach y el coeficiente de correlación intraclase inter-evaluador, CCI

= 0,79 [67]. Ha sido aplicada en varios trabajos, es de enfoque general y de fácil uso, es por eso que, se elige como la opción más adecuada al momento de evaluar la calidad de aplicaciones del presente trabajo.

1.6 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Las secciones del proyecto integrador son las siguientes:

- **Metodología**

  La metodología describe las diferentes fases en las que se llevó a cabo el análisis, diseño y desarrollo del proyecto.

- **Resultados y Discusión**

  Esta sección presenta los resultados de la investigación preliminar, la evaluación de aplicaciones y la evaluación del catálogo para personas con discapacidad auditiva. Además, esta sección contiene la discusión para cada uno de los prototipos desarrollados, además de una revisión crítica de los resultados obtenidos.

- **Conclusiones y Recomendaciones**

  La sección de conclusiones evalúa el cumplimiento de los objetivos propuestos y presenta las recomendaciones del trabajo de titulación.

2 METODOLOGÍA

Esta sección describe de manera detallada la metodología utilizada para el análisis y desarrollo del proyecto.

2.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO

2.1.1 Estrategia

2.1.1.1 Objetivos del Producto

Los objetivos del producto se plantean mediante los objetivos del negocio, identidad de la marca y las métricas de éxito.

Objetivos del Negocio

- ❒ Fomentar el uso de software para el aprendizaje y apoyo de comunicación de personas con discapacidad auditiva.
- ❒ Difundir aplicaciones existentes sobre discapacidad auditiva.
- ❒ Facilitar la búsqueda de aplicaciones educativas y de apoyo de comunicación para personas con discapacidad auditiva mediante la publicación del catálogo.
- ❒ Crear una comunidad donde los usuarios compartan su experiencia sobre el uso del catálogo y de las aplicaciones.

Identidad de la Marca

En el Ecuador, no existen sitios web y catálogos para la búsqueda de aplicaciones educativas para personas con discapacidad auditiva. La Escuela Politécnica Nacional, al ser una

institución de prestigio para la formación de profesionales, propone como visión orientar sus capacidades y esfuerzos al servicio de la comunidad. Se pretende que el catálogo de software desarrollado sea parte de los servicios que la EPN ofrece a la comunidad, para que esta sea la institución referente en cuanto a inclusión.

Debido a que es necesario identificar el producto de software, se realizó el diseño de un logo. El logo permite a los usuarios a identificar y entender de qué se trata el sitio. El logo está compuesto de dos elementos: una imagen y el nombre. Para la imagen, se buscaron elementos que tengan relación con un catálogo o un libro. El nombre debe ser claro y preciso para el usuario, por eso se denominó ”Catálogo de Software para Discapacidad Auditiva”.

Se determinó que la imagen debe estar relacionada con la discapacidad auditiva por lo que, se escogió una imagen genérica representando la audición (un oído). Los colores elegidos fueron: verde, que simboliza la esperanza, crecimiento y rejuvenecimiento; y el color azul, que simboliza paz, tranquilidad y libertad [68][69].

Como resultado se obtuvo un logo identificable y llamativo (ver Figura 2.1).

Figura 2.1: Diseño del logo para el catálogo de discapacidad auditiva. Figura del Autor.

2.1.1.2 Necesidades del Usuario

Las necesidades del usuario se definen a partir de la segmentación de usuarios, la creación de personas, y la usabilidad y búsqueda de usuarios.

Segmentación de Usuarios

La segmentación se realizó considerando los personas involucradas en el área de discapacidades (ver Figura 2.2). Los usuarios que interactúan directamente con el catálogo de software son; los terapeutas de instituciones educativas que ayudan al aprendizaje de per-

sonas con discapacidad auditiva y, las propias personas con discapacidad. Considerando los recursos de las instituciones, el manejo de tecnología es limitado. Los terapeutas poseen conocimientos medios en el manejo de computadoras, dispositivos móviles y aplicaciones. Por lo tanto, existe la necesidad de capacitar o al menos brindar información adicional para la instalación de aplicaciones.

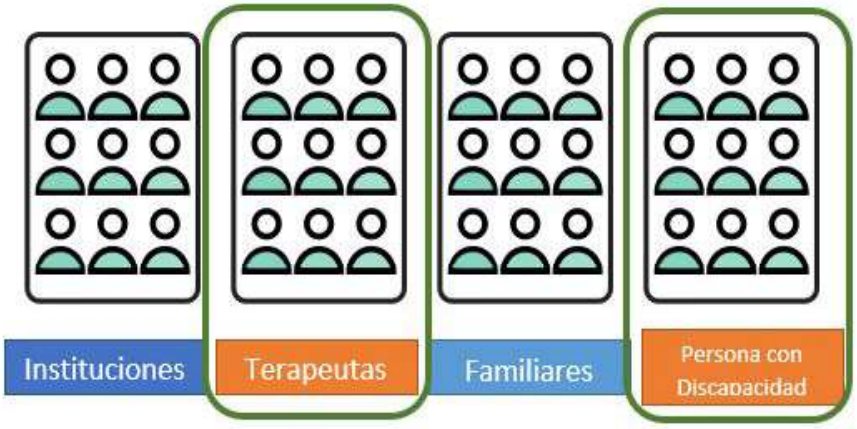


Figura 2.2: Segmentación de los Usuarios. Figura del Autor.

Usabilidad y búsqueda de usuarios

De acuerdo a la investigación realizada a un promedio de 25 docentes de instituciones donde se brinda educación especial, el 99 % considera que debe existir un programa (aplicación, herramienta o software) que facilite el proceso de aprendizaje de personas con discapacidad auditiva. Sin embargo, consideran que hace falta una difusión de aplicaciones y ayudas técnicas, porque no saben cómo utilizar la tecnología, las aplicaciones, o simplemente, las desconocen.

Los resultados obtenidos de la evaluación a sitios web y catálogos existentes, que se encuentra en la sección 1.5.1, permitió identificar características y necesidades de los usuarios que visitan estos sitios, y en base a este resultado se logró identifcar a usuarios potenciales del catálogo digital.

2.1.2 Alcance

El catálogo de software fue desarrollado como un sitio web que permite la búsqueda de aplicaciones educativas, y de apoyo para la comunicación y el aprendizaje de personas con discapacidad auditiva. El catálogo está desarrollado en idioma español latino, dividido en

dos categorías de acuerdo al tipo de discapacidad auditiva, y que se usa por parte de los terapeutas en las respectivas instituciones.

El catálogo no contempla otras discapacidades, se limita a la búsqueda y descarga de aplicaciones para personas con discapacidad auditiva.

2.1.2.1 Especificación de requerimientos

Al inicio del proyecto, se especifican requerimientos para describir lo que el sistema debe permitir hacer al usuario. Al final, estos requerimientos se convierten en especificaciones, para describir realmente qué hace el sistema [46]. La especificación de requerimientos se realizó de acuerdo a las necesidades encontradas del usuario. Durante el proyecto, los requerimientos cambiaron y nuevos requerimientos fueron definidos e integrados al proyecto. La Tabla 2.1 muestra los requerimientos especificados después de la investigación preliminar.

Tabla 2.1: Especificación de requerimientos no funcionales después de la investigación preliminar.

No.	Requerimientos	Especificación
R1	Acceso	El usuario debe tener acceso directo a las aplicaciones.
R2	Descargar una aplicación	El usuario debe poder descargar las aplicaciones de las tiendas.
R3	Retroalimentación	El usuario debe poder comentar sobre la aplicación y dar una puntuación.
R4	Información	El usuario debe poder visualizar noticias y eventos relacionados a discapacidad auditiva.
R5	Información de la aplicación	El usuario debe poder ver la información de la aplicación.
R6	Lista de aplicaciones	El usuario debe poder ver la lista de aplicaciones en un menú desplegable.
R7	Navegación	El usuario debe poder realizar la navegación entre pantallas y aplicaciones a través de los menús principales.
R8	Iniciar sesión	El usuario debe poder iniciar sesión mediante un usuario y una contraseña.

La mayoría de los requerimientos fueron implementados. Sin embargo, estos fueron priorizados o no fueron implementados en el prototipo final por cambios de requerimientos del cliente.

La Tabla 2.2 muestra las especificaciones del prototipo de alta fidelidad.

Tabla 2.2: Especificaciones del prototipo de alta fidelidad.

No.	Requerimientos	Especificación
E1	Acceso	El catálogo permite al usuario el acceso directo a las aplicaciones en la página de inicio por medio de un menú lateral.
E2	Descargar una aplicación	El catálogo permite al usuario descargar o visitar el sitio de la aplicación directamente.
E3	Retroalimentación	El catálogo permite al usuario comentar sobre la aplicación y dar una puntuación.
E4	Información	El usuario debe poder visualizar noticias y eventos relacionados a discapacidad auditiva por medio de una lista.
E5	Información de la aplicación	El usuario debe poder ver la información de la aplicación.
E6	Lista de aplicaciones	El usuario debe poder ver la lista de aplicaciones en un menú desplegable.
E7	Navegación	El usuario debe poder realizar la navegación entre pantallas y aplicaciones a través de los menús principales.
E8	Iniciar sesión	El usuario debe poder iniciar sesión con usuario y contraseña, preferentemente con una cuenta de Google.
E9	Contacto	El usuario debe poder contactar a soporte técnico por medio de redes sociales.
E10	Administrar	Un administrador podrá borrar comentarios de una aplicación y también podrá borrar noticias y eventos.

2.1.2.2 Especificaciones funcionales

Las especificaciones funcionales iniciales del catálogo de software se describen a continuación:

- **Acceso:** el catálogo debe mostrar directamente las aplicaciones en la página de inicio por medio de un menú lateral, categorizadas por aplicaciones móviles, aplicaciones web y aplicaciones de escritorio.
- **Descargar aplicación:** dependiendo del tipo de plataforma de la aplicación, el botón de descargar permite: descargar directamente (aplicación de escritorio), redirigir al usuario al sitio web (aplicación web) o redirigir al usuario a la tienda de aplicaciones (aplicación móvil).
- **Retroalimentación:** cada aplicación tendrá una sección de comentarios. La puntuación de la aplicación puede variar entre una a cinco estrellas.
- **Información:** el usuario debe poder visualizar noticias y eventos relacionados a discapacidad auditiva por medio de una lista.
- **Información de la aplicación:** se especifica a qué categoría pertenece la aplicación, se coloca una breve descripción, los requerimientos de la aplicación e información adicional.
- **Inicio de sesión:** el usuario deberá iniciar sesión para calificar, comentar y descargar una aplicación, la cuenta debera ser de Google.
- **Navegación:** el menú de aplicaciones del catálogo estará al lado izquierdo del catálogo y mostrará de forma agrupada las clases de aplicaciones. La navegación principal del catálogo estará en la parte superior.

2.1.2.3 Requerimientos del contenido

Los requerimientos del contenido son los siguientes:

- **Organización:** las aplicaciones que se encuentran en el catálogo están organizadas por categorías.

- **Público objetivo:** el público objetivo son los terapeutas de instituciones que ayudan al aprendizaje de personas con discapacidad auditiva y personas con dicha discapacidad.
- **Aplicación:** cada aplicación cuenta con la siguiente información: nombre, categoría, calificación, desarrollado por, número de descargas, plataforma, enlace de la aplicación, enlace de descarga de la aplicación, capturas de pantalla, descripción, información técnica, comentarios y calificaciones.
- **Multimedia:** las aplicaciones tendrán de portada una imagen en formato JPG o PNG.
- **Calificaciones y comentarios:** cada aplicación tendrá una sección de calificaciones y comentarios realizadas por los usuarios.

Inventario del contenido Las aplicaciones evaluadas en la Sección 3.1.1.3 son parte del inventario del catálogo:

2.1.3 Estructura

2.1.3.1 Diseño de la interacción

Las partes del diseño de la interacción son establecer un modelo conceptual y el manejo de errores.

Modelo Conceptual

La palabra tienda se usa para describir un lugar donde se compran e intercambian productos y servicios. El modelo conceptual del catálogo es una tienda de aplicaciones. Una tienda de aplicaciones se convierte en un sitio web centralizado que facilita el acceso a los usuarios para adquirir aplicaciones. La figura 2.3 muestra el modelo conceptual propuesto por Jansen y Bloemendal. El triángulo representa la tienda de aplicaciones, en cada lado están los actores involucrados y dentro del triángulo están las funciones de la tienda que involucra a todos. El dueño de la tienda de aplicaciones es el encargado de crear, organizar y seleccionar contenido.

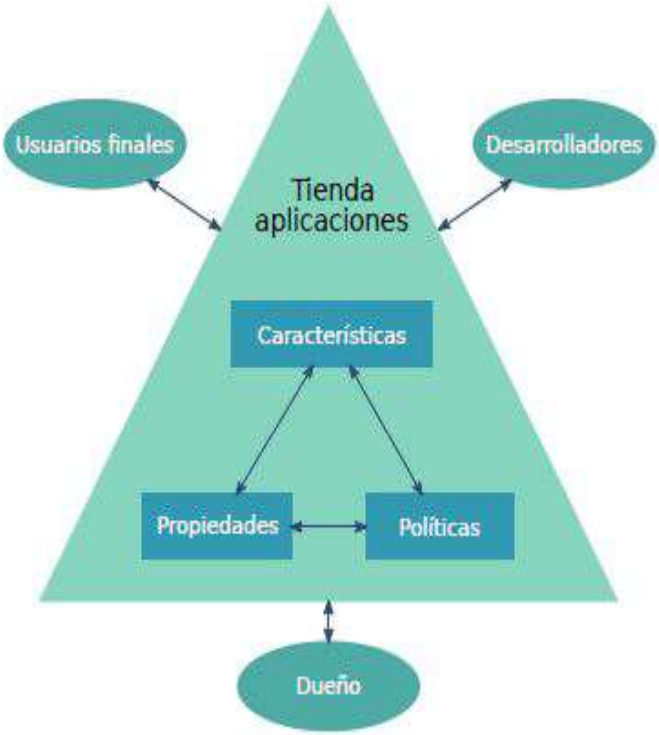


Figura 2.3: Modelo conceptual de una tienda de aplicaciones. Basada en el modelo conceptual de Jansen y Bloemendal. Figura del Autor.

Errores

La mejor defensa para los errores es crear un sistema que puede prevenirlos [46]. A continuación, se describen algunas prácticas para el manejo de errores en el catálogo:

- **Página Error 404:** diseñar una página de error 404 que especifica los siguientes errores; una página ha sido eliminada, un enlace está roto o una dirección URL está incorrecta (ver Figura 2.4).

Figura 2.4: Error de dirección inválida de google [70].

- **Botón descarga:** si el usuario no ha iniciado sesión, se debe mostrar una alerta con un mensaje requeriendo el inicio de sesión.
- **Calificaciones y comentarios:** si el usuario no ha iniciado sesión, se debe mostrar una alerta con un mensaje requeriendo el inicio de sesión.

2.1.3.2 Arquitectura del sistema

La arquitectura general con la cual ha sido contruido el catálogo, es la Arquitectura web de aplicaciones en capas [71]. La figura 2.5 muestra un ejemplo de la arquitectura de una aplicación web.

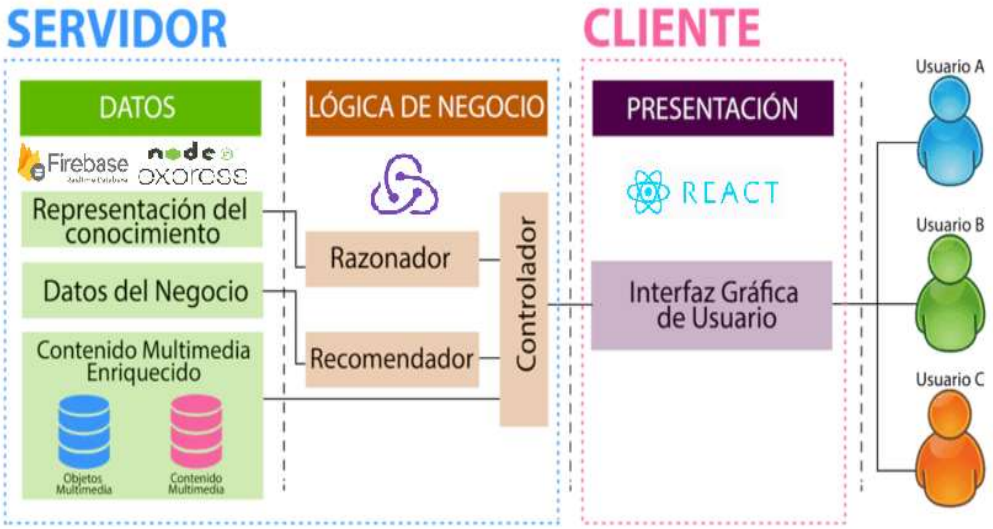


Figura 2.5: Arquitectura web en capas [72].

Tomando como referencia el ejemplo de la figura 2.5, la división en capas para el catálogo se describen a continuación:

- **Capa de datos:** se encuentra la instancia principal back-end del servidor implementada con Node Express [54], esta instancia es la encargada de proveer los datos a la capa de la lógica del negocio. La gestión de la base de datos no relacional está a cargo Firebase Real Time Database [57].
- **Capa de la lógica de negocio:** se encuentra Redux [56], que es el encargado de

manejar el estado global de la aplicación, en esta capa se maneja la lógica de petición y gestión de la información y Redux se encarga de proveer de dicha información a los componentes de React. La figura 2.6 muestra la arquitectura de Redux.

- **Capa de presentación:** se encuentra React [55] el cual aisla cada componente con una arquitetura MVC. En el modelo se encuentra el estado propio de cada componente el cual contiene la información que se va a presentar en la vista, en el controlador se encuentran las funciones puras de React para la renderización y gestión de los componentes de la vista y finalmente la vista esta compuesta por los componentes visuales de React los cuales pueden estar compuestos por mas componentes hijos de React. La figura 2.7 muestra la arquitectura de un componente React.

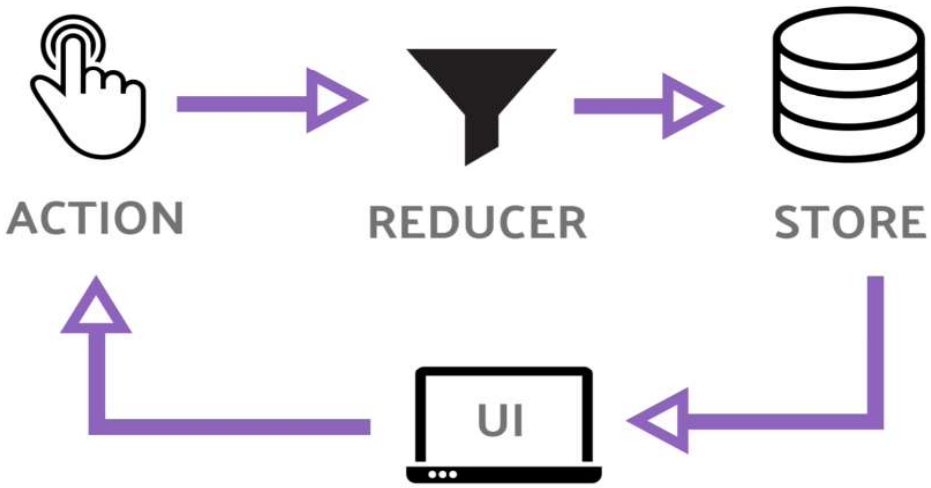


Figura 2.6: Arquitectura Redux [73].

La arquitectura de la información facilita la comprensión de un sitio web para los desarrolladores y usuarios finales [46].

Los elementos que se incluyeron en el catálogo son estructura de contenido, enfoque de la arquitectura, principios de organización, lenguaje y metadatos.

Estructura del contenido

El sitio web tiene las siguientes secciones: menú lateral izquierdo de aplicaciones, el menú de navegación y el contenido. El menú de navegación contiene las direcciones principales a todas las seciones del catálogo. El contenido muestra todo el detalle de la aplicación, incuyendo sus calificaciones y comentarios.

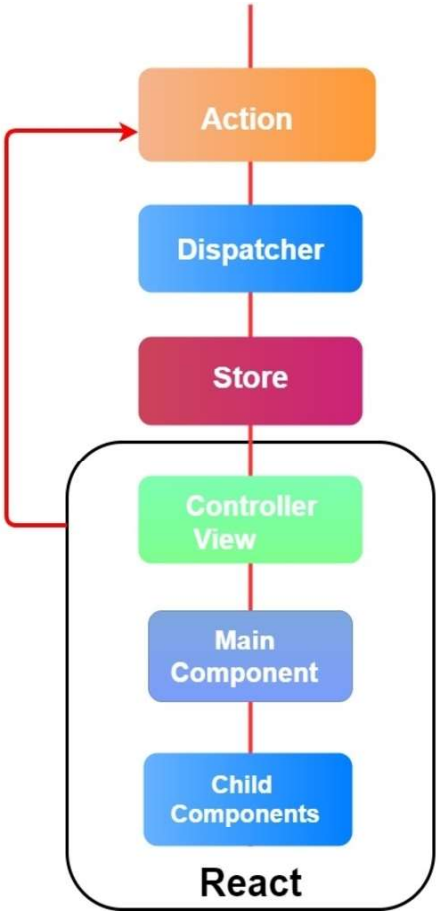


Figura 2.7: Arquitectura componente React [74].

