



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TEMA: ESTUDIO EMPÍRICO DE LA USABILIDAD DE
APLICACIONES MÓVILES PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL**

AUTORA: RAMOS TUITISE, IVETTE MARCELA

DIRECTOR: Dr. FONSECA C., EFRAÍN R.

SANGOLQUÍ, FEBRERO 2017

CERTIFICADO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "ESTUDIO EMPÍRICO DE LA USABILIDAD DE APLICACIONES MÓVILES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL" realizado por la señorita IVETTE MARCELA RAMOS TUITISE, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita IVETTE MARCELA RAMOS TUITISE para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de febrero del 2017

Atentamente,

Director
Dr. Efraín R. Fonseca C.
CC: 1710979574

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

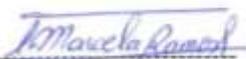
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, RAMOS TUITISE IVETTE MARCELA, con cédula de identidad N° 1725837429, declaro que este trabajo de titulación "ESTUDIO EMPÍRICO DE LA USABILIDAD DE APLICACIONES MÓVILES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDA VISUAL" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 21 de Febrero de 2017



Autor
Ivette M. Ramos T.
Ci: 1725837429

AUTORIZACIÓN



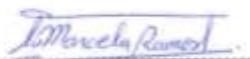
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORIZACIÓN

Yo, , **RAMOS TUITISE IVETTE MARCELA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "**ESTUDIO EMPÍRICO DE LA USABILIDAD DE APLICACIONES MÓVILES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDA VISUAL**" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 21 de Febrero de 2017



Autor
Ivette M. Ramos T.
CI: 1725837429

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios, porque siempre me ha demostrado su amor y presencia en todas las circunstancias de mi vida.

A mis amados padres, que con su amor incondicional, trabajo y sacrificios han sembrado en mí la semilla de superación. Por la confianza, amor, compañía, comprensión que me han brindado durante todos estos años. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi madre, por ser mi mejor amiga, mi ejemplo de mujer, por ser una guerrera y enseñarme a valorar la vida. A mi padre por todas las lecciones de vida que me ha brindado, por su esfuerzo y enseñanzas. Es un privilegio ser su hija, son los mejores padres!.

Gracias por la paciencia, comprensión, y confianza que depositaron en mí.

A mi esposo, por su amor y confianza incondicional, por haberme apoyado y acompañado durante toda mi vida universitaria y por ayudarme a cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por brindarme la oportunidad de estudiar, por su apoyo durante todos estos años, por su comprensión y amor, por sus consejos y por haberme inculcado ser una mejor persona cada día y gracias a su apoyo incondicional, ejemplo han forjado en mí los valores de humildad, responsabilidad y superación.

A mi esposo, mi amigo, mi compañero, gracias por haberme acompañado en esta etapa de mi vida y por haberme ayudado en los momentos que más necesitaba.

Un especial agradecimiento al Dr. Rodrigo Fonseca, mi Director de tesis, quién me ha brindado un apoyo y motivación para concluir este trabajo.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, por brindarme los mejores recuerdos de esta etapa de mi vida y a todos los docentes que han compartido su conocimiento conmigo.

Finalmente, a todas y cada una de las personas que de una u otra manera han colaborado para hacer posible este logro.

A todos, ¡Muchas Gracias!

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problemática	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Alcance.....	4
CAPITULO II	7
METODOLOGÍA Y MARCO TEORICO	7
2.1 Metodología.....	7
2.2 Marco Teórico	9
2.2.1 Antecedentes Investigativos	9
2.2.2 Fundamentación Filosófica	10
2.2.3 Red de categorías	11
2.2.6 Hipótesis.....	26

CAPÍTULO III.....	27
PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MAPEO SISTEMÁTICO DE ESTUDIOS.....	27
3.1 Necesidad de la investigación	27
3.2 Definición de las Preguntas de Investigación	27
3.3 Definición de la Estrategia de Búsqueda	28
3.4 Definición de los criterios de inclusión y exclusión	32
3.5 Depuración de Estudios Candidatos.....	33
3.6 Selección de Estudios	34
3.7 Selección de estudios Primarios	34
CAPÍTULO IV	37
EXTRACCIÓN Y SÍNTESIS DE RESULTADOS.....	37
4.1 Extracción de Resultados	37
4.2 Resultados del SMS.....	59
4.2.1 Resultados Generales del SMS sobre Repositorios	59
4.3 Resultados Específicos del SMS Sobre Repositorios	62
4.4 Síntesis de Resultados del SMS	83
CAPÍTULO V.....	88
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones.....	89
5.3 Futuras líneas de investigación	90
Referencias.....	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso del SMS según Kitchenham & Charters.....	16
Tabla 2. Atributos y métricas asociadas obtenido de (Enriquez & Casas)	24
Tabla 3. Estudios recuperados por cadena de búsqueda	30
Tabla 4. Métricas de evaluación	53
Tabla 5 .Estudios Primarios – Fuentes de Publicación	60
Tabla 6. Criterios y métricas de usabilidad.....	66
Tabla 7. Recursos de interacción usuario-aplicación	72
Tabla 8. Herramientas de recolección de datos.....	77
Tabla 9. Modelos y Escalas empleadas para evaluar la usabilidad.....	80
Tabla 10. Metodologías - desarrollo de aplicaciones móviles	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de Categorías de las Variables de Investigación	12
Figura 2. Capas de la ingeniería de software	14
Figura 4. Estrategia de Búsqueda de Estudios	29
Figura 5. Proceso de selección de estudios primarios.....	33
Figura 6. Distribución de Estudios Candidatos, Seleccionados y Primarios	35
Figura 7. Selección de Estudios Primarios en Valores	35
Figura 8. Proceso de Extracción de Datos	37
Figura 9. Evaluación de usabilidad – grupo 1.....	51
Figura 10. Proceso para el desarrollo del enfoque del estudio.....	52
Figura 12. Cantidad de Estudios Primarios por año de publicación	61
Figura 13. Cantidad de estudios Primarios por Intervalo de años	61
Figura 14. Formas de interacción usuario-dispositivo	84
Figura 15. Métricas/Atributos – evaluación de usabilidad.....	85

RESUMEN

El uso de dispositivos móviles se ha incrementado de manera significativa en los últimos años, llegando a ser el principal medio de acceso a la comunicación, aprendizaje y demás servicios de las personas. No obstante, los usuarios con distintos tipos de discapacidades son marginados de las bondades de la tecnología móvil. Particularmente, para las personas con discapacidad visual representa un desafío el uso de estos dispositivos, debido a que sus interfaces son inaccesibles y al parecer sus aplicaciones no han considerado a este grupo de usuarios. Desde esta perspectiva, surge la necesidad de identificar cuáles son los criterios de usabilidad que requieren ser incorporados en las aplicaciones móviles para que estos puedan ser utilizados por personas con discapacidad visual. Mediante un Mapeo Sistemático de Estudios se desea investigar cuales son los atributos, técnicas y herramientas empleados para la evaluación de usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual. Luego de realizar el estudio se identificó la inexistencia de modelos de evaluación de usabilidad de aplicaciones móviles propios de usuarios con discapacidad visual; se encontró que esta falencia ha sido mitigada mediante: (1) la incorporación del diseño participativo y desarrollo centrado en el usuario en todas las etapas del desarrollo del producto software y (2) mediante adaptaciones de los métodos tradicionales de evaluación de usabilidad al entorno móvil para personas con discapacidad visual.

PALABRAS CLAVES:

- USABILIDAD
- APLICACIONES MÓVILES
- DISCAPACIDAD VISUAL
- EVALUACIÓN DE USABILIDAD
- MAPEO SISTEMÁTICO DE ESTUDIOS
- DISPOSITIVOS MÓVILES

ABSTRACT

The use of mobile devices has increased significantly in recent years, becoming the main means of access to communication, learning and other services of people. However, users with different types of disabilities are marginalized from the benefits of mobile technology. Particularly, the use of these devices is a challenge for people with visual impairment, because their interfaces are inaccessible and apparently their applications have not considered this group of users. From this perspective, the need to identify the usability criteria that need to be incorporated in mobile applications so that they can be used by people with visual disabilities. Through a Systematic Mapping Study it is desired to investigate the attributes, techniques and tools used to evaluate the usability of mobile applications for people with visual impairment. After the study, we identified the non-existence of evaluation models for the usability of mobile applications of users with visual disabilities; It was found that this failure has been mitigated by: (1) incorporating participatory design and user-centered development into all stages of software product development and (2) adapting traditional usability assessment methods to the mobile environment for people with visual impairment.

KEYWORDS:

- USABILITY
- MOBILE APPLICATIONS
- VISUAL DISABILITY
- EVALUATION OF USABILITY
- SYSTEMATIC MAPPING STUDY
- MOBILE DEVICES

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad, el uso de dispositivos móviles se ha incrementado de manera significativa, a tal punto que en la actualidad se considera como el sector de mayor apogeo dentro del ámbito tecnológico (ITU, 2015); además; es el principal medio de acceso a la comunicación, servicios, banca, etc. para las personas (INE, 2014).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés), revela que en el año 2000 existían menos de 1 billón de suscriptores de celulares móviles en todo el mundo; mientras que para el año 2015, se identificaron más de 7 billones (ITU, 2015). Estas cifras indican que la tendencia en el uso de dispositivos móviles se ha incrementado exponencialmente, lo que muestra la dependencia que han creado estos dispositivos en las personas.

Sin embargo, existen ciertos grupos de personas, tales como las personas con discapacidad, que no pueden acceder a todas las bondades de las tecnologías móviles. El informe realizado por la Fundación Auna (Auna, 2003) menciona que las personas con discapacidad enfrentan un elevado riesgo de exclusión social debido a la existencia de barreras de todo tipo, tales como: físicas, financieras, de formación, laborales, entre otras; que dificultan su participación en la sociedad. Desde esta perspectiva surge la pregunta: ¿Son las tecnologías móviles un factor de exclusión, o al contrario, son una oportunidad para la integración de personas con discapacidad visual en la sociedad? (Auna, 2003).

En torno a la pregunta planteada, se han formulado varias respuestas, por ejemplo, (Chiti & Leporini, 2012) mencionan que, en términos generales, es un desafío para las personas con discapacidad visual utilizar dispositivos móviles, lo cual ratifica la importancia de la existencia de recursos tanto de hardware como de software, que permitan mejorar la calidad de vida de las personas que poseen algún tipo de discapacidad visual; por otro lado, en lo que respecta a hardware, (Kane et al., 2009) menciona que las interfaces de los dispositivos móviles son inaccesibles para usuarios

con discapacidad visual; además, cifras de la OMS revelan que en el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual (OMS, 2014); por tales motivos, en esta investigación serán objeto de estudio las personas con discapacidad visual.

1.2 Problemática

Las personas con discapacidad visual, dada su condición, son más vulnerables a la sociedad, ya que deben realizar actividades bajo las mismas circunstancias del entorno en el cual se desenvuelven las personas en general; por ejemplo, en el ámbito de la educación por su condición, las personas con discapacidad visual requieren de recursos especiales de aprendizaje, como por ejemplo, el Sistema Braille, que a diferencia del resto de personas, no les es necesario emplear este tipo de recursos dado que tienen las condiciones físicas para representar información, pensar y aprender más efectivamente, mediante el uso de herramientas de aprendizaje visual como mapas conceptuales, de ideas, diagramas causa efecto, entre otros (Sanchez B. , 2015) .

En cuanto a movilidad, las personas con discapacidad visual presentan dificultad para trasladarse de un lugar a otro de manera autónoma. Al caminar por las calles tienen problemas para orientarse y saber en dónde se encuentran; actividades cotidianas como las mencionadas anteriormente se convierten en barreras para las personas con discapacidad visual, a diferencia del resto de personas que no presentan esta discapacidad, ya que pueden trasladarse de un lugar a otro sin mayor inconveniente (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009).

En cuanto a tecnología, los dispositivos móviles no son la excepción, debido a que no han sido diseñados desde la perspectiva de la accesibilidad para personas con discapacidad visual, por ejemplo, el mercado tecnológico no ofrece variedad de modelos que se adapten a los requerimientos de usuarios no videntes. La mayoría de estos dispositivos emplean pantallas táctiles como medio de interacción con el usuario, en cuanto a tamaño, cada vez son más delgados y pequeños, lo que dificulta más su uso por personas con discapacidad visual. Existen propuestas en las que se plantea la creación de dispositivos y aplicaciones móviles orientadas específicamente para usuarios no videntes, sin embargo, la creación de este tipo de dispositivos y

aplicaciones han originado nuevas limitaciones, tanto en términos económicos como de funcionalidad (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009)

Los dispositivos y aplicativos móviles presentan diversos problemas de accesibilidad y usabilidad respecto a las personas con discapacidad visual, sin embargo, esta investigación se centrará exclusivamente en la usabilidad de las aplicaciones móviles, debido a que es un factor importante dentro de la calidad de un producto software. La presente investigación se efectuará mediante un Mapeo Sistemático de Estudios (SMS, por sus siglas en inglés), por medio de la cual se encontrarán estudios existentes sobre la usabilidad de las aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual.

1.3 Justificación

El presente proyecto de investigación surge de los problemas de accesibilidad y usabilidad a los que se enfrentan las personas con discapacidad visual al utilizar aplicaciones móviles (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009). Mediante una breve revisión de literatura se observó que existe escasa bibliografía referente al tema en cuestión, por lo que parecería que el desarrollo de aplicaciones móviles no contempla la usabilidad para personas con discapacidad visual.

De lo mencionado anteriormente, existe la necesidad de realizar una síntesis de información específica que abarque las métricas, técnicas, modelos empleados para la evaluación de la usabilidad de los aplicativos móviles para personas con discapacidad visual, con el objetivo de brindar a los desarrolladores de software un compendio de información que los ayude a identificar qué actividades deberían realizar para que sus aplicativos obtengan mejores resultados en las evaluaciones de usabilidad; con el fin de que sus aplicativos sean accesibles para este grupo de usuarios. Además, con ello implícitamente colaboraremos con las personas con discapacidad visual para que al utilizar aplicaciones móviles, tengan mejores experiencias y se ayuden en la realización de actividades cotidianas como por ejemplo: movilidad, aprendizaje mediante el uso de dispositivos móviles.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar un estudio empírico sobre la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual mediante la ejecución de un Mapeo Sistemático de Estudios para sintetizar la información de los trabajos referentes al tema en cuestión, con el propósito de identificar los elementos que integran el contexto de evaluación de usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar cuáles son los elementos y actividades propuestos en los modelos de desarrollo de aplicaciones móviles orientados a personas con discapacidad visual desde la perspectiva de la usabilidad.
- Identificar los criterios de usabilidad pertinentes para que el desarrollo de aplicaciones móviles satisfaga los requisitos de los usuarios con discapacidad visual.
- Descubrir las características que deben poseer los dispositivos móviles en términos de hardware, para que el usuario con discapacidad visual interactúe de forma sencilla con los dispositivos móviles.
- Identificar los recursos de interacción que se emplean para el ingreso y salida de información en las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.
- Identificar los elementos que deben considerarse en el diseño de la interfaz de un aplicativo móvil para usuarios con discapacidad visual.
- Identificar las herramientas, modelos y pruebas utilizadas para evaluar la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual

1.5 Alcance

Se llevará a cabo un SMS para establecer el estado del arte de las aplicaciones móviles desarrolladas para personas con discapacidad visual desde la perspectiva de usabilidad, para lo cual se ejecutarán todas las fases del SMS, tal como se describe a continuación:

1. Planificación del SMS

Abarca las siguientes actividades:

- Identificar de la necesidad
- Definir las preguntas de investigación, estrategia de búsqueda y finalmente los criterios de inclusión y exclusión.

2. Elaboración de la estrategia de búsqueda

- Conformer el grupo de control: Grupo de control es el conjunto de estudios que responden a las características que plantea el SMS, adicional, facilitan el reconocimiento de palabras claves que posteriormente son empleadas para definir las cadenas de búsqueda.
- **Construcción de la cadena de búsqueda:** Requiere el análisis de cada estudio del grupo de control a nivel de: título, resumen y palabras clave, para identificar términos comunes, generales y afines con el objetivo del SMS. La conformación de las cadenas de búsqueda emplea los términos OR para añadir sinónimos y AND para añadir nuevos términos.
- **Búsqueda de estudios candidatos:** En esta etapa, se adapta la cadena de búsqueda según el formato propio de cada base digital, además se especifica criterios tales como: fuentes de publicación, idioma, motores de búsqueda y método de búsqueda.

3. Ejecución del SMS

- **Criterios de Inclusión y Exclusión:** Su definición permite ubicar estudios primarios que respondan a las características deseadas para la revisión, descartando aquellos estudios que no aporten con la investigación.
- **Depuración de estudios candidatos:** es el proceso de refinamiento de los estudios obtenidos de cada base digital para ubicar posibles estudios duplicados, dando como resultado un listado depurado de estudios candidatos por cada base.
- **Selección de estudios:** En este proceso intervienen dos o más investigadores, cada investigador debe seleccionar individualmente los

estudios en base al título y resumen, posteriormente se realizará una validación cruzada.

- **Selección de estudios primarios:** Es la consolidación de un listado de estudios seleccionados, donde se realizará un estudio individual de estos artículos aplicando los criterios de inclusión y exclusión que dará lugar a los estudios primarios.

4. Extracción de datos

- **Extracción de las características:** extracción a nivel de características generales y específicas de los estudios primarios.
- **Extracción de modelos y sus características:** es el análisis de las características más relevante de cada estudio primario, que permiten dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

5. Resultados

- Las características extraídas de los estudios primarios son la base para detallar los resultados.

Para cumplir satisfactoriamente con los objetivos planteados en este estudio, es indispensable cumplir cada fase del SMS detallada en el alcance, debido a que es indispensable emplear un método riguroso y explícito para la identificación, evaluación crítica y la síntesis de la evidencia obtenida con la cual se dará solución a las interrogantes del tema en cuestión; además, es necesario contar con una fundamentación teórica pertinente conformada por un grupo de definiciones que ayudarán a entender y tratar el objetivo del presente estudio.

CAPITULO II

METODOLOGÍA Y MARCO TEORICO

El presente Capítulo tiene por objetivo describir los conceptos por más mínimos y necesarios que sustentan el proyecto de investigación. Así mismo, se describe la metodología utilizada y la red de categorías.

2.1 Metodología

En el desarrollo de una investigación se pueden emplear uno o varios métodos investigativos según la necesidad del investigador. La metodología que se utilizará durante el desarrollo de la presente tesis será la deductiva-cualitativa; además, debido a que el tema de investigación ha sido poco abordado, la investigación será de tipo exploratoria.

Investigación exploratoria: Es considerada como el primer acercamiento científico a un problema. Se utiliza cuando éste aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes (Alvarez-Gayou, 2003).

Debido a que el objetivo de la presente tesis es determinar el estado del arte de la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual, tema, que ha sido escasamente estudiado desde la perspectiva de los usuarios no videntes el tipo de investigación requiere de un enfoque de tipo exploratorio.

Método Deductivo: Esta metodología permite inferir nuevos conocimientos o leyes aún no conocidas (Carval, 2013). Parte de una premisa general para obtener las conclusiones de un caso particular. Hace énfasis en la teoría, modelos teóricos, la explicación y abstracción, antes de recoger datos empíricos, hacer observaciones o emplear experimentos (Alvarez-Gayou, 2003).

Como resultado de la presente tesis se desea obtener un nuevo conocimiento, el estado del arte de la usabilidad de las aplicaciones móviles, el cual será obtenido en base al análisis de estudios existentes, de fuentes fiables y que aporten información que ayude a solventar el tema de investigación.

Investigación cualitativa: El investigador desarrolla conceptos partiendo de los datos y no recogiénolos para evaluar modelos, hipótesis o teorías previamente planteadas (Alvarez-Gayou, 2003), en el caso de la presente tesis, se requiere de este tipo de investigación, dado que, se realizará un análisis esmerado de la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual en base a los datos encontrados en los estudios categorizados como primarios.

Para el desarrollo del presente trabajo se seguirán los lineamientos establecidos por el método empírico de Mapeo Sistemático de Estudios.

Mapeo Sistemático de Estudios: El método de SMS se basa en la metodología propuesta por Kitchenham, la cual identifica, evalúa e interpreta estudios relevantes y disponibles sobre un tema de investigación particular (Kitchenham & Charters, 2007).

Las metodologías exploratoria, deductiva y cualitativa se aplican individualmente durante las fases del SMS. La metodología deductiva es utilizada debido a que permite identificar nuevos conocimientos, dado que se debe revisar cada uno de los estudios primarios para extraer información que posteriormente será utilizada para dar respuesta a las preguntas de investigación.

Al momento de categorizar los estudios como candidatos, seleccionados y primarios interviene la metodología cualitativa, ya que se extraen las particularidades de cada estudio, primero de manera general y luego con mayor detalle.

Finalmente, la investigación exploratoria tiene lugar en el desarrollo del SMS porque el tema de la presente tesis ha sido escasamente investigado, motivo por el cual se precisa realizar un proceso sistemático y reproducible de todas las fases del SMS.

Para el cumplimiento de la presente tesis, se llevará a cabo un SMS sobre la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual, con el fin de identificar estudios acordes al tema de investigación provenientes de fuentes confiables, denominados estudios primarios, los cuales permitirán revelar los resultados hallados sobre este tema.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Antecedentes Investigativos

El entorno globalizado actual, obliga a las personas a ser cada vez más competitivas; la cantidad de información y aplicaciones digitales a la que se tiene acceso por medio del internet es desmesurada y una herramienta tecnológica que permite realizar varias actividades como la comunicación, manejo de información, entretenimiento, ubicación , aprendizaje entre otras son los dispositivos móviles.

En la actualidad, los dispositivos móviles son cada vez más utilizados, por lo que se han convertido en el principal medio de acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) (INE, 2014) .

Gracias a los actuales avances tecnológicos los dispositivos móviles son cada vez más diminutos y ofrecen nuevas funcionalidades a sus usuarios. Lamentablemente, las personas con discapacidad visual deben superar el reto de utilizar dispositivos móviles; ya que, por su condición, se enfrentan a varios factores que limitan el uso de estos dispositivos, tanto en términos de hardware como de software. En torno a este problema se han encontrado propuestas en las que se plantea la creación de dispositivos y aplicaciones móviles orientadas específicamente para usuarios con discapacidad visual. Sin embargo, la creación de este tipo de dispositivos y aplicaciones han originado nuevas limitaciones tanto en términos económicos como de funcionalidad (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009); en este punto se considera que es primordial concienciar a fabricantes y desarrolladores para que apliquen criterios de usabilidad propios de personas con discapacidad visual en la elaboración de sus productos; para así lograr que estos sean accesibles para todo tipo de usuarios.