Enfoque de la arquitectura

La figura 2.8 muestra un esquema funcional inicial del catálogo de software. El menú superior permite la navegación de todo el sitio. El menú lateral izquierdo permite la selección de las aplicaciones móviles, web o de escritorio. Una estructura más detallada del catálogo de software se puede ver en el prototipo de baja fidelidad (ver sección 2.2.1).

Principios de organización

La organización del catálogo de software se determinó de acuerdo a las evaluaciones realizadas a los sitios web y catálogos y el prototipo de media fidelidad (ver secciones 1.5.1 y 2.2.2). La categorización del catálogo es por tipo de discapacidad auditiva, pérdida auditiva parcial-leve y pérdida auditiva severa-total. Todas las aplicaciones están contenidas en una categoría.

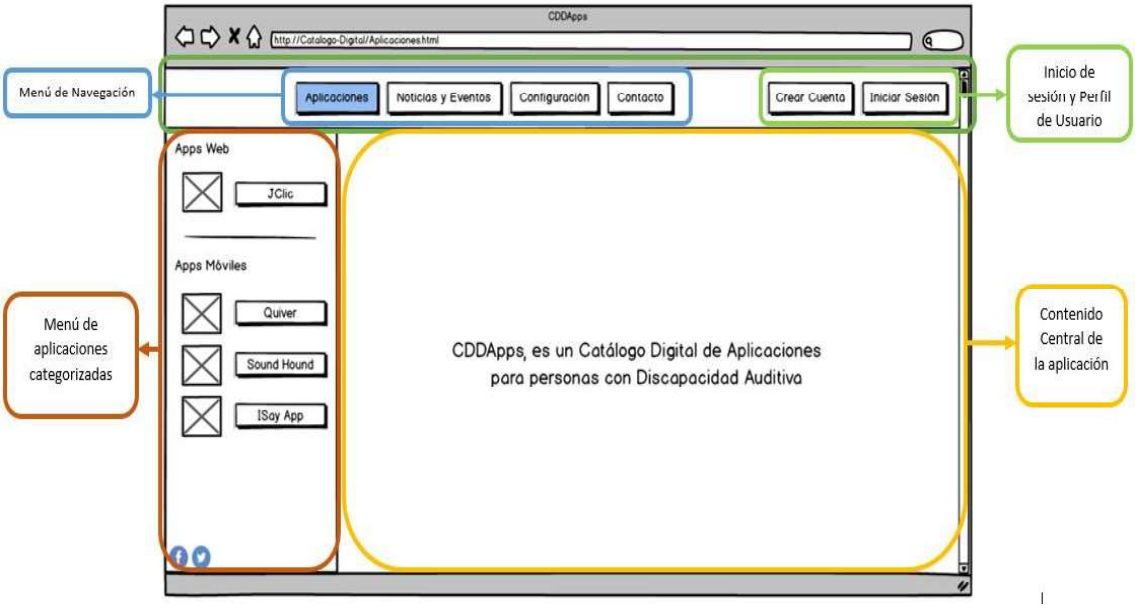


Figura 2.8: Wireframe inicial del catálogo de software. Figura del autor.

2.1.4 Esqueleto

2.1.4.1 Diseño de las interfaces

Se utilizó la librería de Facebook, React Js, para la creación de las interfaces, esta librería permite una adaptación y renderización de los componentes de acuerdo al tamaño de pantalla que se utilice. Para el uso de los estilos se utilizó el framework Bootstrap. El prototipo de media y alta felidelidad fueron construidos con estas tecnologías.

2.1.4.2 Diseño de la navegación

Se definió una navegación simple para el catálogo de software a través del menú que se encuentra en la parte superior de la interfaz. El usuario puede navegar entre las diferentes secciones del catálogo web.

El menú lateral izquierdo contiene las aplicaciones, este menú siempre estará visible con el fin de que el usuario acceda de forma rápida a cualquier aplicación. El contenido central contiene la información de la aplicación.

2.1.4.3 Diseño de la información

En el diseño de la información, es importante que el usuario entienda dónde se encuentra y a dónde puede acceder en un sitio [46]. Cada página y subpágina se diseñó de manera que el usuario tenga acceso al contenido a través del menú y secciones. El usuario puede ver en qué sección se encuentra por el cambio de color del botón que le permite navegar a esta sección.

Además, la información de la aplicación se dividió en cinco secciones: información principal, descripción y capturas de pantalla, información técnica, sección para calificar y comentar y, sección de calificaciones y comentarios (ver figura 2.9).

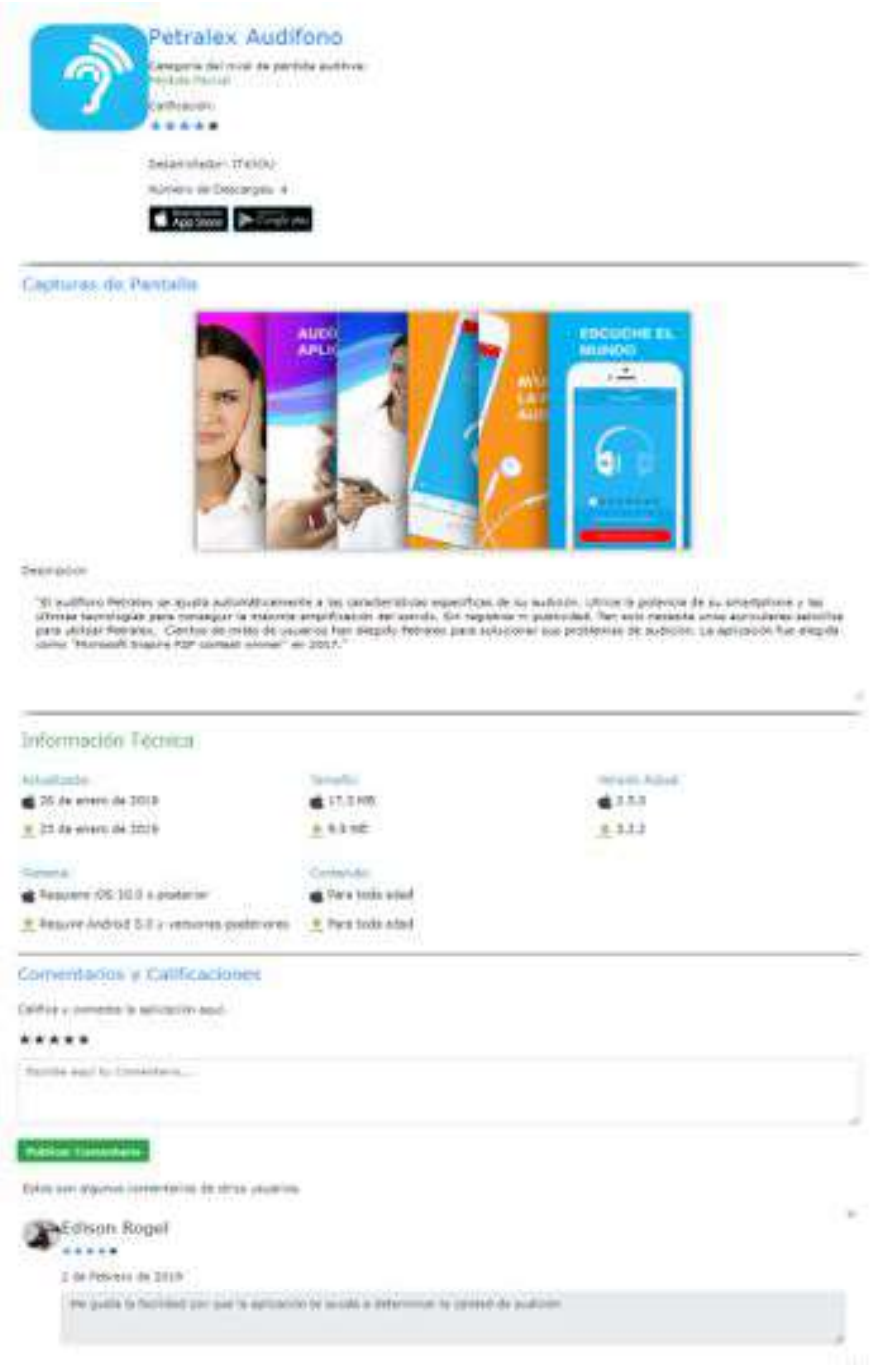


Figura 2.9: Diseño de la información para la interfaz de la aplicación. Figura del autor.

2.1.5 Superficie

Los componentes y conceptos definidos que posee React permitieron implementar los aspectos descritos en esta sección en el prototipo de alta fidelidad. Los detalles del diseño se pueden ver en la sección 2.2.3.

2.1.5.1 Sigue el ojo

Evaluar el diseño visual de un producto es preguntar: ¿Dónde va el ojo primero?. Esto permite determinar movimientos por instinto, atraer y dirigir la atención del usuario en el sitio [46].

De acuerdo a este aspecto, se obtuvo como resultado el diseño de la interfaz con las secciones y menús ya descritos.

2.1.5.2 Contraste y uniformidad

El contraste atrae la atención del usuario a aspectos esenciales de la interfaz. Ayuda al usuario a entender las relaciones entre los elementos de navegación en la página [46]. Al ser los usuarios personas con discapacidad auditiva, se debe tomar en cuenta que el contraste de color debe ser de obscuro a claro y viceversa.

2.1.5.3 Consistencia interna y externa

La consistencia del diseño debe estar presente en todos los niveles del diseño visual desde los elementos de navegación que aparecen en todas las interfaces hasta el botón que aparece una sola vez. Esto muestra al usuario uniformidad en el diseño del sitio [46].

Mediante el uso de componentes reusables en React, las interfaces de toda la aplicación web, mantienen los mismos colores y se usan los mismos íconos y etiquetas de acuerdo a la información que se muestra. Todas las interfaces del prototipo de alta fidelidad se pueden ver en el Anexo 6.2.3.

2.2 PROTOTIPO

2.2.1 Prototipo Baja fidelidad

En el desarrollo del prototipo de baja fidelidad se realizó a partir del análisis de los resultados, la estrategia y el alcance.

Para la creación del prototipo de baja fidelidad se analizó el alcance mediante esquemas o mock-ups [50]. Un mock-up se utiliza para estudio, pruebas o de muestra. La realización de los mock-ups se hizo en Balsamiq [50] (ver sección 1.5.3). Una vez terminado el diseño, se realizaron las pruebas de funcionalidad para verificar si la propuesta cumplía con los objetivos planteados y los requerimientos del usuario.

Mock-up 1 - Inicio

El diseño de la interfaz de inicio que se muestra en la Figura 2.10, es la solución para el problema de acceso directo y la categorización de las aplicaciones. La interfaz está compuesta de tres elementos: una barra superior que contiene los botones de navegación de la aplicación y perfil del usuario; un menú izquierdo donde se encuentran las aplicaciones categorizadas y una sección central donde se muestra el contenido de la aplicación.

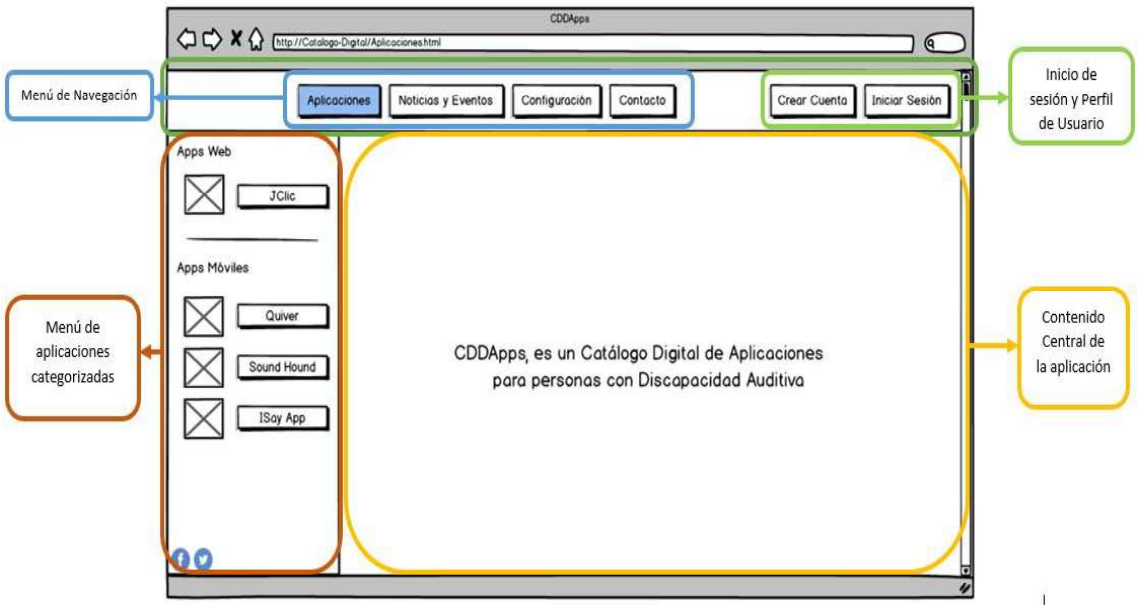


Figura 2.10: Mock-up interfaz de inicio. Figura del autor.

Mock-up 2 - Categorías

Cada categoría posee un menú desplegable que contiene el listado de las aplicaciones. (ver Figura 2.11).

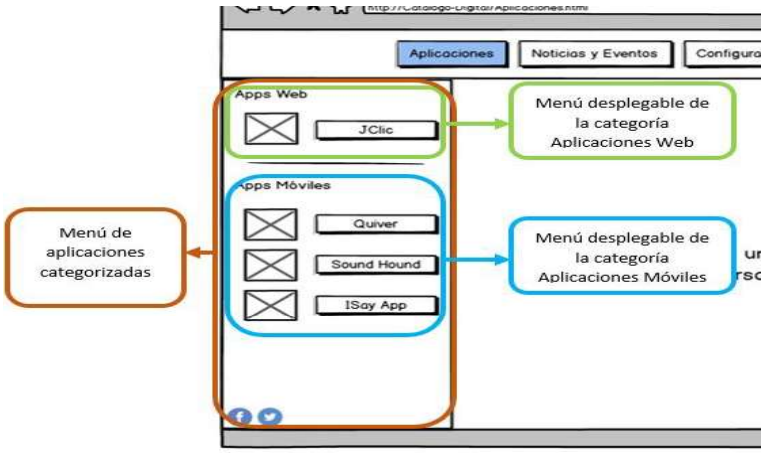


Figura 2.11: Mock-up menú de categorías de aplicaciones. Figura del autor.

Mock-up 3 - Aplicación El usuario necesita acceso a las aplicaciones en el catálogo, por esta razón, éstas se encuentran siempre visibles en el menú izquierdo. Las aplicaciones tienen: imagen, nombre, categoría, capturas de pantalla, información, calificaciones y comentarios y botones de descarga (ver Figura 2.12).

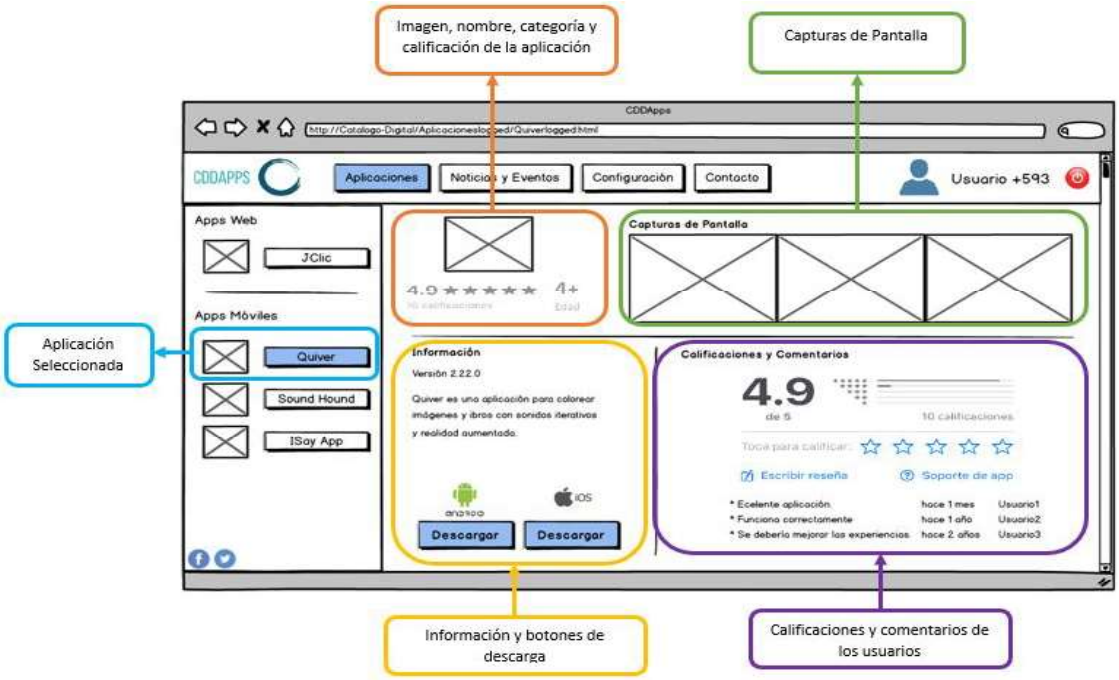


Figura 2.12: Mock-up interfaz de aplicación. Figura del autor.

Mock-up 4 - Perfil de usuario

El perfil de usuario muestra la información del usuario y un formulario para editar su información e imagen de perfil (ver Figura 2.13).

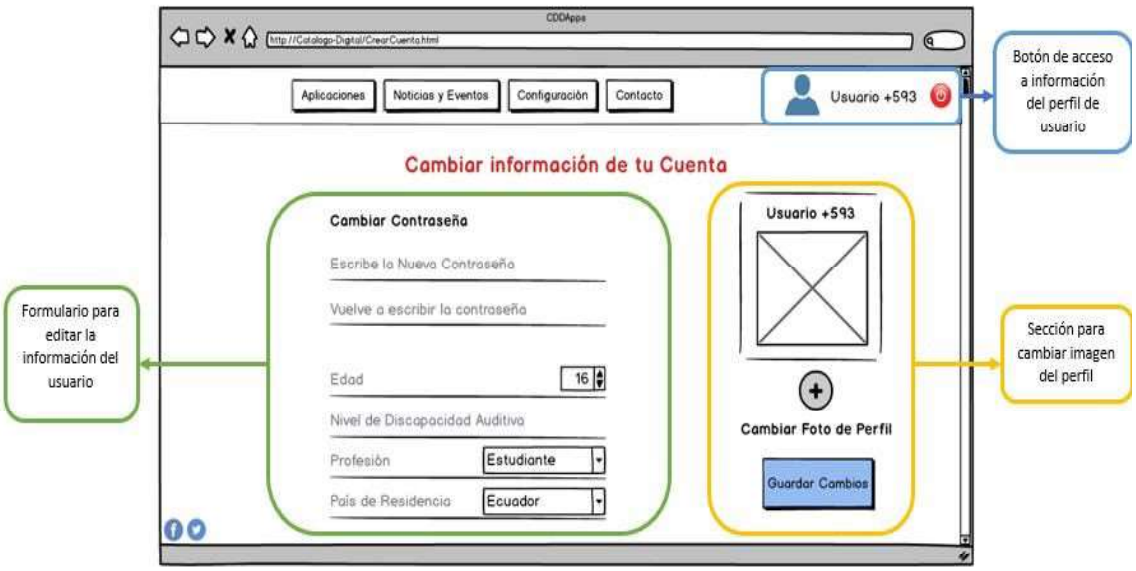


Figura 2.13: Mock-up interfaz de perfil de usuario. Figura del autor.

Mock-up 5 - Noticias y Eventos

Los usuarios podrán visualizar una lista de noticias y eventos (ver Figura 2.14), además de una interfaz que muestra el detalle de la misma (ver Figura 2.15).

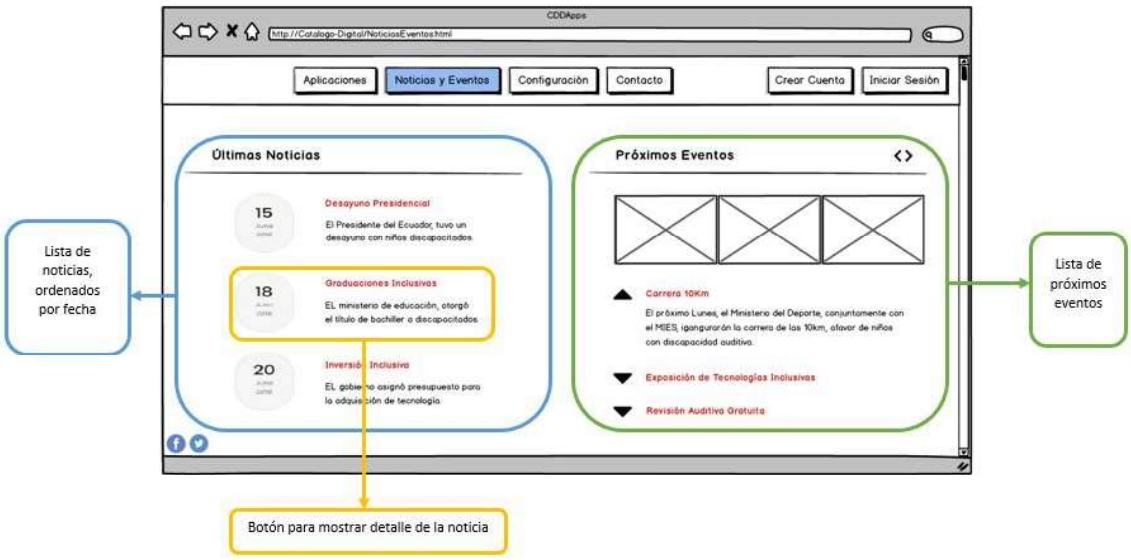


Figura 2.14: Mock-up Noticias y eventos. Figura del autor.

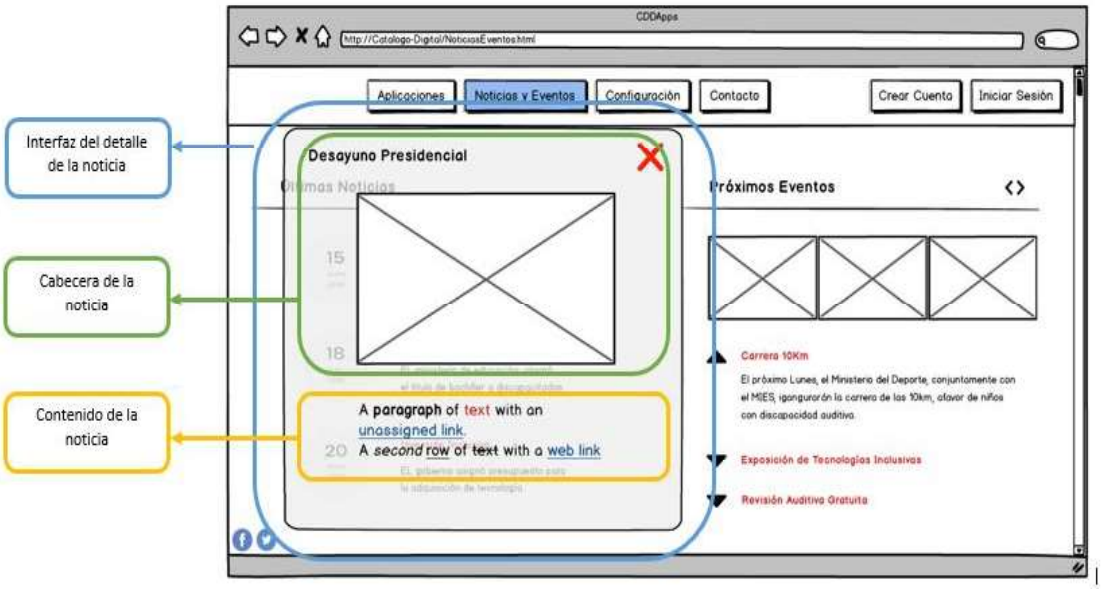


Figura 2.15: Mock-up Detalle de noticia. Figura del autor.

Mock-up 6 - Contacto

Para obtener una retroalimentación constante por parte de los usuarios y obtener soporte técnico, la interfaz de contacto provee información del desarrollador y de un formulario para enviar sugerencias, comentarios y soporte técnico (ver Figura 2.16).

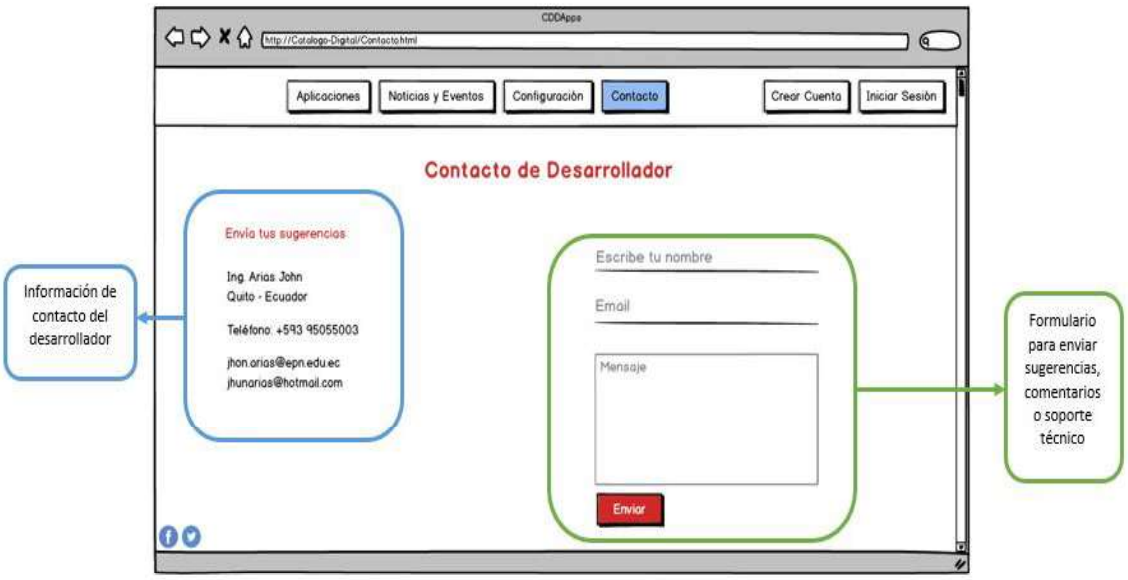


Figura 2.16: Mock-up interfaz de Contacto. Figura del autor.

2.2.2 Prototipo Media fidelidad

Se diseñó un prototipo de media fidelidad para un mejor entendimiento del catálogo de software. La idea fue crear un prototipo navegable, que sea posible acceder a todos los contenidos del catálogo por medio de los botones de navegación y el usuario pueda entender cómo funciona el catálogo.

La librería React [55] fue usada para la implementación de las interfaces y navegación, para los estilos se usó el framework Bootstrap [51]. Bootstrap posee características responsive para el diseño web. Las interfaces implementadas fueron la página de inicio, las categorías, aplicación y contacto. Terminadas las interfaces, el prototipo se subió a la plataforma Firebase.

El prototipo de media fidelidad incluye contenido cargado de tres aplicaciones móviles, una de plataforma Android, otra iOS y la última multiplataforma, una aplicación web. La información de las aplicaciones es obtenida de los sitios oficiales de cada una. A continuación, se examinan algunas interfaces.

La página de inicio es la primera interfaz del prototipo y se puede ver en la Figura 2.17. El usuario puede desplegar las categorías con el menú ubicado al lado izquierdo de la interfaz. Las categorías siempre están visibles en el menú. Debajo de cada categoría desplegable está la lista de aplicaciones.

Por medio del menú de navegación superior, se puede acceder a la página de contacto (ver Figura 2.18).

Cuando el usuario selecciona una aplicación, el contenido central cambia y muestra la información de la aplicación seleccionada. Esta interfaz muestra la información general de la aplicación, seguido por capturas de pantalla, descripción de la aplicación, información técnica, sección donde el usuario puede comentar y calificar y por último, la sección de comntarios y calificaciones (ver Figura 2.19).

Se realizaron cambios en el diseño del contenido de la interfaz, que fueron consecuencia de los comentarios y sugerencias obtenidos de la evaluación del prototipo de baja fidelidad, discutidos en la seccion 2.2.1.

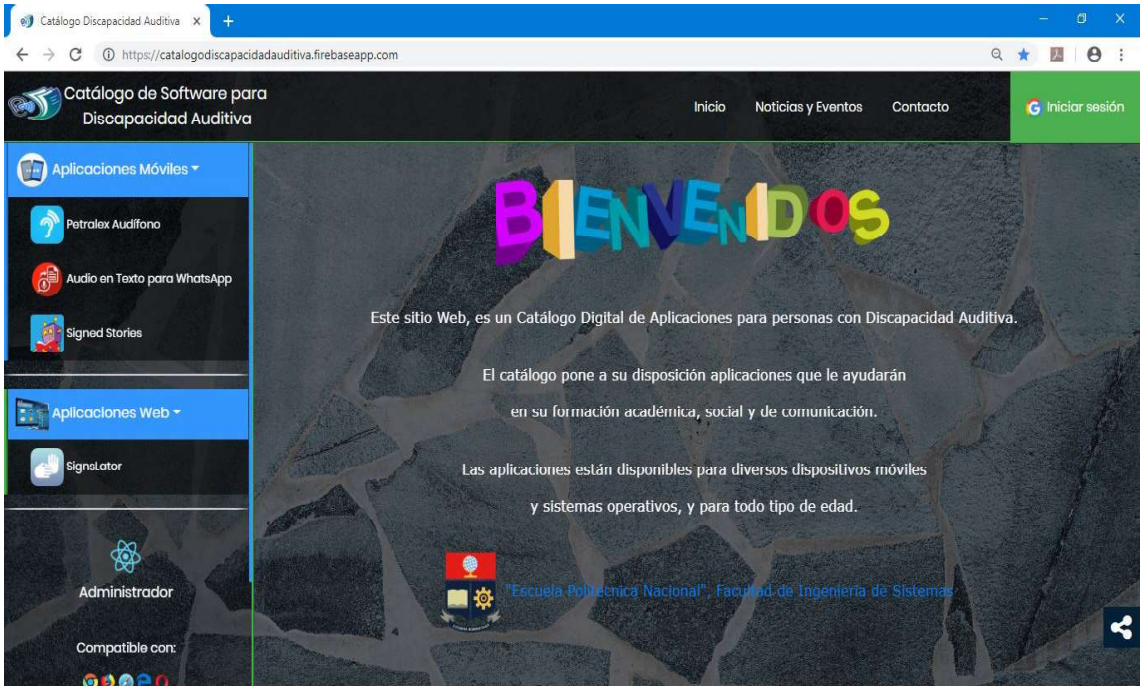


Figura 2.17: Interfaz de la página de inicio. Figura del autor.

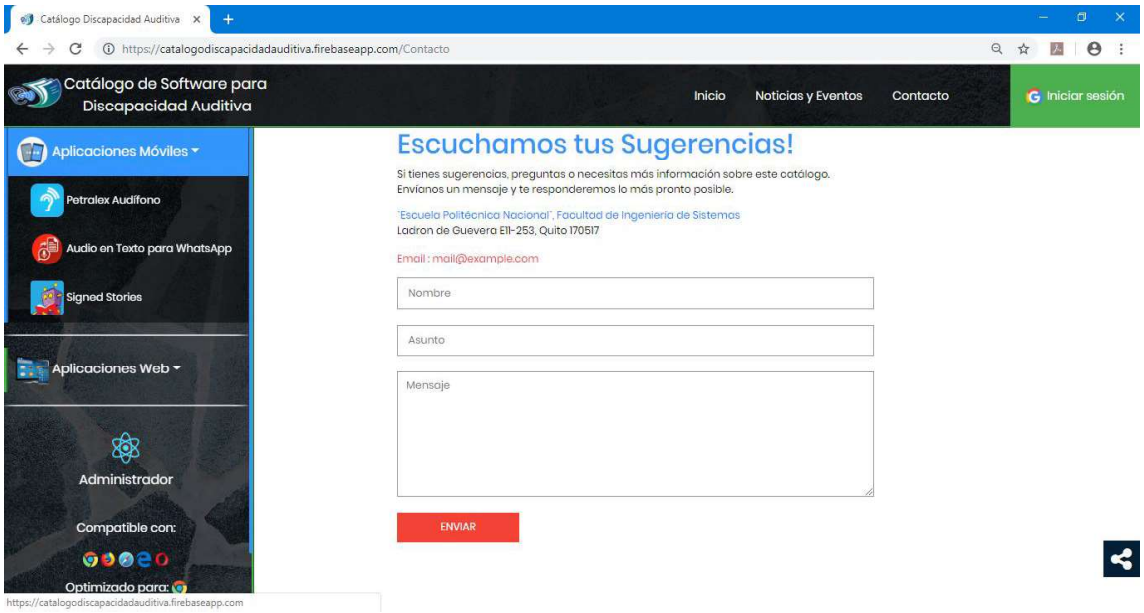


Figura 2.18: Interfaz de la página de contacto. Figura del autor.

2.2.3 Prototipo Alta fidelidad

En esta etapa del proyecto, diferentes conceptos e ideas ya habían sido evaluadas para alcanzar el prototipo de alta fidelidad. A través de las pruebas de usabilidad, fue posible definir la mayoría de elementos del catálogo como la estructura del catálogo, categorización,

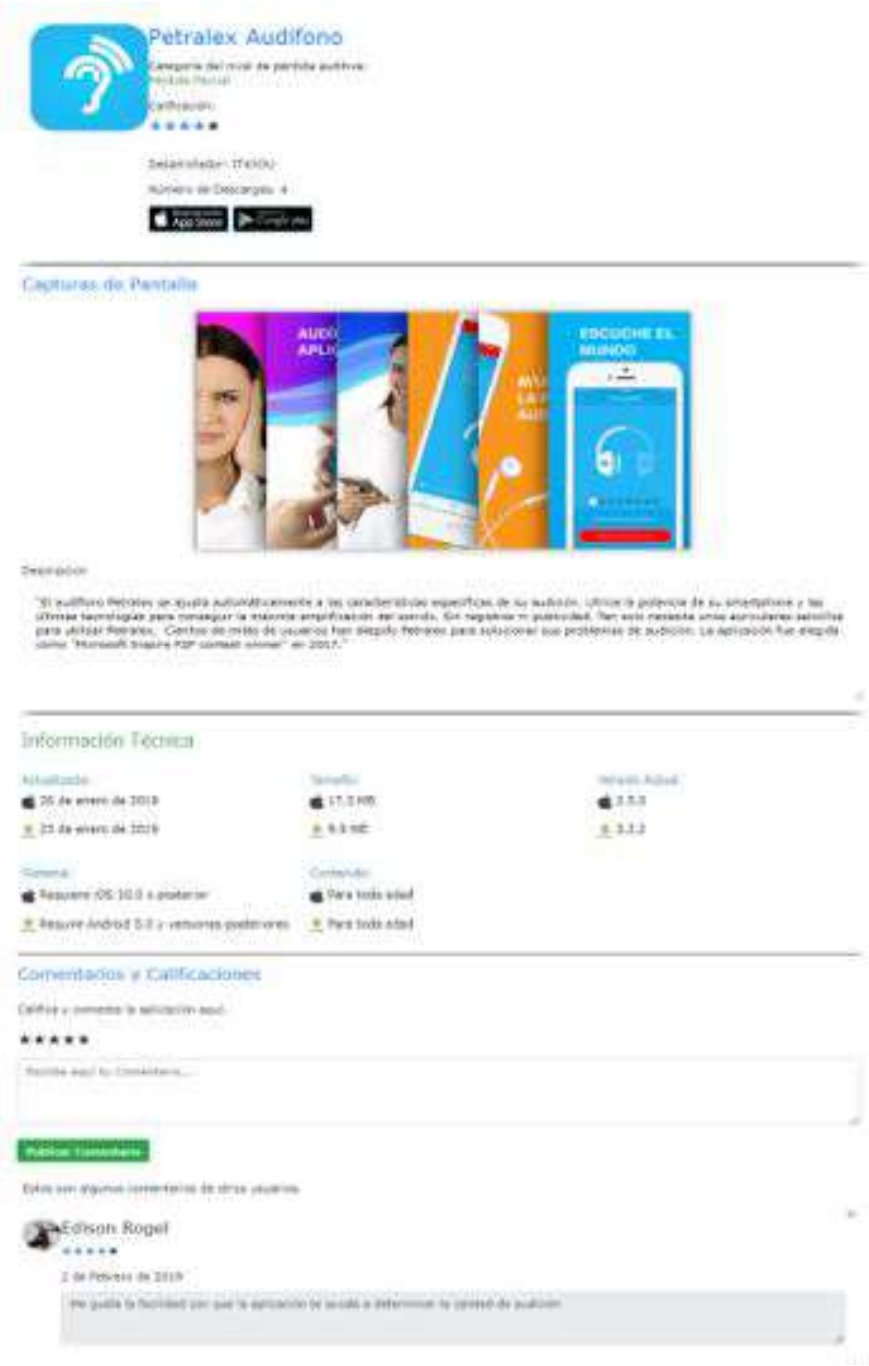


Figura 2.19: Interfaz de la aplicación. Figura del autor.

información, navegabilidad y elementos.

Como se mencionó anteriormente, el prototipo de alta fidelidad debe ser lo más realista posible y funcional.

Entorno de desarrollo front-end

El prototipo de alta fidelidad se desarrolló en una laptop HP con Windows 10 de 64-bit,

memoria RAM de 12GB, procesador Intel Core i7-4700MQ de 2.40GHz.

El prototipo se realizó usando el comando ***create react app*** que posee React. ***Create react app*** genera un nuevo proyecto que posee configuraciones predeterminadas para el desarrollo local de un proyecto en React. Para ejecutarlo, se construyó un entorno de desarrollo de soporte para el desarrollo del catálogo de software. La Figura 2.20 representa el entorno de desarrollo del prototipo de alta fidelidad. El prototipo de alta fidelidad fue desarrollado con React y CSS. El entorno de trabajo para React fue Node.js. Se conectó el proyecto al repositorio de GitHub para el versionamiento de código. Para la codificación y soporte del lenguaje de programación JavaScript se utilizó Visual Studio Code y para el control de estados de la aplicación se utilizo Redux.js.

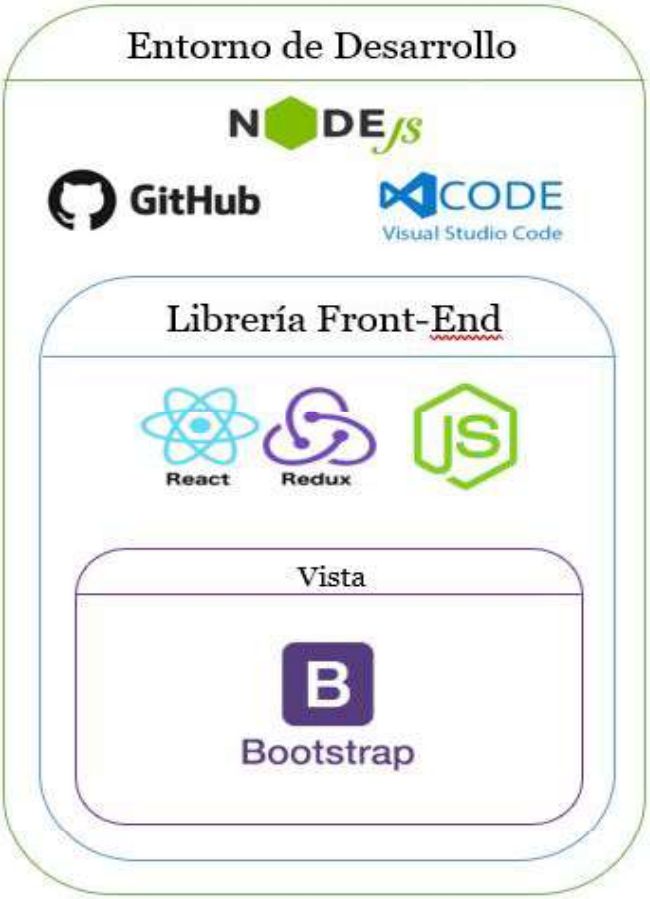


Figura 2.20: Entorno de desarrollo del prototipo de alta fidelidad. Figura del autor.

Una vez creado el proyecto, se inició con la implementacion de la estructura del mismo. En la Figura 2.21, se observa el árbol del proyecto con los componentes, elementos, servicios y routing distribuidos en carpetas.

Las interfaces que fueron implementadas en el prototipo de media fidelidad, mantienen su

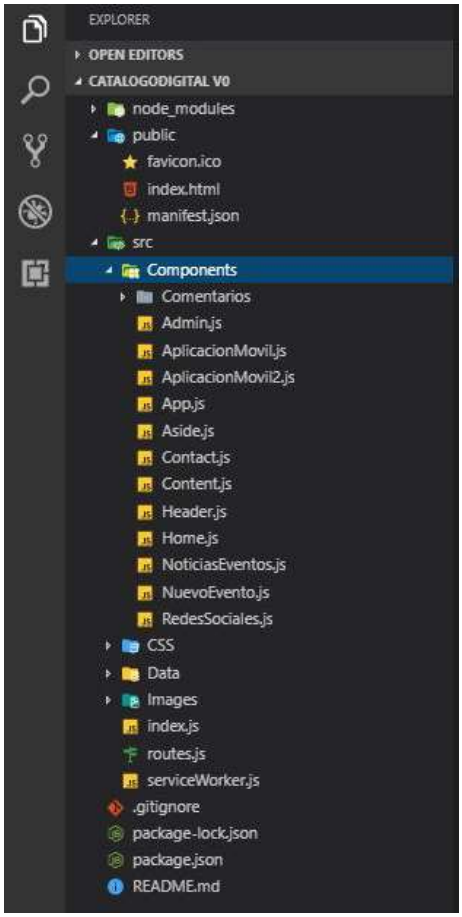


Figura 2.21: Árbol del proyecto. Figura del autor.

estructura y diseño en el prototipo de alta fidelidad. Se realizaron cambios en las interfaces de perfil de usuario y en la interfaz de noticias y eventos como resultado de la evaluación del prototipo de baja y media fidelidad, discutidos en las secciones 2.2.1 y 2.2.2.

Perfil de Usuario

Con la finalidad de agilitar el proceso de registro y autenticación de usuarios, se integró el módulo de autenticación que brinda Firebase [57]. Este módulo realiza la autenticación de cuentas de Google, Hotmail y Outlook, por medio de su propia interfaz de Google (ver Figura 2.22). De esta forma, el usuario puede autenticarse con su propia cuenta ya registrada o puede crear una nueva en la misma interfaz de autenticación de google.

Otra ventaja de la integración de este módulo, es el enlace para la descarga directa de las applicaciones android desde la tienda de Google, que solicita tener una sesión abierta con una cuenta de Google para descargar la aplicación. El control de seguridad y gestión de la información de la cuenta, la realiza Google.