Actualmente, existe evidencia de que las aplicaciones móviles tienen un nivel de accesibilidad deficiente para personas con discapacidad visual, esto se puede constatar en los resultados que se obtuvieron del informe: “Accesibilidad de Aplicaciones Móviles” realizado por el Observatorio Accesibilidad TIC (Discapnet, 2013), en el cual, después de evaluar bajo ciertos criterios de accesibilidad a una muestra de diez aplicaciones desarrollados en la plataforma Android, se encontró que

cuatro aplicaciones fueron evaluadas como completamente inaccesibles y las restantes tenían un nivel de accesibilidad muy deficiente.

En definitiva, se evidencia la necesidad de un compendio de información que abarque criterios, herramientas, métodos de evaluación de usabilidad, para que los usuarios de aplicaciones móviles que presenten discapacidad visual, puedan gozar de los beneficios que ofrecen estas aplicaciones. La presente tesis mediante un Mapeo sistemático de estudios pretende identificar el estado del arte de la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

2.2.2 Fundamentación Filosófica

El presente trabajo de investigación se sitúa en el paradigma crítico-propositivo, con un enfoque Social-Crítico ya que tiene como finalidad generar transformaciones en la situación abordada, partiendo de su comprensión, analizando la situación actual, para entonces buscar la solución al problema y además se fundamenta en el Pensamiento Complejo de Edgar Morín, que es reconocido como un pensamiento que relaciona y complementa; ya que su objeto y sujeto de estudio es el todo través de sus efectos, defectos, dinamismo y estática, reconociendo la interrelación del todo con sus partes y viceversa, dentro de un entramado (Torres, 2013).

El paradigma se fundamenta ontológicamente en la interpretación, comprensión y explicación de los fenómenos sociales, en la concepción objetiva de la realidad independientemente de la conciencia, dentro de una visión de relativismo científico que conceptualiza a la ciencia en devenir, que no refleja, sino que interpreta la realidad, a través de una pluricausalidad dialéctica. (Fonseca, 2009)

Epistemológicamente se fundamenta en la comprensión de la interrelación con las diferentes dimensiones del contexto, en donde todos los factores intervinientes, entre ellos, el sujeto cognoscente y el objeto de estudio, son inseparables e interactúan entre sí, se transforman y están en continuo desarrollo y creación, para llegar a una comprensión crítica de la ciencia, como un conjunto de conocimientos destinados a la transformación social y al mejoramiento del ser humano (Fonseca, 2009). La investigación se realizará en base a documentos de carácter científico que traten

aspectos de usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual, los cuales generarán información, la cual será procesada, y entregará resultados que permitan conocer el estado real del arte del problema planteado.

Axiológicamente, esta investigación se ampara bajo el compromiso de la colaboración a la inclusión de personas con discapacidad visual en la sociedad, haciendo énfasis en la práctica de valores como la solidaridad, el respeto ante las diferencias de las capacidades físicas de las personas que forman parte de la comunidad. Para que se efectúe la investigación, existe el compromiso de la investigadora con la Universidad, consigo mismo y con el problema abordado, sin abandonar la ética y el profesionalismo. Existe además el compromiso de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a través del docente director de tesis, con el fin de guiar, sugerir y apoyar al estudiante en la obtención de su trabajo, asegurando que este sea de calidad.

2.2.3 Red de categorías

Con el objetivo de encontrar la relación en la fundamentación teórica de la presente investigación, es necesario estructurar una red de las principales categorías que forman parte en la comprensión y explicación científica del tema objeto de estudio; la cual se muestra a continuación en la Figura 1:

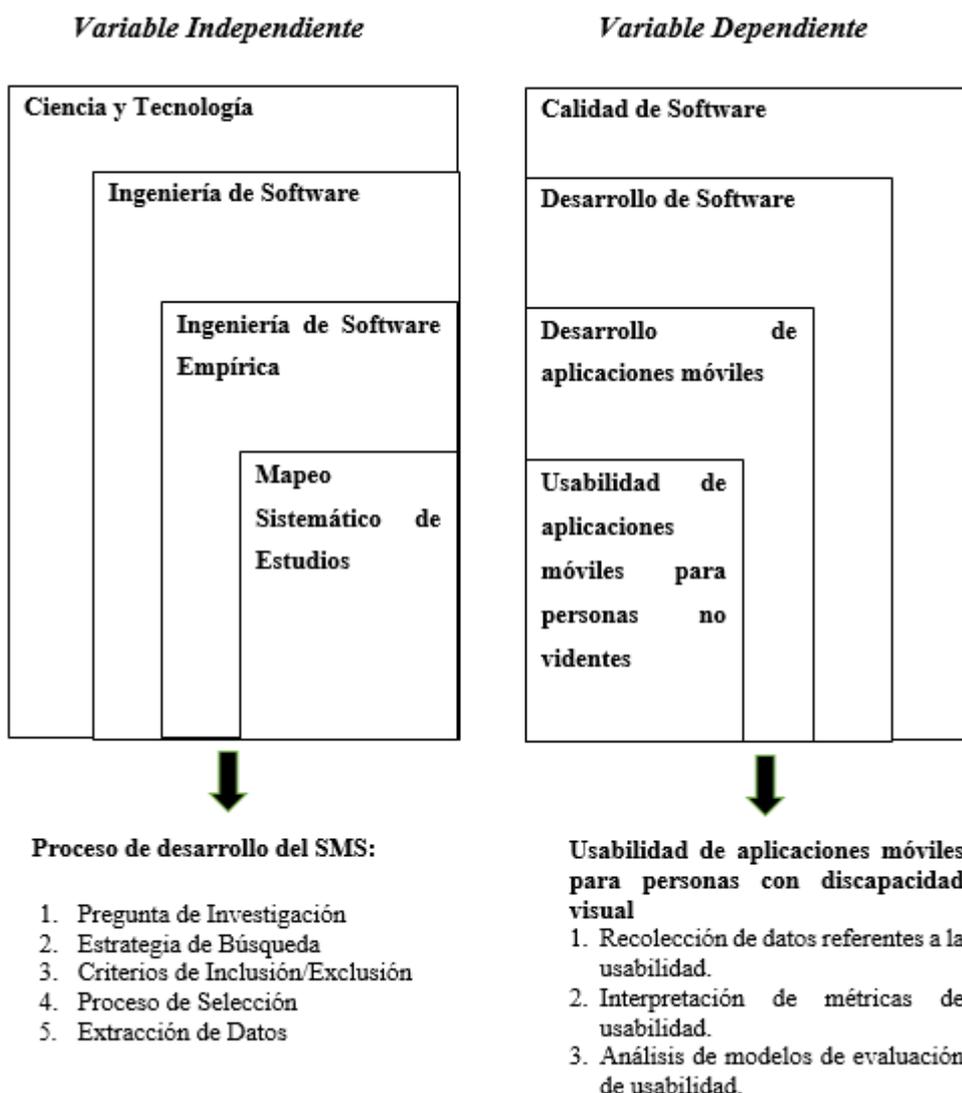


Figura 1. Red de Categorías de las Variables de Investigación

2.2.4 Fundamentación Científica de la Variable Independiente

Ciencia y Tecnología

Desde que se tiene registros de la vida del ser humano, la tecnología ha sido la clave de la evolución como sociedad. Sin las diferentes tecnologías que ha desarrollado el hombre la vida hoy en día no sería como la conocemos. Desde las antorchas con las que el hombre fue capaz de salir de la oscuridad, la incursión en la agricultura, los sistemas de riego de la antigua Mesopotamia, las máquinas a vapor del siglo XVII, el primer foco de Thomas Édison, el primer automóvil construido por Karl Benz, hasta

los Smartphones que existen en la actualidad evidencian que la tecnología es el motivo de mayor cambio y progreso en la sociedad (Pizzo Cos, 2013).

Se sabe que la ciencia y la tecnología se han convertido en ramas de la actividad inseparables de la vida y el progreso de la sociedad desde hace varias décadas. Ambos conceptos están hoy tan interrelacionados que han llegado a considerarse como uno solo. El estudio de sus orígenes revela, sin embargo, diferencias notables. Tanto la ciencia como la tecnología justifican su existencia en la búsqueda y el desarrollo de productos, servicios, medios, herramientas y otras entidades, capaces de satisfacer las necesidades humanas y de la vida en general. (Cañedo A, 2000)

En la actualidad, con los avances electrónicos, tecnológicos y científicos además del desarrollo desmesurado de los computadores y dispositivos móviles, la tecnología incursiona en la era de la información y el conocimiento, dado que la sociedad puede acceder a la mayoría de información de todos los ámbitos desde cualquier lugar a través de la red, cambiando así el modo de comunicación, aprendizaje, trabajo entre otras. Su utilización constituye una de las tendencias que con mayor fuerza caracteriza a la sociedad moderna ejerciendo un impulso cada vez más creciente.

Ingeniería de Software

La ingeniería de software es una tecnología con varias capas. Como se aprecia en la figura 2, cualquier enfoque de ingeniería (incluso la de software) debe basarse en un compromiso organizacional con la calidad. La administración total de la calidad, Six Sigma y otras filosofías similares alimentan la cultura de mejora continua, y es esta cultura la que lleva en última instancia al desarrollo de enfoques cada vez más eficaces de la ingeniería de software. El fundamento en el que se apoya la ingeniería de software es el compromiso con la calidad (Pressman, 1998).

El fundamento para la ingeniería de software es la capa proceso. El proceso de ingeniería de software es el aglutinante que relaciona las capas de la tecnología y permite el desarrollo racional y oportuno del software. El proceso de software forma la base para el control de la administración de proyectos de software, y establece el

contexto en el que se aplican métodos técnicos, se generan productos del trabajo tales como: modelos, documentos, datos, reportes, formatos, etc (Pressman, 1998).

Los métodos de la ingeniería de software proporcionan la experiencia técnica para elaborar software. Incorporan un grupo de tareas, como: comunicación, análisis de los requerimientos, modelación del diseño, construcción del programa, pruebas y apoyo, estas tareas guían cada área de la tecnología e incluyen actividades de modelación y otras técnicas descriptivas (Pressman, 1998).

Las herramientas de la ingeniería de software proporcionan un apoyo automatizado o semiautomatizado para el proceso y los métodos. Cuando se integran las herramientas de modo que la información creada por una pueda ser utilizada por otra, queda establecido un sistema llamado ingeniería de software asistido por computadora que apoya el desarrollo de software (Pressman, 1998), de forma gráfica se puede observar en la figura 2 la relación de las capas de la ingeniería de Software.



Figura 2. Capas de la ingeniería de software

Fuente: (Pressman, 1998)

Ingeniería de Software Empírica

Actualmente, las tecnologías que se emplean en el desarrollo de software carecen de evidencias sobre su adecuación, límites, cualidades, costes y riesgos (Jedlitschka, 2004); la ciencia y la tecnología utilizan la experimentación como medio para avanzar en la obtención de conocimiento. Junto con otros métodos empíricos, la experimentación permite encontrar evidencia para contrastar con hechos las hipótesis que provienen de la teoría (Jedlitschka, 2004).

La Ingeniería de Software es una disciplina relativamente joven. Todavía enfrenta desafíos importantes en la maduración de su cuerpo de conocimientos. El volumen de investigación publicada ha aumentado considerablemente en los últimos años. Sin embargo, una parte importante de estas publicaciones carecen de base empírica (Jedlitschka, 2004); por tal motivo la experimentación en IS hará posible la comprensión e identificación de las variables que intervienen en la construcción de software y las conexiones que existen entre ellas.

Experimentar con la construcción de software nos permitirá, en palabras de Pfleeger “Aumentar la comprensión de lo que hace al software bueno y cómo hacer software bien” (Pfleeger, 1999). La meta de la Ingeniería de Software Experimental (ESE, por sus siglas en inglés) es hacer del desarrollo de software una actividad predecible científicamente gracias al conocimiento de las relaciones entre los procesos de producción de software y los productos que se obtienen.

Para avanzar en la investigación experimental en IS no es suficiente con aplicar el diseño experimental y la estadística para el análisis de datos, es imprescindible construir una metodología experimental propia basada en los principios generales del experimentalismo evitando importarla de otras disciplinas (Madrid, 2007).

Actualmente, la investigación en ESE se centra, en la experimentación a gran escala dejando de lado los experimentos aislados (Pfleeger, 2005) y los resultados poco generalizables para producir un cuerpo de conocimientos contrastados experimentalmente sobre construcción de software.

Mapeo Sistemático de Estudios

El mapeo sistemático de estudios (SMS, por su sigla en inglés) es una “metodología reproducible, auditable y sistemática que se utiliza para formular preguntas de investigación relevantes sobre un área, temática o fenómeno de interés y para buscar, seleccionar, analizar y sintetizar toda la investigación relevante, empírica o teórica, necesaria para responder dichas preguntas de investigación” (Kitchenham & Charters, 2007) (Velasquez, 2011).

Kitchenham y Charters en el ámbito de ingeniería de software han definido el SMS como un proceso de tres etapas: planificación, realización y presentación de resultado del SMS, los cuales se detallan en la tabla 1:

Tabla 1

Proceso del SMS según Kitchenham & Charters

Planificación del SMS	
Identificación de necesidad de la Revisión	La necesidad de una SMS se origina de un investigador con la finalidad de comprender el estado del arte, utilizando evidencias empíricas que contribuirán en las actividades de toma de decisiones o de mejora.
Especificación de las preguntas de investigación	Especificación de las preguntas de investigación, que son el foco para identificar estudios primarios del tema, la extracción de datos de los estudios y el análisis.
Desarrollo de un protocolo de revisión	En el desarrollo de un protocolo de revisión, es donde se definen los procedimientos necesarios para el SMS. Para el establecimiento de este protocolo se requiere los siguientes elementos: antecedentes y justificación, las preguntas de investigación, la estrategia de búsqueda de estudios primarios, criterios de selección de los estudios, procedimientos de selección de estudios, estrategia de extracción de datos, síntesis de los datos extraídos.
Realización del SMS	
Identificación de investigación	Se debe realizar la especificación de cadenas de búsqueda y su aplicación a las bases de datos, es importante una estrategia efectiva de búsqueda para obtener todos los estudios relevantes y evitar falsos positivos o artículos que aparentemente son de interés y posteriormente resulta que no lo son, por el mismo motivo los falsos positivos deben ser excluidos.
Selección de estudios primarios:	Los aspectos a tomar en cuenta al realizar la selección de estudios primarios son: criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de búsqueda deben ser elaborados en la planificación del SMS, pero es muy común que los criterios tengan que ser ajustados en el transcurso de la investigación. Evaluación
Evaluación de la calidad del estudio	Esta etapa es muy importante ya que los estudios primarios pueden reportar resultados contradictorios, la evaluación se puede usar para analizar la causa de la obtención de esos resultados.
Extracción de datos y seguimiento	Una vez que la lista de estudios primarios este completa, se extraen los datos en un formulario adecuado de extracción de datos.
Síntesis de Datos	Aplicación de herramientas para el análisis de los resultados de los estudios
Presentación de informes del SMS	

2.2.5 Fundamentación Científica de la Variable Dependiente

Calidad de Software

Analizar la calidad de software implica un reto, debido a que resulta complejo cuantificar la calidad del software dado que es un producto intangible, que no se degrada físicamente y que en caso de tener errores e incidencias estas no se pueden comparar con un objeto de carácter físico.

En el sentido más general se define como: Proceso eficaz de software que se aplica de manera que crea un producto útil que proporciona valor medible a quienes lo producen y a quienes lo utilizan (Bessin, 2004). Se entiende que el concepto de calidad puede ser subjetivo debido a que existen necesidades implícitas o explícitas que varían de usuario en usuario.

Es importante diferenciar, en este punto, entre la calidad del producto software y la calidad del proceso de desarrollo software. Las metas que se establezcan para la calidad del producto van a determinar las metas a establecer para la calidad del proceso de desarrollo, ya que la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo. Sin un buen proceso de desarrollo es casi imposible obtener un buen producto (Juristo, Moreno, & Vegas, 2006).

No basta con tener en cuenta la calidad del producto una vez finalizado, cuando los problemas de mala calidad ya no tienen solución o la solución es muy costosa; la calidad de un producto software debe ser considerada en todos sus estados de evolución a medida que avanza el desarrollo según el ciclo de vida seleccionado para su construcción (especificaciones, diseño, código, etc.) (Juristo, Moreno, & Vegas, 2006).

Definir el término calidad en un producto software y su correspondiente comprobación, son tareas en extremo complejas; por lo tanto ¿Es realmente posible encontrar un conjunto de propiedades en un producto software que denoten su calidad? Una posibilidad para responder a esta pregunta son los Modelos de Calidad, en los

cuales se define la calidad de forma jerárquica y resuelven la complejidad mediante la descomposición (Juristo, Moreno, & Vegas, 2006).

En el caso de la calidad del software, para intentar medirla se la puede relacionar con un conjunto de atributos que caracterizan al software:

- Funcionalidad: Habilidad para realizar el trabajo deseado.
- Fiabilidad: Habilidad para mantenerse operativo (funcionando).
- Eficiencia: Habilidad para responder a una petición de usuario con la velocidad apropiada.
- Usabilidad: Habilidad para satisfacer al usuario.
- Mantenibilidad: Habilidad del software para poder realizar cambios en él fácilmente y con una adecuada proporción cambio/costo.
- Portabilidad: Habilidad para operar en diferentes entornos informáticos.

Desarrollo de software

Es común encontrar muchos productos de software carentes de diseño formal y entendidos sólo por quienes lo ha construido, sin documentación, escrito en lenguajes obsoletos, sin posibilidad de incorporar nuevos requisitos, con resultados no confiables, entre numerosos otros factores, que redundan finalmente en muchos problemas, tales como, por ejemplo, la imposibilidad de mantenerlo y adecuarlo a nuevos requisitos o condiciones de operación o asegurar la exactitud de los resultados, entre otros (Gacitúa B., 2003).

Quizás lo anterior pareciera ser poco relevante, pero si consideramos que hoy tenemos software en casi toda la actividad humana, desde simples dispositivos electrónicos hasta modernas naves aeroespaciales y control de vuelo pasando incluso por software de control de procesos de salud humana, es fundamental hacer prevalecer la reducción de riesgos por concepto de pérdidas económicas, de fallas en determinadas áreas y, lo más importante, reducir el riesgo de pérdidas de vidas humanas (Gacitúa B., 2003).

Para solucionar los inconvenientes mencionados anteriormente al momento de desarrollar software se emplean metodologías y modelos de desarrollo, estas imponen

un proceso disciplinado sobre el desarrollo de software con el objetivo de hacer el desarrollo de software más predecible y eficiente; un método define un camino reproducible para obtener resultados confiables (Gacitúa B., 2003); además describe cómo modelar y construir un sistema de software de una forma confiable y reproducible.

En general, los métodos permiten la construcción de modelos desde elementos de modelado que constituyen los conceptos fundamentales para representar sistemas o fenómenos (Gacitúa B., 2003). A pesar de la infinidad de metodologías existentes no se puede seleccionar una metodología para todos los tipos de desarrollos de software debido a que cada una se relaciona con diferentes características como el tamaño del software, tiempo, costo, equipo de trabajo etc., a continuación se mencionan algunos ejemplos de las metodologías empleadas para el desarrollo de software: Programación orientada a objetos (OOP), Scrum, Rational Unified Process (RUP), Extreme Programming (XP), Agile Unified Process (AUP).

Fases del Proceso de Desarrollo del Software

Análisis de requisitos: Esta etapa se centra en la captura, análisis y especificación de requisitos (incluso pruebas de ellos), es una parte crucial; de esta etapa depende en gran medida el logro de los objetivos finales.

Diseño y arquitectura: Se enfoca en incorporar consideraciones de la implementación tecnológica, como el hardware, la red, etc. Se definen los Casos de Uso para cubrir las funciones que realizará el sistema, y se transforman las entidades definidas en el análisis de requisitos en clases de diseño, obteniendo un modelo cercano a la programación orientada a objetos.

Programación: Es la transformación del diseño a código. La complejidad y la duración de esta etapa está ligada al o a los lenguajes de programación utilizados.

Pruebas: Consiste en comprobar que el software realice correctamente las tareas indicadas en la especificación. Una técnica de prueba es probar por separado cada módulo del software, y luego probarlo de forma integral, para

así llegar al objetivo. Se considera una buena práctica el que las pruebas sean efectuadas por alguien distinto al desarrollador que la programó, idealmente un área de pruebas; sin perjuicio de lo anterior el programador debe hacer sus propias pruebas.

Documentación: Es todo lo concerniente a la documentación del propio desarrollo del software y de la gestión del proyecto, pasando por modelaciones (UML), diagramas, pruebas, manuales de usuario, manuales técnicos, etc.; todo con el propósito de eventuales correcciones, usabilidad, mantenimiento futuro y ampliaciones al sistema.

Mantenimiento: Mantener y mejorar el software para enfrentar errores descubiertos y nuevos requisitos a lo largo de la vida del software.

Desarrollo de Aplicaciones Móviles

En la última década estamos viendo una evolución espectacular de las prestaciones y características de los dispositivos móviles, llegando en muchos casos a ser un posible sustituto del ordenador portátil o de sobremesa (Blázquez, Ramírez, Morillo, & Prieto, 2011); esto a su vez ha dado lugar a un nuevo tipo de aplicaciones denominadas “aplicaciones móviles”, las mismas que son desarrolladas bajo ciertas características propias de los dispositivos móviles, como por ejemplo la capacidad limitada de procesamiento y almacenamiento, ancho de banda, tamaño de pantalla, conectividad inalámbrica, etc.

Existen varias categorías en las que se pueden clasificar el desarrollo de las aplicaciones móviles. A continuación se detalla brevemente las características de cada tipo de aplicación.

Desarrollo nativo: Permite crear aplicaciones que se escriben para una determinada plataforma y que sólo se ejecutan en dicha plataforma. Las aplicaciones podrán utilizar todas las funciones de la plataforma como, por ejemplo, el acceso a la cámara o a la lista de contactos, así como interactuar con otras aplicaciones del dispositivo. Se requiere de varios desarrollos en

diferentes lenguajes para dar soporte a plataformas como Android, iOS, BlackBerry y Windows Phone (IBM, 2012).

Desarrollo web: La aplicación se ejecutará dentro del navegador del dispositivo móvil y puede emplear tecnologías estándar como HTML5, CSS3 y JavaScript, es independiente de cualquier plataforma. Este tipo de aplicación no permite acceder a las funciones de la plataforma debido a que depende del navegador y los estándares web asociados; requiere de un enlace al sitio web o de un marcador en el navegador móvil del usuario para que pueda ser accedida (IBM, 2012).

Desarrollo híbrido: Estos desarrollos permiten crear aplicaciones que usen tanto parte de los enfoques del desarrollo nativo como del desarrollo web. La aplicación híbrida se ejecutará en el marco de un contenedor nativo y utilizará el motor del navegador para mostrar la interfaz de la aplicación, basada en HTML y JavaScript. Con el contenedor nativo, la aplicación podrá acceder a las prestaciones del dispositivo a las que las aplicaciones web no pueden acceder, como son el acelerómetro, la cámara y el almacenamiento local de un teléfono inteligente (IBM, 2012).

Desarrollo híbrido mixto: Es posible mejorar el enfoque del desarrollo híbrido debido a que se desarrollan aplicaciones que utilizan un contenedor para acceder a las prestaciones del dispositivo al mismo tiempo que puede aprovechar otros componentes nativos y específicos de la plataforma, como bibliotecas o elementos específicos de la interfaz de usuario, para mejorar la aplicación móvil (IBM, 2012).

El desarrollo de aplicaciones móviles al igual que las aplicaciones de escritorio o web tienen fases/etapas de desarrollo independientemente de la categoría a la que pertenezcan, a continuación se listan las fases del desarrollo de las aplicaciones móviles:

- **Planificación:** En esta fase el objetivo es distribuir el tiempo y los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, ya sea en una planificación total o en varias planificaciones más divididas.

- **Toma de requisitos:** Como en todo proyecto de software, es necesario conocer los requisitos tanto los funcionales como los no funcionales (Gacitúa B., 2003). En lo referente a los requerimientos no funcionales, se debe tener muy presente aspectos relacionados con el uso como, por ejemplo:
 - ¿Quién va a ser el usuario?
 - ¿En qué momento se va a utilizar la aplicación?
 - ¿Qué requerimientos mínimos de hardware son requeridos?
 - ¿Es necesario gestionar el modo "en línea" y "fuera de línea"?
 - ¿Deben existir datos de terceros? (desde un mapa, hasta datos del propio dispositivo).
- **Especificación y diseño:** A diferencia de lo que sucede con otras fases del desarrollo de aplicaciones, la especificación no tiene grandes diferencias con respecto a las aplicaciones de sobremesa normales. Únicamente hay que tener en cuenta que, en muchas ocasiones, la fase de especificación se solapa con la del diseño (Gacitúa B., 2003).
- **Implementación y pruebas:** La implementación de aplicaciones para dispositivos móviles se asemeja mucho a la del resto de aplicaciones, aunque, es común que sean aplicaciones más pequeñas, o con ciclos de desarrollo más cortos que las aplicaciones tradicionales. Esto se debe tanto a la propia naturaleza de la aplicación como a las necesidades del mercado que demanda conseguir prototipos o pruebas de concepto rápidas (Gacitúa B., 2003).

Usabilidad de Aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual

Para explicar la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual, es primordial entender qué es la usabilidad, cual es el nexo entre usabilidad y aplicación móvil, cuales son las métricas implicadas, y por otro lado cuales son las necesidades de los usuarios con discapacidad visual, por lo tanto a continuación extendemos la explicación.

Usabilidad: Formalmente, la definición más utilizada o reconocida de usabilidad es la que se expone en la norma ISO 9241-11¹, en la cual usabilidad

¹ ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – part 11: Guidance on usability.

se describe como el grado con el que un producto puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción, en un contexto de uso específico (ISO, 1998) .La definición relaciona la usabilidad con los siguientes atributos:

- **Efectividad:** Está vinculada con la precisión y completitud con la que los usuarios utilizan la aplicación para alcanzar objetivos específicos, cuyos indicadores son: (1) la calidad de la solución y (2) la tasa de errores.
- **Eficiencia:** Es el nexo entre efectividad y el esfuerzo, es decir, a menor cantidad de esfuerzo o recursos, mayor eficiencia, sus indicadores son (1) tiempo de finalización de tareas y (2) tiempo de aprendizaje.
- **Satisfacción:** Es el grado de satisfacción del usuario al utilizar la aplicación para alcanzar objetivos específicos. La satisfacción es un atributo subjetivo.

Jakob Nielsen, define usabilidad en términos de cinco atributos: *facilidad de aprendizaje, eficiencia, memorabilidad, errores y satisfacción* (Nielsen, 1992), por lo tanto, diferentes percepciones de usabilidad dan origen a una variedad de estructuras de medidas, estas estructuras definen los atributos y sus métricas asociadas, siendo métrica un valor numérico o nominal asignado a características o atributos de un objeto computado a partir de un conjunto de datos observables y consistentes con la intuición (DeMarco T. , 1986).

La tabla 2 muestra atributos de usabilidad con sus correspondientes métricas los cuales permiten cuantificarlos para conocer la usabilidad de una aplicación.

Tabla 2**Atributos y métricas asociadas obtenido de (Enriquez & Casas)**

Atributos	Métricas
Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Tareas resueltas en un tiempo limitado. • Porcentaje de tareas completadas con éxito al primer intento. • Número de funciones aprendidas
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo empleado en completar una tarea. • Número de teclas presionadas por tarea. • Tiempo transcurrido en cada pantalla. • Eficiencia relativa en comparación con un usuario experto. • Tiempo productivo
Satisfacción	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de dificultad. • Agrada o no agrada. • Preferencias.
Facilidad de Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo usado para terminar una tarea la primera vez. • Cantidad de entrenamiento. • Curva de aprendizaje.
Memorabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Número de pasos, clicks o páginas usadas para terminar una tarea después de no usar la aplicación por un periodo de tiempo.
Errores	<ul style="list-style-type: none"> • Número de errores
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de palabras por página. • Cantidad total de imágenes. • Número de páginas
Accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de letra ajustable. • Cantidad de imágenes con texto alternativo
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Control de usuario. • Número de incidentes detectados. • Cantidad de reglas de seguridad
Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Grado con que se desacopla el software del hardware. • Nivel de configuración.
Contexto	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de conectividad. • Ubicación. • Características del dispositivo

Diversos estándares y modelos para cuantificar y evaluar la usabilidad se han propuesto en la Interacción Humano-Computador (HCI, por sus siglas en inglés Human-Computer Interaction) y en las comunidades de Ingeniería de Software. A

pesar de ello, no ha sido posible definir a la usabilidad de manera consistente a través de estos estándares y modelos, aún no se define una guía precisa sobre los atributos, métricas y reglas a utilizar en la medición de usabilidad de una aplicación, tampoco de cómo seleccionar y medir aspectos de la misma (Ahmed, Mohammad, Rex, & Harkirat, 2006).

Con la aparición, el uso masivo y el **crecimiento de los dispositivos móviles** especialmente los Smartphones **la medición de usabilidad en aplicaciones móviles** se ha convertido en un tema de investigación. Los métodos y métricas actualmente utilizados para evaluar la usabilidad pueden no ser directamente aplicables a este tipo de aplicaciones (Enriquez & Casas), debido a que originalmente fueron creados para aplicaciones de escritorio, no pueden ser adecuados o apropiados a entornos móviles (Zhang & Adipat, 2005).

Del enunciado anterior se entiende que la medición de usabilidad de una aplicación representa un gran desafío, pero un desafío mayor y escasamente indagado es la medición de usabilidad de las aplicaciones móviles para personas no videntes. Este grupo de usuarios ha sido excluido del desarrollo de aplicaciones móviles debido a que las aplicaciones móviles existentes en su mayoría han sido creadas para usuarios sin algún grado y/o tipo de discapacidad.

Las personas con discapacidad visual, por su condición, perciben el entorno de distinta manera que las personas que no tienen ningún tipo de discapacidad, esta singularidad debería ser apreciada por los desarrolladores al momento de crear aplicaciones móviles.

A través de una breve revisión de literatura, se identificó que son escasos los estudios relacionados con la usabilidad de aplicaciones móviles para personas no videntes, mientras que las barreras a las que se enfrentas este grupo de usuarios al tratar de utilizar aplicaciones móviles son abundantes (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009). Esta interrogante es el tema central de la presente investigación, en la que se pretende hallar el estado del arte de la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual mediante un Mapeo Sistemático de Estudios.

2.2.6 Hipótesis

La ejecución de un Mapeo Sistemático de Estudios, permitirá interpretar y descubrir el estado del arte de la Usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

Señalamiento de Variables

Variable independiente: Mapeo sistemático de Estudios

Variable dependiente: Usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual

Para cumplir con la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, se seguirá la metodología de SMS, la ejecución de cada fase junto con las actividades realizadas serán descritas en los siguientes capítulos de la presente tesis.

CAPÍTULO III

PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MAPEO SISTEMÁTICO DE ESTUDIOS

En este capítulo se detallará la primera etapa del SMS, la cual está formada por las siguientes actividades: (1) Identificación de la necesidad del SMS, (2) Especificación de las preguntas de investigación, (3) Definición de la estrategia de búsqueda y finalmente la (4) Definición de criterios de inclusión y exclusión. Las actividades mencionadas son sumamente importantes debido a que son un sustento para el desarrollo de las próximas fases del SMS. Posterior a ello, con la información obtenida se procede a iniciar la etapa de ejecución, que se explicará más adelante.

3.1 Necesidad de la investigación

El estudio de criterios, métricas y métodos que permitan evaluar la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual ha sido un tema escasamente abordado, dado que, como se expuso en la problemática y justificación de la presente investigación, las actuales aplicaciones móviles han sido desarrolladas para el común individuo de la sociedad, sin tomar en cuenta las necesidades y requerimientos de usuarios no videntes (Kulpa & Amaral, 2014).

Mediante un SMS se desea identificar el estado del arte de la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual, con el fin de conocer cuáles son las métricas o criterios de usabilidad que son aplicados durante el desarrollo de este tipo de aplicaciones y así, en un futuro contribuir con los desarrolladores de aplicaciones móviles quienes podrían aplicar los resultados encontrados en la presente investigación para que sus aplicaciones puedan ser utilizadas por este tipo de usuarios.

3.2 Definición de las Preguntas de Investigación

Esta actividad es de suma importancia, debido a que las preguntas planteadas impulsan toda la metodología del SMS (Kitchenham & Charters, 2007) dado que los procesos de búsqueda, extracción y análisis de datos se enfocan primordialmente en dar respuesta a las preguntas planteadas y así cumplir con el objetivo del SMS.

Para verificar el cumplimiento del objetivo de la presente investigación se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- **RQ1:** ¿Cuáles son los elementos y actividades propuestos en los modelos de desarrollo de aplicaciones móviles orientados a personas con discapacidad visual desde la perspectiva de la usabilidad?
- **RQ2:** ¿Qué criterios de usabilidad son pertinentes para que el desarrollo de aplicaciones móviles satisfaga los requisitos de los usuarios con discapacidad visual?
- **RQ3:** ¿Qué características deben poseer los dispositivos móviles en términos de hardware, para que el usuario no vidente interactúe de forma sencilla con los dispositivos móviles?
- **RQ4:** ¿Cuáles son los recursos de interacción que se emplean para el ingreso y salida de información en las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual?
- **RQ5:** ¿Qué elementos deben considerarse en el diseño de la interfaz de un aplicativo móvil para usuarios con discapacidad visual?
- **RQ6:** ¿Cuáles son las herramientas, modelos y pruebas utilizadas para evaluar la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual?

3.3 Definición de la Estrategia de Búsqueda

Para elaborar el SMS es necesario determinar y seguir una estrategia de búsqueda adecuada. En la presente investigación, la estrategia de búsqueda está formada por las actividades que a continuación se mencionan: (1) conformación del grupo de control, (2) construcción de la cadena de búsqueda y (3) búsqueda de los estudios candidatos. Se puede apreciar de manera gráfica en la figura 4.



Figura 3. Estrategia de Búsqueda de Estudios

La **conformación del grupo de Control** es una etapa en la cual se recopila un conjunto de estudios que responden a las particularidades del tema del SMS. La conformación del grupo de control tiene como propósito determinar términos claves que posteriormente serán utilizados para definir las cadenas de búsqueda del SMS, lo cual garantiza una adecuada cobertura literaria, precisamente por la variedad de palabras claves que se manejan (Zhang & Di, 2011). Los estudios que conforman el grupo de control pueden o no formar parte de los estudios primarios, dado que para ser considerados como estudios primarios requieren formar parte de un proceso de selección más complejo.

El grupo de control de la presente tesis está formado por ocho estudios los mismos que cumplen con los criterios de búsqueda alienados al objetivo de la presente investigación. En la sección de Anexos, la tabla A.1 muestra los estudios que forman el grupo de control con sus respectivos términos clave.

La **construcción de la cadena de búsqueda**, en esta actividad se realizó un análisis de cada estudio a nivel de título, resumen y palabras claves para identificar términos que sirvieron de base para elaborar las cadenas de búsqueda. Luego de identificar los términos y palabras clave por estudio, surgió la necesidad de distinguir qué términos deberían conformar la cadena de búsqueda, para este fin, se listaron los términos obtenidos de cada estudio para validar la cantidad de veces que se manifestaban en los estudios del grupo de control y así emplearlos en la cadena de búsqueda. Con los términos de mayor incidencia junto con los operadores lógicos

AND para añadir nuevos términos y OR para añadir sinónimos se formaron varias cadenas de búsqueda las cuales fueron analizadas en la base de datos digital SCOPUS.

Tras efectuar de varias iteraciones y variaciones en la elaboración de la cadena de búsqueda, en la que se efectuaban cambios para refinar la última cadena aplicada y de esta manera obtener un número no tan extenso y a la vez no tan pequeño de estudios que permitan satisfacer el objetivo de la investigación (ver Apéndice A.3); y que además permitiera recuperar la mayoría de los estudios que conforman el Grupo de Control, se obtuvieron diez cadenas, tal como se observa en la tabla 3 la cual muestra la cantidad de estudios recuperados por cadena de búsqueda :

Tabla 3
Estudios recuperados por cadena de búsqueda

<i>Cadena</i>	<i>N° Estudios</i>	<i>Estudios recuperados Grupo de Control</i>
CD1	298	EC1, EC3, EC4, EC6
CD2	289	EC1, EC3, EC4, EC6
CD3	341	EC1, EC3, EC4, EC6
CD4	648	EC1, EC3, EC4, EC6, EC8
CD5	371	EC1, EC3, EC4, EC6, EC8
CD6	382	EC1, EC3, EC4, EC6, EC8
CD7	365	EC1, EC3, EC4, EC6, EC8
CD8	346	EC1, EC2, EC3, EC4, EC6, EC8
CD9	140	EC1, EC2, EC4, EC6, EC8
CD10	57	EC2, EC3, EC4, EC6, EC8

Las tres primeras cadenas de búsqueda fueron descartadas porque permitían recuperar cuatro de ocho estudios del grupo de control y a pesar de que la cantidad de estudios obtenidos no era muy elevada, los estudios recuperados trataban de otras temáticas que no aportaban al tema de investigación.

Con las cadenas: 4, 5, 6,7 se recuperaron cinco estudios, pero los estudios recuperados continuaban sin tener relación al tema de investigación, a partir de la cadena 8 se modificó la estructura de la cadena de búsqueda y se obtuvieron nuevos resultados; el número de estudios se redujo drásticamente. La cadena **CD10** permitía recuperar cinco de ocho estudios y entregaba 57 artículos acordes con el objetivo de la búsqueda, motivo por el cual fue elegida para el desarrollo de la presente investigación.

Es necesario referir que dos estudios del grupo de control no se encontraban en la base de Scopus, motivo por el cual era impracticable tratar de recuperarlos con las cadenas de búsqueda.

- **EC5:** Smartphone Accessibility Application for Visually Impaired International Journal of Research in Advent Technology, Vol.2, No.4, April 2014 E-ISSN: 2321-9637
- **EC7:** Usability Issues of Smart Phone Applications: For Visually Challenged People World Academy of Science, Engineering and Technology: International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering Vol: 8, No:5, 2014.

La **búsqueda de estudios candidatos** se realiza seguidamente de la obtención de la cadena de búsqueda, en esta actividad se debe configurar cada base digital de acuerdo a las siguientes restricciones:

- **Motores de Búsqueda:** Como motores de búsqueda para la presente investigación se eligieron las bases digitales: Springer, Scopus y ACM
- **Fuentes de Publicación:** Se consideraron fuentes fiables tales como: artículos de conferencia internacionales, capítulos de libros publicados, artículos de revistas científicas, journals que puedan ser accedidos por medio de la web y por medio de las bases de datos a las que se encuentra suscrita la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- **Idioma:** Se consideraron únicamente estudios en idioma inglés
- **Método de búsqueda:** La cadena de búsqueda fue adaptada a cada base de datos digital, debido a que cada repositorio posee de una sintaxis de búsqueda propia.

Tras obtener la adaptación de la cadena de búsqueda para cada base digital, se elaboró un listado de estudios candidatos, es decir, un listado formado por todos los estudios recuperados de cada repositorio. En la base de datos Springer, el número de estudios recuperados era elevado por lo que se aplicó el filtro a la categoría “Computer Science”, de esta manera disminuyó el número de estudios y permitió descartar aquellos que no estaban acordes al tema de investigación.

3.4 Definición de los criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión están asociados con el objetivo de la investigación y permiten identificar si los estudios deben ser o no tomados en cuenta en la misma.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión planteados para el presente SMS son los siguientes:

- El artículo describe información sobre la usabilidad de aplicaciones móviles sin importar la plataforma de desarrollo de las mismas, siempre que sean orientadas a usuarios no videntes.
- El artículo describe información sobre métodos o modelos de usabilidad utilizados para desarrollar aplicaciones móviles exclusivamente para usuarios no videntes.
- El artículo revela resultados de prototipos/aplicaciones móviles multiplataforma utilizados por usuarios con discapacidad visual que permiten identificar nuevos criterios de usabilidad.
- El artículo describe las dificultades a las que el usuario no vidente se enfrenta al utilizar una aplicación móvil y las posibles soluciones que pueden mejorar la usabilidad de tales aplicaciones.

Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión definidos para el presente SMS son los siguientes:

- Artículos que no hagan referencia a la usabilidad de aplicaciones móviles para usuarios no videntes.
- Artículos que muestren información sobre criterios de usabilidad de aplicaciones para personas no videntes pero que no se orienten al desarrollo móvil.
- Artículos que traten únicamente de aspectos de hardware de dispositivos móviles y que no mencionen aspectos de usabilidad de aplicaciones móviles.
- Artículos que estén en un idioma diferente al inglés.

Tras finalizar la etapa de estrategia de búsqueda se obtuvo un listado de estudios candidatos y se definieron los criterios de inclusión y exclusión; con la información obtenida se procede a iniciar la etapa de ejecución, esta etapa está formada por tres actividades (1) Depuración de estudios Candidatos, (2) Selección de estudios, (3) Selección de estudios Primarios. La etapa de ejecución se puede observar gráficamente en la figura 5:



Figura 4. Proceso de selección de estudios primarios

3.5 Depuración de Estudios Candidatos

La depuración de estudios candidatos principia con la depuración de los estudios obtenidos de cada repositorio digital, luego se efectúa una validación cruzada de coincidencias de dos en dos bases digitales con el objetivo de identificar estudios duplicados, ya sea porque son estudios con títulos diferentes pero con contenido similar o porque un estudio se recupere de dos o más repositorios simultáneamente. Como resultado se obtienen listados depurados de estudios candidatos por cada base de datos bibliográfica; la actividad es validada por dos investigadores. (Fonseca, 2014).

La depuración de estudios candidatos de la presente investigación, manifestó la existencia de 1 estudio duplicado en el grupo obtenido de Scopus, 4 en el grupo de Springer y 2 en el grupo de ACM. Además, luego de realizar la depuración cruzada se encontraron 19 estudios coincidentes entre los distintos repositorios digitales, 4 estudios repetidos entre Scopus y ACM, 12 entre Scopus y Springer y 3 entre Springer

y ACM. En la figura 6 se muestran las coincidencias encontradas tras la depuración de estudios candidatos.

3.6 Selección de Estudios

Luego de realizar la depuración de estudios candidatos se procede con la selección de estudios, este proceso es realizado individualmente por cada investigador. En esta actividad el investigador analiza cada uno de los estudios candidatos de cada grupo a nivel de título, abstract y palabras claves y selecciona a aquellos que estima que cumplen con las características de busca la revisión (Fonseca, 2014). Finalmente, los investigadores realizan una validación cruzada por cada grupo de estudios para confirmar las coincidencias de los estudios seleccionados y en los casos de desacuerdo, se delibera sobre la inclusión o no de dichos estudios. El resultado de esta actividad es un listado por cada base digital formado por los estudios seleccionados. (Fonseca, 2014).

En el presente SMS, el proceso de selección de estudios se realizó por tres investigadores: Ing. Priscila Rodríguez quién por conocer del tema en cuestión colaboró con la selección de estudios, Ing. Rodrigo Fonseca, tutor de la presente tesis, e Ivette Ramos, autora de la presente investigación. Se obtuvo como resultado un total *de 45 estudios seleccionados* y se *descartaron 411*. En lo que respecta a la extracción de los 45 estudios seleccionados, los investigadores estuvieron de acuerdo al seleccionar 40 artículos y desacuerdo en 5. Mientras que en los estudios descartados se obtuvo un acuerdo en 379 estudios y un desacuerdo en 32

De manera general, la tarea de selección de estudios incluyendo los seleccionados y los descartados alcanzó el 91.89% de acuerdo entre los investigadores y 8.11% de desacuerdo, estas cifras evidenciaron que todos los investigadores estaban alienados con el objetivo de la investigación. Es necesario mencionar que los estudios de los repositorios Springer y ACM en su mayoría no estaban alineados al objetivo de la investigación, motivo por el cual el número de estudios descartados fue elevado.

3.7 Selección de estudios Primarios

En esta etapa se genera una lista unificada con todos los estudios seleccionados. Posterior a ello, se trata de recopilar la mayor cantidad estudios seleccionados, esto es

condicionado por el nivel de acceso a las distintas bases digitales (Fonseca, 2014). Tras obtener los estudios seleccionados, se analiza detalladamente cada uno, aplicando los criterios de inclusión y exclusión definidos previamente; los estudios que cumplen con los criterios de inclusión y que a su vez están alineados con el objetivo de la investigación forma parte de la lista de estudios primarios. Finalmente la lista de estudios primarios es verificada por un segundo investigador.