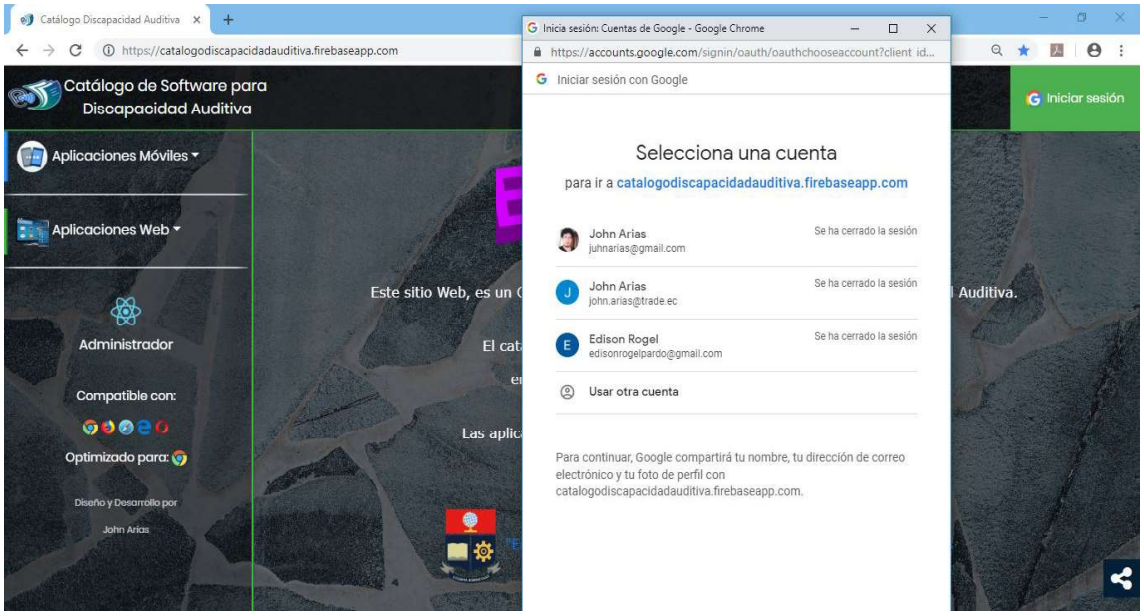


Figura 2.22: Autenticación e inicio de sesión con Google. Figura del autor.

Noticias y Eventos

El objetivo de una sección de noticias y eventos, es que el usuario pueda acceder de forma rápida e intuitiva a su contenido, teniendo esto en cuenta y añadido los comentarios y sugerencias de la evaluación del prototipo de baja fidelidad, se decidió cambiar la estructura de la página de Noticias y Eventos.

Se integraron las dos secciones (noticias, eventos) en una sola lista que contiene un elemento que muestra la fecha, título y un resumen de la noticia o evento, ordenados por la fecha más reciente (ver Figura 2.23). La interfaz que muestra el detalle de la noticia o evento, mantiene su diseño y estructura (ver Figura 2.24).

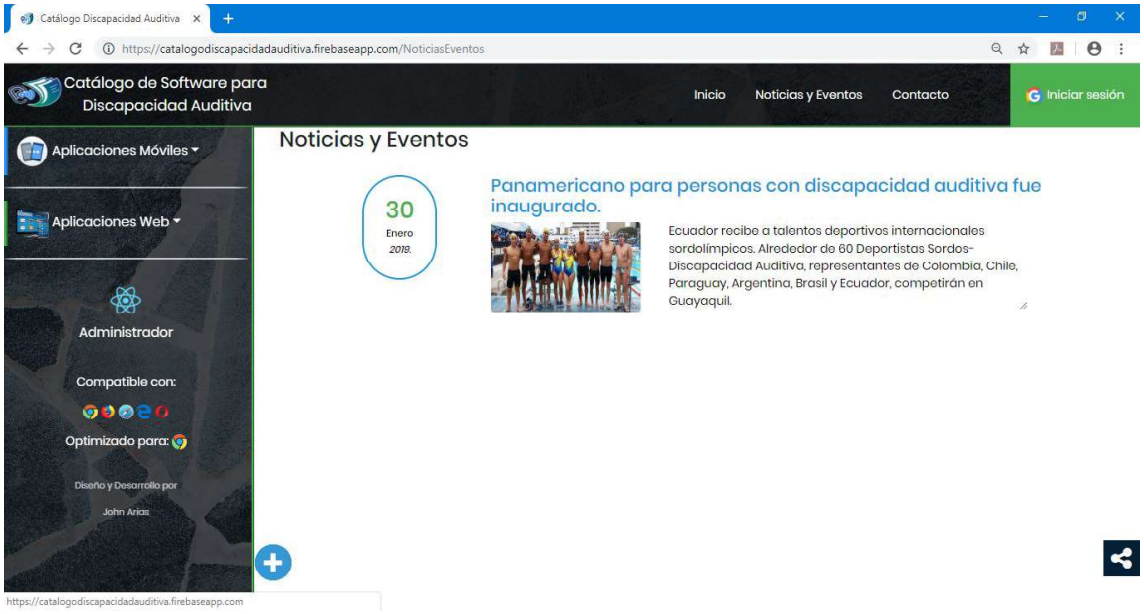


Figura 2.23: Interfaz de noticias y eventos. Figura del autor.

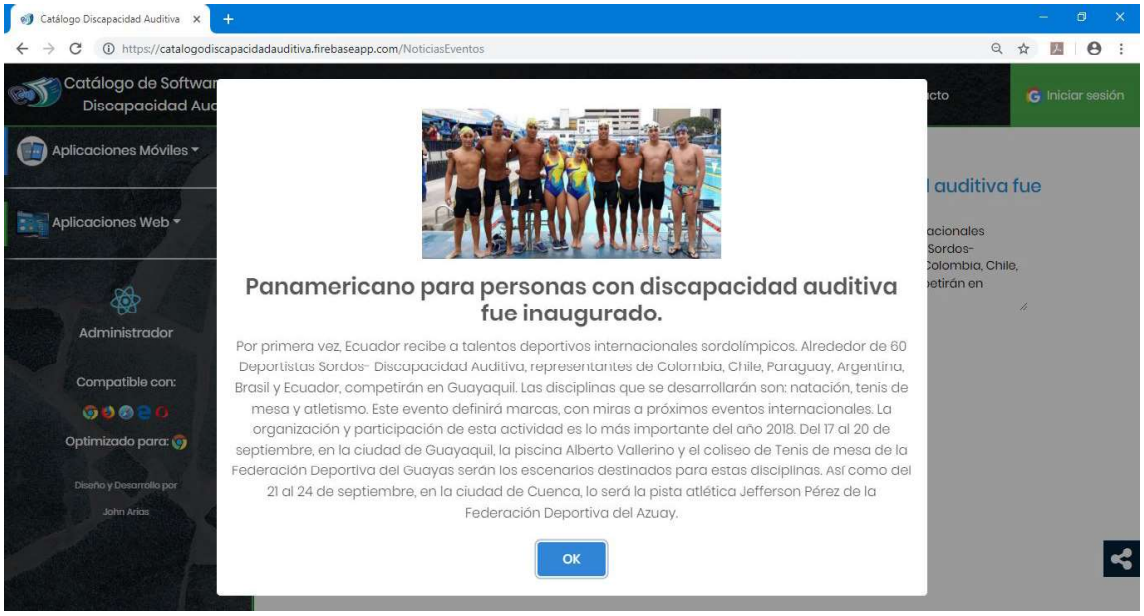


Figura 2.24: Interfaz del detalle de noticia o evento. Figura del autor.

2.3 EVALUACIÓN DE LOS PROTOTIPOS

Se realizaron pruebas de usabilidad para evaluar el diseño de los prototipos. Se prepararon encuestas para obtener la información respecto a la interacción del usuario con los prototipos del catálogo digital. Cada encuesta y herramienta utilizada en las evaluaciones de usabilidad de cada prototipo, se describen en las secciones 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3.

2.3.1 Baja fidelidad

Se realizaron pruebas de usabilidad para verificar si el diseño propuesto para el catálogo de software fue apropiado para el prototipo y su posterior desarrollo. El prototipo de baja fidelidad fue evaluado en la propia herramieta de Balsamiq Mockups 3 [50], esta aplicación permite simular correctamente el flujo y navegación de las interfaces. Los mock-ups utilizados fueron la página de inicio, categorías, aplicación y perfil del usuario, noticias y eventos y contacto. El objetivo de las pruebas fue encontrar las navegaciones más intuitivas del prototipo, qué información y secciones son útiles y cuáles no. Para la evaluación se realizaron pruebas de navegabilidad. Las pruebas se llevaron a cabo en la Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador (FENASEC) [75] y en la Fundación Mariana de Jesús [76]. El ambiente de pruebas fue el mismo que se utilizó para el ambiente de desarrollo. Los evaluadores expresaron sus comentarios, sugerencias y calificaciones por medio de un formulario en línea de Google Forms (ver Figura 2.25). Los resultados de las pruebas de usabilidad realizadas al prototipo de baja fidelidad se encuentran en la sección 3.2.

Figura 2.25: Formulario para la evaluación del prototipo de baja fidelidad. Figura del autor.

Navegabilidad

Las pruebas de navegabilidad permitieron al usuario recorrer todas las interfaces del catálogo haciendo clic sobre los elementos que se encontraban enlazados a la interfaz correspondiente, tales como los botones (ver Figura 2.26).

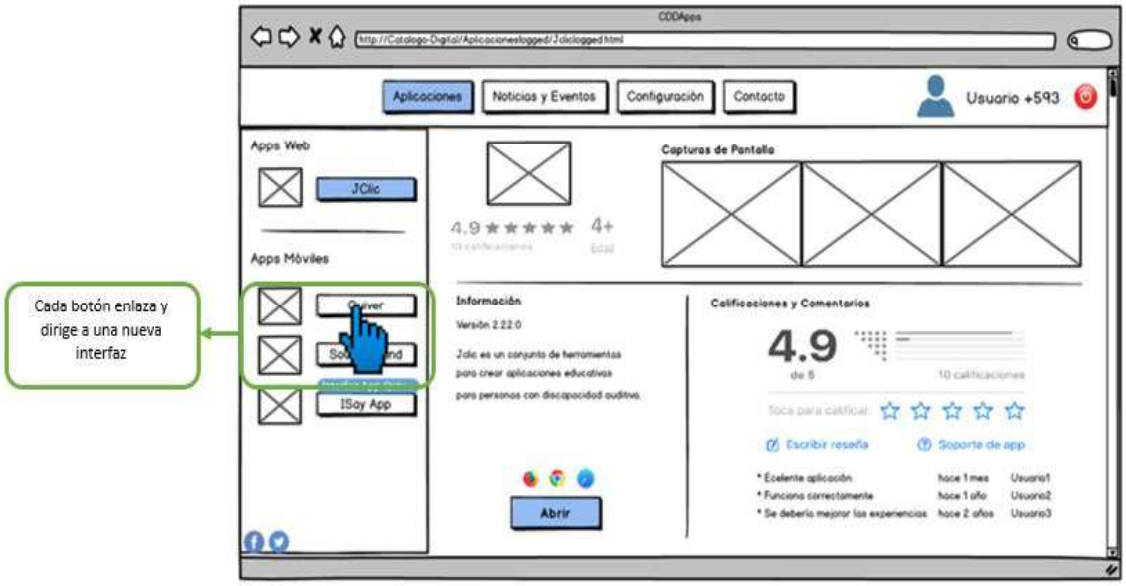


Figura 2.26: Enlace entre los mock-ups. Figura del autor. Tomada de Balsamiq Mockups 3.

2.3.2 Media fidelidad

La evaluación del prototipo de media fidelidad se realizó en los mismos lugares mensionados en la anterior sección. Las pruebas se realizaron mediante una encuesta en línea usando Google Forms. El objetivo principal fue determinar la usabilidad y la categorización para el catálogo de software. El catálago fue publicado en Firebase. En la Figura 2.27, se puede ver la encuesta elaborada para la evaluación.

Los resultados de las pruebas de usabilidad realizadas al prototipo de media fidelidad se encuentran en la sección 3.3.

Evaluación prototipo media fedelidad

*Obligatorio

Seleccione la calificación para cada uno de los siguientes criterios *

	1 - Deficiente	2 - Regular	3 - Buena	4 - Muy Buena	5 - Excelente
Navegación intuitiva					
Las secciones de información son claramente visibles					
El menú de aplicaciones es de fácil uso					
Los colores utilizados son adecuados					
El tamaño de las letras es adecuado					

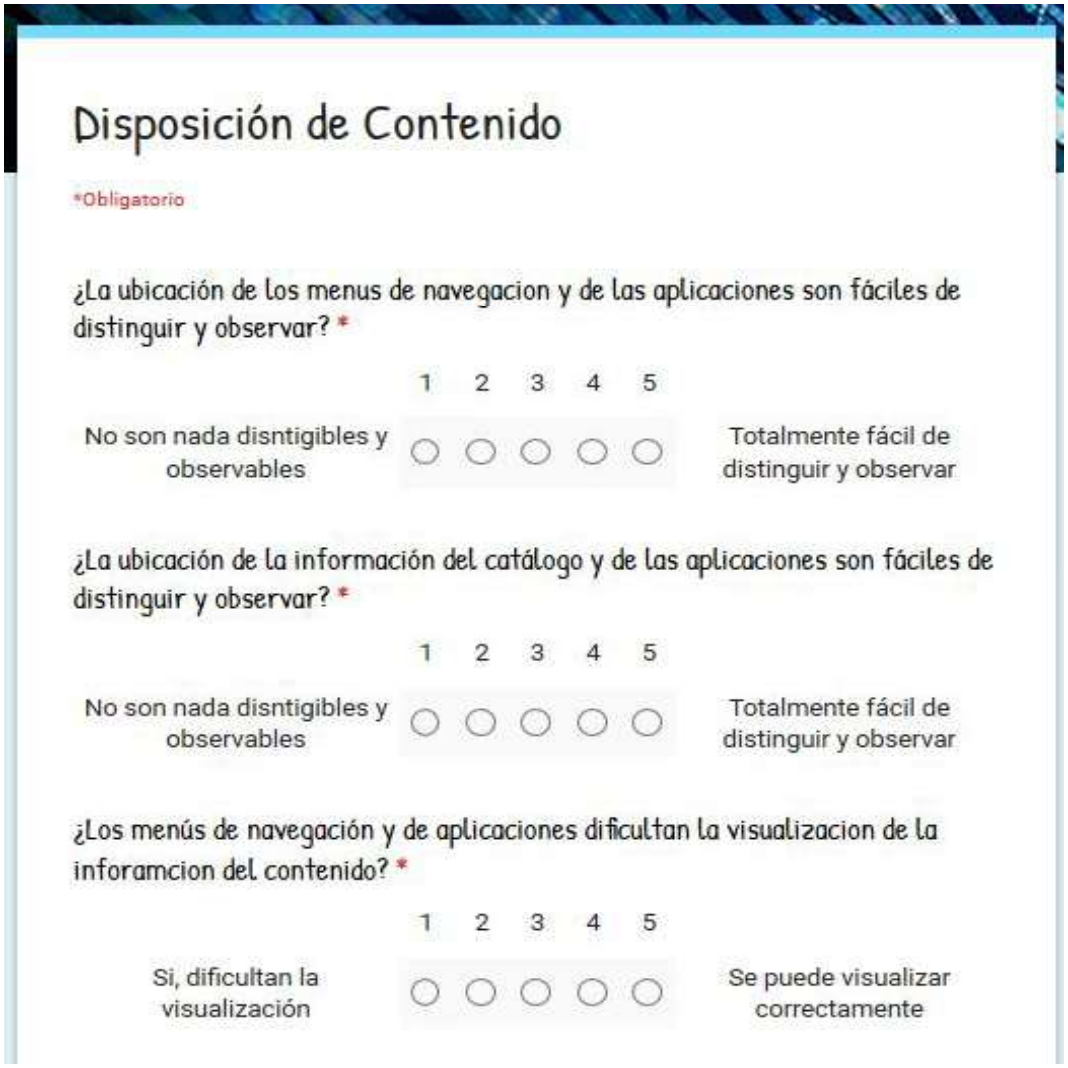
Seleccione la calificación para cada uno de los siguientes criterios referente al menu de aplicaciones *

	1 - Deficiente	2 - Regular	3 - Buena	4 - Muy Buena	5 - Excelente
Los botones desplegales de aplicaciones funciona correctamente					
Los botones desplegales de aplicaciones tienen un adecuado tamaño					
Los botones desplegales de aplicaciones reaccionan de forma rápida					
Es fácil reconocer las categorías de las aplicaciones					

Figura 2.27: Formulario para la evaluación del prototipo de media fidelidad. Figura del autor.

2.3.3 Alta fidelidad

El objetivo principal fue evaluar el Contenido, Navegación, Estructura y Diseño, Apariencia y Multimedia del catálogo digital. Las sesiones de pruebas consistían en tres partes. Inicialmente, se dió una explicación a los participantes del proyecto y se mencionó los objetivos de la prueba. A continuación, se hizo un recorrido de todas las interfaces del catálogo y se pidió a los participantes su opinión sobre las interfaces. Al finalizar, se pidió a los usuarios que llenen una encuesta (ver Figura 2.28) del catálogo digital de software. El formulario completo se encuentra disponible en los Anexos 6.3.3.1. Los resultados de las pruebas de usabilidad realizadas al prototipo de alta fidelidad se encuentran en la sección 3.4.



Disposición de Contenido

*Obligatorio

¿La ubicación de los menus de navegacion y de las aplicaciones son fáciles de distinguir y observar? *

	1	2	3	4	5	
No son nada disntigibles y observables	○	○	○	○	○	Totalmente fácil de distinguir y observar

¿La ubicación de la información del catálogo y de las aplicaciones son fáciles de distinguir y observar? *

	1	2	3	4	5	
No son nada disntigibles y observables	○	○	○	○	○	Totalmente fácil de distinguir y observar

¿Los menús de navegación y de aplicaciones dificultan la visualizacion de la inforamcion del contenido? *

	1	2	3	4	5	
Si, dificultan la visualización	○	○	○	○	○	Se puede visualizar correctamente

Figura 2.28: Parte del formulario para la evaluación del prototipo de alta fidelidad. Figura del autor.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección describe todos los resultados obtenidos del proyecto. Las figuras y tablas muestran el análisis realizado al software para discapacidad auditiva. Además, presenta gráficos de los resultados obtenidos de las evaluaciones de los prototipos.

3.1 EVALUACIÓN DE LAS APLICACIONES

3.1.1 Resultados

Durante la búsqueda sistemática de aplicaciones, se obtuvieron 1 530 resultados por medio del motor de búsqueda de Google. De acuerdo a los criterios de selección de las aplicaciones, se obtuvo un total de 31 aplicaciones a evaluar (ver Figura 3.1). Las aplicaciones se clasificaron de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación del segundo prototipo en la sección 3.3 y se evaluaron con MARS.

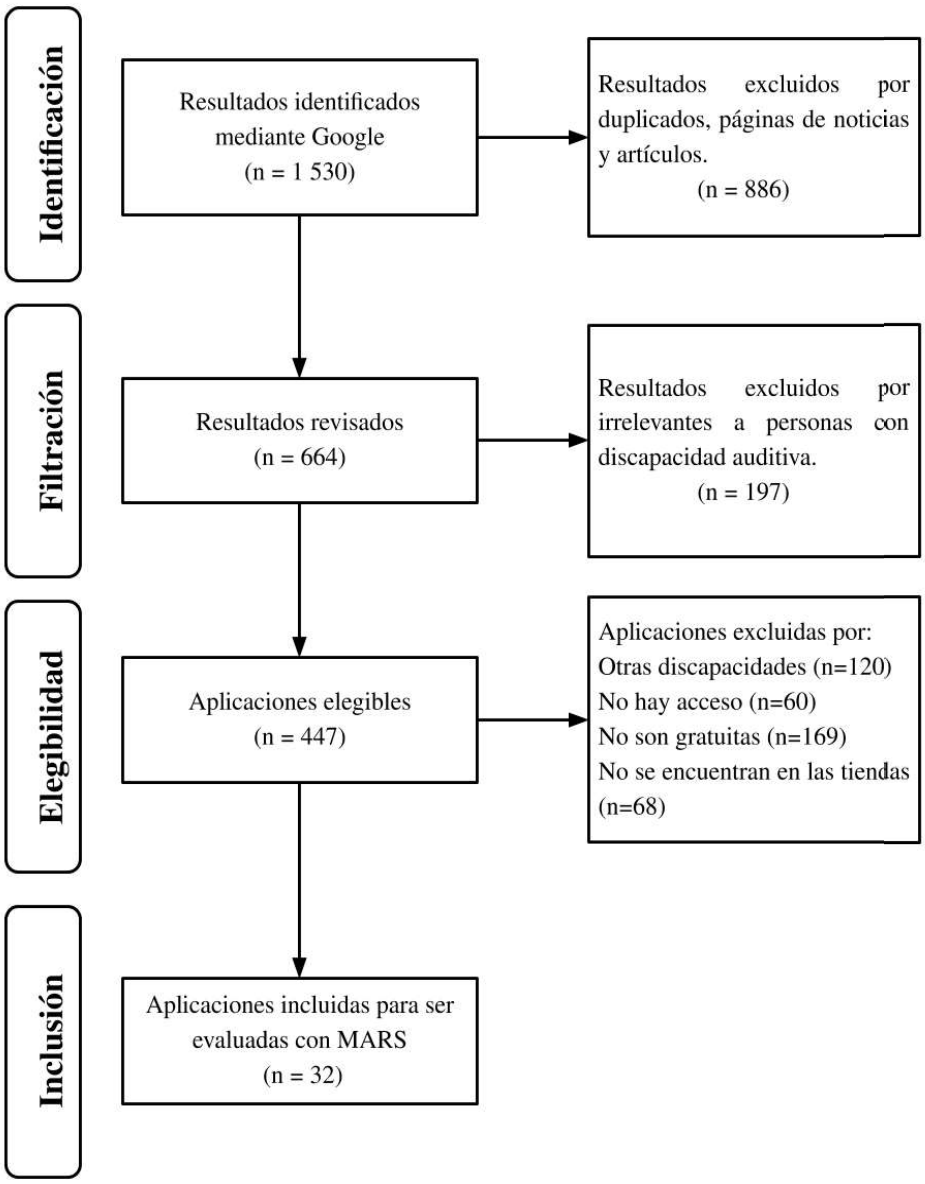


Figura 3.1: Diagrama de flujo del proceso de búsqueda sistemática de aplicaciones.