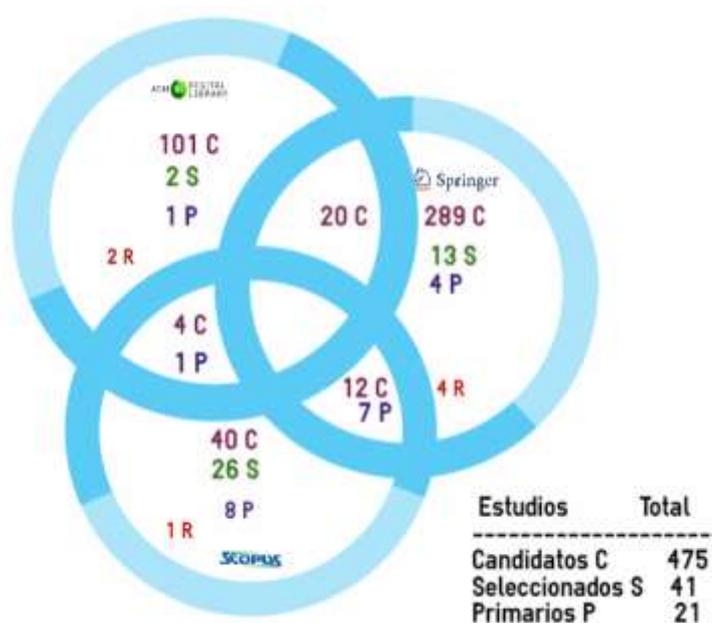


Figura 5. Distribución de Estudios Candidatos, Seleccionados y Primarios

En el presente SMS, del total de estudios seleccionados (45), se eligieron 11 estudios primarios, se descartaron 30 estudios, y no se analizaron 4 debido a que uno se encontraba en otro idioma y los 3 restantes fueron inasequibles. En la figura 7 se muestra un resumen del análisis de los estudios.

Estudios	Cantidad	Porcentaje
Seleccionados	45	100%
Descartados	20	44%
No analizados	4	9%
Primarios	21	47%

Figura 6. Selección de Estudios Primarios en Valores

Luego de obtener los estudios primarios, como próximo paso, se debe realizar la extracción de los datos y síntesis de resultados, este proceso se explicará detalladamente en el próximo capítulo de la presente investigación.

CAPÍTULO IV

EXTRACCIÓN Y SÍNTESIS DE RESULTADOS

4.1 Extracción de Resultados

Los resultados de un SMS se sustentan en la información obtenida de los estudios primarios, esta información es la más relevante y debe estar alineada a los objetivos de la investigación. Con el propósito de obtener dicha información se propuso un proceso estructurado de extracción de información que incluye las siguientes actividades: (1) Extracción de las características generales de los estudios primarios y (2) Extracción de características específicas acorde a las preguntas de investigación, tal como se observa en la figura 8. El proceso de extracción es realizado por un investigador y validado por un segundo investigador.



Figura 7. Proceso de Extracción de Datos

La extracción de las características generales se refieren a detalles universales de los estudios primarios, tales como autor, disciplina a la que pertenece, año de publicación, entre otras; mientras que la extracción de características específicas se refieren a particularidades propias de cada estudio como por ejemplo: criterios de

usabilidad empleados por los desarrolladores de aplicaciones móviles, tipos de evaluaciones de usabilidad, etc.

Mediante la elaboración de (1) listados de resumen por cada estudio primario y el empleo de (2) cuadros de relación estudio-pregunta (Ver anexo A.2) se extraerán las características generales y específicas de los estudios primarios, para posteriormente realizar la síntesis de los resultados del SMS y en base a ello definir el estado del arte de la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

A continuación se presentan los resúmenes de cada uno de los estudios primarios:

EP1 (Siebra et al., 2015): Usability Requirements for Mobile Accessibility: A Study on the Vision Impairment

El objetivo de la investigación fue identificar los requisitos de usabilidad de las aplicaciones de accesibilidad móvil, dado que, como cualquier requisito no funcional, la usabilidad debe ser mapeada en un conjunto de requisitos funcionales que tienden a estar asociados con varios módulos de la aplicación. Para ello, los autores clasificaron los distintos tipos de discapacidades, dado que, diferentes tipos de discapacidad requieren de diferentes requisitos. Luego realizaron una identificación de documentos tanto técnicos como científicos de fuentes académicas y comerciales, en total analizaron 247 papers. Finalmente, como resultado del análisis los autores elaboraron **una lista de verificación de requisitos**; esta lista puede ser utilizada para evaluar la accesibilidad de las aplicaciones móviles con el objetivo de atribuir un nivel de usabilidad a dichas aplicaciones. Además, los autores utilizan la lista de verificación como una guía para el desarrollo de aplicaciones móviles.

Del total de estudios analizados los autores recopilaron 36 requerimientos de accesibilidad para los diferentes tipos de discapacidad. En lo que concierne a problemas de visión como ceguera o visión limitada hallaron 13 requerimientos aplicables para usuarios con discapacidad visual.

A continuación se muestran los requerimientos hallados:

- R1: Se debe escuchar el nombre del carácter que está siendo ingresado
- R2: los nombres de los elementos e imágenes de la pantalla deben ser escuchados cuando son tocados o seleccionados.
- R3: se debe proporcionar una retroalimentación clara para todas las acciones/interacciones a través de retroalimentación táctil, voz y/o sonidos de eventos.
- R4: deben ser consideradas las estrategias de lectores de Pantalla.
- R5: El sistema debe proporcionar un botón de inicio táctil, discernible que asegure que puede ser identificado rápido y fácilmente en cualquier teclado de control táctil, para permitir a los usuarios orientarse dentro de la interfaz.

En dispositivos de pantalla táctil esta tecla puede ser representada por algún comando inicial para empezar el funcionamiento del dispositivo o por alguna acción en algún elemento de la interfaz.

- R6: la pantalla táctil debe inicializarse en cualquier posición de la pantalla.
- R7: el sistema debe proveer documentación en diversas formas, utilizando fuentes de letra grandes, sin serigrafía, con buen formato, proporcionando alternativas para presentar la información en diferentes colores.
- R8: el sistema debe asegurara que la percepción del texto e imágenes también pueda ser entendida sin el uso de colores.
- R9: el uso de aplicaciones no debe modificar la configuración del sistema operativo. Esto significa que la aplicación debe mantener la fuente, el tamaño, el color y otras configuraciones, que son definidas por los usuarios.
- R10: EL sistema debe presentar un amplificador de pantalla y la posibilidad de limitar el máximo zoom, sin pérdida de características de la configuración de la pantalla (posición de iconos, etc).
- R11: el sistema debe proveer equivalencias textuales claras para evitar errores cuando los textos se leen en pantalla. Esto significa que, si se están utilizando otros medios (por ejemplo, imágenes, fotos, botones, animaciones, mapas, películas o sonidos), estos medios deben traducirse a una descripción textual que proporcione la misma idea o semántica.

- R12 - El sistema debe proporcionar controles de brillo / contraste / color ajustables. Esta función cambia el color de primer plano / fondo de la pantalla y modifica el brillo para satisfacer las necesidades individuales.
- R13 - El sistema debe proporcionar alertas de información por otros canales de comunicación más allá de la visual.

El desarrollo de aplicaciones móviles en su mayoría no considera requisitos de usabilidad para personas con algún tipo de discapacidad. Las iniciativas de generar directrices para el desarrollo de aplicaciones móviles accesibles son recientes; varios enfoques presentan solo sugerencias, afortunadamente ya se encuentran algunos esfuerzos para cubrir esta falencia. En lo que respecta a la discapacidad visual, los requerimientos encontrados por los autores proporcionan una idea de las principales falencias de usabilidad en las aplicaciones móviles para personas con problemas visuales.

EP2 (Choi & Hong): User Requirements for Camera-Based Mobile Applications on Touch Screen Devices for Blind People

Los autores presentan algunos requisitos para el desarrollo de aplicaciones móviles basadas en el uso de la cámara y pantalla táctil de los dispositivos móviles para personas con discapacidad visual. Ellos distinguen que las aplicaciones basadas en el uso de la cámara del dispositivo móvil ofrecen dos funciones: la de cámara y la de configuración o ayuda. Realizaron una prueba de usabilidad para una aplicación de lectura de color desarrollada en la plataforma Android en la cual participaron 5 personas con discapacidad visual de las cuales sólo un participante había utilizado previamente un dispositivo de pantalla táctil, y todos habían usado la función de lectura de pantalla en sus computadores personales por más de 8 horas por día. En las pruebas, pidieron a los participantes que evaluaran tres tipos diferentes de interfaces de la aplicación con el fin de identificar las necesidades y preferencias de los usuarios.

Los participantes luego de utilizar la aplicación contestaron un **cuestionario** para identificar los requerimientos de usuario y preferencias. Los resultados de las pruebas de usabilidad mostraron:

- Los usuarios sentían mayor comodidad al emplear menús de pocos elementos, es decir, menús sin submenús.
- La aplicación de lectura de color era relativamente simple de usar, por lo que la ayuda de audio inicial compacta pero específica era suficiente para que los usuarios utilicen la aplicación.
- Los usuarios deseaban que la función de lector de pantalla soportada por el sistema operativo del dispositivo móvil se desactivara mientras la aplicación de lectura de color estaba funcionando, ya que era difícil para los usuarios identificar la retroalimentación de audio de las aplicaciones simultáneamente.
- Los usuarios requerían retroalimentación táctil para identificar el límite de la pantalla táctil del dispositivo, dado que, por lo general en la parte inferior de los dispositivos móviles inteligentes hay tres botones (menú, inicio y anterior) que no pueden ser identificados por las personas ciegas.

El trabajo de los autores da a conocer ciertos requerimientos propios de usuarios no videntes que pueden ayudar a mejorar la accesibilidad y usabilidad de una aplicación móvil, estos requerimientos hacen referencia al diseño de interfaz y forma de interacción entre el usuario no vidente y el dispositivo móvil.

EP3 (De Mendonça & Thomaselli): A-CitizenMobile: A Case Study for Blind Users

Los autores desarrollaron una aplicación móvil para personas no videntes, la cual integra varias aplicaciones gubernamentales, es decir, por medio de la aplicación móvil el usuario no vidente podría acceder a la información de distintas entidades gubernamentales.

Para el estudio emplearon un teléfono con teclado tipo T9, el cual ofrecía una interacción mediante las teclas de llamar, colgar, el botón circular para seleccionar y navegar entre las opciones del menú como se observa en la imagen que se muestra a continuación. La aplicación contó con una combinación entre retroalimentación auditiva y dos tipos de vibración, una fuerte para selección y otra débil para navegación del menú, de esta manera los usuarios obtenían mayor facilidad para interactuar además, durante el desarrollo de la aplicación los autores identificaron que para

personas con distintos grados de visión, el utilizar colores que contrasten entre sí los ayudaba a visualizar de mejor manera la interfaz de la aplicación.

Finalmente, la aplicación fue probada por un grupo de usuarios no videntes y con baja visión, los participantes eran de distintas edades y experiencia en el uso de tecnologías móviles, luego de utilizar la aplicación respondieron a un **test** para saber que opinaban sobre **la usabilidad , calidad y satisfacción** que experimentaron al utilizar la aplicación móvil. Para conocer la usabilidad de la interfaz, al final de toda la interacción entre el usuario y el aplicativo, los autores aplicaron las preguntas de la Escala de Usabilidad del Sistema, **SUS**, (por sus siglas en inglés, System Usability Scale) y obtuvieron que en promedio la aplicación obtuvo un 86.6 en la Escala, evidenciando que la aplicación era usable por sus usuarios objetivo.

Luego del trabajo realizado, los autores identificaron que los usuarios no videntes ayudan a los diseñadores a realizar pruebas sobre prototipos y así obtener retroalimentación temprana con nuevas ideas para mejorar la interacción. El incluir usuarios no videntes en la etapa de desarrollo de las aplicaciones móviles permite mejorarlo, ya que esto implica reducción de costos por mejoras al final de la aplicación y mayor grado de satisfacción del usuario en términos de usabilidad y accesibilidad.

EP4 (Kane, Jayant, et all): Freedom to Roam: A Study of Mobile Device Adoption and Accessibility for People with Visual and Motor Disabilities

El estudio hace énfasis en encontrar cuáles son los problemas de accesibilidad a los que se enfrentan las personas con discapacidad, ya sea, visual o motora al utilizar dispositivos móviles. Los autores realizaron un análisis en base a la experiencia de 20 participantes con distintos tipos de discapacidad (visual y motora) quienes diariamente reportaban los problemas de accesibilidad a los que se enfrentaban en base a su experiencia en el día a día, ya sea dentro de sus hogares o en la calle durante una semana.

Los resultados de las entrevistas mostraron que en lo referente a teléfonos móviles los usuarios con problemas visuales frecuentemente usaban teléfonos diseñados para los usuarios en general, es decir, sin ningún tipo de discapacidad, ya que los teléfonos diseñados para usuarios no videntes por tener funciones propias de

estos usuarios son más caros. Los usuarios no videntes prefieren dispositivos con diseños familiares, botones táctiles y función de habla.

Los autores, (Kane, Jayant, Wobbrock & Ladner), encontraron que la mayoría de participantes se enfrentaban a problemas de accesibilidad con los dispositivos móviles, y estos problemas se exacerbaban usando los dispositivos en diferentes ambientes. Los participantes usaron una variedad de estrategias de adaptación para intentar vencer los problemas de accesibilidad del dispositivo móvil, incluso emplearon la memorización de funciones del dispositivo y personalización del mismo.

De los resultados obtenidos, los autores presentan recomendaciones para aumentar la accesibilidad de dispositivos móviles para personas con discapacidad (visual y motora) haciendo énfasis en potencializar las opciones para personalización del dispositivo y adaptación automática de las interfaces de usuario ante cambios ambientales.

EP5 (Saenz & Sánchez): Indoor Position and Orientation for the Blind

El paper trata sobre el estudio y diseño de una interfaz móvil para identificar la posición y orientación de personas ciegas en ambientes cerrados, PYOM (Mobile Position and Orientation System) software, el cual sigue la arquitectura cliente (PYOM) – servidor (ServerPYOM). Los autores se percataron de varios aspectos que deben ser considerados en el momento en que se diseña una aplicación orientada a usuarios no videntes, para ello interrogaron a cuatro participantes con problemas de visión para conocer los problemas y limitaciones a los que se enfrentan este grupo de usuarios al tratar de movilizarse en espacios cerrados, con los resultados obtenidos diseñaron la interfaz del software PYOM y el ServerPYOM.

La aplicación ServerPYOM contiene la información necesaria para proveer al usuario no vidente los requerimientos de orientación y localización a través de la interacción con el dispositivo PocketPC². Los autores realizaron dos pruebas de usabilidad, de la evaluación inicial de encontraron que el mejor método de orientación

² Pocket PC es una especificación de hardware de Microsoft para un pequeño dispositivo portátil que utiliza el sistema operativo Windows Mobile de Microsoft.

para usuarios no videntes es la metáfora del reloj, además descubrieron que la versión evaluada de software no proveía suficiente información al usuario, gracias a ello, rediseñaron la interfaz para proveer a los usuarios de información más precisa y con mayor detalle.

Para la evaluación de usuario final, los autores utilizaron el cuestionario de usabilidad de Software para niños ciegos elaborado por Sánchez (Sánchez, End-user and facilitator questionnaire for Software Usability., 2003), el cual está formado por 18 oraciones en las que el usuario debe aplicar una escala cuantitativa entre valores de 1 (poco) a 10 (mucho); el cuestionario fue agrupado en tres categorías: Satisfacción, Control & Uso, y Sonidos. Además emplearon un cuestionario de evaluación con 10 preguntas abiertas.

Los autores aplicaron los cuestionarios a 5 participantes no videntes, los resultados mostraron que todas las categorías alcanzaron puntajes altos dando a notar que el software fue calificado como fácil de usar.

Para el proceso de diseño y desarrollo los autores se basaron en la metodología centrada en el usuario, es decir, cada etapa de desarrollo, la aplicación fue utilizada por usuarios no videntes, evidenciando problemas de diseño y permitiendo solucionarlos, por tal motivo los resultados de evaluación de usabilidad fueron positivos lo que permitió constatar que la aplicación fue accesible y usable por usuarios no videntes. Al involucrar a los usuarios no videntes en el desarrollo del sistema, los autores consiguieron eliminar problemas de accesibilidad de tal manera que aumentaron la usabilidad de la aplicación.

EP6 (Sánchez): Mobile Audio Navigation Interfaces for the Blind

En este estudio el autor presenta una **evaluación de usabilidad** aplicada a cuatro aplicaciones móviles desarrolladas con interfaces de audio para usuarios no videntes; las aplicaciones evaluadas tenían como objetivo ayudar en la movilidad y orientación de usuarios no videntes en ambientes reales.

La interfaz de cada aplicación fue evaluada por participantes de diferentes edades, género y grados de ceguera además se validó que en todos los casos, los

usuarios fueran capaces de interactuar con las aplicaciones móviles de manera independiente.

Los participantes de la evaluación manifestaron que el diseño de las interfaces y el modelo de interacción a través de un dispositivo móvil fueron apropiados para usuarios con discapacidad visual. Los usuarios evaluados mostraron fácil adaptación y aprendizaje de las señales de audio emitidas durante **la interacción con el software de cada aplicación**, además el modelo de interacción y la metáfora de reloj fueron entendidas sin mayores contratiempos.

Aparte de los importantes resultados de usabilidad, la evaluación se convirtió en una oportunidad para detectar problemas y oportunidades para mejorar el diseño de la aplicación, así como para corregir los errores de programación y de modelado del software.

EP7 (Jhangiani & Smith): Comparison of Mobile Phone User Interface Design Preferences: Perspectives from Nationality and Disability Culture

En el presente estudio, los autores realizan una investigación para identificar las diferencias interculturales y las similitudes de las preferencias de los usuarios con discapacidad visual en torno a las características de los teléfonos móviles, para cumplir el objetivo, los autores organizaron a los participantes en cuatro grupos; los grupos incluían usuarios sin ninguna discapacidad aparente y usuarios con discapacidad visual, en cuanto a nacionalidad, intervinieron participantes de India y Estados Unidos.

El estudio se enfocó en que cada participante debía realizar cuatro tareas de manera independiente: realizar una llamada, enviar un mensaje, configurar el tono de llamada, almacenar un número en el teléfono; posterior a realizar las tareas los autores aplicaron cuestionarios de usabilidad a cada grupo de participantes, de los resultados se identificó que las preferencias de los componentes de la interfaz de los teléfonos móviles era diferente según la nacionalidad y el tipo de usuario.

Existían mayores requerimientos en cuanto a hardware por parte de usuarios de la India, y los resultados mostraron que los usuarios Estadounidenses tenían mayores expectativas del diseño de interfaz de la aplicación. Esto se puede entender

porque en Estados Unidos rigen leyes que tratan de asegurar el acceso a la información a todos los usuarios, incluyendo a las personas que poseen algún tipo de discapacidad.

Es perceptible que los usuarios con discapacidad visual tienden a padecer experiencias negativas al tratar de utilizar nuevas tecnologías, dado que son más susceptibles a emociones de frustración, ansiedad, elución entre otras.

El estudio permite evidenciar que las necesidades de usabilidad de los dispositivos móviles para personas con discapacidad son propios de cada nacionalidad en lo que a hardware respecta, y las necesidades de diseño de interfaz van de acuerdo al dispositivo utilizado. Los autores descubrieron que los usuarios no videntes tienen serios problemas de privacidad de su información.

P8 (Sánchez & Aguayo): Mobile Messenger for the blind

El estudio presenta un software móvil de mensajería instantánea que pretende ayudar a la interacción de usuarios no videntes con otros usuarios conectados a la red sin la necesidad de adaptar un dispositivo externo. El desarrollo del software en todas sus etapas estuvo acompañado por pruebas de evaluación de usabilidad exitosas durante el diseño de los prototipos antes de realizar el producto final.

Finalmente, luego de aplicar **las pruebas de usabilidad** a 9 usuarios no videntes de distintas edades y género, con diferente grado de ceguera, los autores realizaron varios cambios a la aplicación. Durante la evaluación los autores evidenciaron ciertos problemas, por ejemplo: (1) los usuarios no encontraban la posición de las teclas debido a que es un teclado virtual, para solucionar el problema colocaron marcas palpables alrededor de la pantalla y en el centro de la pantalla del dispositivo móvil.

(2) Existían usuarios que no tenían experiencia en el uso de dispositivos móviles y tenían la necesidad de entender el uso de un teclado virtual, para ello, los autores colocaron un teclado de caucho sobre la pantalla del dispositivo móvil para permitir al usuario no vidente interpretar el funcionamiento del teclado virtual.

El principal objetivo del estudio fue permitir a los usuarios no videntes utilizar software diseñado a medida que soporte modelos mentales propios de este grupo de

usuarios, además la posibilidad de que los usuarios con discapacidades visuales puedan escribir en la pantalla de un dispositivo móvil abre una oportunidad crítica para estos usuarios al tratar de minimizar la brecha de interacción entre usuarios ciegos y los dispositivos móviles.

EP9 (Mi, Cavuoto, Benson et al.): A heuristic checklist for an accessible smartphone interface design

La investigación se centró en el desarrollo y la aplicación de un proceso secuencial que incluía la obtención de requisitos, análisis y el desarrollo de directrices heurísticas que apoyen la participación significativa de los usuarios no videntes (NV) y con discapacidad de las extremidades superiores (DES). Los autores realizaron el trabajo en tres fases secuenciales, que en conjunto representaban un enfoque de métodos mixtos formados por la evaluación heurística, diseño participativo y pruebas de usabilidad.

En la primera fase, los autores realizaron una revisión exhaustiva de las normas existentes, directrices y requisitos de los usuarios NV y DES con respecto a la accesibilidad de los dispositivos móviles; de los resultados obtenidos, los autores extrajeron un conjunto de requisitos preliminares relacionados con el diseño de teléfonos con pantalla táctil, utilizando el diseño participativo integraron y transcribieron los resultados para crear una versión operativa de las directrices de diseño, para ello crearon un test con términos no técnicos para que los usuarios entiendan las preguntas .

La segunda fase incluyó tanto la evaluación heurística como la prueba de usabilidad, en la que aplicaron un conjunto de directrices a los prototipos de alta fidelidad producidos por un fabricante comercial. Esta fase tenía un objetivo: examinar si los prototipos satisfacían las necesidades y preferencias de los usuarios finales al utilizar un teléfono con pantalla táctil aplicando el conjunto de directrices de diseño obtenidas como criterio de la primera fase; y para: refinar y racionalizar las directrices de diseño identificadas sobre la base de los resultados de la evaluación heurística y las pruebas de usabilidad.

El propósito de la tercera fase fue la configuración de las guías de diseño finales en una lista de comprobación heurística para diseñar teléfonos inteligentes accesibles, que se podrían generalizar y aplicar a otros dispositivos móviles basados en pantalla táctil.

Finalmente, los autores obtuvieron una lista de verificación heurística formada por 44 preguntas, las cuales pueden ser utilizadas a manera de directrices para el diseño de dispositivos móviles, además puede utilizarse en la elaboración de diseño para sugerir cambios específicos para el rediseño de la interfaz de una aplicación móvil para personas con discapacidad visual.

EP10 (Costa & Gonçalves): Evaluation of Tablet PC Application Interfaces with Low Vision Users: Focusing on Usability

En este artículo los autores describen los resultados de una investigación cualitativa mediante el análisis de un grupo de enfoque sobre la accesibilidad de las interfaces de la aplicación móvil del dispositivo Tablet PC con respecto a la inclusión digital de usuarios de baja visión, lo que evidenció la necesidad de estudios sobre cómo los usuarios perciben la información presentada por este dispositivo móvil con el fin de posibilitar una mejor usabilidad de dichas interfaces.

Mediante la participación de 5 individuos con problemas de baja visión, los autores llevaron a cabo un análisis de la interacción de estos usuarios con el dispositivo, para lo cual propusieron tareas que debían ser ejecutadas por los usuarios de manera independiente, tales como: encender el dispositivo, cambiar las opciones de configuración, entre otras, luego realizaron un cuestionario para conocer la experiencia que tuvo cada usuario, los resultados evidenciaron que la interfaz de la Tablet PC requiere de varios cambios para ser accesible, entre algunos cambios se mencionan el tamaño de los iconos, de la letra, el contraste de color, entre otras.

Durante el desarrollo del estudio, los autores analizaron la usabilidad y accesibilidad del dispositivo móvil, Tablet PC, en términos de hardware y software refiriéndose a la usabilidad como la rapidez con la que los usuarios pueden aprender a usar algo, su eficiencia, satisfacción, fácil memorización y el nivel de propensión a los errores y que puede mencionarse como una característica de calidad en el uso de

programas y aplicaciones, indicando un acuerdo entre interfaz, usuario, tarea y entorno.

La investigación muestra que hay escasos estudios que se ocupen de producir sistemas con mejor *usabilidad, eficacia, utilidad, seguridad* y que sean más funcionales, además menciona que para crear interfaces utilizables y accesibles por personas con baja visión no basta sólo con utilizar las directrices de la World Wide Web, sino que los desarrolladores deben conocer cuáles son las capacidades, necesidades, expectativas que tienen los usuarios con problemas de visión.

EP11 (Shaik, Hossain, Yeaxsin): Design, Development and Performance Evaluation of Reconfigured Mobile Android Phone for People Who are Blind or Visually Impaired

El presente trabajo muestra el diseño, desarrollo y evaluación de desempeño de una aplicación móvil, R-MAP, diseñada bajo la plataforma Android para facilitar las actividades cotidianas de las personas no videntes o con impedimentos visuales en la lectura de texto impreso. Los autores integraron varios componentes de la arquitectura Android tales como: la cámara del dispositivo móvil, la captura de imágenes y rutinas de análisis, la implementación en dispositivos de motor de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y motor de conversión de texto a voz (TTS) para el uso de la aplicación en tiempo real.

La aplicación R-MAP fue desarrollada con retroalimentación auditiva, interfaz de usuario diseñada para minimizar la operación del usuario, además fueron considerados factores como costo, portabilidad, aprendizaje y escalabilidad para contrarrestar las barreras encontradas en trabajos previos. El diseño de la interfaz es sencillo.

El propósito de la aplicación es obtener una salida auditiva del reconocimiento de texto captado en una imagen, la aplicación fue expuesta a un método de estudio de usabilidad en la que participaron 22 personas de las cuales uno era ciego y los demás eran personas videntes a las cuales los autores les vendaron los ojos para que participaran en el estudio, también diseñaron preguntas para la evaluación subjetiva tomando en cuenta diferentes factores como el género, edad, experiencia en el uso de

teléfonos inteligentes y emplearon diferentes cuestionarios con una escala entre 5 y 1, siendo 5 para un fuerte acuerdo y 1 para un fuerte desacuerdo, además utilizaron el cuestionario de usabilidad de Nielsen (1992) el cual consta de cinco preguntas relacionadas con la facilidad de aprendizaje, eficiencia, memorabilidad, error y satisfacción. La evaluación de usabilidad de R-MAP mostró que la interacción entre los usuarios y el dispositivo móvil a través de la retroalimentación auditiva es una óptima ayuda para transmitir la información de la lectura de diferentes etiquetas de instrucciones captadas por la cámara, lamentablemente el aplicativo evidenció ciertas desventajas tales como la deficiencia de resolución de las cámaras de los diferentes dispositivos móviles, dado que se relacionan con un mayor precio adquisitivo, además los autores mencionan que obtener una buena imagen es más relevante en comparación de inventar un mejor proceso de detección de texto.

EP12 (de Borba, Sánchez, Damasio & Inácio): Usability Evaluation of a Mobile Navigation Application for Blind Users

El presente estudio aborda la evaluación de la usabilidad de una aplicación móvil de navegación para usuarios no videntes que tiene por objetivo ayudarlos a reconocer un museo mediante la interacción con el aplicativo. La aplicación es un simulador de ambientes basados en audio (mAbES, por sus siglas en inglés, mobile Audio-Based Environments Simulator).

El desarrollo de la aplicación incluyó una interfaz multimodal que integra la retroalimentación de la información a través de respuestas auditivas y hápticas, además empleó un modelo de interacción de juego propuesto por (Connors, E.C., Yazzolino) y (Yuan, B., Folmer, E., Harris Jr., F.C.) para analizar las barreras a las que se enfrentan los usuarios no videntes al usar un juego. La aplicación móvil emplea la interacción basada en clics en una matriz Braille la cual es representada en la pantalla táctil del dispositivo móvil.

Los autores mencionan que los términos usabilidad y accesibilidad están relacionados y deben tenerse en cuenta a lo largo de las fases de diseño, desarrollo y evaluación de las aplicaciones informáticas.

La aplicación fue evaluada por dos grupos, el primer grupo estuvo formado por expertos en Interacción Humano-Computador *HCI* y expertos en videojuegos, a este grupo los autores les aplicaron dos cuestionarios basados en heurísticas de usabilidad para el diseño de interfaz de usuario; el segundo grupo estuvo formado por usuarios no videntes a quienes también les aplicaron un cuestionario para comprobar que el aplicativo ayudaba o no a las personas con discapacidad visual a comprender un espacio real representado en un entorno virtual.

Los resultados de las evaluaciones del grupo 1 mostraron que mAbES si cumplía con la mayoría de los criterios de usabilidad definidos por *Nielsen*, tal como se puede apreciar en la figura 9. Los resultados del segundo grupo mostraron que la aplicación si ayuda a los usuarios no videntes a comprender el espacio del museo gracias a la interacción con el entorno basado en el uso del software.

Category	Questions	Agree	Disagree
Usability heuristics	28	63.5 %	36.5 %
- Visibility of system status	3	53.3 %	46.7 %
- Match between system and the real world	4	85 %	15 %
- User control and freedom	3	26.6 %	73.3 %
- Consistency and standards	2	90 %	10 %
- Error prevention	2	20 %	80 %
- Recognition rather than recall	3	86.7 %	13.3 %
- Flexibility and efficiency of use	3	66.7 %	33.3 %
- Aesthetics and minimalist design	2	80 %	20 %
- Aid in recognizing, diagnosing, and recovering from errors	3	60 %	40 %
- Help and documentation	3	66.7 %	33.3 %
Sound interface	3	86.7 %	13.3 %
Haptic interface	4	100 %	0 %

Figura 8. Evaluación de usabilidad – grupo 1

Fuente: (de Borba Campos, Sánchez, & Damasio, 2015)

Finalmente, se debe resaltar que la investigación colabora con el diseño y desarrollo de aplicaciones móviles debido a que menciona sugerencias y precauciones que deben ser consideradas para que los usuarios no videntes puedan utilizar mejor un sistema basado en interfaces hápticas y gráficas.

EP13 (Rocha et. al): Touchscreen Mobile Phones Virtual Keyboarding for People with Visual Disabilities

El trabajo presenta el diseño y la evaluación inicial de teclado virtual Braille que permite la entrada de texto en dispositivos que utilizan pantalla táctil como los teléfonos inteligentes, tablets, entre otros. Los autores mencionan que el teclado virtual, denominado LêBraille, es una metáfora de la escritura Braille y que mediante la retroalimentación auditiva y reacciones de vibración promueven la accesibilidad para las personas con discapacidades visual al utilizar dispositivos móviles.

El estudio se enfocó en el diseño de un aplicativo denominado LêBraille y su integración en dos aplicaciones móviles (SMS y Twitter), en la figura 10 se muestra la ilustración de la metodología empleada por los autores para el desarrollo de LêBraille.

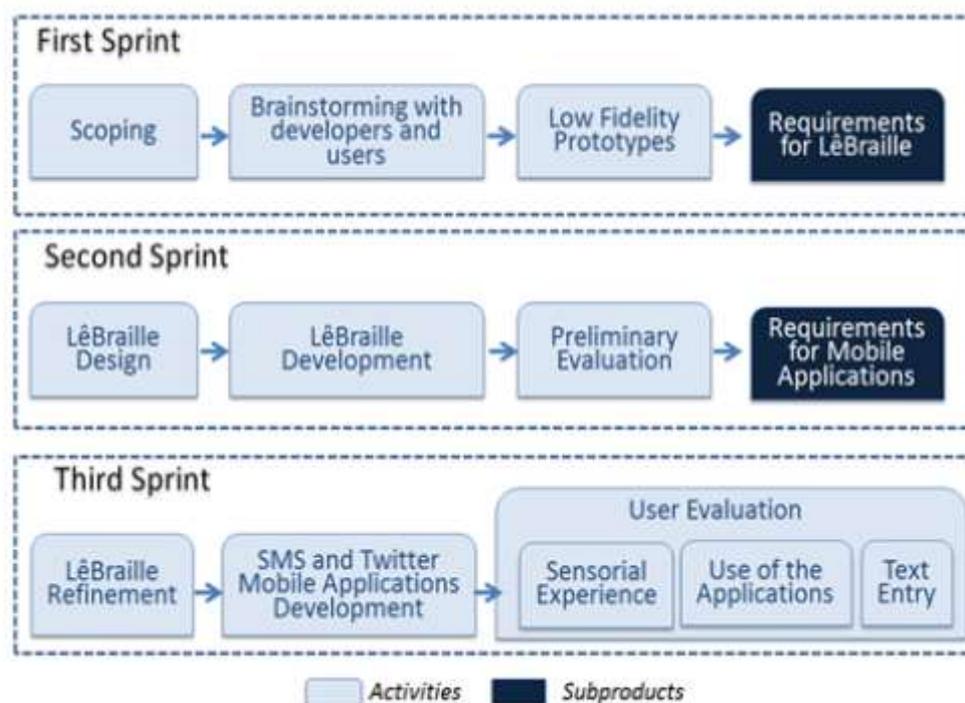


Figura 9. Proceso para el desarrollo del enfoque del estudio

Fuente: (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014)

Los autores realizaron una evaluación inicial de usabilidad aplicando la metodología de enfoque grupal en la que intervinieron nueve personas con discapacidad visual. Por medio de un cuestionario los autores pudieron descubrir, analizar y validar a requerimientos para mejorar las aplicaciones móviles para este segmento de usuarios; el cuestionario estaba formado por las métricas que se muestran a continuación en la tabla 4:

Tabla 4
Métricas de evaluación

Métrica	Relación
Organización y presentación	Indique los niveles de aceptación del usuario. Implica la organización general, estructura, estrategia de presentación, consistencia e integridad.
Motivación	Mide la habilidad de la tecnología para impactar, motivar y despertar el interés. Se relaciona con la aceptación del usuario
Diseño	Mide la calidad del diseño presentado en la interfaz de aplicación.
Estilo de audio	Se refiere a la comprensión, calidad y estilo del audio proporcionado por la aplicación.
Navegación	Mide la facilidad del usuario al navegar y su contenido.
Contenido	Se refiere al tema cubierto por la tecnología que se está probando.
Velocidad	Determina la velocidad de acceso a la página o al contenido de la aplicación.
Objetivos	Cuantifica si el enfoque alcanza sus propósitos y metas.
Educación especial	Mide si la tecnología puede ser aplicada en la educación de personas con discapacidades visuales.

Los autores aportan con un grupo de requerimientos de diseño de interfaz para mejorar la accesibilidad de las aplicaciones para dispositivos de pantalla táctil, también mencionan problemas a los cuales se enfrentan los usuarios no videntes como por ejemplo: la memorización de las posiciones de desbloqueo del teclado virtual, memorización de iconos, interfaces con escasos puntos de referencia.

EP14 (Leporini et. al): Interacting with Mobile Devices via VoiceOver: Usability and Accessibility Issues

El presente artículo describe el análisis de la interacción de los usuarios no videntes con los dispositivos de pantalla táctil de Apple mediante el lector de pantalla propio de esta plataforma, VoiceOver, por medio del cual las aplicaciones móviles son accesibles para estos usuarios.

La actividad principal del estudio fue la ejecución de una inspección de usabilidad para recopilar información cualitativa de los usuarios no videntes sobre la accesibilidad y la usabilidad de los dispositivos móviles de pantalla táctil de Apple que interactúan a través de VoiceOver. La inspección se ejecutó mediante una encuesta aplicada a 55 usuarios no videntes. Como primer paso, los autores determinaron posibles tareas y actividades a nivel de interfaz de usuario para analizar aspectos críticos de la interacción, a paso seguido, identificaron tres aplicaciones que cumplían con los aspectos previamente identificados para evaluar: (1) navegación secuencial a través de los gestos "siguiente" y "anterior" (giros a la izquierda y a la derecha); (2) tareas de edición, como escribir un número de teléfono; (3) campos de texto y de contenido/áreas con información considerable (por ejemplo, lista de mensajes y un sólo mensaje de correo electrónico). Además, los autores agregaron en la encuesta tres posibles soluciones que permitirían mejorar la interacción de la interfaz de usuario y ofrecer una experiencia más sencilla y más cómoda para los individuos no videntes con el propósito de evaluar su utilidad.

Tras aplicar la encuesta, los resultados revelaron que algunas actividades realizadas con VoiceOver, como por ejemplo la escritura de textos largos, tardan demasiado y/o son incómodas y no permiten que el usuario conserve su privacidad. Los resultados sugieren que un enfoque multimodal en dispositivos móviles de pantalla táctil no es un paradigma de interacción simple y apropiado para todos los usuarios y por lo tanto, merece más investigación con el fin de proponer nuevas oportunidades para una interacción más fácil y satisfactoria con dispositivos de pantalla táctil.

Finalmente, el estudio expone varios problemas a los que se enfrentan los usuarios no videntes al interactuar con el lector de texto y las aplicaciones evaluadas, también , menciona aspectos que ayudan a que la experiencia de usuario sea más satisfactoria en términos de usabilidad.

EP15 (Krajnc, Knoll, Feiner & Traar): A Touch Sensitive User Interface Approach on Smartphones for Visually Impaired and Blind Persons

Este artículo expone un concepto de interfaz de usuario para pantallas táctiles que permite a las personas no videntes o con problemas visuales utilizar las aplicaciones móviles.

El artículo indica que controlar la interfaz táctil representa un reto para las personas no videntes a diferencia del uso de los dispositivos móviles que contaban con botones, debido a que proporcionaban a los usuarios no videntes la idea de ubicación fija y retroalimentación háptica. Los autores hacen referencia al uso de la librería AbstractWays4AllView propia de la plataforma Android, la cual permite desarrollar aplicaciones móviles con menús y listas táctiles que hablan debido a que incorporan las funcionalidades del text-to-speech con el objetivo de permitir entradas rápidas con retroalimentación auditiva..

Luego de evaluar la aplicación prototipo mediante un test aplicado a 7 individuos con problemas visuales, los resultados mostraron que los nuevos elementos de interfaz son fáciles de utilizar por este grupo de usuarios.

EP16 (Sánchez y Aguayo): AudioGene: Mobile Learning Genetics through Audio by Blind Learners

El objetivo del estudio fue desarrollar y evaluar AudioGene, un juego que emplea tecnología móvil basada en audio para ayudar a la interacción entre niños videntes y no videntes con el objetivo de ayudarlos a aprender biología. AudioGene fue diseñado teniendo en cuenta los requerimientos y las particularidades específicas del modelo mental propio de usuarios no videntes.

Los autores evaluaron la usabilidad del software por medio de cuestionarios y un test de usabilidad. La evaluación se enfocó en los siguientes aspectos: Satisfacción, Control & Uso, Sonido e Imagen.

A pesar de que el estudio no propone pautas para el diseño de interfaz de aplicaciones móviles, los resultados muestran que la tecnología basada en audio acompañada de una metodología propia para este grupo de usuarios puede jugar un papel importante en la integración escolar de niños no videntes.

EP17 (Sánchez y Maureira): Subway Mobility Assistance Tools for Blind Users

El presente estudio se refiere a una aplicación móvil dirigida a usuarios no videntes para ayudarlos en la movilización y orientación en el sistema de transporte metro. Inicialmente se trataba de una aplicación de escritorio, luego los autores crearon una versión móvil, para lo cual tomaron en cuenta que los usuarios no videntes necesitan interfaces basadas en audio debido a que usan el sentido de la audición como principal fuente de concientización y construcción del conocimiento para fines de aprendizaje.

La aplicación interactúa con el usuario no vidente a través de recursos de audio y menús interactivos, la interacción se realiza mediante el uso de las esquinas de la pantalla y uniendo las esquinas adyacentes del dispositivo móvil, los nombres de las esquinas están relacionados con los nombres de los seis puntos utilizados en el código Braille. El artículo también abarca un estudio de usabilidad durante el diseño y desarrollo de software realizado mediante la aplicación de cuestionarios.

A pesar de que en su mayoría el estudio se refiere a aspectos de orientación y movilidad, también menciona particularidades de usabilidad relacionadas con la interfaz de usuario propia de usuarios no videntes.

EP18 (Sánchez, Sáenz & Baloian): Mobile application model for the blind

El presente estudio expone un modelo para diseñar e implementar aplicaciones móviles con el objetivo de apoyar el desplazamiento y la toma de decisiones dinámicas de usuarios con discapacidades visuales.

El modelo fue empleado en el desarrollo de una aplicación real para usuarios no videntes, esto proporcionó suficiente información que permitió a los autores enriquecer, mejorar y rediseñar el modelo, dando como resultado un modelo de aplicación móvil utilizable.

A pesar de que el estudio no se enfoca particularmente en aspectos de usabilidad de aplicaciones móviles, en el modelo descrito por los autores durante la fase de validación mencionan que se debe evaluar la usabilidad y eficacia del software tomando en cuenta que la usabilidad es para conocer la aceptación del usuario y lo bien que interactúa con el modelo.

EP19 (Rahman, Anam & Yeasin): EmoAssist: emotion enabled assistive tool to enhance dyadic conversation for the blind

El estudio trata sobre una aplicación móvil denominada EmoAssist que pretende mejorar la conversación diádica para personas no videntes al permitirles conocer las emociones de la persona con quién hablan por medio del reconocimiento facial.

La aplicación menciona un test de usabilidad que se realizó mediante cuestionarios de usabilidad calificados mediante la escala de Likert. Los cuestionarios incluyeron los siguientes parámetros de usabilidad: Facilidad, Capacidad de Aprendizaje, Aceptabilidad, Confort, Interés y disposición. Luego de aplicar el cuestionario a 10 participantes, los resultados mostraron que la aplicación sobrepasó las expectativas de usabilidad.

A pesar de que el trabajo se enfoca en el desarrollo y análisis de algoritmos y otras actividades referentes al reconocimiento facial, expone ciertas ideas que se acoplan al desarrollo de aplicaciones móviles para personas no videntes y el proceso de evaluación de usabilidad.

EP20 (Luthra & Ghosh): Understanding, Evaluating and Analyzing Touch Screen Gestures for Visually Impaired Users in Mobile Environment

En el presente estudio, los autores evaluaron las soluciones actuales existentes para que las interfaces de pantalla táctil sean más accesibles para usuarios no videntes

como por ejemplo: gestos utilizados para interactuar con los lectores de pantalla, entre otros.

A través de tres ejercicios experimentales: evaluación comparativa basada en tareas, Elicitación de gestos y desempeño gestual realizados a un grupo de 12 usuarios con discapacidades visuales Luthra & Ghosh capturaron los problemas a los que se enfrentan estos usuarios, tales como sus dificultades en el acceso a los elementos de la interfaz de usuario en la pantalla, la velocidad de respuesta de conversación, etc.

Basados en evidencias experimentales, los autores identificaron problemas puntuales provocados por la existencia de gestos ambiguos y poco intuitivos. Adicionalmente, el trabajo colabora con el hallazgo de características de gestos efectivos y fáciles para el segmento objetivo. También propone soluciones de diseño para resolver los problemas de los usuarios no videntes identificados previamente.

EP21 (Mattheiss & Krajnc): Route Descriptions in Advance and Turn-by-Turn Instructions - Usability Evaluation of a Navigational System for Visually Impaired and Blind People in Public Transport

El estudio de evaluación presentado fue realizado en el contexto del proyecto de investigación Ways4All³, cuyo objetivo fue desarrollar un sistema accesible para facilitar el uso del transporte público para personas con discapacidad visual. El estudio tuvo por objetivo evaluar los módulos de navegación tanto interior como exterior de la aplicación móvil desarrollada en Ways4All, mediante el desarrollo de una aplicación móvil. La aplicación fue desarrollada empleando un proceso de diseño centrado en el usuario de Krajnc et al, de tal manera que el grupo objetivo estuvo involucrado repetidamente a partir de una etapa temprana de desarrollo.

Para la evaluación los autores aplicaron un método mixto el procedimiento utilizado para la prueba de campo fue una mezcla de observación del comportamiento y la prueba del pensamiento en voz alta. En un estudio de campo con 16 participantes se identificaron problemas de usabilidad y accesibilidad del sistema. El análisis de los datos muestra que la mayoría de las personas con discapacidad visual les gusta tener

³ www.ways4all.at

la posibilidad de procesar una descripción de la ruta antes de navegar. Sobre la base de la retroalimentación del usuario y los problemas que se producen, se crearon recomendaciones para el diseño del sistema, además tras la evaluación los resultados mostraron que la aplicación cumple con los criterios de usabilidad evaluados.

En síntesis, se han descrito cada uno de los estudios primarios, recopilando las características generales y puntualizando en aquellos datos que dan respuesta a las preguntas de investigación de la presente tesis, así como también se muestran las experiencias de los autores al realizar los estudios que son consideradas como notables por estar ligadas al objetivo de la presente investigación.

4.2 Resultados del SMS

El presente estudio ha permitido descubrir información significativa referente a la usabilidad de las aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual, el proceso de extracción de datos de los estudios primarios permitió recopilar las características generales y específicas de cada estudio relacionadas con el objetivo de la investigación. Este apartado se conforma por: Resultados generales, Resultados específicos y Análisis de Resultados

4.2.1 Resultados Generales del SMS sobre Repositorios

En lo que se refiere a las características generales, de cada estudio primario se recopilaron características como año y fuente de publicación. La tabla 5 muestra los estudios primarios con su respectivo año y fuente de publicación.

Desde la perspectiva de la presente investigación, los resultados obtenidos de los estudios primarios corresponden a las características relacionadas con la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual y por otro lado a las fuentes de publicación donde los autores comparten los resultados, experiencias de sus investigaciones.