3.1.1.1 Busqueda sistemática de aplicaciones

La Tabla 3.1 contiene las aplicaciones encontradas a través de la busqueda sistemática.

Tabla 3.1: Aplicaciones encontradas.

N°	Nombre de la aplicación	Enlace de Aplicación/Tienda donde se encuentra	Plataforma
1	Asistente de Sordos y Mudos	Google Play Store	Android
2	Audio en texto para Whatsapp	Google Play Store	Android
3	Baby Sign and Sign and Learn	AppStore/Google Play Store	Android
4	Comunicador Personal Adaptale CPA	www.proyectodane.org/aplicacion/comunicador-personal-adaptablecpa/	Android
5	Conversador	www.proyectodane.org/aplicacion/conversador/	Android
6	De que hablan	Google Play Store	Android
7	ForeSign	Google Play Store	Android
8	Isay App	www.proyectodane.org/aplicacion/isay/	Android
9	OTTAA Project	www.proyectodane.org/aplicacion/ottaa-project/	Android
10	SignARTE	Google Play Store	Android
11	Sordo Ayuda	Google Play Store	Android
12	Te cuento	Google Play Store	Android
13	Tico	arasuite.proyectotico.es/index.php?title=Página_principal	Escritorio
14	Baby Sign Languaje Dictionary	AppStore	iOS
15	Ear Machine	AppStore	iOS
16	Kindoma Storytime	AppStore	iOS
17	Mobile Sign 2	AppStore	iOS
18	Signed Stories	AppStore	iOS
19	Uhear	AppStore	iOS
20	Ava	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
21	Palabras Especiales	AppStore/Google Play Store	iOS/Android

(continúa en la siguiente página)

N°	Nombre de la aplicación	Enlace de Aplicación/Tienda donde se encuentra	Plataforma
22	Pedius	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
23	Petralex	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
24	Quiver	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
25	Roger Voice	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
26	Series 1	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
27	SpeakLiz	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
28	Spreadthesign - Dicctionary	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
29	Sound Hound	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
30	Usound	AppStore/Google Play Store	iOS/Android
31	Jclic	https://clic.xtec.cat/legacy/es/jclic/index.html	Web
32	Signslator	www.signslator.com/	Web

De las 32 aplicaciones mencionadas en la tabla anterior, Palabras Especiales no pudo ser evaluada ya que era de pago. Otra aplicación, Sound Hound, no fue consideradada porque es una aplicación para identificar el nombre de una canción. 12 aplicaciones (Audio en texto para Whatsapp, Comunicador personal adaptable, Conversador, De que hablan, ForeSign, Isay App, OTTAA Project, SignARTE, te cuento, TICO, Jclic y Signslator) no fueron relevantes para el catálogo o no se encontraban disponibles. En total, la evaluación tomó en cuenta 22 aplicaciones, 4 de ellas fueron multiplataforma (disponibles para iOS y Android).

A pesar de encontrar sitios web y catálogos especializados para personas con discapacidad auditiva, la cantidad de aplicaciones es baja. Existen más aplicaciones en idioma inglés que no pueden ser utilizadas por las personas con discapacidad auditiva. El desarrollo de aplicaciones educativas en el Ecuador para esta discapacidad es limitado.

3.1.1.2 Evaluación de las aplicaciones

El total o puntaje MARS fue calculado en base al promedio de las subcategorías atractivo, funcionalidad, estética e información. Para calcular este total se excluyó la categoría calidad subjetiva, como lo sugieren los autores de MARS [49]. El total representa la calidad de la aplicación percibida por el usuario.

3.1.1.3 Resultados de la evaluación de las aplicaciones

La Tabla 3.2 contiene los puntajes de las categorías de MARS de aplicaciones para personas con discapacidad auditiva.

Tabla 3.2: Resultados promedio de las categorías de MARS.

N°	Nombre	Atractivo	Funcionalidad	Estética	Información	Total
1	Uhear	5,00	5,00	4,00	4,67	4,67
2	Petralex Android	4,20	5,00	4,67	4,67	4,63
3	Petralex iOS	4,20	5,00	4,67	4,67	4,63
4	Ear Machine	4,20	5,00	4,00	4,33	4,38
5	Pedius Android	4,60	4,75	4,00	4,17	4,38
6	uSound	3,60	5,00	4,67	4,00	4,32
7	Asistente de Sordos y Mudos	3,80	5,00	3,00	5,00	4,20
8	Ava	3,60	4,75	4,00	3,83	4,05
9	Roger Voice Android	3,60	4,75	4,00	3,83	4,05
10	Roger Voice iOS	3,60	4,75	4,00	3,83	4,05
11	Signed Stories	3,60	4,75	4,00	3,83	4,05
12	Sordo Ayuda	4,40	5,00	3,00	5,00	4,00
13	Mobile Sign 2	3,40	4,75	4,00	3,67	3,95
14	Kindoma Storytime	3,60	4,25	4,00	3,83	3,92
15	Pedius iOS	3,40	4,00	3,67	3,33	3,60
16	Spreadthesign - Dictionary	3,00	3,75	3,67	3,67	3,52
17	Baby Sign and Sign and Learn	3,00	4,00	3,00	3,00	3,25
18	Baby Sign Language Dictionary	3,00	4,00	3,00	3,00	3,25
19	Series 1 iOS	3,00	4,00	3,00	3,00	3,25
20	SpeakLiz	3,20	3,75	3,00	3,00	3,24
21	Quiver	1,60	2,75	2,67	2,17	2,30
22	Series 1 Android	1,60	1,00	2,67	1,83	1,78
	PROMEDIO	**3,51**	**4,32**	**3,67**	**3,64**	**3,79**

3.1.2 Discusión

Se realizó un promedio de las categorías y subcategorías de MARS, cómo se puede ver en la Tabla 3.2 y en el Anexo 6.4, el cual detalla de manera general las características encontradas en las aplicaciones evaluadas:

- ❒ Funcionalidad, obtuvo el valor promedio más alto con 4,32, debido a la navegación (4,41), diseño gestual (4,36), facilidad de uso (4,36) y rendimiento (4,14) de las aplicaciones. Las aplicaciones fueron fáciles de usar ya que poseían un diseño intuitivo y consistente con problemas menores. La navegación entre pantallas era lógica y la precisión y la rapidez de las funciones, botones o menús fueron adecuadas.

- ❒ Información, obtuvo un valor promedio de 3,74. La cantidad de información (4,14) fue la adecuada, la descripción de las aplicaciones fue exacta (4,05) y la información visual (3,91) a través de gráficos o imágenes fue lógica o correcta.

- ❒ Estética, obtuvo un valor promedio de 3,67. Los gráficos (3,82) como el tamaño de los botones, íconos y contenido era apropiado y su calidad no se veía afectada si el usuario realizaba un acercamiento a la pantalla (zoom). El diseño y atractivo visual (3,59) de las aplicaciones evaluadas fue satisfactorio con problemas menores en el tamaño de la pantalla del dispositivo.

- ❒ Atractivo, obtuvo el valor de promedio más bajo con 3,51. La personalización de las aplicaciones es satisfactoria (3,68). Las aplicaciones son interesantes de usar para el usuario (3,59) y proporcionan indicaciones o retroalimentación (3,55). Sin embargo, las aplicaciones no fueron entretenidas para los usuarios (3,36) y pueden ser poco apropiadas para el grupo objetivo (3,36).

Un total de 12 aplicaciones (54,55 %) obtuvieron un puntaje MARS mayor a 4, lo que significa que tienen una calidad aceptable. Se recomienda el uso de estas aplicaciones por parte de terapeutas y personas con discapacidad auditiva.

3.2 PROTOTIPO DE BAJA FIDELIDAD

Los siguientes resultados se obtuvieron de las pruebas realizadas al prototipo de baja fidelidad.

3.2.1 Resultados

Navegabilidad

Esta sección contiene 3 preguntas que fueron evaluadas. Se utilizó Balsamiq Mockups para medir el tiempo de navegación de las siguientes interfaces; interfaz de aplicación, menú de aplicaciones y la interfaz de noticias y eventos. 6 usuarios evaluaron este prototipo.

En la primera pregunta se pidió a los usuarios que indiquen el grado de importancia de las características de una página web. Los resultados se muestran en la Figura 3.2.

Seleccione la calificación para cada uno de los siguientes criterios.

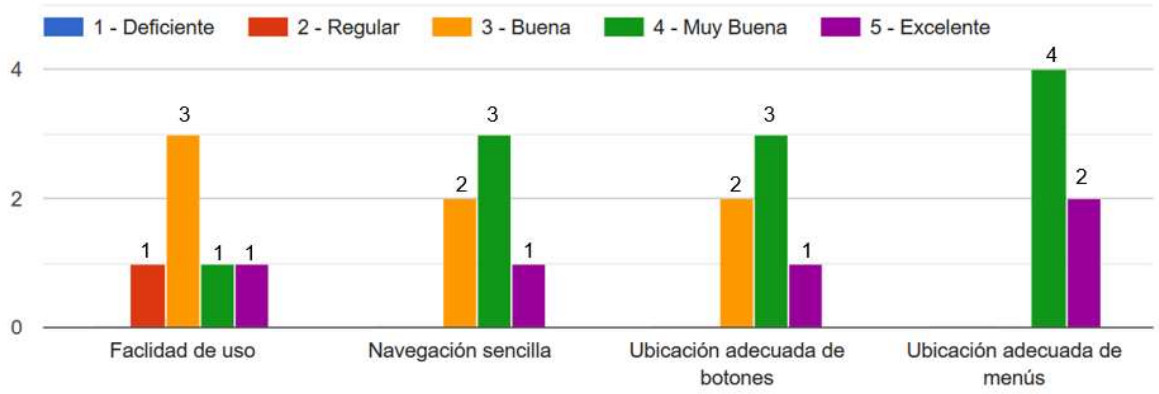


Figura 3.2: Pregunta 1. Prototipo de Baja fidelidad.

La segunda pregunta de la evaluación fue: Describa lo que más le gustó de la aplicación. A continuación se muestra las respuestas a esta pregunta:

- ❒ Las aplicaciones siempre están a la mano en el menú de la zona izquierda y cada vez que se selecciona una el contenido cambia, la aplicación es sencilla pero muy útil.
- ❒ Es fácil de utilizar y se entiende el contenido de las pantallas.
- ❒ Se puede acceder de forma rápida y sencilla a las aplicaciones.

- ❒ Es sencilla y no tiene tantos botones y no es confusa.
- ❒ Se enfoca en la necesidad de buscar aplicaciones para las personas con discapacidad auditiva.
- ❒ Sus pantallas son fáciles de usar y recordar.

La última pregunta que se realizó a los evaluadores fue de comentarios y sugerencias, éstos fueron:

- ❒ La pantalla de la aplicación tiene mucho contenido acumulado, sería bueno que se separe las secciones y tener mejor visibilidad del contenido.
- ❒ Mejorar la pantalla del detalle de la aplicación dar mas espacio para el contenido. Para las aplicaciones debería existir un botón donde se desplieguen todas aplicaciones de cada categoría.
- ❒ Se debería pensar en la idea que el inicio de sesión sea con una cuenta ya registrada y no crear una nueva para el catálogo.
- ❒ La página de noticias y eventos debería ser una lista y no dividirlas en dos secciones, con el fin de tener mas espacio para ver la información.
- ❒ Se debería pensar en la opción de borrar comentarios y mejorar el sistema de calificaciones, separando las secciones en varias zonas.
- ❒ Sería de ayuda que cada comentario, tenga la imágen y calificación que hizo cada usuario al igual que las redes sociales y blog de información.

Las evidencia de las respuestas de las evaluaciones obtenidas de Google Forms se pueden ver en el Anexo 6.3.1.2.

3.2.2 Discusión

El tiempo promedio utilizado para la navegación en todos los mockups a través de la herramienta Balsamiq Mockups fue de 8 minutos. De 6 interfaces, las de mayor interacción fueron: interfaz de aplicación, menú de aplicaciones y la interfaz de noticias y eventos.

Un 66,66 % de usuarios cree que la ubicación adecuada de menús es de importancia en una página web. En general, la aplicación atrae por su navegación sencilla, es rápida de aprender por la disposición de los menús de navegación y aplicaciones y por el aislamiento que existe entre las páginas de las aplicaciones.

Los comentarios o sugerencias recolectados fueron considerados e implementados en los posteriores prototipos.

3.3 PROTOTIPO DE MEDIA FIDELIDAD

Los siguientes resultados se obtuvieron de las pruebas realizadas al prototipo de media fidelidad. En esta evaluación, se realizaron 4 preguntas y participaron 4 evaluadores.

3.3.1 Resultados

La primera pregunta fue: Seleccione la calificación para cada uno de los siguientes criterios; navegación intuitiva, las secciones de información son claramente visibles, el menú de aplicaciones es de fácil uso, los colores utilizados son los adecuados, el tamaño de las letras es adecuado. Los resultados se encuentran en la Figura 3.3.

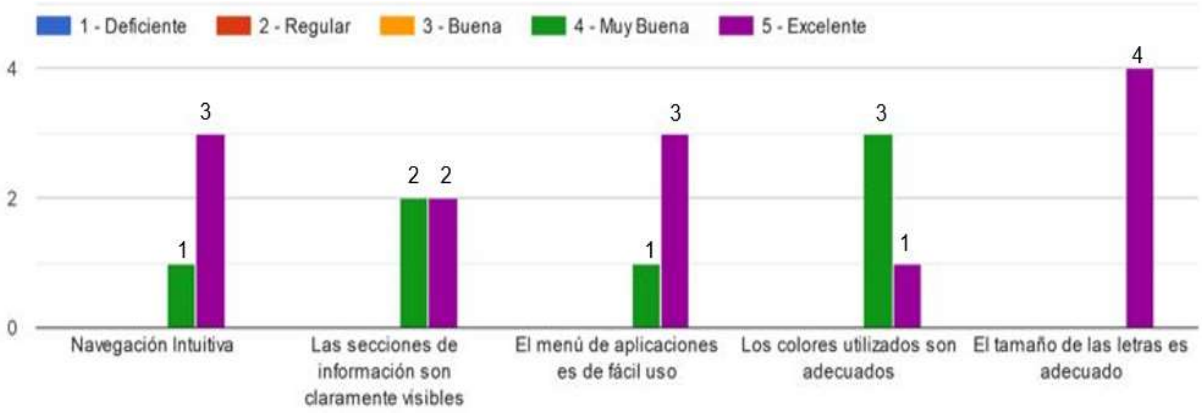


Figura 3.3: Pregunta 1. Prototipo de Media fidelidad.

La segunda pregunta fue: Seleccione la calificación para cada uno de los siguientes criterios referente al menú de aplicaciones. Los resultados se encuentran en la Figura 3.4.

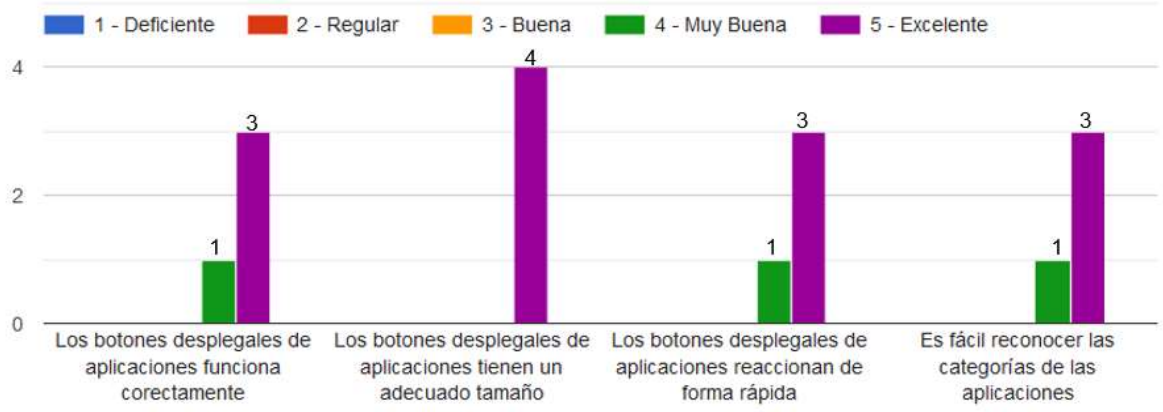


Figura 3.4: Pregunta 2. Prototipo de Media fidelidad.

La tercera pregunta fue: Seleccione la calificación para cada uno de los siguientes criterios referente a la interfaz de aplicación. Los resultados se encuentran en la Figura 3.5.

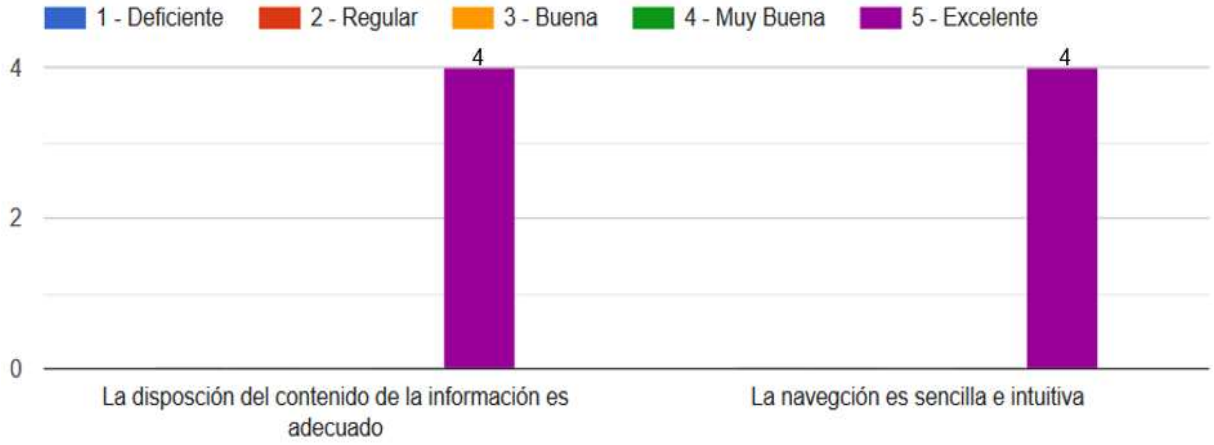


Figura 3.5: Pregunta 3. Prototipo de Media fidelidad.

La última pregunta que se realizó a los evaluadores fue de comentarios y sugerencias, éstos fueron:

- La aplicación es fácil de utilizar, el tamaño de las letras es el adecuado al igual que los colores. Se debe cambiar el fondo de pantalla por uno más serio.
- Muy buena propuesta la de iniciar sesión con cuentas existentes para no crear nuevas.
- El catálogo será de gran ayuda para las personas con discapacidad auditiva, cumple con los objetivos del proyecto y tendrá muy buena acogida.
- Se debe cambiar los colores del fondo de pantalla con el fin de lograr un contraste mas notorio para pder visualizar de mejor manera las letras del contenido.

Las evidencia de las respuestas de las evaluaciones obtenidas de Google Forms se pueden ver en el Anexo 6.3.2.2.

3.3.2 Discusión

Para la primera pregunta, el 100 % de los evaluadores calificó como Excelente el tamaño de las letras. El 75 % de los evaluadores calificó como Excelente la navegación intuitiva y el fácil uso del menú de aplicaciones. El 75 % calificó de Muy buena los colores utilizados y un 50 % calificó como Muy buena la visibilidad de las secciones de información.

Para la segunda pregunta, el 100 % de los evaluadores calificó como Excelente los botones desplegables de aplicaciones tienen un tamaño adecuado. El 25 % de los evaluadores calificó como Muy buena el correcto funcionamiento, la rápida reacción de los botones desplegables y el fácil reconocimiento de las categorías de las aplicaciones.

Para la tercera pregunta, el 100 % de los evaluadores calificó la disposición del contenido de la información y la navegación sencila e intuitiva como Excelente.

Los comentarios y sugerencias fueron considerados e implementados en el prototipo de alta fidelidad.

3.4 PROTOTIPO DE ALTA FIDELIDAD

Los siguientes resultados se obtuvieron de las pruebas realizadas al prototipo de alta fidelidad. En esta evaluación participaron 8 evaluadores, de los cuales 2 son terapeutas, 1 es intérprete, 1 es desarrollador de software y 4 son usuarios finales. El formulario de Google Forms constó de 5 secciones; Disposición de contenido, estilos de la aplicación, funcionalidad, accesibilidad y retroalimentación.