Tabla 5
Estudios Primarios – Fuentes de Publicación

#	Fuente de Publicación	Año
EP 1	The 14th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia Usability	2015
EP2	Lecture Notes in Computer Science	2012
EP3	International Conference for Internet Technology and Secured Transactions	2011
EP4	ASSETS'09 - Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility	2009
EP5	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	2009
EP6	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	2009
EP7	Mobility Conference 2007 - The 4th Int. Conf. Mobile Technology, Applications and Systems, Mobility 2007, Incorporating the 1st Int. Symp. Computer Human Interaction in Mobile Technology, IS-CHI 2007	2007
EP8	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	2007
EP9	Universal Access in the Information Society	2014
EP10	Lecture Notes in Computer Science	2014
EP11	Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication	2010
EP12	Lecture Notes in Computer Science	2015
EP13	Lecture Notes in Computer Science	2014
EP14	Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI 2012	2012
EP15	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	2011
EP16	IFIP International Federation for Information Processing	2008
EP17	Universal Access in Ambient Intelligence Environments	2007
EP18	Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity	2007
EP19	Multimedia Tools and Applications	2016
EP20	Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to Interaction	2015
EP21	Lecture Notes in Computer Science	2013

Como se puede observar en la tabla anterior, los estudios primarios provienen de fuentes de publicación como; congresos, conferencias, simposios y artículos, además, los estudios están relacionados con las ciencias de la computación, interacción humana en tecnología móvil, interacción humano computador.

En cuanto a la cronología de los estudios primarios en la figura 12, se puede observar la cantidad de estudios por año de publicación, de lo que se puede percibir que en el año 2007 se concentran la mayor cantidad de estudios primarios considerandos en la presente investigación mientras que en el último año, 2016, sólo se obtuvo 1 estudio.

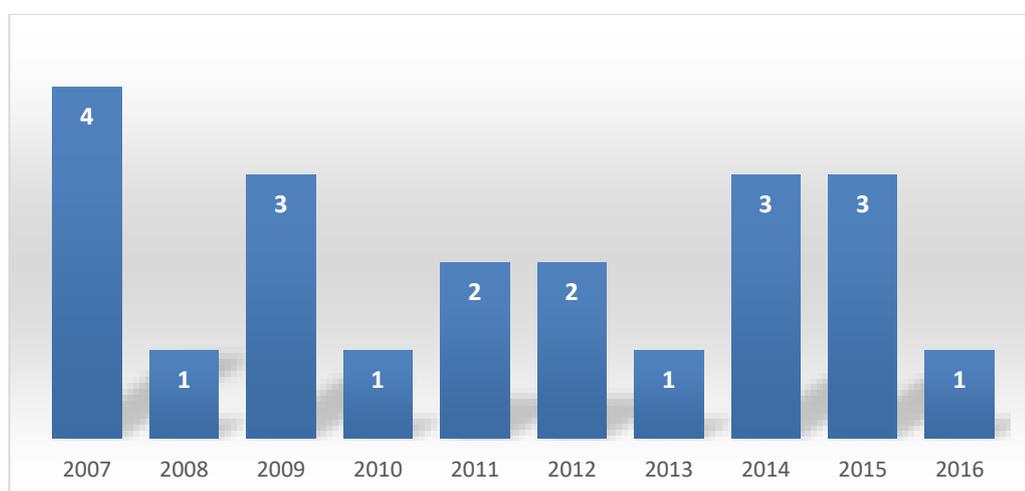


Figura 10. Cantidad de Estudios Primarios por año de publicación

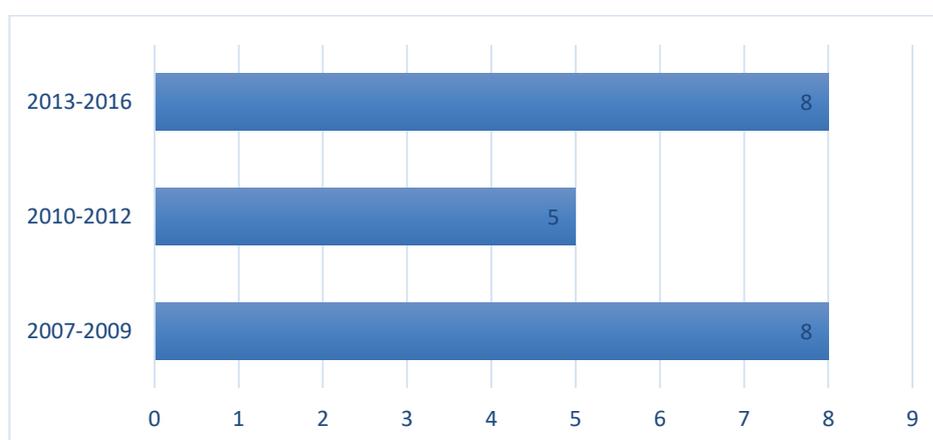


Figura 11. Cantidad de estudios Primarios por Intervalo de años

La figura 13 permite analizar el número de estudios de usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual de mejor manera, tanto en el primer intervalo, es decir en los años 2007 a 2009 y en el último 2013 a 2016, se encontraron igual número de estudios primarios sufriendo una notable disminución el intervalo intermedio, con lo que se podría aseverar que el tema en estudio no ha obtenido importancia con el pasar de los años. Tomando en cuenta que cada año aumentan la cantidad de aplicaciones móviles desarrolladas y que el acceso a los dispositivos móviles es cada vez mayor, razón por la cual no se explica que en los últimos años no haya incrementado el número de estudios relacionados a la temática en estudio.

Los estudios tratan de diferentes temáticas, algunos exponen aplicaciones móviles orientadas a la educación, comunicación, movilidad, y que para comprobar que tan útiles son para este tipo de usuarios incluyen apartados en los que abordan la temática de usabilidad; por lo que se observó que no todos los estudios recopilados estuvieron alineados por completo con el tema de investigación, pero se los tomó en cuenta, debido a que de una u otra manera aportaron con información que ayudó a identificar el estado del arte de la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

4.3 Resultados Específicos del SMS Sobre Repositorios

El análisis minucioso de los estudios primarios permitió identificar similitudes en ciertos aspectos referentes a la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

Las características identificadas fueron consideradas como criterios que permitieron clasificar los estudios primarios y fueron por ejemplo: pautas para mejorar la usabilidad de las aplicaciones móviles, modelos de desarrollo, cuestionarios más usados para la evaluación de usabilidad, elementos de interfaz de usuario que permiten mejorar la usabilidad de las aplicaciones móviles, entre otras. Los criterios mencionados anteriormente coadyuvaron a dar respuesta a las preguntas de investigación de la presente tesis y son presentados a continuación:

RQ1: ¿Cuáles son los elementos y actividades propuestos en los modelos de desarrollo de aplicaciones móviles orientados a personas con discapacidad visual desde la perspectiva de la usabilidad?

El proceso de desarrollo de software abarca un conjunto de etapas. Existen diversas metodologías que apoyan este proceso indistintamente del contexto de desarrollo. En lo referente al desarrollo de aplicativos móviles para usuarios con discapacidad visual, el análisis realizado a cada uno de los estudios primarios permitió encontrar que los autores en su mayoría no emplearon metodologías de desarrollo de software para el contexto móvil en la creación de sus prototipos y/o aplicaciones.

Se identificaron actividades aplicables a ciertas fases del desarrollo del aplicativo móvil para personas con discapacidad visual; así como también recomendaciones basadas en las vivencias y la experiencia adquirida por cada autor en el transcurso del desarrollo y evaluación de sus trabajos.

A continuación se muestran las recomendaciones recopiladas de los estudios primarios, así como las acciones realizadas por los autores en el desarrollo de sus aplicativos móviles orientados para personas con discapacidad visual:

Incluir a los usuarios en las etapas del desarrollo de la aplicación móvil: Esto ayuda a los diseñadores en la realización de pruebas tempranas de las versiones de prototipos implementados completa o parcialmente con el fin de obtener retroalimentación temprana de los usuarios objetivo y así generar nuevas ideas sobre cómo mejorar la interacción de los usuarios no videntes hacia una interacción apropiada con el aplicativo móvil (Mendonça, y otros, 2011).

Proceso Iterativo: Permite identificar problemas en cada iteración, permitiendo realizar mejoras en cada etapa (Sánchez & Aguayo, 2007) .

Metodología centrada en el usuario: implica la participación de los usuarios, como consecuencia, se consideran con igual importancia las características tecnológicas, los aspectos humanos, sociales y del contexto de uso. (Sáenz & Sánchez, 2009), (Mattheiss & Krajnc, 2013)

Diseño accesible: mediante el empleo de este enfoque se puede priorizar las habilidades del usuario para en base a ellas realizar el diseño de los aplicativos móviles (Wobbrock et al).

Diseño participativo: se puede definir como un conjunto de teorías, prácticas y estudios relacionados con los usuarios finales, en este caso usuarios no videntes; y que a su vez incluye a: investigadores/diseñadores y usuarios finales en el proceso de desarrollo. Además, intenta reunir los conocimientos implícitos, invisibles y holísticos de los participantes que podrían no ser capaces de articular junto con el conocimiento analítico de los investigadores con el objetivo de mejorar las características del aplicativo móvil (Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014), (Rahman, Anam, & Yeasin, 2016).

Adaptación de una extensión de la metodología de co-diseño y co-desarrollo propuesta por (Millard, Howard, Gilbert, & Wills, 2009) : La metodología integra técnicas de *ingeniería de software*, *metodologías de desarrollo ágil* y *métodos para el diseño de interfaces gráficas de usuario* para componer un proceso de desarrollo iterativo (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014).

(Millard, Howard, Gilbert, & Wills, 2009) Mencionan que su modelo:

Es una metodología ágil de desarrollo que incluye a los usuarios finales (expertos en el dominio) en el equipo de diseño, con el fin de ayudar a crear aplicaciones de m-learning que innovan la práctica en un dominio particular, reúne técnicas en HCI (personas, escenarios y Storyboarding), técnicas ágiles de software (desarrollo iterativo y entrega incremental) y práctica ligera de ingeniería de software (casos de uso, modelado ontológico simple y diagramas de actividad).

Modelo de desarrollo propuesto por (Sánchez, Sáenz, & Baloian, 2007): Es un modelo de desarrollo de aplicaciones móviles educativas para personas con discapacidad visual. Su modelo está formado por las siguientes etapas:

- **Análisis:** Esta fase toma como entrada el objetivo de aprendizaje de la aplicación.

- **Modelado:** En esta fase se modelan las tareas soportadas y el entorno.
- **Desarrollo:** Se implementan gráficos junto con algoritmos y procedimientos. Las metodologías y procedimientos para evaluar el desempeño del usuario también
- **Validación:** Durante la fase de validación se evalúa la usabilidad y eficacia del software. La usabilidad es para la aceptación del usuario y lo bien que él o ella interactúa con el modelo.

En varias ocasiones, los autores emplean dos o más actividades durante el desarrollo de las aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual. Estas actividades tienen ventajas y desventajas que se mencionan a continuación:

Ventajas:

- Al aplicar una metodología centrada en el usuario, el aplicativo alcanza puntuaciones altas y aceptables en cuanto a usabilidad y accesibilidad.
- Al incluir a las personas con discapacidad visual en el desarrollo de aplicativos móviles, es posible modificar y rediseñar el software para incrementar su usabilidad, y en otros casos como el de (Sánchez & Aguayo, 2007) rediseñar por completo el prototipo evaluado.
- Mejores resultados en las evaluaciones de usabilidad del producto.
- Incremento de la satisfacción del usuario final
- Reducción de costos debido a que no se debe esperar a la entrega del aplicativo para realizar cambios.

Desventajas:

- Es complicado encontrar usuarios con discapacidad que quieran colaborar en todo el proceso de desarrollo de la aplicación móvil.
- Al realizar pruebas de los prototipos en la fase de diseño inicial, estos pueden presentar deficiencias que incomoden a los usuarios, por ejemplo, en la evaluación del tiempo de rendimiento pueden no ser apropiado debido a que se trata de un prototipo (Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014).

RQ2: ¿Qué criterios de usabilidad son pertinentes para que el desarrollo de aplicaciones móviles satisfaga los requisitos de los usuarios con discapacidad visual?

Como se conoce la usabilidad se refiere a la rapidez con que los usuarios pueden aprender a usar algo, su eficiencia, satisfacción, fácil memorización y el nivel de propensión a los errores (Nielsen & Loranger, 2007), y puede clasificarse como una característica de calidad en el uso de programas y aplicaciones, indicando un acuerdo **entre interfaz, usuario, tarea y entorno** (Cybis, Betiol, & Faust, 2007); y es a través de objetivos de usabilidad que permite identificar problemas al utilizar una aplicativo.

Al evaluar la usabilidad de una aplicación móvil para usuarios con discapacidad visual se pueden emplear diversas métricas y criterios. El análisis de los estudios evidencia que estos deben definirse de acuerdo a la naturaleza de cada aplicación, ya que intervienen un conjunto de métricas tanto objetivas como subjetivas que permiten identificar que tan usable es el aplicativo. De cada estudio analizado se recopilieron los criterios y métricas de usabilidad empleados por los autores, los mismos que se mencionan en la tabla 6, la cual muestra las métricas empleadas en cada estudio primario.

Tabla 6
Criterios y métricas de usabilidad

Criterios de usabilidad	Estudios
<p>En la evaluación de usabilidad los autores agruparon los atributos de usabilidad dentro de tres categorías:(1) Satisfacción, (2) Control y Uso, (3) Sonidos; dentro de las cuales se evaluaron los siguientes atributos y métricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de uso • Transmisión de sonido • Gusto por los sonidos del Software • Información proporcionada a través de sonidos • Adaptación del software al ritmo del usuario • El software es motivador 	<p>EP5 (Sáenz & Sánchez, 2009)</p>

Continua 

<p>En el presente estudio los autores agruparon los atributos de usabilidad en: Satisfacción, Control y Uso, Sonido e Imagen.</p> <p>En la evaluación de usabilidad tomaron en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Eficiencia de la interacción del usuario con los botones del dispositivo móvil. • Claridad del soporte de audio. <p>Adicionalmente los autores realizaron un análisis para evaluar aspectos de: interfaz, hardware, general, fácil de usar, fácil de entender.</p>	<p>EP6 (Sánchez, 2009)</p>
<p>Los autores afirman que la usabilidad de un producto se puede percibir mediante la comprensión de las características psicológicas de los usuarios. Las características psicológicas están relacionadas con las características cognitivas y emocionales de las personas o de un grupo de personas y que a su vez incluyen características de inteligencia, habilidad y creatividad. Los atributos recopilados del estudio son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aprender • Memorizar • Tolerancia a los errores • Facilidad de uso 	<p>EP7 (Jhangiani & Smith, 2007)</p>
<p>En el presente estudio se emplearon las siguientes métricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de escritura • Tasa de errores 	<p>EP8 (Sánchez & Aguayo, 2007)</p>
<p>Los autores aplicaron las siguientes métricas de usabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aprendizaje • Capacidad de memorización • Eficiencia y Eficacia • Satisfacción • Fácil memorización • Utilidad 	<p>EP10 (Kulpa & Amaral, 2014)</p>

Continua 

<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad • Protección contra los errores • Confianza 	
<p>Los autores aplicaron las siguientes métricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje • Eficiencia • Memorabilidad • Errores • Satisfacción 	<p>EP11 (Shaik, Hossain, & Yeasin, 2010)</p>
<p>En la evaluación de usabilidad se enfocó en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de uso • Satisfacción del usuario. 	<p>EP12 (de Borba Campos, Sánchez, & Damasio, 2015)</p>
<p>Los autores propusieron las siguientes métricas para evaluar la usabilidad de su aplicativo móvil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organización y presentación. Indique los niveles de aceptación del usuario. Esto se determina por la manera de presentar la tecnología que se está probando. Por lo tanto, implica la organización general, estructura, estrategia de presentación, consistencia e integridad. • Motivación. Mide la habilidad de la tecnología para impactar, motivar y despertar el interés. También está relacionada con la aceptación del usuario • Diseño. Mide la calidad del diseño presentado en la interfaz de la aplicación • Estilo de audio. Se refiere a la comprensión, calidad y estilo del audio proporcionado por la aplicación. • Navegación. Mide la facilidad del usuario en las páginas de navegación y su contenido. 	<p>EP13 (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014)</p>

Continua 

<ul style="list-style-type: none"> • Contenido. Se refiere al tema cubierto por la tecnología que se está probando. • Velocidad. Determina la velocidad de acceso a la página o al contenido de la aplicación. • Objetivos. Cuantifica si el enfoque alcanza sus propósitos y metas. • Educación especial. Mide si la tecnología puede ser aplicada en la educación de personas con discapacidades visuales. (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014) 	
<p>En el presente estudio los autores emplearon las siguientes métricas y atributos de usabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Privacidad del usuario • Satisfacción de usuarios en el uso de gestos, retroalimentación auditiva • Aprendizaje del uso de la pantalla táctil. • Número de errores 	<p>EP14 (Leporini, Buzzi, & Buzzi, 2012)</p>
<p>En el presente estudio los atributos de usabilidad fueron agrupados en: Satisfacción. Control & Uso, Sonido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de Uso • Disposición de usar el software • Interés 	<p>EP16 (Sánchez & Aguayo, 2008)</p>
<p>En la prueba de usabilidad los autores evaluaron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad • Aprendizaje-Capacidad • Aceptabilidad • Confort • Interesante y Voluntad. 	<p>EP19 (Rahman, Anam, & Yeasin, 2016)</p>

Continua 

<ul style="list-style-type: none"> • Adaptabilidad • Portabilidad • Satisfacción • Rendimiento 	
<p>El estudio se enfoca en los siguientes atributos de usabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad • Facilidad • Intuición • Velocidad 	EP20 (Luthra & Ghosh, 2015)

RQ3: ¿Qué características deben poseer los dispositivos móviles en términos de hardware, para que el usuario con discapacidad visual interactúe de forma sencilla con estos dispositivos?

Luego de analizar los estudios primarios, se observó que la característica principal de un dispositivo móvil es precisamente la facilidad de utilizarlos en movimiento; por tal motivo, las características de estos dispositivos deben ser adaptadas de manera que un usuario con discapacidad visual pueda utilizarlos sin la necesidad de utilizar dispositivos adicionales como por ejemplo, teclado braille (Sánchez & Aguayo, 2007).

Se identificó diversos esfuerzos para adaptar las características de los dispositivos móviles a usuarios con discapacidad visual; de los cuales se han creado prototipos de hardware orientados a usuarios específicos. Por ejemplo, un pocketPC especialmente diseñado para personas ciegas, que contiene lectores de pantalla con botones en lugar de una pantalla táctil (Sánchez, Sáenz, & Baloian, 2007). Por otro lado, Wobbrock propone el uso de hardware específico para complementar las características de un pocketPC estándar; sin embargo, esta adaptación tiene dos limitaciones principales: el alto costo y la pérdida de movilidad al usar el dispositivo móvil.

En lo referente a la pantalla de los dispositivos móviles, los autores de los estudios primarios analizados, mencionan las siguientes recomendaciones:

En cuanto a **tamaño**, las pantallas de los dispositivos móviles deberían ser más grandes para que permitan una mejor interacción con el usuario no vidente (Siebra, y otros, 2015).

Por otro lado, los teléfonos inteligentes en su mayoría se basan en la pantalla táctil y al carecer de límites físicos entre la pantalla y el área de fotogramas, para usuarios con discapacidad visual representa un reto interactuar con el dispositivo móvil (Choi & Hong, 2012), como resultado, los dispositivos móviles actuales tienen menos puntos de referencia y una baja respuesta táctil para guiar la interacción entre el usuario y el dispositivo móvil (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014).

Muchos usuarios con discapacidad visual han expresado su preferencia por los dispositivos móviles que poseen botones físicos debido a que proporcionan retroalimentación táctil y por ende facilitan el reconocimiento de la localización de sus teclas. Para que un dispositivo móvil sea accesible para usuarios con discapacidad visual debe proporcionar: fácil detección de botones y bordes; e incorporar marcadores táctiles en la superficie de la pantalla (Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014), (Luthra & Ghosh, 2015).

En lo referente al **teclado** de los dispositivos móviles se identificó las siguientes observaciones:

Aquellos dispositivos que emplean el teclado T9, permiten al usuario con discapacidad visual identificar las teclas principales del dispositivo, tales como las teclas para llamar, colgar y de selección y con las que el usuario puede navegar en la aplicación (Mendonça, y otros, 2011).

Por otro lado, los dispositivos móviles actuales poseen teclado virtual, este recurso no es útil para interactuar con usuarios con discapacidad visual, por tal motivo, se recomienda el ingreso de información por medio de recursos de audio. Lamentablemente este recurso depende del ambiente en el que se encuentre el usuario,

ya que al estar en un lugar ruidoso el dispositivo no podría interpretar correctamente la información (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009).

También es importante mencionar que el dispositivo móvil debe permitir la instalación de software que ayude a los usuarios con discapacidad visual a interactuar con el dispositivo, de tal manera, que el dispositivo debe ser altamente configurable en cuanto a su funcionalidad (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009).

RQ4: ¿Cuáles son los recursos de interacción que se emplean para el ingreso y salida de información en las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual?

Se identificaron un amplio grupo de recursos que son utilizados para mejorar la interacción entre el dispositivo móvil y el usuario con discapacidad visual, a continuación en la tabla 7, se describen los recursos identificados de cada estudio primario.