3.4.1 Resultados

Disposición de contenido

La primera pregunta fue ¿La ubicación de los menus de navegacion y de las aplicaciones son fáciles de distinguir y observar? Los resultados se muestran en la Figura 3.6.

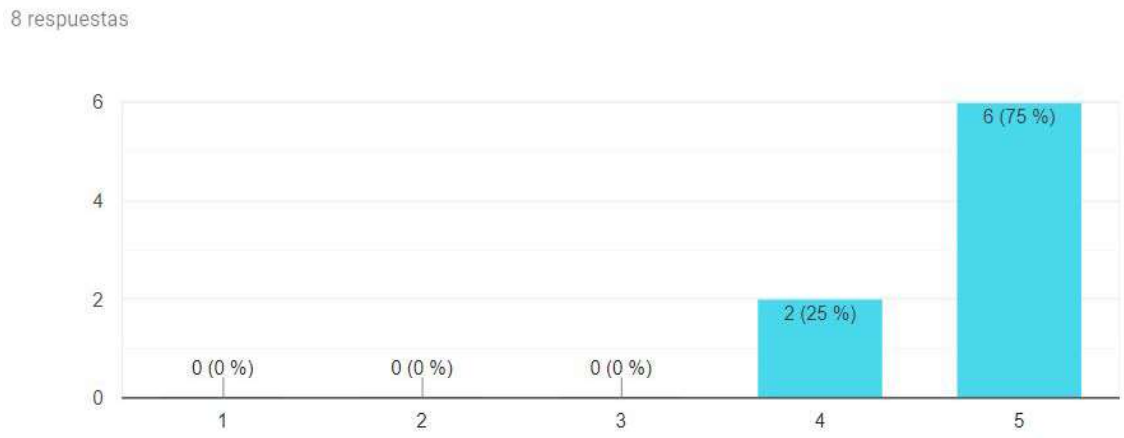


Figura 3.6: Pregunta 1. Prototipo de Alta fidelidad.

La segunda pregunta fue ¿La ubicación de la información del catálogo y de las aplicaciones son fáciles de distinguir y observar? Los resultados se muestran en la Figura 3.7.

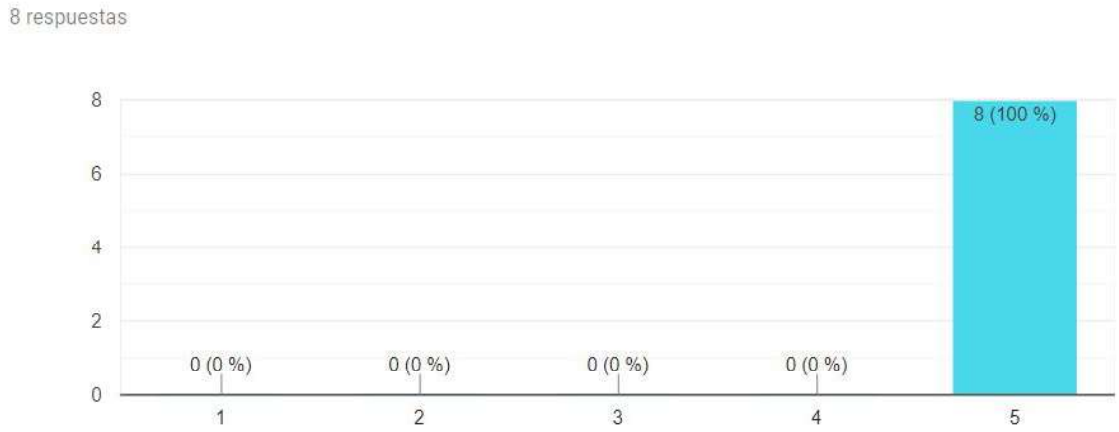


Figura 3.7: Pregunta 2. Prototipo de Alta fidelidad.

Estilos de la aplicación

La primera pregunta fue ¿Los colores de los fondos e imágenes permiten una clara visión de la información del contenido? Los resultados se muestran en la Figura 3.8.

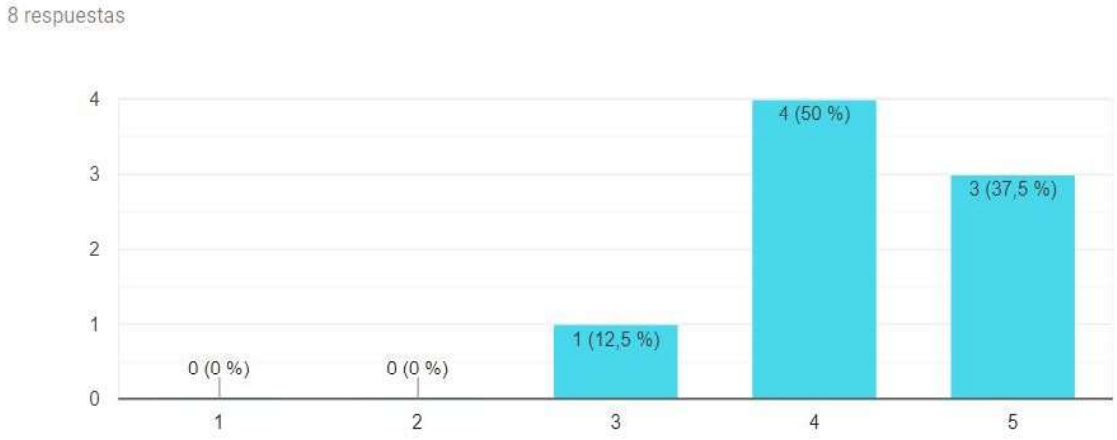


Figura 3.8: Pregunta 1. Prototipo de Alta fidelidad.

La segunda pregunta fue: ¿El tipo de letra permite una fácil distinción y lectura? Los resultados se muestran en la Figura 3.9.

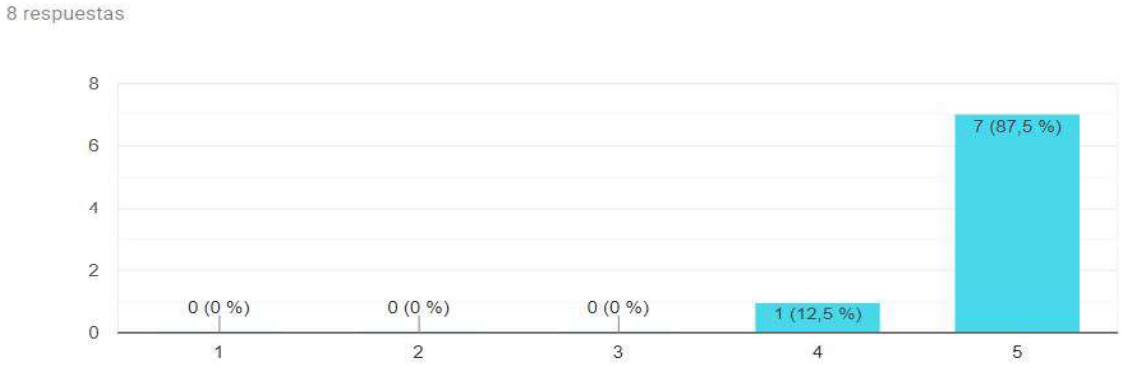


Figura 3.9: Pregunta 2. Prototipo de Alta fidelidad.

Funcionalidad

Ambas preguntas fueron cerradas (Sí/No).

La primera pregunta fue ¿El módulo de iniciar sesión y crear cuenta funciona correctamente? El 100 % de los evaluadores respondió afirmativamente.

La segunda pregunta fue ¿El módulo de Noticias y Eventos funciona correctamente? El 100 % de los evaluadores respondió afirmativamente.

Accesibilidad

La primera pregunta fue ¿El catálogo es intuitivo y rápido de aprender su uso? Los resultados se muestran en la figura 3.10.

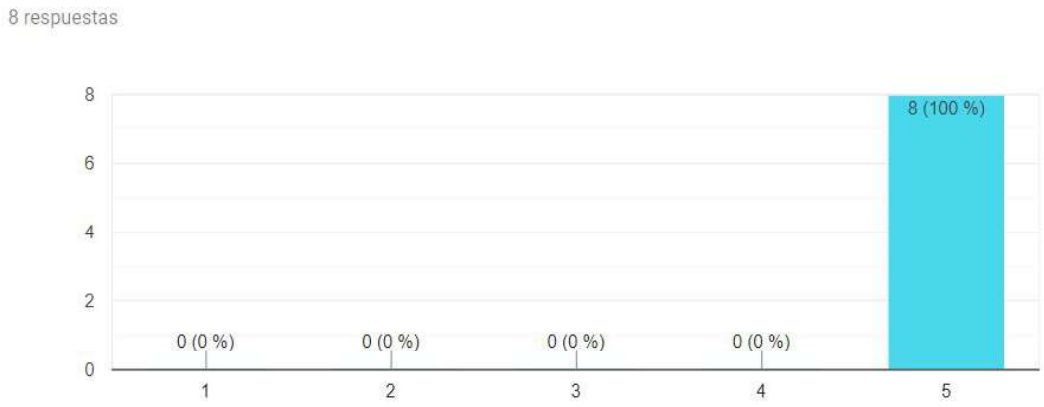


Figura 3.10: Pregunta 1. Prototipo de Alta fidelidad.

La segunda pregunta fue ¿El catálogo cuenta con las suficientes medios por el cual se puedan contactar? Los resultados se muestran en la figura 3.11.

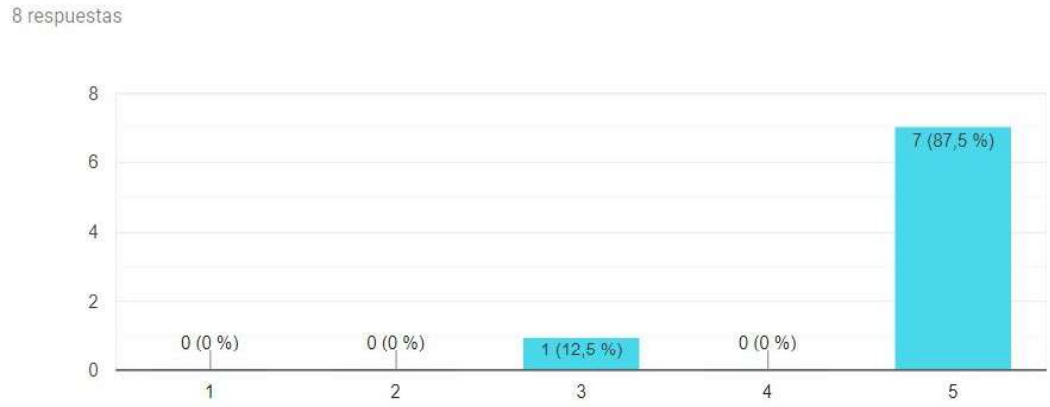


Figura 3.11: Pregunta 2. Prototipo de Alta fidelidad.

Retroalimentación

La primera pregunta fue cerrada (Si/No/Tal vez). ¿Recomendaría el uso del catálogo? El 100 % de los evaluadores contestaron afirmativamente.

La última pregunta que se realizó a los evaluadores fue de comentarios y sugerencias. Los comentarios y sugerencias que inician con el nombre del avaluador, pertencen a los usuarios finales, y se encuentran listados a continuación:

- ❒ Me parece una aplicación muy útil para las personas con deficiencia auditiva; las aplicaciones destinadas a los niños motivarán su interés por aprender diferentes cosas con mayor entusiasmo y facilidad. Pienso que en general la realización de este proyecto ha tenido la preocupación de hacerlo con la mayor facilidad de entendimiento

para los usuarios sordos; desde mi punto de vista por mejorar estaría solamente cambiar el tipo de letra del título del catálogo. Muchas felicitaciones al autor de este trabajo que demuestra esfuerzo y eficiencia. !Siga adelante!

- ❒ Analizar color y estilo de la letra que se presenta en la portada de inicio.
- ❒ Muy buena opción para personas con capacidad auditiva, poner un fondo negro o azulado oscuro la fuente más ancha .
- ❒ Poner Designed and Developed by John Arias, en español.
- ❒ Javier: el catálogo es fácil de utilizar y muestra la información de forma sencilla. Para mejoras en el futuro, se debería pensar en la combinación de los colores con los fondos de pantalla.
- ❒ Nancy: los colores oscuros no dejan ver bien las letras en algunas páginas. Los mensajes de las alertas deberían contener imágenes descriptivas y no texto tan largo de leer. El catálogo no presentó ninguna falla y será de gran ayuda para las personas con discapacidad auditiva.
- ❒ Jairo: los menús deberían desplegarse automáticamente para tener un rápido acceso.
- ❒ Jimmy Heredia: se podría aumentar un poco el tamaño de la letra, de ahi el resto de cosas son accesibles para cualquier usuario.

Las evidencia de las respuestas de las evaluaciones obtenidas de Google Forms se pueden ver en el Anexo 6.3.3.2.

Además, se realizaron pruebas de funcionalidad, accesibilidad y usabilidad con herramientas de software para cada categoría. Dichas herramientas de software fueron seleccionadas de una lista propuesta en la publicación "Software Verification and Validation Technologies and Tools"[77].

Funcionalidad

La herramienta que se utilizó fue Katalon Recorder, es una extensión para el navegador Google Crhome para capturar acciones y eventos de una aplicación Web, pertenece al grupo Katalon Studio [78].

Las pruebas se agruparon en suits por módulos que contiene casos de prueba. Cada caso de prueba se ejecutó 10 veces y sus resultados se presentan a continuación:

Navegación

Comprende las pruebas de la funcionalidad de toda la navegación del catálogo. Los resultados se muestran en la figura 3.12.

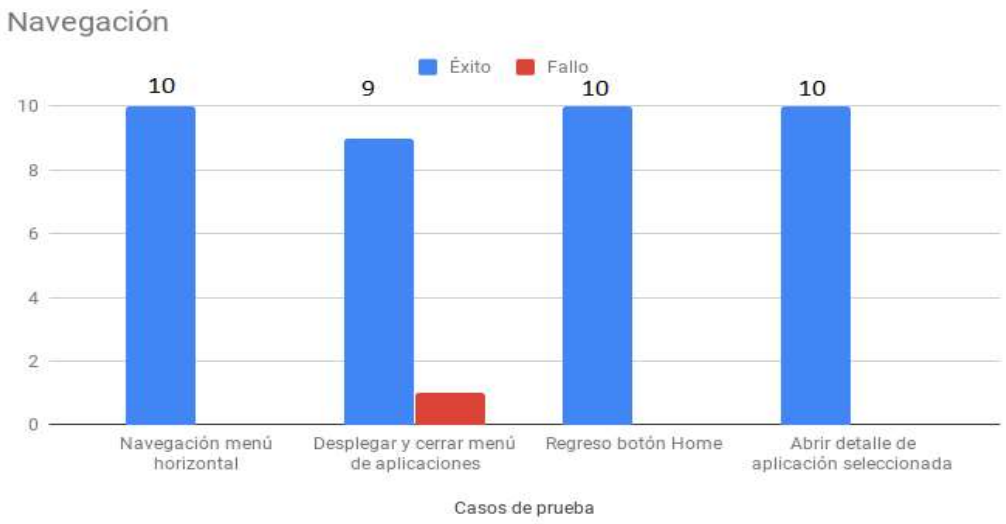


Figura 3.12: Test suit Navegación.

Login

Comprende las pruebas de la funcionalidad de crear una cuenta, abrir y cerrar sesión. Los resultados se muestran en la figura 3.13.

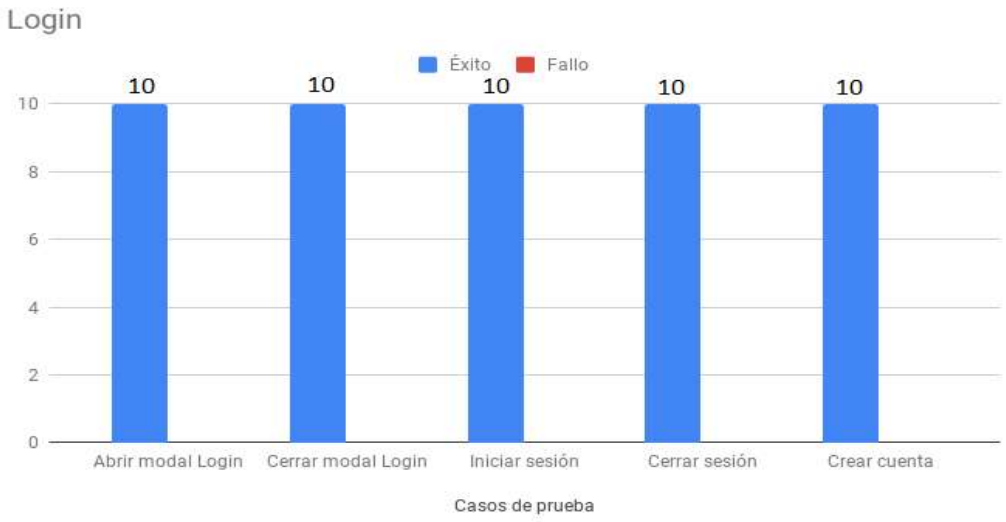


Figura 3.13: Test suit Login.

Noticias y eventos

Comprende las pruebas de la funcionalidad de la sección de noticias y eventos. Los resultados se muestran en la figura 3.14.

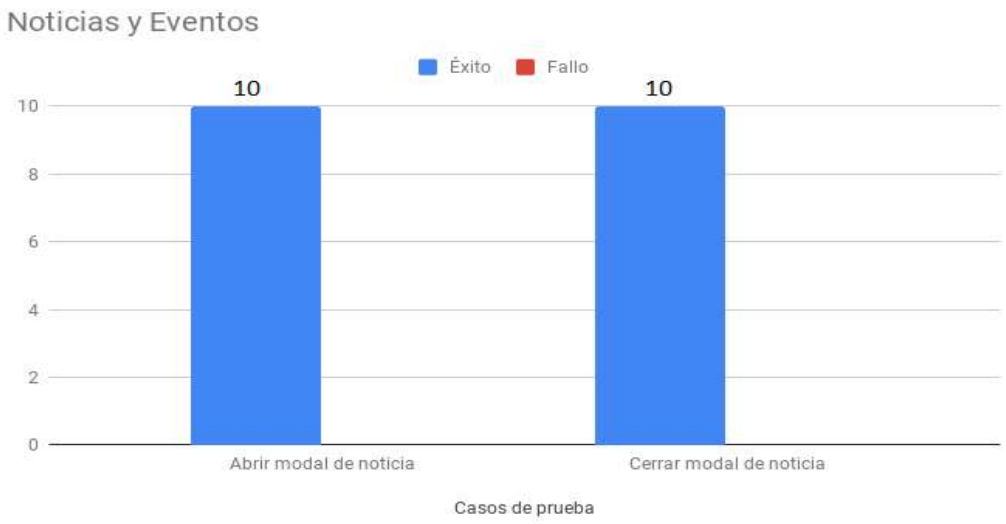


Figura 3.14: Test suit Noticias y Eventos.

Aplicación

Comprende las pruebas de la funcionalidad de la sección del detalle de la aplicación seleccionada. Los resultados se muestran en la figura 3.15.

Figura 3.15: Test suit Aplicación.

Administrador

Comprende las pruebas de la funcionalidad de las acciones con el rol de administrador. Los resultados se muestran en la figura 3.16. Las evidencia de las respuestas de los scritps de los casos de prueba se pueden ver en el Anexo 6.3.3.3.

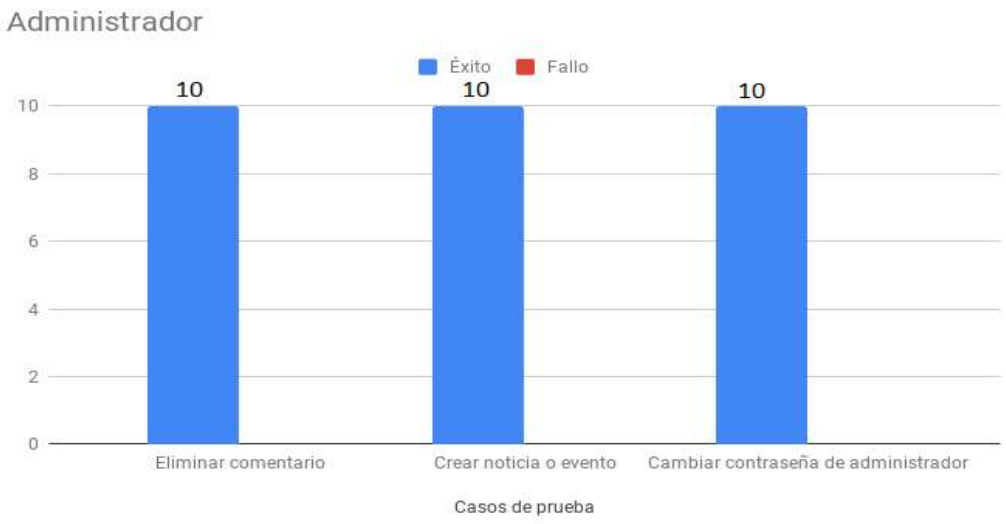


Figura 3.16: Test suit Administrador.

Usabilidad

La herramienta que se utilizó fue Website Grader, que es una herramienta automática on-line para analizar la usabilidad de sitios web [79]. Los resultados generales se muestran en la figura 3.17 y en la figura 3.18.

Las evidencia del análisis de la herramienta se pueden ver en el Anexo 6.3.3.4.

Accesibilidad

La herramienta que se utilizó fue TAW, que es una herramienta automática on-line para analizar la accesibilidad de sitios web. Fue creada teniendo como referencia técnica las pautas de accesibilidad al contenido web (WCAG 2.0) del W3C [80].

Los resultados generales se muestran en la figura 3.19 y en la figura 3.20.

Las evidencia del análisis de la herramienta se pueden ver en el Anexo 6.3.3.5.

Figura 3.17: Resultados herramienta Website Grader.

Figura 3.18: Resultados herramienta Website Grader.

3.4.2 Discusión

Disposición de contenido

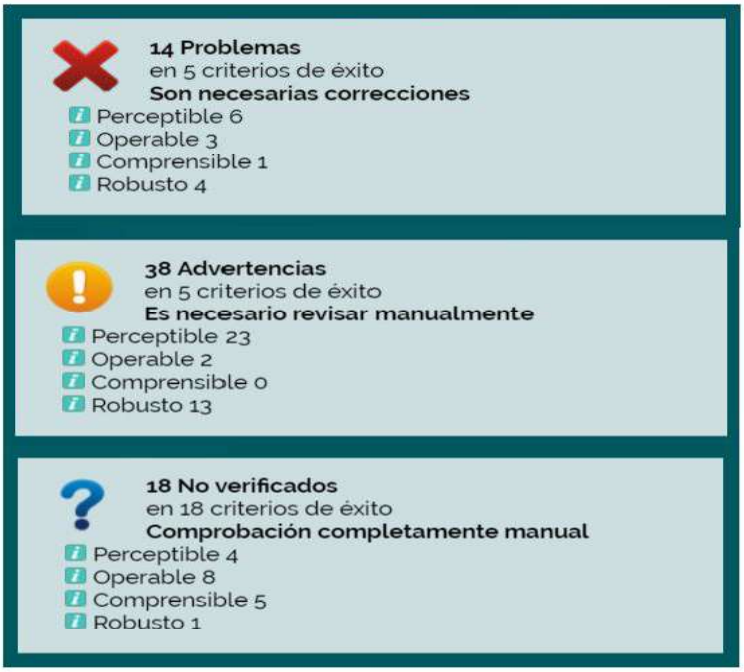
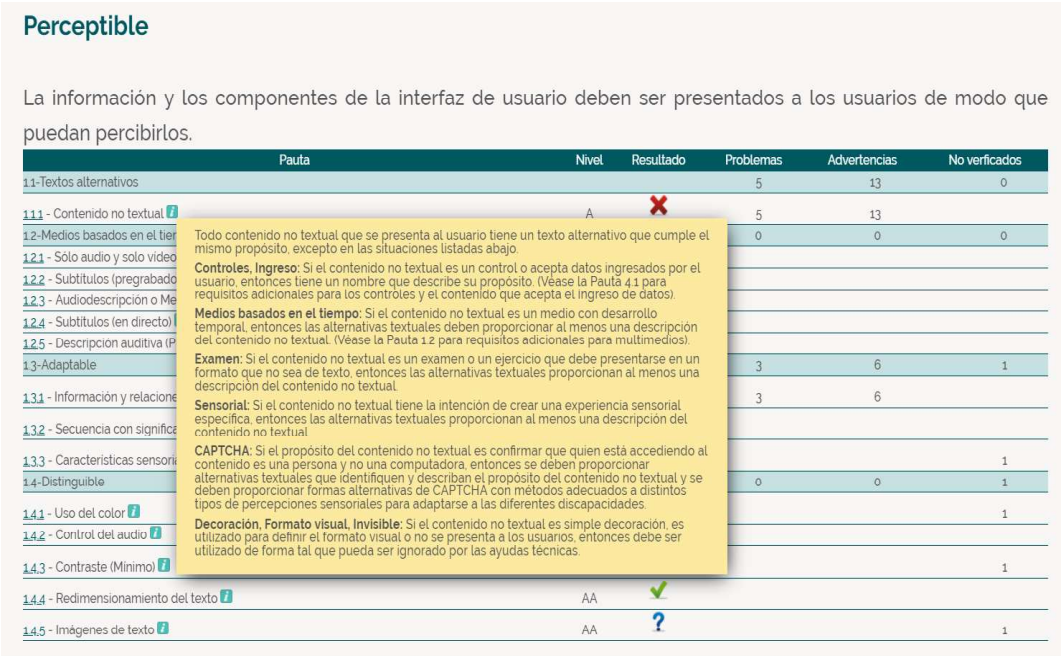


Figura 3.19: Resultados herramienta TAW.



Perceptible

La información y los componentes de la interfaz de usuario deben ser presentados a los usuarios de modo que puedan percibirlos.

Pauta	Nivel	Resultado	Problemas	Advertencias	No verificados
1.1-Textos alternativos			5	13	0
1.1.1 - Contenido no textual	A	✗	5	13	
1.2-Medios basados en el tier			0	0	0
1.2.1 - Sólo audio y solo video					
1.2.2 - Subtítulos (pregrabado					
1.2.3 - Audiodescripción o Me					
1.2.4 - Subtítulos (en directo)					
1.2.5 - Descripcion auditiva (P					
1.3-Adaptable			3	6	1
1.3.1 - Información y relacione			3	6	
1.3.2 - Secuencia con significa					
1.3.3 - Caracteristicas sensori					1
1.4-Distinguible			0	0	1
1.4.1 - Uso del color					1
1.4.2 - Control del audio					
1.4.3 - Contraste (Minimo)					1
1.4.4 - Redimensionamiento del texto	AA	✓			
1.4.5 - Imágenes de texto	AA	?			1

Todo contenido no textual que se presenta al usuario tiene un texto alternativo que cumple el mismo propósito, excepto en las situaciones listadas abajo.

Controles, Ingreso: Si el contenido no textual es un control o acepta datos ingresados por el usuario, entonces tiene un nombre que describe su propósito. (Véase la Pauta 4.1 para requisitos adicionales para los controles y el contenido que acepta el ingreso de datos).

Medios basados en el tiempo: Si el contenido no textual es un medio con desarrollo temporal, entonces las alternativas textuales deben proporcionar al menos una descripción del contenido no textual. (Véase la Pauta 1.2 para requisitos adicionales para multimedios).

Examen: Si el contenido no textual es un examen o un ejercicio que debe presentarse en un formato que no sea de texto, entonces las alternativas textuales proporcionan al menos una descripción del contenido no textual.

Sensorial: Si el contenido no textual tiene la intención de crear una experiencia sensorial específica, entonces las alternativas textuales proporcionan al menos una descripción del contenido no textual.

CAPTCHA: Si el propósito del contenido no textual es confirmar que quien está accediendo al contenido es una persona y no una computadora, entonces se deben proporcionar alternativas textuales que identifiquen y describan el propósito del contenido no textual y se deben proporcionar formas alternativas de CAPTCHA con métodos adecuados a distintos tipos de percepciones sensoriales para adaptarse a las diferentes discapacidades.

Decoración, Formato visual, Invisible: Si el contenido no textual es simple decoración, es utilizado para definir el formato visual o no se presenta a los usuarios, entonces debe ser utilizado de forma tal que pueda ser ignorado por las ayudas técnicas.

Figura 3.20: Resultados herramienta TAW.

El 75 % de evaluadores calificó como Excelente la ubicación de los menús de navegación y aplicaciones, porque son fáciles de distinguir y observar. Para la ubicación de la información del catálogo y de las aplicaciones, el 100 % de los evaluadores cree que es Excelente y son fáciles de distinguir y observar.

Estilos de la aplicación

Solo el 50 % de los evaluadores cree que los colores de fondos e imágenes permiten una clara visión de la información del contenido. Además, el 87.5 % de los evaluadores cree que el tipo de letra permite una fácil lectura del contenido del catálogo.

Funcionalidad

El módulo de iniciar sesión con una cuenta de Google y el módulo de Noticias y Eventos funcionan correctamente.

Accesibilidad

El catálogo es intuitivo y rápido de aprender según el 100 % de los evaluadores. Solo el 75 % de los evaluadores cree que el catálogo cuenta con los suficientes medios para contactar al desarrollador para brindar soporte técnico.

Tipo de categorización

Para realizar un diagnóstico, existen cuatro niveles que describen el grado de pérdida auditiva de una persona [15]:

- ❒ Pérdida de audición leve.
- ❒ Pérdida auditiva moderada.
- ❒ Pérdida auditiva severa.
- ❒ Pérdida auditiva profunda.

En base a los resultados de la evaluación y a los comentarios de los terapeutas e intérpretes, en Ecuador se aplican estos 4 niveles únicamente en exámenes de diagnóstico. Para clasificar el nivel de pérdida auditiva para personas con esta discapacidad, se utilizan 2 categorías que abarcan a las demás que son: parcial y total.

La pérdida total corresponde a la pérdida auditiva profunda y las demás corresponden a la pérdida parcial. Por la razón de utilizar estas dos categorías, el catálogo no contiene un filtro o menú para seleccionar la categoría de pérdida auditiva y se optó por colocar como parte de la descripción de la aplicación a que categoría pertenece. De esta manera se consigió una interfaz más sencilla y fácil de usar.

Pruebas de Funcionalidad

Por medio de la herramienta Katalon Recorder, se logró crear casos de prueba para todos los módulos del catálogo. Se optó por elegir 10 ejecusiones de los casos de prueba por que las principales funciones pueden recibir hasta 2 tipos de datos diferentes y para lograr un promedio de calificación se repiten 5 veces la prueba por tipo de dato.

Las pruebas fueron exitosas para todos los módulos excepto el módulo de navegación que presentó un error al desplegar el menú de aplicaciones, debido al uso de estilos CSS personalizados en el componente acordeón de React.

Pruebas de Usabilidad

Por medio de la herramienta Website Grader, se logró probar las categorías de rendimiento, móvil, SEO (Search Engine Optimization), seguridad y estilos de navegación web.

El valor para rendimiento es de 27/30, lo que confirma el correcto uso e implementación de la arquitectura por componentes de React.

En la categoría de seguridad se obtuvo un valor de 10/10, debido a que el manejo de la información se lo realiza en la capa de Redux la misma que no esta expuesta directamente a los componentes React y el módulo de seguridad de sesión la maneja Google.

La calificación de SEO es de 20/30, debido a que la aplicación no cuenta con un dominio propio y etiqueta html para la búsqueda rápida por los motores de búsqueda. La solución es publicar al catálogo con un dominio privado y colocar su dirección en la etiqueta html para búsquedas en el catálogo.

Pruebas de Accesibilidad

Los resultados obtenidos por la harramienta TAW, reflejan problemas y advertencias en los apartados de perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez. Estos errores y advertencias son causados por la falta de una etiqueta que identifique a cada imagen que forma parte del catálogo, así como también, la falta de navegación por medio del teclado atravez de los componentes que forma parte de la navegación y etiquetas de texto de apoyo e información.

Estos resultados reflejan problemas de accesibilidad que debería ser tomados en cuenta si el catálogo está dirigido a personas con discapacidad visual [9]. No se presentaron errores y conflictos de accesibilidad para personas con discapacidad auditiva porque el catálogo no

cuenta con algún tipo de señal sonora y la ubicación de los componentes de información son fácilmente visualizados por el usuario.

Experiencia de usuario

En base a los resultados y comentarios de los evaluadores:

Los terapeutas ven al catálogo como una herramienta para contribuir a la educación y formación de estudiantes con discapacidad auditiva. Los intérpretes lo ven como un lugar donde pueden recomendar aplicaciones para que las personas puedan apoyar su comunicación por medio del uso de smartphones.

La percepción de los usuarios finales cambia ligeramente, pues para ellos su experiencia al usar el catálogo fue similar al uso de las tiendas de Apps de Android e iOS.

Figura 3.21: Terapeuta evaluando el catálogo.

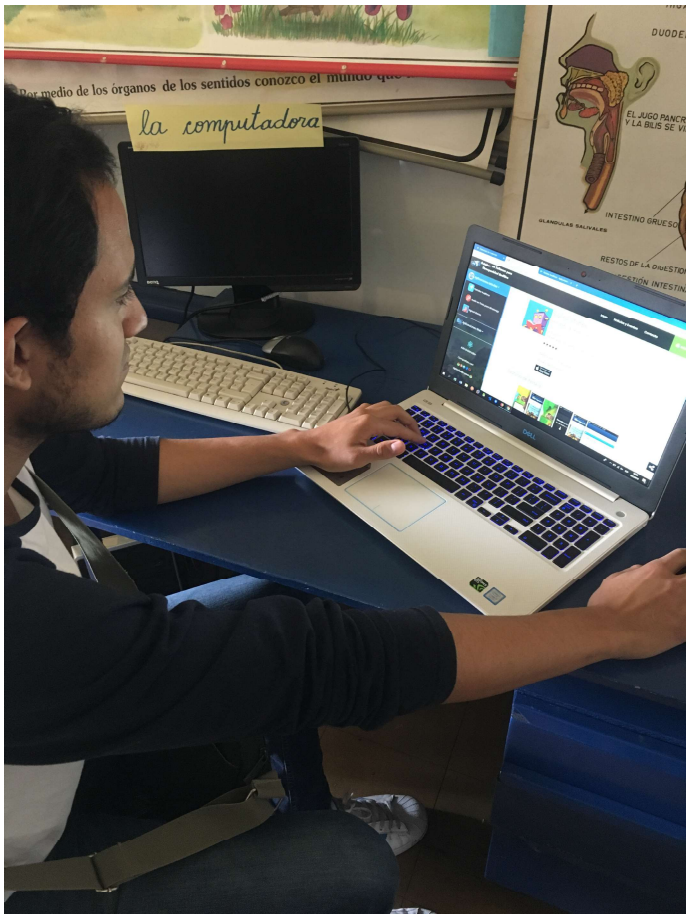


Figura 3.22: Intérprete evaluando el catálogo.

4 CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIONES

La investigación preliminar demostró la ausencia de sitios web y catálogos enfocados para personas con discapacidad auditiva, así como la falta de aplicaciones para esta discapacidad. Para solventar esta ausencia, se implementó un catálogo digital de software para personas con discapacidad auditiva a través de Prototipado, criterios de Experiencia de Usuario y de las herramientas de diseño y de programación.

La funcionalidad de las aplicaciones web y móviles fue investigada y evaluada a través de la herramienta MARS. La evaluación de 22 aplicaciones mostró que un total de 12 aplicaciones tienen calidad aceptable al obtener un puntaje MARS mayor a 4. Las mejores aplicaciones evaluadas fueron Uhear (4,67) disponible en la App Store de Ecuador y Petralex (4,63), disponible en la App Store y en Google Play Store. Las aplicaciones están funcionando y se encuentran disponibles para el usuario en el catálogo digital para el uso por parte de terapeutas y personas con discapacidad auditiva.

En este trabajo, se diseñaron tres prototipos (de baja, media y alta fidelidad) para el catálogo digital de software en base a los requerimientos de las personas con discapacidad auditiva. Mediante las reuniones que se mantuvieron en la FENASEC para las pruebas de los prototipos, se comprendió de mejor manera las necesidades de los terapeutas y personas con discapacidad auditiva para el desarrollo del proyecto. Los requerimientos sirvieron de base para diseñar la arquitectura del catálogo.

Al incorporar a los terapeutas y a las personas con discapacidad auditiva en el desarrollo del catálogo se tiene como resultado un producto de software relacionado con las necesidades del usuario final. Al evaluar el catálogo y las aplicaciones en el área de Calidad de Software, el producto final es funcional, usable y accesible.

La elaboración del prototipo de baja fidelidad permitió implementar ideas recogidas de los sitios web y catálogos como resultado de la investigación preliminar. Además, permitió recolectar sugerencias que mejoraron los posteriores prototipos.

La elaboración de los prototipos de media y alta fidelidad permitieron obtener una retroalimentación sobre secciones de la aplicación que debían mejorarse. Además, estos prototipos permitieron mejorar la colaboración de los terapeutas al ver en el catálogo una herramienta que les facilite la enseñanza para personas con discapacidad auditiva.

La puntuación y los comentarios de las aplicaciones en el catálogo desarrollado permiten al usuario compartir experiencias, comentarios, mejorar la información colocada en cada una y en el catálogo. Además, los comentarios sobre el uso de las aplicaciones permiten una mayor difusión de las aplicaciones. Para fomentar el uso del catálogo por parte de los terapeutas y de la comunidad en general, es necesario dar un mantenimiento al sitio, revisando la disponibilidad y el contenido de las aplicaciones previamente cargadas.

El catálogo digital para personas con discapacidad auditiva, es el primero en implementarse a nivel nacional y será el primer referente para fututos proyectos.

4.2 RECOMENDACIONES

El catalógo digital para personas con discapacidad auditiva desarrollado en el presente trabajo, junto con los catálogos digitales de software para personas con discapacidad intelectual y personas con dispacidad visual realizados por la Facultad de Ingeniería de Sistemas deben ser publicados y socializados a través del sitio web de la Escuela Politécnica Nacional.

Es necesaria la capacitación de intérpretes y terapeutas en TIC, ya que necesitan comprender las necesidades de las personas con discapacidad auditiva para poder diseñar nuevos métodos de enseñanza inclusiva.

La lista de aplicaciones evaluadas y cargadas en el catálogo del presente trabajo puede ser utilizada en escuelas, colegios u otras instituciones que trabajan con personas con discapacidad auditiva para validar la efectividad de las aplicaciones como complemento en la educación.

Las aplicaciones de escritorio, web y móviles deben ser desarrolladas en base a las necesidades de las personas con discapacidad auditiva. La personalización de las aplicaciones permite una mejor adaptación al ambiente educativo, por lo que puede facilitar el aprendizaje de las personas con discapacidad auditiva y la enseñanza por parte de los terapeutas e intérpretes.

A partir de este trabajo, se puede desarrollar la aplicación móvil multiplataforma del catlálogo digital. Con el fin de reutilizar gran parte de la arquitectura del sitema y codificación, se puede utilizar la misma librería de React en su versión para aplicaciones móviles híbridas React-Native.

Finalmente, los terapeutas y padres de familia pueden acudir a la Facultad de Ingeniería de Sistemas para trabajar junto con los desarrolladores en aplicaciones que permitan mejorar el aprendizaje y la comunicación de personas con discapacidad auditiva.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Lozano, *Beneficios del uso de la tecnología en la educación*, es-ES, Edukative, ene. de 2016. dirección: https://edukative.es/beneficios-del-uso-de-la-tecnologia-en-la-educacion/ (visitado 26-09-2018).

[2] W. L. Research, *People remember 10 %, 20 %... Oh Really?*, Informative, 2006. dirección: https://www.worklearning.com/2006/05/01/people_remember/ (visitado 26-09-2018).

[3] L. Packer, *How hearing loss affects school performance*, en-US, sep. de 2018. dirección: https://www.healthyhearing.com/report/52433-How-hearing-loss-affects-school-performance (visitado 26-09-2018).

[4] CONADIS, *Estadísticas de Discapacidad*, 2018. dirección: https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/ (visitado 26-09-2018).

[5] C. DIS, *Normas Jurídicas en Discapacidad - Ecuador*. 2014.

[6] P. Cañar, *Registro Oficial No. 796 - Registro Oficial del Ecuador*, es-es, sep. de 2012. dirección: https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/5375-suplemento-al-registro-oficial-no-796.html (visitado 26-09-2018).

[7] M. Oreggia, «Development Of A Blended Learning Environment And A Preliminary Performance Evaluation», en, *EDULEARN16 Proceedings*, págs. 1579-1585, 2016, ISSN: 2340-1117. dirección: https://library.iated.org/view/OREGGIA2016DEV (visitado 26-09-2018).

[8] V. Almendariz, «Catálogo Digital de Software Para Personas Con Discapacidad Intelectual», es, Tesis doct., dic. de 2017. dirección: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18990/1/CD-8387.pdf.

[9] R. Muñoz, «Desarrollo De Un Catálogo Digital De Software Para Personas Con Discapacidad Visual Utilizando Prototipado Y User Experience», es, Tesis doct., ene. de 2019. dirección: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20014/1/CD-9363.pdf.

[10] P. Peñafiel, «Desarrollo de un catálogo digital de software enfocado a discapacidad motora, utilizando prototipado y User Experience (UX)», Tesis doct., mayo de 2019. dirección: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20204.

[11] Quora, *What is the difference between deaf and mute?*, abr. de 2018. dirección: https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-deaf-and-mute (visitado 27-09-2018).

[12] H. I. Association, *Types of Hearing Loss | Types of Hearing Impairment*, 2018. dirección: http://www.betterhearing.org/hearingpedia/types-hearing-loss (visitado 26-09-2018).

[13] Hear-it.org, *What is hearing loss? Symptoms and treatment of hearing loss - hear-it.org*, 2018. dirección: https://www.hear-it.org/hearing-loss (visitado 26-09-2018).

[14] T. Rojo, *Partes del oído*, es-ES, 2018. dirección: https://triciclorojo.com/partes-del-odio/ (visitado 27-09-2018).

[15] Audiology, *The Four Levels of Hearing Loss - Where Do You Fit? | Hearing Loss*, en, 2018. dirección: https://naroaudiology.com/blog/the-four-levels-of-hearing-loss-where-do-you-fit (visitado 27-09-2018).

[16] IrishHealth.com, *DeafHear*, 2018. dirección: https://www.deafhear.ie/DeafHear/levelsOfHearingLoss.html (visitado 27-09-2018).