Tabla 7
Recursos de interacción usuario-aplicación

Estudio Primario	Recursos de interacción
Gestos táctiles para navegar Retroalimentación auditiva Retroalimentación Táctil	(Choi & Hong, 2012)
Retroalimentación de vibración Retroalimentación auditiva Mensajes de diálogo de voz y texto	(Mendonça, y otros, 2011)
Retroalimentación auditiva Retroalimentación táctil	(Sánchez, 2009)
Retroalimentación auditiva Retroalimentación Háptica Salidas vibro-táctiles Reconocimiento de gestos (inputs) Retroalimentación táctil (outputs)	(Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014)
Lector de textos con voz Retroalimentación y funciones auditivas	(Shaik, Hossain, & Yeasin, 2010)
Interacción multisensorial: auditivo, háptico, gráfico.	(de Borba Campos, Sánchez, & Damasio, 2015)
Interacción gestual con la pantalla y con el dispositivo. Retroalimentación auditiva.	(Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014)

Continúa 

Configuración de síntesis de voz configurable.	
Interacción táctil Interacción gestual Ingreso de información de voz (inputs) Transmisión textual y gráfica a través de audio (outputs)	(Leporini, Buzzi, & Buzzi, 2012)
Lectores de pantalla Retroalimentación: física, gestual, Control de texto hablado. Retroalimentación vibratoria Trackball o controlador direccional Retroalimentación auditiva	(Krajnc, Knoll, Feiner, & Traar, 2011)
Interfaces de Audio	(Sánchez & Aguayo, 2008)
Interfaces y retroalimentación auditiva (inputs/outputs) Sintetizador de voz (outputs)	(Sánchez, Sáenz, & Baloian, 2007)
Retroalimentación: Auditiva: pitidos Retroalimentación táctil: vibración del dispositivo. Retroalimentación tipo discurso	(Rahman, Anam, & Yeasin, 2016)
Lectores de pantalla Interacción gestual Retroalimentación háptica	(Luthra & Ghosh, 2015)

La investigación muestra que el recurso más utilizado para la interacción con estos usuarios, es el recurso auditivo. Por otro lado, del análisis de los estudios primarios se obtuvieron varias sugerencias que contribuyen a facilitar la interacción del dispositivo móvil con el usuario con discapacidad visual entre las cuales las más importantes fueron: (1) que la retroalimentación auditiva del S.O del dispositivo móvil debe suspenderse mientras los recursos de audio de las aplicaciones se encuentren en funcionamiento, esto debe realizarse con el propósito de evitar confusión en el usuario al escuchar los sonidos simultáneamente (Choi & Hong, 2012). (2) El empleo de diferentes niveles de vibración es un recurso utilizado para transmitir a los usuarios diferente información, pudiendo ser por ejemplo: un nivel para la selección de un elemento y otro nivel de vibración para la navegación entre los elementos de la interfaz (Mendonça, y otros, 2011). Finalmente, de acuerdo con estudios anteriores, se identificó que la retroalimentación táctil mejora la usabilidad de los botones virtuales

ya que al ser tocados, el usuario con discapacidad visual es capaz de sentir el objeto de interacción (Leporini, Buzzi, & Buzzi, 2012).

RQ5: ¿Qué elementos deben considerarse en el diseño de la interfaz de una aplicación móvil para usuarios con discapacidad visual?

El diseño de interfaz de una aplicación móvil para personas con discapacidad visual requiere del empleo de elementos interactivos que reúnan ciertos métodos de interacción y que se enfoquen en las habilidades de este grupo de usuarios. La interfaz de usuario debería diseñarse de tal manera que la operación con el usuario sea mínima (Shaik, Hossain, & Yeasin, 2010).

A continuación se muestra una lista de los elementos de diseño de interfaz identificados en los estudios primarios:

Elementos tipo menú, listas de navegación, iconos, tactons: El SMS evidenció que el diseño de interfaz de la aplicación móvil considera los siguientes aspectos:

- Incluir “**earcons**”, para aumentar el grado de atención y motivación del usuario al momento de interactuar con el software (Sánchez, 2009).
- Utilizar **tactons**, que son mensajes vibro-táctiles estructurados que usan parámetros tales como ritmo, rugosidad, intensidad, frecuencia y ubicación espacial para transmitir información (Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014), (Leporini, Buzzi, & Buzzi, 2012).
- Los elementos de interacción incluyendo las interfaces deben presentarse en un diseño de lista o en un diseño de dos columnas, evitando los diseños de tablas (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014).
- El número de elementos en cada conjunto del menú debe cumplir con la restricción de carga cognitiva de usabilidad la cual indica que un menú puede estar formado de 7 ± 2 elementos.(Sánchez, 2009), (Sánchez & Maureira, 2007).
- Cuando un menú no es circular, el software debe proporcionar interfaces de audio con información sobre cómo iniciar y terminar la navegación del menú. Cuando se identifica un menú que contiene submenús, el software tiene que

proporcionar retroalimentación al usuario para interactuar naturalmente con la estructura de menú visualizada (Sánchez & Maureira, 2007).

- La lectura del menú debe ser presentada en intervalos cortos, para evitar la sobrecarga de la memoria de trabajo del usuario, además los usuarios deben tener la opción de repetición de la información por segmentos para evitar escuchar la lista completa nuevamente (Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014).
- Los nombres de los elementos e imágenes de la pantalla deben ser escuchados cuando son tocados o seleccionados (Siebra, y otros, 2015).

Pantalla:

- La pantalla táctil del dispositivo móvil puede convertirse en un teclado de 9 letras, es decir, la pantalla constará de 9 botones distribuidos en tres filas y tres columnas, para permitir la interacción con el usuario con discapacidad visual mediante la analogía del sistema de puntos empleados para la escritura braille (Sánchez & Aguayo, 2007).
- Se requiere el uso de colores que proporcionen un contraste mínimo entre el fondo y el frente Rocha et al. (2014), como por ejemplo: letras amarillas sobre fondo azul (Sánchez, 2009).
- El sistema debe proporcionar controles de brillo, contraste y color ajustables, esta función cambia el color de primer plano / fondo de la pantalla y modifica el brillo para satisfacer las necesidades individuales Siebra et al. (2015).
- El sistema debe proveer documentación en diversas formas, utilizando fuentes de letra grandes, sin serigrafía, con buen formato, proporcionando alternativas para presentar la información en diferentes colores (Siebra, y otros, 2015).

Aplicativo:

- Deben proveer equivalencias textuales claras para evitar errores cuando los textos se leen en pantalla. Esto significa que, si se están utilizando otros medios (por ejemplo, imágenes, fotos, botones, animaciones, mapas, películas o sonidos), estos medios deben traducirse a una descripción textual que proporcione la misma idea o semántica (Siebra, y otros, 2015)

- Deben contar con un home key para que el usuario pueda regresar fácilmente al menú principal (Cavuoto, Benson, Smith, Nussbaum, & Mi, 2014). En dispositivos de pantalla táctil esta tecla puede ser representada por algún comando inicial para empezar el funcionamiento del dispositivo o por alguna acción en algún elemento de la interfaz (Siebra, y otros, 2015).
- Se sugiere que los iconos de la aplicación tengan la opción de aumento de tamaño, esto facilitaría el reconocimiento de los íconos (Kulpa & Amaral, 2014).
- Se debe tratar de controlar y evitar errores provocados por el usuario cuando realiza una acción no esperada por el software (de Borba Campos, Sánchez, & Damasio, 2015).
- Los mensajes de alerta y las ventanas emergentes deben contar con opciones para salir y volver a la pantalla anterior, Rocha et al. (2014).
- Priorizar la información de sonido sobre el detalle de la interfaz gráfica (de Borba Campos, Sánchez, & Damasio, 2015).
- Siempre debe proporcionar retroalimentación para todas las acciones en los elementos de interacción (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014).
- Se debe evitar el uso del tiempo de espera en una selección de elementos. Puede confundir a los usuarios, especialmente a los usuarios novatos que necesitan más tiempo para interactuar con la aplicación (Rocha, Viana, Cavalcante, de Borba, & Sánchez, 2014)
- Los aplicativos móviles no deben modificar la configuración del sistema operativo del dispositivo. Esto significa que la aplicación debe mantener la fuente, el tamaño, el color y otras configuraciones, que son definidas por los usuarios (Siebra, y otros, 2015).

Ambiente: La interfaz del aplicativo móvil debe ser adaptable de acuerdo al ambiente en el que se encuentre el usuario, es decir debe tener varios métodos de entrada y salida de la información (Kane, Jayant, Wobbrock, & Ladner, 2009), por ejemplo si un usuario se encuentra en un ambiente frío o de lluvia, necesitaría guantes, con los que le sería imposible interactuar con la pantalla táctil del dispositivo móvil y por lo que se sugeriría cambiar el modo de entrada de información a tipo audio.

RQ6: ¿Cuáles son las herramientas, modelos y pruebas utilizadas para evaluar la usabilidad de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual?

En lo que respecta a la recolección de datos referentes a la evaluación de la usabilidad de las aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual, se identificó que los autores emplean diferentes modelos de usabilidad. En la tabla 8 se muestran los tipos de pruebas y herramientas encontradas luego de analizar los estudios primarios, en la tabla 9 se observan los modelos y escalas empleados por los autores para evaluar la usabilidad de las aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual:

Tabla 8
Herramientas de recolección de datos

Tipos de pruebas	Recursos
Pruebas/evaluación de usabilidad	<p>Son una técnica formal y su objetivo es estudiar la usabilidad de una aplicación en la que intervienen los usuarios finales en un entorno real. Permiten obtener :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas e información y observar debilidades relacionadas al uso de la aplicación (Enriquez & Casas) • Realizada por expertos para encontrar el mejor método para proveer información al usuario (Sáenz & Sánchez, 2009). • Detectar el nivel de aceptación de las aplicaciones y su potencial de uso. • Obtener una validación inicial de los sistemas móviles con un grupo de prueba de usuarios (Rocha et al.; 2015). <p>Se realiza a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios • Cuestionarios abiertos • Cuestionarios de usuario final (Sánchez, 2003)

Continua 

	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología de grupos focales⁴
Pruebas de campo	<p>Es un método de evaluación de usabilidad propio de aplicaciones móviles que se realiza con usuarios reales que permiten a los facilitadores de la prueba observar al participante de cerca y registrar todos los problemas que se producen en el transcurso de la prueba (Mattheiss & Krajnc, 2013).</p> <p>Se pueden realizar las siguientes herramientas e incluso utilizarlas simultáneamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación del comportamiento del usuario • Pruebas de pensamiento en voz alta
Pruebas de pensamiento en voz alta (Thinking Aloud).	<p>Es un método directo para evaluar la usabilidad de una aplicación. Todos los datos verbales obtenidos y las interacciones de los usuarios tienen que ser transcritas para su análisis y son empleadas para probar la interfaz de usuario (Krajnc, Knoll, Feiner, & Traar, 2011)</p>
Evaluación de audio	<p>Se realizan para conocer la aceptación del usuario respecto al recurso de audio empleado (de Borba Campos, Sánchez, & Damasio, 2015)</p> <p>Se realiza a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios y entrevistas.
Evaluación Heurística	<p>Es un método de inspección de usabilidad de bajo costo y ampliamente adoptado entre los investigadores de usabilidad para evaluar el diseño de interfaz en HCI (Cavuto et al.; 2014), son utilizadas para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar los requisitos de los usuarios basados en atributos de usabilidad (Cavuto et al.; 2014). • Identificar problemas de accesibilidad relacionados con el diseño de los dispositivos móviles.

Continua 

⁴ La metodología del grupo focal es el proceso de muestreo que busca obtener información cualitativa dada las percepciones reportadas por los participantes durante las reuniones de discusión Lunt, P., & Livingstone, S.; 2006).

Evaluación formativa	Permite explorar las preferencias de los usuarios y los patrones de uso cuando se les ofrece la oportunidad de interactuar con las características del prototipo móvil (Mendonça et al.; 2011).
Herramientas	Objetivos
Encuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Resumir el estado actual de los requisitos de usabilidad de las aplicaciones de accesibilidad móvil (Siebra et al.; 2015).
Cuestionarios y Post-Cuestionarios, Cuestionarios Abiertos	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar el perfil de usuario voluntario y su percepción sobre la calidad, satisfacción y usabilidad de la interfaz propuesta (Mendonça et al.; 2011). • Verificar la capacidad del usuario al construir un mapa correcto del software e identificar si los modelos mentales empleados permitían captar fácilmente la aplicación (Sánchez, 2009). • Medir aspectos de usabilidad de la interfaz del dispositivo móvil (Jhangiani & Smith, 2007). • Probar el grado de conformidad de los prototipos con las directrices de diseño.
Entrevistas	Pueden ser grabadas en audio y video, siendo la información posteriormente transcrita, analizada e interpretada (Kulpa & Amaral, 2014), (Rahman et al.; 2016).
Recorrido cognitivo	Evalúa el uso de una aplicación por primera vez y permiten identificar problemas de usabilidad a los que se enfrentan los usuarios novatos y experimentados, mientras se centra en tareas específicas y también en el diseño de interfaz (Sánchez, 2009), (Sánchez, Sáenz, & Baloian, 2007), (Jhangiani & Jackson, 2007)

En lo que se refiere a modelos de usabilidad empleados para evaluar aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual, la tabla 9 muestra los modelos recopilados de los estudios primarios.

Tabla 9
Modelos y Escalas empleadas para evaluar la usabilidad

Modelo	Descripción
Modelo de usabilidad de Nielsen	Nielsen (1993) define la usabilidad con múltiples componentes asociados con cinco atributos de usabilidad que se basan en la aceptación del producto: (1) <i>Aprendizaje</i> : ¿Qué tan fácil es para un usuario realizar tareas básicas por primera vez? (2) <i>Eficiencia</i> : ¿Con qué rapidez el usuario puede realizar tareas? (3) <i>Memorabilidad</i> : ¿Con qué facilidad los usuarios restablecen la competencia cuando realizan tareas la próxima vez? (4) <i>Error</i> : ¿Cuántos errores producen los usuarios y qué tan fácilmente pueden recuperarse de los errores? (5) <i>Satisfacción</i> : Libertad de incomodidad y actitud positiva para usar el producto (Shaik et al. ;2010).
Heurística de usabilidad para el diseño de interfaz de usuario.	Nielsen (1994) enfoca las heurísticas de usabilidad en los siguientes aspectos: (1) Visibilidad del estado del sistema. (2) Correspondencia entre el sistema y el mundo real (3) Control del usuario y libertad. (4) Coherencia y estándares. (5) Prevención de errores. (6) Reconocimiento en lugar de recordar. (7) Flexibilidad y eficiencia de uso. (8) Diseño estético y minimalista. (9) Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperar errores y (10) Ayuda y documentación.
Modelo o Sistema de Usabilidad SUS	La Escala de usabilidad del sistema (SUS) propuesta por Brooke en 1996, es una herramienta para medir usabilidad. Es un cuestionario calificado por una escala de 10 elementos, que permiten obtener una visión global de la medición subjetiva de la usabilidad. Las preguntas del modelo son: (1) Creo que me gustaría utilizar este sistema frecuentemente. (2) Encuentro este sistema

Continua 

	<p>innecesariamente complejo. (3) Pienso que el sistema es fácil de usar. (4) Creo que necesitaría soporte técnico para hacer uso del sistema. (5) Encuentro las diversas funciones del sistema bastante bien integradas. (6) He encontrado demasiada inconsistencia en este sistema. (7) Creo que la mayoría de la gente aprendería a hacer uso del sistema rápidamente. (8) He encontrado el sistema bastante incómodo para usar. (9) Me he sentido muy seguro haciendo uso del sistema. (10) Necesitaría aprender un montón de cosas antes de poder manejar el sistema. Cada pregunta abarca 5 posibles respuestas las cuales van desde “muy en desacuerdo” hasta “muy de acuerdo” (Wein, 2014).</p>
<p>Cuestionario de Usabilidad de Software para Niños Ciegos de Sánchez</p>	<p>El cuestionario de evaluación heurística fue elaborado por Sánchez (2000), sobre la base de las ocho reglas de oro de B. Schneiderman (1998) y las diez heurísticas de usabilidad de J. Nielsen (1993), y otras aportadas por el autor. El cuestionario comprende doce heurísticas de interfaces: (1) Visibilidad del estado del sistema, (2) relación entre sistema y mundo real, (3) control del usuario y libertad, (4) consistencia y estándares, (5) prevención de errores, (6) reconocer en lugar de recordar, (7) flexibilidad y eficiencia de uso, (8) estética y diseño minimalista, (9) reconocimiento, (10) diagnóstico y recuperación de errores, (11) ayuda y documentación, (12) tratamiento del contenido, y (13) velocidad y medios.</p>
<p>Mobile Phone Usability Questionnaire propuesto por (Ryu, Smith-Jackson, & T.L, 2006)</p>	<p>El cuestionario de usabilidad del teléfono móvil (MPUQ) fue desarrollado para proporcionar una herramienta de medición de usabilidad subjetiva efectiva, adaptada específicamente al teléfono móvil, cuyo objetivo es permitir tomar decisiones entre las</p>

Continua 

	<p>distintas variaciones en el mercado de usuarios finales, determinar alternativas de prototipos durante el proceso de desarrollo y evolucionar versiones durante Un proceso de diseño iterativo. Está formado por 72 ítems, basados en seis factores: (1) facilidad de aprendizaje y uso, (2) ayuda con la operación y resolución de problemas, (3) aspectos emocionales y capacidades multimedia, (4) comandos y carga de memoria mínima, (5) Eficiencia y control, y (6) Tareas típicas para teléfonos móviles. Los 72 ítems adecuados constituyeron el Cuestionario de Usabilidad del Teléfono Móvil (MPUQ), que evalúa la usabilidad de los teléfonos móviles con el fin de tomar decisiones entre las distintas variaciones en el mercado de usuarios finales, determinar alternativas de prototipos durante el proceso de desarrollo y evolucionar versiones durante Un proceso de diseño iterativo.</p>
NASA-Task Load Index (NASA-TLX)	<p>El NASA TLX es un procedimiento de valoración multidimensional subjetivo que da una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las puntuaciones en seis subescalas, cuyo contenido es el resultado de la investigación dirigida a aislar de forma empírica y a definir los factores que son de relevancia en la experiencia subjetiva de carga de trabajo (Torregrosa D., 2011). (1) Exigencia mental: ¿Cuánta actividad mental y perceptiva fue necesaria? (Por ejemplo: pensar, decidir, calcular, recordar, buscar, investigar, etc.), (2) Exigencia Física: ¿Se trata de una tarea fácil o difícil, simple o compleja, pesada o ligera ?, (3) Exigencia Temporal: ¿Cuánta presión de tiempo sintió, debido al ritmo al cual se sucedían las tareas o los elementos de la tareas? , (4) Rendimiento: ¿Hasta qué</p>

Continua 

	<p>punto cree que ha tenido éxito en los objetivos establecidos por el investigador?, (5) Esfuerzo: ¿En qué medida ha tenido que trabajar (física o mental mente) para alcanzar su nivel de resultados?, (6) Nivel de Frustración: Durante la tarea, en qué medida se ha sentido inseguro(a), desalentado(a), irritado(a), tenso(a) o preocupado(a) o por el contrario, se ha sentido seguro(a), contento(a), relajado(a) y satisfecho(a) ?</p>
--	---

4.4 Síntesis de Resultados del SMS

En el presente apartado se desarrolló un resumen de los datos más representativos recolectados luego de responder a todas las preguntas de investigación propuestas en el presente SMS.

De los estudios analizados se encontró que en el desarrollo de aplicaciones móviles orientados para personas con discapacidad visual no se emplean métodos ni metodologías de desarrollo propios del contexto móvil, al contrario, se identificó que los autores realizan adaptaciones de las fases de desarrollo de escritorio al entorno móvil. A pesar de ello, la mayoría de estudios evidencian que los desarrolladores emplean procesos de desarrollo iterativo en el que incluyen a usuarios con discapacidad visual en todas las etapas del desarrollo, además utilizan las recomendaciones y sugerencias del diseño centrado en el usuario para conseguir que sus aplicaciones sean accesibles a usuarios no videntes o con algún tipo de discapacidad visual.

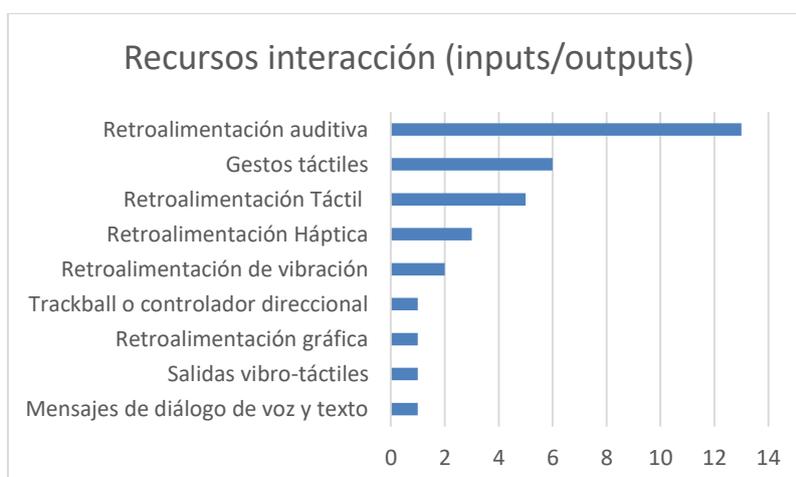
Los beneficios de emplear los recursos mencionados anteriormente por los desarrolladores son: (1) reducción de costes de desarrollo, (2) Mayor percepción de la satisfacción del usuario al utilizar los aplicativos, (3) Incorporación de recursos de interacción que realmente favorecen al usuario no vidente a interactuar con la aplicación (4) Reducción de sentimientos de frustración en los usuarios no videntes al utilizar los aplicativos, (5) Evaluaciones de usabilidad con altos porcentajes de aceptación.

Tabla 10**Metodologías - desarrollo de aplicaciones móviles**

Metodología/Pautas	Estudios
Diseño centrado en el usuario	EP5 ,EP14,EP15, EP21
Usuario no vidente debe formar parte del desarrollo del aplicativo móvil en todas sus etapas	EP3, EP6, EP8, EP12
Proceso de desarrollo Iterativo	EP2, EP3, EP4, EP5, EP6, EP8, EP9, EP11, EP12, EP13, P15, EP16, EP17, EP19, EP20, EP21
Diseño participativo	EP9, EP5, EP13, EP19

En la tabla 10 se observan las metodología y diseños de desarrollo utilizados en el desarrollo de aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual, los estudios faltantes (5) no son considerados porque su temática está enfocada en la evaluación de la usabilidad y no en el desarrollo del software.

Por otro lado, en lo que se refiere al medio de interacción más utilizado en estas aplicaciones, es el recurso auditivo; seguido por el uso de lectores de pantalla, que son una especie de adaptación del recurso auditivo, seguidos de la retroalimentación táctil, tal como se observa en la figura 14.

**Figura 12. Formas de interacción usuario-dispositivo**

El análisis permitió identificar que los criterios y métricas de usabilidad son ambiguos y cada usuario puede tener una percepción diferente de ellos; por lo que para realizar un análisis de usabilidad se deben tomar en cuenta más de dos criterios de usabilidad. Los autores en su mayoría agrupan las métricas y criterios de usabilidad en distintas categorías como por ejemplo, (Sáenz & Sánchez, 2009) agruparon las métricas en: (1) Satisfacción, (2) Control y Uso, (3) Sonidos. En la figura 15 se muestran las métricas y atributos que intervienen en la evaluación de las aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual.

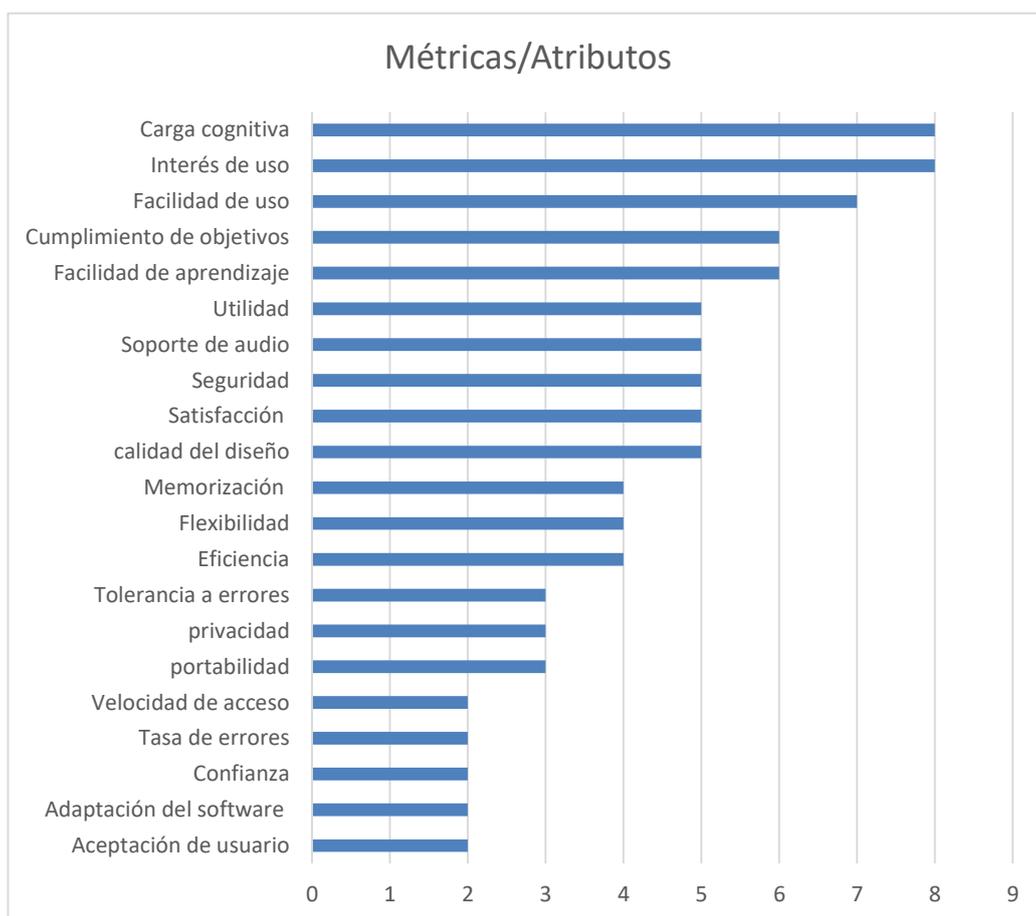


Figura 13. Métricas/Atributos – evaluación de usabilidad

Como se observa en la figura 15, las principales métricas evaluadas son las que conforman el modelo de usabilidad de Nielsen (1992): Aprendizaje, Eficiencia, Memorabilidad, Errores y Satisfacción (Shaik, Hossain, & Yeasin, 2010). A continuación en la tabla 11 se observan los modelos de evaluación de usabilidad con sus respectivas características, a modo de comparación se observa que la eficiencia, control de errores, ayuda y documentación son los que se emplean simultáneamente en tres modelos.

Tabla 11
Comparación de modelos - atributos

Atributos	Modelo usabilidad de Nielsen (1993)	Heurísticas de usabilidad basadas en Nielsen (1994)	Cuestionario de Usabilidad de SW de Sánchez	MPUQ	NASA TLX
Aprendizaje	*			*	
Eficiencia	*	*	*		
Memorabilidad	*				
Error	*	*	*		
Satisfacción	*				
Visibilidad del estado del sistema		*	*		
Correspondencia entre el sistema y el mundo real		*	*		
Control del usuario y libertad		*	*		
Reconocimiento en lugar de recordar		*	*		
Diseño estético y minimalista		*	*		
Ayuda y documentación		*	*	*	
Consistencia y estándares			*		
Reconocimiento			*		
Tratamiento del contenido			*		
Velocidad y Medios			*		
aspectos emocionales y capacidades multimedia				*	
Comandos y carga de memoria mínima				*	
Eficiencia y control				*	

Continua 

Tareas típicas para teléfonos móviles				*	
Exigencia mental					*
Exigencia Física					*
Exigencia Temporal					*
Rendimiento					*
Esfuerzo					*
Nivel de Frustración					*

El modelo de Nielsen en algunos casos es la base para la elaboración de cuestionarios de usabilidad creados por los autores de los estudios, se observan los modelos y escalas de usabilidad empleados por los autores para la evaluación de usabilidad de las aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual. De los estudios analizados, la mayoría tiende a evaluar sus aplicativos durante todas las fases del desarrollo de aplicaciones móviles para lo cual emplean varias herramientas como por ejemplo: cuestionarios, entrevistas y otras. En varias ocasiones, los autores utilizan más de dos herramientas, con el objetivo de recopilar mayor información que les permita a los desarrolladores mejorar el aspecto de sus prototipos antes de realizar la versión final.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Conclusiones

La investigación realizada ha permitido identificar que no existen modelos definidos formalmente para el desarrollo específico de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual, por lo tanto, no están definidas actividades ni elementos relacionados con la usabilidad. El uso del diseño participativo, diseño centrado en el usuario y la incorporación del usuario en cada fase del desarrollo del software acompañado de un proceso de desarrollo iterativo permiten a los desarrolladores tener una retroalimentación temprana de los problemas de interacción y de funcionalidad que posee la aplicación; con lo que son capaces de realizar cambios y mejoras a los prototipos evaluados; obteniendo como resultado, aplicaciones móviles usables por personas con discapacidad visual.

Se identificó que los criterios considerados para la evaluación de la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual dependen del modelo de usabilidad utilizado y de la experiencia de los evaluadores; ya que, al no existir modelos específicos de evaluación, los evaluadores se ven en la necesidad de adaptar los modelos de usabilidad existentes a su realidad (contexto móvil, usuarios con discapacidad visual); por lo que, de acuerdo a su experiencia incorporan atributos de evaluación que consideran importantes; además se enfocan en la naturaleza de cada aplicación móvil, porque un atributo de usabilidad no puede ser considerado con la misma importancia en todas las aplicaciones.

Para que los usuarios con discapacidad visual interactúen de forma sencilla con los dispositivos móviles, estos deberían incorporar teclado físico, dado que, esta característica facilita la interacción al proporcionar al usuario la idea de ubicación y funcionalidad de cada tecla; lamentablemente, el teclado físico en los dispositivos móviles está en desuso, por lo que, los desarrolladores emplean otros recursos de interacción.

El estudio ha permitido identificar que los recursos de interacción entre el usuario con discapacidad visual y la aplicación móvil difieren según la plataforma de desarrollo; el recurso más utilizado es el auditivo y sus variaciones, debido a que es el canal más importante por medio del cual los usuarios no videntes reciben información. Adicionalmente, las aplicaciones móviles emplean recursos táctiles, gestuales, hápticos, entre otros; que en conjunto han sido evaluados, dando como resultado un enfoque multimodal, el cual ayuda a que la interacción sea más fácil y satisfactoria para el usuario con discapacidad visual.

Un hallazgo importante en esta investigación es que el diseño de la interfaz de un aplicativo móvil orientado a usuarios con discapacidad visual requiere de la menor interacción posible, es decir requiere un diseño sencillo, que evite funciones innecesarias, que tenga un diseño minimalista y que principalmente se base en las habilidades de este grupo de usuarios con el fin de aprovechar sus habilidades, en vez de sus deficiencias.

En lo que se refiere a las herramientas y modelos de evaluación de usabilidad de aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual, se identificó que no existen modelos ni herramientas propios de este contexto, razón por la cual, los evaluadores han adaptado modelos existentes en base a su criterio y experiencia. La evaluación de la usabilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual emplea las herramientas de recolección de datos tradicionales, tales como cuestionarios, entrevistas, entre otras, la principal variación, es la forma de aplicarlas a los usuarios con discapacidad visual.

5.2 Recomendaciones

Los desarrolladores deben guiarse en las actividades que permiten mejorar la usabilidad de las aplicaciones móviles durante el desarrollo del software, además, deberían conocer cuáles son las capacidades y necesidades de estos usuarios para desarrollar sus aplicativos, enfocándose en las habilidades y no en las deficiencias de los usuarios con discapacidad visual.

El principal recurso de interacción que tienen las personas con discapacidad visual y los dispositivos móviles es el recurso auditivo, que a pesar de ser de gran ayuda también tienen una gran desventaja, que no es considerada con la importancia que se merece, la privacidad del usuario; al emplear el audio como recurso de salida de información, la privacidad del usuario queda expuesta, por esta razón, al utilizar este recurso, los desarrolladores deberían enfocarse en ayudar a conservar la privacidad del usuario.

Se recomienda encontrar soluciones para aumentar la accesibilidad y usabilidad de los dispositivos y aplicaciones móviles mediante el empleo de las características de los dispositivos actuales, dado que, no es recomendable construir dispositivos diseñados especialmente para usuarios con discapacidad porque su alto costo adquisitivo se convierte en una nueva barrera de accesibilidad para estos usuarios.

La desventaja del uso de las pantallas táctiles de los dispositivos móviles puede llegar a convertirse en una ventaja, siempre y cuando se empleen recursos de interacción basados en retroalimentación táctil que permitan mayor accesibilidad a los usuarios con discapacidad visual.

El desarrollo de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual debe ser considerado como una actividad de colaboración con la sociedad, debido a que el desarrollo de un aplicativo usable y accesible para este grupo de usuarios puede marcar enormes diferencias con las oportunidades tanto educativas, de calidad de vida e incluso de empleo para las personas con discapacidad visual.

5.3 Futuras líneas de investigación

Luego de realizar el presente SMS, se identificaron algunas futuras líneas de investigación; entre las cuales se considera el proponer: (1) Un modelo de evaluación de usabilidad que recopile las métricas y atributos de usabilidad más relevantes conforme las habilidades de estos usuarios. (2) La construcción de un test de usabilidad exclusivo para la evaluación de aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual; y por último (3) realizar una guía para evaluadores de usabilidad que contenga todas las herramientas y técnicas de evaluación que se emplean en la evaluación de

aplicaciones móviles para usuarios con discapacidad visual; así como las ventajas, desventajas y recursos empleados

Referencias

- ACM. (2015, Agosto 25). *ACM Digital Library*. Obtenido de <http://librarians.acm.org/digital-library>
- Ahmed, S., Mohammad, D., Rex, B. K., & Harkirat, K. P. (2006). Usability measurement and metrics: A consolidated model. (págs. 159-178). *Journal Software Quality Control*, vol. 14,.
- Alvarez-Gayou. (2003). *Fundamentos y metodología: Cómo hacer investigación Cualitativa*.
- Auna, F. (2003, Septiembre 26). *Servicio de información sobre discapacidad*. Obtenido de <http://sid.usal.es/7101/8-4-1>
- Bessin, J. (2004). “The Business Value of Quality”,. IBM developerWorks. Obtenido de www128.ibm.com/developerworks/rational/library/4995.html
- Blázquez, J., Ramírez, R., Morillo, J., & Prieto, M. (2011). Tecnología y desarrollo en dispositivos móviles. *Eureca Media, SL*.
- Cañedo A, R. (2000, febrero). Haba, Cuba.
- Carval, L. (2013, 01 18). *El método deductivo de investigación*. Obtenido de <http://www.lizardo-carvajal.com/el-metodo-deductivo-de-investigacion/>
- Cavuoto, L., Benson, K., Smith, T., Nussbaum, M., & Mi, N. (2014). A heuristic checklist for an accessible smartphone interface design. *Univ Access Inf Soc*, (págs. 351–365).
- Chiti, S., & Leporini, B. (2012). Accessibility of Android-Based Mobile Devices: A Prototype to Investigate Interaction with Blind Users. *ICCHP 2012, Part II, LNCS 7383*, (págs. 607–614).

- Choi, Y., & Hong, K.-H. (2012). User requirements for camera-based mobile applications on touch screen devices for blind people. *ICCHP 2012, Part II, LNCS 7383*, (págs. 48–51).
- Cybis, W., Betiol, A., & Faust, R. (2007). *Ergonomia e Usabilidade: Conhecimento, Métodos e Aplicações*. Novatec. São Paulo.
- de Borba Campos, M., Sánchez, J., & Damasio, J. (2015). Usability Evaluation of a Mobile Navigation Application for Blind Users . *UAHCI 2015, Part IV, LNCS 9178*, (págs. 117–128).
- DeMarco, T. (1986). *Controlling Software Projects: Management, Measurement and Estimation*.
- DeMarco, T. (1986). *Controlling Software Projects: Management, Measurement and Estimation*.
- Discapanet. (2013).
- Discapnet. (2013, Agosto). *discapnet*. Obtenido de http://www.discapnet.es/Castellano/areastematicas/Accesibilidad/Observatorio_infoaccesibilidad/informesInfoaccesibilidad/Documents/Informe_detallado_Observatorio_Aplicaciones_Moviles_27-08-2013.pdf
- Dixon-Woods, M., Agarwal, S., Jones, D., Young, B., & Sutton, A. (s.f.). *Synthesising qualitative and quantitative evidence: a review of possible methods*. *J Health Serv Res Policy*.
- Enriquez, J., & Casas, S. (s.f.). Usabilidad en aplicaciones móviles . *ICT desarrollado en el marco del proyecto UNPA 29/A273-1*.
- Esmeraldas, U. T. (2015, Septiembre). *Manual Bibliotecas Virtuales y Bases de Datos Digitales*. Obtenido de <http://www.utelvt.edu.ec/manual%20Bibliotecas%20Virtuales%202013%202014.pdf>

- Fonseca, R. (2009). *INCIDENCIA DEL USO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE OFICINAS EN EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN EN EL COLEGIO NACIONAL TÉCNICO YARUQUÍ*.
- Fonseca, R. (2014). Conceptualización e Infraestructura para la Investigación Experimental en Ingeniería del Software.
- Gacitúa B., R. A. (2003). *MÉTODOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE: EL DESAFÍO*. Theoria, Vol. 12: 23-42.
- Goodman, C. (1996). Literature Searching and Evidence Interpretation for Assessing Health Care Practices. Stockholm.
- IBM. (2012, 01 23). *IBM Knowledge Center*. Obtenido de http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSZH4A_6.1.0/com.ibm.worlight.getstart.doc/getstart/c_mobile_concepts.html
- IEEE std 610. (1990). IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology,.
- INE, I. N. (2014, Octubre 2). *Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y*. Obtenido de <http://www.ine.es/prensa/np864.pdf>
- ISO, I. S. (1998). ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs.) - Part 11: Guidance on usability.
- ITU, U. I. (2015, Mayo). *ICT Facts and Figures – The world in 2015*. Obtenido de <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf>
- Jedlitschka, C. (2004). Towards evidence in SE. *Proc. of ACM/IEEE Int. Symp. on*.
- Jhangiani, I., & Jackson, T. (2007). Comparison of Mobile Phone User Interface Design Preferences: Perspectives from Nationality and Disability Culture.
- Jhangiani, I., & Smith, T. (2007). Comparison of mobile phone user interface design preferences: Perspectives from nationality and disability culture. *Proc. of the 4th Intl. Conf. on Mobile Technology, Applications and Systems*.
- Juristo, N., Moreno, A., & Vegas, S. (2006). *Software Testing Techniques*.

- Kane, S. K., Jayant, C., Wobbrock, J. O., & Ladner, R. E. (2009). Freedom to Roam: A Study of Mobile Device Adoption and Accessibility for People with Visual and Motor Disabilities. *ASSETS'09, October 25–28, 2009, Pittsburgh, Pennsylvania, USA*, (págs. 115-122).
- Kane, S. K., Jayant, C., Wobbrock, J. O., & Ladner, R. E. (s.f.). Freedom to Roam: A Study of Mobile Device Adoption and Accessibility for People with Visual and Motor Disabilities.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. . *Technical Report EBSE-2007-01*.
- Krajnc, E., Knoll, M., Feiner, J., & Traar, M. (2011). A touch sensitive user interface approach on smartphones for visually impaired and blind persons. *DOI: 10.1007/978-3-642-25364-5*.
- Kulpa, C., & Amaral, F. (2014). Evaluation of Tablet PC Application Interfaces with Low Vision Users: Focusing on Usability. *DUXU 2014, Part I, LNCS 8517*, (págs. 273–284).
- Leporini, B., Buzzi, M., & Buzzi, M. (2012). Interacting with mobile devices via VoiceOver: Usability and accessibility issues. *OZCHI'12, November 26–30, 2012*.
- Library, I. X. (2015, Agosto 25). *IEEE Xplore Digital Library*. Obtenido de https://www.ieee.org/publications_standards/publications/xplore/index.html
- Luthra, V., & Ghosh, S. (2015). Understanding, Evaluating and Analyzing Touch Screen Gestures for Visually Impaired Users in Mobile Environment. *UAHCI 2015, Part II, LNCS 9176*, (págs. 25-36).
- Lyons, K., & Starner, T. (2001). Mobile Capture for Wearable Computer Usability Testing. . *Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 69–76.

- Madrid, U. P. (2007). La experimentación en Ingeniería del Software. Madrid. Obtenido de https://www.fi.upm.es/docs/estudios/postgrado-admision/537_Seminario%20ESE.pdf
- Mattheiss, E., & Krajnc, E. (2013). Route Descriptions in Advance and Turn-by-Turn Instructions - Usability Evaluation of a Navigational. *SouthCHI 2013, LNCS 7946*, (págs. 284–295).
- Mendonça, F., Gorski, D., Cortat, T., & Thomaselli, J. (2011). A-CitizenMobile: A Case Study for Blind Users. *6th International Conference on Internet Technology and Secured Transactions, Abu Dhabi, United Arab Emirates*.
- Millard, D., Howard, Y., Gilbert, L., & Wills, G. (2009). Co-design and co-development Methodologies for Innovative m-Learning Systems. *Multiplatform E-Learning Systems and Technologies: Mobile Devices for Ubiquitous ICT-Based Education. I*.
- Morillo, J. (s.f.). Introducción a los dispositivos Móviles.
- Nielsen, J. (1992). The Usability Engineering Life Cycle. *IEEE Computer*, vol. 25, no. 3, 12–22.
- Nielsen, J., & Loranger, H. (2007). Usabilidade na Web: projetando Websites com qualidade. Elsevier, RJ.
- Núñez, J. (1994). La ciencia y tecnología como procesos sociales.
- OMS. (2011, Junio 9). Discapacidad. *Informe mundial sobre la discapacidad*.
- OMS. (2014, Agosto). Ceguera y discapacidad visual.
- OMS. (2014, Agosto). *Ceguera y discapacidad visual*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
- Pfleeger. (1999). Albert Einstein and empirical SE. *IEEE Computer*.
- Pfleeger. (2005). Soup or Art? The role of evidential force in empirical SE. *IEEE Software*.

- Pizzo Cos, M. (2013, Mayo). La importancia de la tecnología en el desarrollo de la humanidad. Monterrey, México.
- Pressman, R. S. (1998). *Libro Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*.
- Rahman, M., Anam, I., & Yeasin, M. (2016). E m o A s s i s t: emotion enabled assistive tool to enhance dyadic conversation for the blind. *Multimed Tools Application*, DOI 10.1007/s11042-016-3295-4.
- Rocha, A., Viana, W., Cavalcante, M., de Borba, M., & Sánchez, J. (2014). Touchscreen Mobile Phones Virtual Keyboarding for People with Visual Disabilities. *Human-Computer Interaction, Part III, HCII 2014, LNCS 8512*, , (págs. 134–145).
- Rudas, J. S., Gómez, L., & Toro, A. (2013, Junio 6). Revisión sistemática de Literatura. Caso de Estudio: Modelamiento de un par deslizante con fines de predecir desgaste.
- Ryu, Y., Smith-Jackson, & T.L. (2006). Reliability and validity of the mobile phone usability questionnaire (MPUQ)., (págs. 39-53).
- Sáenz, M., & Sánchez, J. (2009). Indoor Position and Orientation for the Blind. *Universal Access in HCI, Part III, HCII 2009, LNCS 5616*, , (págs. 236-245).
- Sanchez, B. (2015). *Eduteka*. Obtenido de <http://www.eduteka.org/curriculo2/Herramientas.php?codMat=11>
- Sánchez, J. (2003). End-user and facilitator questionnaire for Software Usability. *Usability evaluation test*. Santiago.
- Sánchez, J. (2009). Mobile Audio Navigation Interfaces for the Blind. *Universal Access in HCI, Part II, LNCS 5615*, (págs. 402–411).
- Sánchez, J., & Aguayo, F. (2007). Mobile messenger for the blind. *ERCIM UI4ALL Ws 2006, LNCS 4397*, (págs. 369 – 385).

- Sánchez, J., & Aguayo, F. (2008). AudioGene: Mobile learning genetics through audio by blind learners. *Chilean National Fund of Science and Technology, Fondecyt, Project 1060797*.
- Sánchez, J., & Maureira, E. (2007). Subway mobility assistance tools for blind users. *ERCIM UI4ALL Ws 2006, LNCS 4397*, (págs. 386 – 404-).
- Sánchez, J., Sáenz, M., & Baloian, N. (2007). Mobile Application Model for the Blind. *Universal Access in HCI, Part I*, (págs. 527–536).
- Sanchez, W. (2011). *La usabilidad en Ingeniería*.
- Shaik, A., Hossain, G., & Yeasin, M. (2010). Design, Development and Performance Evaluation of Reconfigured Mobile Android Phone for People Who are Blind or Visually Impaired. *SIGDOC 2010, September*, (págs. 159-166).
- Siebra, C., Gouveia, T., Macedo, J., Correira, W., Penha, M., Anjos, M., & Florentin, F. (2015). Usability Requirements for Mobile Accessibility: A Study on the Vision Impairment. *The 14th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*.
- Torres, A. (2013, Octubre 2). *Edgar Morin:El padre del pensamiento Complejo*. Obtenido de <http://www.edgarmorin.org/blog/35-educacion/387-pensamiento-complejo-y-educacion.html>
- Tracy, K. (2012). Mobile Application Development Experiencies on Apple's iOS and Android. *Potentials, IEEE, vol. 31, no. 4*, 30–34.
- UGR. (2015, Agosto 23). *Biblioteca Universidad de Granada*. Obtenido de http://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/bases_datos/scopus
- Uruguay, U. d. (s.f.). *Ingeniería de software empírica*. Obtenido de <http://fi.ort.edu.uy/2035/17/area:-ingenieria-de-software-empirica.html>
- Velasquez, J. (2011). Factores de éxito en la comunicación oral científica. *Universidad Nacional de Colombia*.

- Villalta, A. (2015). Indagación Exploratoria para la actualización del Estado del Arte sobre Modelos de Calidad de Software. Cuenca, Ecuador.
- Zhang, D., & Adipat, B. (2005). Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of. *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 18, no. 3,, 293-308.
- Zhang, X., & Di, R. (2011). *Data management in structural engineering experiment grid*.