[17] J. Washington, *Scholarships & Resources for Deaf and Hard of Hearing Students*, en-US, 2018. dirección: https://www.accreditedschoolsonline.org/resources/deaf-and-hard-of-hearing-students/ (visitado 27-09-2018).

[18] W. Shiel, *Definition of Sign language*, en, Medical Definition of Sign language, dic. de 2018. dirección: https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=39158 (visitado 27-09-2018).

[19] Deaf-Edge.com, *Who Invented Sign Language?*, 2006. dirección: http://www.deafedge.com/who-invented-sign-language.html (visitado 27-09-2018).

[20] D. Bauman, *History of sign language*, en, Page Version ID: 857292419, 2008. dirección: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_sign_language&oldid=857292419 (visitado 27-09-2018).

[21] J. Bonet, *Reducción de las letras y arte para enseñar a hablar a los mudos / por Juan Pablo Bonet Barletserbant | Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes*, 2018. dirección: http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/reduccion-de-las-letras-y-arte-para-ensenar-a-hablar-a-los-mudos--0/html/ (visitado 27-09-2018).

[22] A. Gascón Ricao, *Juan de Pablo Bonet*, es, Page Version ID: 109669229, ago. de 2018. dirección: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Juan_de_Pablo_Bonet&oldid=109669229 (visitado 27-09-2018).

[23] M. González, *Dicho de otra forma: La lengua de signos universal no existe: El sistema internacional de signos*, feb. de 2013. dirección: http://dichodeotraforma.blogspot.com/2013/02/sistema-internacional-de-signos.html (visitado 27-09-2018).

[24] LSE, *Sistema de Signos Internacional*, es-ES, ene. de 2015. dirección: http://lsefacil.es/el-sistema-de-signos-internacional/ (visitado 27-09-2018).

[25] C. Sorda, *Ecuador, atlas sordo – Cultura Sorda*, es-ES, 2006. dirección: http://www.cultura-sorda.org/ecuador-atlas-sordo/ (visitado 27-09-2018).

[26] LSEC, *Lenguaje de Señas – Guía Básica*, 2012. dirección: http://www.sordosecuador.com/p/lenguaje-de-senas-guia-basica.html (visitado 27-09-2018).

[27] G. Roman, *Diccionario Gabriel Roman*, es-ES, 2018. dirección: http://plataformaconadis.gob.ec/diccionario/ (visitado 27-09-2018).

[28] P. Montuschi, A. Sanna, F. Lamberti y G. Paravati, *Interacción entre Humanos y Computadoras: Tendencias Actuales y Futuras*, en-US. dirección: https://www.computer.org/publications/tech-news/computing-now/human-computer-interaction-present-and-future-trends-spanish-version (visitado 28-07-2019).

[29] J. Carroll, *Human Computer Interaction*, en. dirección: https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/human-computer-interaction-brief-intro (visitado 28-07-2019).

[30] *National Deaf Children's Society*, en. dirección: http://www.ndcs.org.uk/ (visitado 28-07-2019).

[31] H. Link, *Useful Apps For Hearing Loss*, en-GB. dirección: https://www.hearinglink.org/living/loops-equipment/useful-apps-for-hearing-loss/ (visitado 28-07-2019).

[32] Dublin, *Deaf – Hard of Hearing Technologies*, abr. de 2019. dirección: https://www.tcd.ie/disability/services/assistive-tech/Loop.php (visitado 28-07-2019).

[33] W. C. for Deaf People, *Sign Language Wales App*, en-US. dirección: http://www.wcdeaf.org.uk/wbs-app/ (visitado 28-07-2019).

[34] J. López, *Las Apps móviles y su relevancia en el día a día de las personas con discapacidad*, nov. de 2019. dirección: http://roismedical.com/las-apps-moviles-y-su-relevancia-en-el-dia-a-dia-de-las-personas-con-discapacidad/ (visitado 28-07-2019).

[35] A. es Digital, *20 Aplicaciones de apoyo para personas con discapacidad*, es, abr. de 2019. dirección: https://www.blog.andaluciaesdigital.es/aplicaciones-para-personas-con-discapacidad/ (visitado 28-07-2019).

[36] A. JClic, *Aplicaciones web para Discapacidad Auditiva - Materiales y recursos web para la D.A.* dirección: https://sites.google.com/site/webparalada/materiales-y-recursos-web-2/aplicaciones-web-para-discpacidad (visitado 28-07-2019).

[37] Kiversal, *10 aplicaciones para personas con pérdida auditiva*, es-ES, mar. de 2018. dirección: https://blog.kiversal.com/10-apps-personas-perdida-auditiva/ (visitado 28-07-2019).

[38] P. A. de la Comunicación Aumentativa y Alternativa, *ARASAAC*, 2019. dirección: http://www.arasaac.org/software.php (visitado 28-07-2019).

[39] DANE, *Proyecto DANE*, es-ES, 2013. dirección: http://www.proyectodane.org (visitado 28-07-2019).

[40] U. H. L. Charity, *Hearing Link*, en-GB. dirección: https://www.hearinglink.org/ (visitado 28-07-2019).

[41] Dublin, *Trinity Disability Service*, oct. de 2019. dirección: https://www.tcd.ie/disability/ (visitado 28-07-2019).

[42] AENOR, *ISO 25010*. dirección: https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010?limit=3&start=3 (visitado 21-07-2019).

[43] W. Recommendation, *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*, jun. de 2018. dirección: https://www.w3.org/TR/WCAG21/ (visitado 21-07-2019).

[44] U. Partners, *ISO standards*. dirección: http://www.usabilitypartners.se/about-usability/iso-standards (visitado 28-07-2019).

[45] T. Nissinen, *User experience prototyping : A literature review*, eng, 2015.

[46] J. Garrett, *Jesse James Garrett: The Elements of User Experience*, 2004. dirección: http://www.jjg.net/elements/ (visitado 27-09-2018).

[47] M. Beaudouin-Lafon y W. Mackay, «The Human-computer Interaction Handbook», en, J. A. Jacko y A. Sears, eds., Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc., 2003, págs. 1006-1031, ISBN: 978-0-8058-3838-1. dirección: http://dl.acm.org/citation.cfm?id=772072.772136 (visitado 27-09-2018).

[48] Prototypr, *Sketches, Wireframes, Prototypes. Levels of fidelity and what to expect from each*, nov. de 2017. dirección: https://blog.prototypr.io/sketches-wireframes-prototypes-levels-of-fidelity-and-what-to-expect-from-each-c381d54a23db (visitado 27-09-2018).

[49] Sinérgica, *Francisco Tejada*, es-es, 2018. dirección: https://sinergica.gt/articulos/itemlist/user/324-franciscotejada?limit=3&start=36 (visitado 27-09-2018).

[50] balsamiq, *Balsamiq. Rapid, effective and fun wireframing software. | Balsamiq*, Balsamiq is a rapid wireframing tool, 2018. dirección: https://balsamiq.com/ (visitado 30-09-2018).

[51] Bootsrap, *Bootstrap (framework)*, es, Page Version ID: 110260165, ago. de 2018. dirección: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bootstrap_(framework)&oldid=110260165 (visitado 30-09-2018).

[52] M. Developer, *CSS3*, es, 2018. dirección: https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS/CSS3 (visitado 24-10-2018).

[53] Hipertextual, *Qué es HTML5*, es-ES, mayo de 2013. dirección: https://hipertextual.com / archivo / 2013 / 05 / entendiendo - html5 - guia - para - principiantes/ (visitado 24-10-2018).

[54] Node.js, *Node.js*, es, 2018. dirección: https://nodejs.org/es/ (visitado 30-09-2018).

[55] React.org, *React – A JavaScript library for building user interfaces*, 2019. dirección: https://reactjs.org/ (visitado 21-07-2019).

[56] D. Abramov, *Redux · A Predictable State Container for JS Apps*, 2019. dirección: https://redux.js.org/ (visitado 21-07-2019).

[57] G. Developers, *Firebase*, 2018. dirección: https://firebase.google.com/ (visitado 21-07-2019).

[58] Microsoft, *Visual Studio Code*. dirección: https://code.visualstudio.com/docs (visitado 21-07-2019).

[59] S. Chacon, *Git*. dirección: https://git-scm.com/ (visitado 21-07-2019).

[60] Remotedevio, *Redux DevTools*. dirección: https://chrome.google.com/webstore/detail/redux-devtools/lmhkpmbekcpmknklioeibfkpmmfibljd?hl=en (visitado 21-07-2019).

[61] Facebook, *React Developer Tools*. dirección: https://chrome.google.com/webstore/detail/react-developer-tools/fmkadmapgofadopljbjfkapdkoienihi?hl=en (visitado 21-07-2019).

[62] A. Liberati, D. G. Altman, J. Tetzlaff, C. Mulrow, P. C. Gøtzsche, J. P. A. Ioannidis, M. Clarke, P. J. Devereaux, J. Kleijnen y D. Moher, «The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration», en, *BMJ*, vol. 339, b2700, jul. de 2009, ISSN: 0959-8138, 1468-5833. DOI: 10.1136/bmj.b2700. dirección: https://www.bmj.com/content/339/bmj.b2700 (visitado 30-09-2018).

[63] M. Bardus, S. B. van Beurden, J. R. Smith y C. Abraham, «A review and content analysis of engagement, functionality, aesthetics, information quality, and change techniques in the most popular commercial apps for weight management», *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 13, n.º 1, pág. 35, mar. de 2016, ISSN: 1479-5868. DOI: 10.1186/s12966-016-0359-9. dirección: https://doi.org/10.1186/s12966-016-0359-9 (visitado 28-10-2018).

[64] ISO, *Software engineering: Product quality. Quality model*, fr. 2001.

[65] E. Balseca, «Evaluación de calidad de productos de software en empresas de desarrollo de software aplicando la norma ISO/IEC 25000», spa, oct. de 2014. dirección: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9113 (visitado 28-10-2018).

[66] ISO, *ISO/IEC 9126: Information Technology - Software Product Evaluation - Quality Characteristics and Guidelines for Their Use*, en. 1991.

[67] S. R. Stoyanov, L. Hides, D. J. Kavanagh, O. Zelenko, D. Tjondronegoro y M. Mani, «Mobile App Rating Scale: A New Tool for Assessing the Quality of Health Mobile Apps», en, *JMIR mHealth and uHealth*, vol. 3, n.º 1, e27, 2015. DOI: 10.2196/mhealth.3422. dirección: https://mhealth.jmir.org/2015/1/e27/ (visitado 28-10-2018).

[68] Euroresidentes, *El significado del color azul*, Blog, 2018. dirección: https://www.euroresidentes.com/horoscopos/colores/significado-color-azul.htm (visitado 25-11-2018).

[69] O. Castillero, *¿Qué significa el color verde? Su simbología y emociones asociadas*, es, sep. de 2018. dirección: https://psicologiaymente.com/psicologia/que-significa-el-color-verde (visitado 25-11-2018).

[70] I. Ramírez, *Errores 404, 500, 502, 504 y más en páginas web, ¿qué significan?*, es, mayo de 2018. dirección: https://www.xataka.com/basics/errores-404-500-502-504-y-mas-en-paginas-web-que-significan (visitado 03-10-2019).

[71] ScienceSoft, *Web application architecture: Components, models and types*, dic. de 2017. dirección: https://www.scnsoft.com/blog/web-application-architecture (visitado 28-07-2019).

[72] EcuRed, *Arquitectura en Capas*. dirección: https://www.ecured.cu/Arquitectura_en_Capas (visitado 03-10-2019).

[73] A. Roa, *Redux sin tanto dolor*, en, oct. de 2018. dirección: https://medium.com/@alejandroroa/redux-sin-tanto-dolor-f5c44bc687c (visitado 03-10-2019).

[74] Manjunath, *Angular vs React: Comparación de 7 Principales Características*, 2017. dirección: https://code.tutsplus.com/es/articles/angular-vs-react-7-key-features-compared--cms-29044 (visitado 03-10-2019).

[75] FENASEC, *Federación de Personas Sordas del Ecuador*. dirección: https://fenasec.ec/ (visitado 21-07-2019).

[76] J. Ecuador, *Fundación Mariana de Jesús*. dirección: http://www.jesuitas.ec/fundacion-mariana-de-jesus/ (visitado 21-07-2019).

[77] M. Rodriguez, M. Piattini y C. Ebert, «Software Verification and Validation Technologies and Tools», *IEEE Software*, vol. 36, n.º 2, págs. 13-24, mar. de 2019, ISSN: 0740-7459. DOI: 10.1109/MS.2018.2883354.

[78] Katalon, *Katalon Studio*, en-US, 2018. dirección: https://www.katalon.com/ (visitado 28-07-2019).

[79] HubSpot, *Website Grader*, es-ES, 2019. dirección: https://website.grader.com (visitado 28-07-2019).

[80] *TAW | Servicios de accesibilidad y movilidad web*. dirección: https://www.tawdis.net/# (visitado 28-07-2019).

6 ANEXOS

6.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

6.1.1 Calificaciones MARS aplicaciones Android

6.1.2 Calificaciones MARS aplicaciones iOS

6.2 PROTOTIPOS

6.2.1 Prototipo de Baja Fidelidad

6.2.2 Prototipo de Media Fidelidad

6.2.3 Prototipo de Alta Fidelidad

6.3 EVALUACIONES DE LOS PROTOTIPOS

6.3.1 Prototipo de Baja Fidelidad

6.3.1.1 Formulario de Evaluación

6.3.1.2 Resultados de Evaluación

6.3.2 Prototipo de Media Fidelidad

6.3.2.1 Formulario de Evaluación

6.3.2.2 Resultados de Evaluación

6.3.3 Prototipo de Alta Fidelidad

6.3.3.1 Formulario de Evaluación

6.3.3.2 Resultados de Evaluación

6.3.3.3 Resultados de Pruebas de Funcionalidad

6.3.3.4 Resultados de Pruebas de Usabilidad

6.3.3.5 Resultados de Pruebas de Accesibilidad

6.3.4 Manuales

6.3.4.1 Manual de Usuario

6.3.4.2 Manual Técnico de Instalación

6.4 DETALLE DE RESULTADOS POR CATEGORÍAS DE MARS

6.4.1 Categoría Atractivo

La tabla 6.1 contiene los puntajes de las 22 aplicaciones para la categoría Atractivo de MARS.

Tabla 6.1: Categoría Atractivo de MARS.

Nombre de la aplicación	Entrete-nimiento	Interés	Persona-lización	Interac-tividad	Grupo objetivo
Asistente de Sordos y Mudos	1	3	5	5	5
Ava	4	4	4	3	3
Baby Sign and Sign and Learn	3	3	3	3	3
Baby Sign Language Dictionary	3	3	3	3	3
Ear Machine	4	4	5	5	3
Kindoma Storytime	4	4	4	3	3
Mobile Sign 2	3	3	4	3	4
Pedius Android	4	5	4	5	5
Pedius iOS	4	3	3	4	3
Petralex Android	4	4	5	5	3
Petralex iOS	4	4	5	5	3
Quiver	2	2	1	2	1
Roger Voice Android	4	4	4	3	3
Roger Voice iOS	4	4	4	3	3
Series 1 Android	1	2	2	1	2
Series 1 iOS	3	3	3	3	3
Signed Stories	4	4	4	3	3
Sordo Ayuda	3	4	5	5	5
SpeakLiz	3	3	3	4	3
Spreadthesign - Dicctionary	4	4	2	2	3
Uhear	5	5	5	5	5
uSound	3	4	3	3	5
PROMEDIO	3,36	3,59	3,68	3,55	3,36

6.4.2 Categoría Funcionalidad

La tabla 6.2 contiene los puntajes de las 22 aplicaciones para la categoría Funcionalidad de MARS.

Tabla 6.2: Categoría Funcionalidad de MARS

Nombre de la aplicación	Rendimiento	Facilidad de uso	Navegación	Diseño gestual
Asistente de Sordos y Mudos	5	5	5	5
Ava	4	5	5	5
Baby Sign and Sign and Learn	4	4	4	4
Baby Sign Language Dictionary	4	4	4	4
Ear Machine	5	5	5	5
Kindoma Storytime	4	5	4	4
Mobile Sign 2	4	5	5	5
Pedius Android	5	4	5	5
Pedius iOS	4	4	4	4
Petralex Android	5	5	5	5
Petralex iOS	5	5	5	5
Quiver	3	2	3	3
Roger Voice Android	4	5	5	5
Roger Voice iOS	4	5	5	5
Series 1 Android	1	1	1	1
Series 1 iOS	4	4	4	4
Signed Stories	4	5	5	5
Sordo Ayuda	5	5	5	5
SpeakLiz	4	4	4	3
Spreadthesign - Dicctionary	3	4	4	4
Uhear	5	5	5	5
uSound	5	5	5	5
PROMEDIO	4,14	4,36	4,41	4,36

6.4.3 Categoría Estética

La tabla 6.3 contiene los puntajes de las 22 aplicaciones para la categoría Estética de MARS.

Tabla 6.3: Categoría Estética de MARS

Nombre de la aplicación	Diseño	Gráficos	Atractivo visual
Asistente de Sordos y Mudos	3	3	3
Ava	4	4	4
Baby Sign and Sign and Learn	3	3	3
Baby Sign Language Dictionary	3	3	3
Ear machine	4	4	4
Kindoma Storytime	4	4	4
Mobile Sign 2	4	4	4
Pedius Android	4	4	4
Pedius iOS	4	3	4
Petralex Android	4	5	5
Petralex iOS	4	5	5
Quiver	2	4	2
Roger Voice Android	4	4	4
Roger Voice iOS	4	4	4
Series 1 Android	2	3	3
Series 1 iOS	3	3	3
Signed Stories	4	4	4
Sordo Ayuda	3	4	2
SpeakLiz	3	3	3
Spreadthesign - Dicctionary	4	4	3
Uhear	4	4	4
uSound	5	5	4
PROMEDIO	3,59	3,82	3,59

6.4.4 Categoría Información

La tabla 6.4 contiene los puntajes de las 22 aplicaciones para la categoría Información de MARS.

Tabla 6.4: Categoría Información de MARS

Nombre de la aplicación	Exactitud de la descripción	Objetivos	Calidad de información	Cantidad de información	Información visual	Credibilidad
Asistente de Sordos y Mudos	5	5	5	5	5	5
Ava	4	3	3	5	4	4
Baby Sign and Sign and Learn	3	3	3	3	3	3
Baby Sign Language Dictionary	3	3	3	3	3	3
Ear Machine	5	3	5	5	4	4
Kindoma Storytime	4	3	4	4	4	4
Mobile Sign 2	4	3	3	5	4	3
Pedius Android	4	3	4	4	5	5
Pedius iOS	4	3	3	4	3	3
Petralex Android	5	3	5	5	5	5
Petralex iOS	5	3	5	5	5	5
Quiver	4	0	2	2	3	2
Roger Voice Android	4	3	3	5	4	4
Roger Voice iOS	4	3	3	5	4	4
Series 1 Android	2	0	2	2	3	2
Series 1 iOS	3	3	3	3	3	3
Signed Stories	4	3	3	5	4	4
Sordo Ayuda	5	5	5	5	5	5
SpeakLiz	3	3	3	3	3	3
Spreadthesign - Dicctionary	4	3	4	4	3	4
Uhear	5	4	5	5	4	5

(continúa en la siguiente página)

Nombre de la aplicación	Exactitud de la descripción	Objetivos	Calidad de información	Cantidad de información	Información visual	Credibilidad
uSound	5	4	4	4	5	2
PROMEDIO	4,05	3,00	3,64	4,14	3,91	3,73

6.4.5 Categoría Calidad Subjetiva

La tabla 6.5 contiene los puntajes de las 69 aplicaciones para la categoría Calidad subjetiva de MARS.

Tabla 6.5: Categoría Calidad Subjetiva de MARS

Nombre de la aplicación	¿Recomendarías la aplicación a personas que se beneficien de ella?	¿En los próximos 12 meses ¿Cuántas veces utilizarías la aplicación si fuera relevante para ti?	Grado de dificultad de instalación	¿Cuál es la calificación global (en estrellas) que le das a la aplicación?	Puntaje total
Asistente de Sordos y Mudos	5	4	3	4	4,00
Ava	4	4	3	4	3,75
Baby Sign and Sign and Learn	2	2	2	2	2,25
Baby Sign Language Dictionary	2	2	2	2	2,25
Ear Machine	5	4	4	4	4,25
Kindoma Storytime	3	3	3	4	3,25
Mobile Sign 2	3	3	3	3	3,00
Pedius Android	5	5	4	4	4,50
Pedius iOS	3	3	3	3	3,00
Petralex Android	5	4	4	4	4,63

(continúa en la siguiente página)

Nombre de la aplicación	¿Recomendarías la aplicación a personas que se beneficien de ella?	¿En los próximos 12 meses ¿Cuántas veces utilizarías la aplicación si fuera relevante para ti?	Grado de dificultad de instalación	¿Cuál es la calificación global (en estrellas) que le das a la aplicación?	Puntaje total
Petralex iOS	5	4	4	4	4,25
Quiver	1	1	1	3	1,50
Roger Voice Android	4	4	3	4	3,75
Roger Voice iOS	4	4	3	4	3,75
Series 1 Android	1	1	1	1	1,00
Series 1 iOS	2	2	2	3	2,25
Signed Stories	4	4	3	4	3,75
Sordo Ayuda	5	4	3	4	4,00
SpeakLiz	2	2	2	3	2,25
Spreadthesign - Dicctionary	4	3	3	3	3,25
Uhear	5	5	4	4	4,50
uSound	4	3	3	4	3,50